

Національний університет, Запорізько політехічний
(повна назва університету)
Різно-технічний інститут, Інженерно-фізичний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)
Обладнання та технології зварювального виробництва
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка і дослідження технології та матеріалів
для з'єднання скребок обладнання для зминування
вогнеприливних маз»

Виконав: студент ____ курсу, групи ІФ-418м

Спеціальності 131 Прикладна

механіка

Освітньої програми Відновлення та

підвищення зносостійкості деталей

і конструкцій

(код і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Мягкий Т. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Андрущенко М. У.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кішнов О. В.

(прізвище та ініціали)

16.12. - 20 19 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Фізико-технічний інститут; Інженерно-фізичний факультет
 кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва
 рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
 спеціальність 131 Прикладна механіка
 (код і назва)
 напрям підготовки Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Овчинников Олександр Володимирович
“20” 12 20 19 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Михайло Увар Віталійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Розробка і дослідження технології та матеріалів для зменшення середніх обдмгднання для мінімування воиетривних нас
 керівник проекту (роботи) Андрущенко М. І. к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

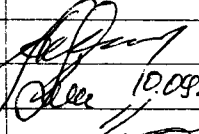
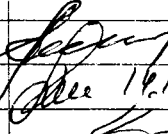
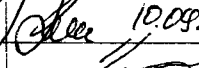
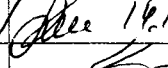
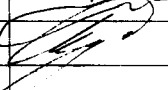
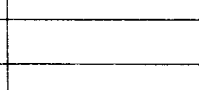
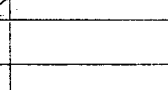
затверджені наказом вищого навчального закладу від “29” листопада 20 19 року № 425
 Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2019

Вихідні дані до проекту (роботи)
Креслення виробу
Технічні вимоги до виробу
Річна програма N=150 компонентів

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1-Аналіз вихідних даних до проекту; 2-Аналіз проблеми зварювального з'єднання; 3-Дослідження впливу хімічного складу структури на зносостійкість; 4-Розробка технології напавлення металів; 5-Проектно-конструкторські розробки; 6-Техніко-економічні розрахунки; 7-Охорона праці

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1-кресло великий; 2-кресло малий; 3-залежність відношення твердості; 4-зміна твердості сплаву 220PST; 5-мікроструктура напавленого металу; 6-відносна зносостійкість напавленого металу; 7-Витрати зварювача; 8-Схема виробу; 9-Схема напавлення; 10-дет. термодіаграма; 11-Умови для напавлення.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

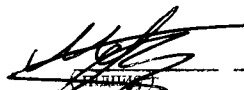
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
Технічний	Андрущенко М. І. к.т.н., доц.		
Математ. р.	Курсеєв В.В., доцент, к.е.н.		
Охорона праці	Нестеров О.В. к.т.н. доц		
Нормо контр.	Ширшак С.О.		

7. Дата видачі завдання 1 жовтня 2019р.

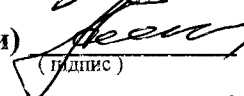
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Приміт
1	Титульний аркуш; завдання; вступ.	5.10.2019	Викон
2	Розділ 1 Аналіз вихідних даних	16.10.2019	Викон
3	Розділ 2 Аналіз проблеми абразивного зносу	24.10.2019	Викон
4	Розділ 3 Дослідження впливу хім. складу	02.11.2019	Викон
5	Розділ 4 Розробка механологічної напівки	09.11.2019	Викон
6	Розділ 5 Проектно-конструкторська розробка	16.11.2019	Викон
7	Розділ 6 Техніко-економічні розрахунки	21.11.2019	Викон
8	Розділ 7 Охорона праці	23.11.2019	Викон
9	Висновки; перелік посилань	28.11.2019	Викон
10	Креслення	05.12.2019	Викон
11	Додатки	10.12.2019	Викон

Студент

 Мегний І.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

 Андрущенко М.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 100 с., 18 табл., 32 рис., 3 дод., 22 джерела.

СКРЕБОК, ЗМІШУВАЧ, ЗНОШУВАННЯ, ПІДВИЩЕНА
ТЕМПЕРАТУРА, ГАРЯЧА ТВЕРДІСТЬ, НАПЛАВЛЕННЯ, МАТЕРІАЛ,
ОБЛАДНАННЯ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

Об'єкт розробки – технологія зміцнення скребків змішувачів вогнетривких мас.

Мета роботи – дослідження умов зношування скребків, вибір і обґрунтування матеріалів для їх зміцнення і розробка технології наплавлення цих деталей.

Методи дослідження - аналіз літературних даних, металографічні та дюрOMETРИЧНІ випробування, термометричні дослідження, випробування на зносостійкість.

Вивчено схема роботи і умови зношування скребків змішувачів вогнетривких мас і сформульовані вимоги до них. Обрано матеріал для наплавлення скребків. Обґрунтовано режими наплавлення. Обрано стандартне обладнання та розроблено пристосування для наплавлення. Розроблено технологічний процес зміцнення скребків. Обрані методи контролю якості. Виконано розрахунок техніко-економічних показників ділянки. Передбачені заходи з охорони праці.

ABSTRACT

Explanatory note: 100 p., 18 tab., 32 fig., 3 additional, 22 sources.

SCRAPER, MIXER, WEAR, HIGH TEMPERATURE, HOT HARDNESS,
SURFACING, MATERIAL, EQUIPMENT, WEAR RESISTANCE

The object of development-technology strengthening scrapers mixers refractory masses.

The purpose of the work is to study the conditions of wear of scrapers, selection and justification of materials for their strengthening and development of technology of surfacing of these parts.

Research methods - analysis of literature data, metallographic and durometric tests, thermometric studies, wear resistance tests.

The scheme of work and conditions of wear of scrapers of mixers of refractory masses is studied and requirements to them are formulated. Selected material for surfacing scrapers. Surfacing regimes are substantiated. Standard equipment was selected and a device for surfacing was developed. Technological process of strengthening of scrapers is developed. Selected methods of quality control. The calculation of technical and economic indicators of the site. There are measures for labor protection.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз вихідних даних та основні технічні вимоги до матеріалів і процесу зміцнення скребків змішувачів.....	10
1.1 Конструкція, призначення і матеріал скребків змішувачів вогнетривких мас.....	10
1.2 Схеми і умови експлуатації скребків змішувачів вогнетривких порошкоподібних мас.....	12
2 Аналіз проблеми абразивного зношування матеріалів при нормальних і підвищених температурах та вибір напрямку вирішення задач даної роботи.....	21
3 Дослідження впливу хімічного складу і структури на зносостійкість сплавів з метою вибору матеріалів для наплавлення скребків.....	31
3.1 Вибір типу металевої матриці.....	31
3.2 Вибір оптимального хімічного складу матеріалів для наплавлення скребків.....	36
3.2.1 Дослідження впливу бору і вуглецю на зносостійкість наплавленого металу.....	37
3.3 Дослідження впливу хрому на зносостійкість борорувуглецевого наплавленого металу.....	42
4 Розробка технології наплавлення скребків змішувачів і обґрунтування режимів технологічного процесу.....	46
4.1 Вибір способу і схеми наплавлення скребків	46
4.2 Підготовка поверхні.....	46
4.3 Технологія та техніка наплавлення скребків змішувача.....	47
4.4 Контроль якості.....	48
4.5 Обґрунтування режимів наплавлення.....	49
5 Проектно-конструкторські розробки.....	50

5.1 Технічна характеристика прийнятого стандартного обладнання і оснащення.....	50
5.2 Проектування установки для наплавлення скребків змішувача.....	53
6 Техніко – економічні розрахунки.....	55
6.1 Організація виробництва продукції.....	55
6.1.1 Технічне нормування операцій.....	55
6.1.2 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки.....	56
6.1.3 Розрахунок чисельності персоналу ділянки.....	59
6.2 Планування витрат на виробництво.....	60
6.2.1 Матеріальні витрати.....	61
6.2.2 Вартість основних засобів.....	62
6.2.3 Фонд оплати праці.....	64
6.2.4 Собівартість виробу.....	67
6.2.4.1 Прямі витрати.....	67
6.2.4.2 Непрямі витрати.....	68
6.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок.....	70
6.3.1 Ефективність та результативність.....	71
7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	74
7.1 Аналіз потенційних небезпек.....	74
7.2 Заходи забезпечення безпеки.....	76
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	81
7.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	85
7.4.1 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	85
7.4.2 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	87
Висновки.....	92
Перелік джерел посилання.....	94
Додаток А Маршрутна карта.....	97
Додаток Б Специфікація «Ротор змішувача».....	99
Додаток В Специфікація «Установка для наплавлення».....	100

ВСТУП

До теперішнього часу проблема довговічності і надійності машин і устаткування залишається дуже гострою. Термін служби швидкозношуваних деталей визначає рентабельність багатьох дорогих машин. Незаплановані зупинки обладнання для заміни зношених деталей новими призводять до суттєвих втрат матеріалів, трудових і фінансових ресурсів, порушення ритмічності процесу виробництва і до зниження якості продукції. Все це є причиною дуже великих невиробничих витрат, які значно знижують ефективність роботи підприємств. Сучасні тенденції інтенсифікації виробничих процесів, збільшення робочих тисків, швидкостей переміщення деталей, температури процесів призводять до прискорення зношування деталей, що робить проблему підвищення довговічності швидкозношуваних вузлів машин ще більш гострою.

Одним із прикладів гострої проблеми інтенсивного зношування деталей є низький термін служби скребків змішувальних установок для приготування сумішей вогнетривких мас. Ці деталі працюють в умовах абразивного зношування при високих температурах (до 550 °С). Очевидно, що тільки чіткі уявлення про властивості, контролюючих здатність сталей і сплавів до опору їх робочого зношування, допоможуть сформулювати обґрунтовані вимоги до матеріалів і способів зміцнення скребків з метою збільшення терміну їх служби.

Метою даного дипломного проекту була розробка технології наплавлення скребків змішувачів вогнетривкої маси. Для досягнення зазначеної мети в проекті були поставлені і вирішені наступні завдання:

- аналіз умов експлуатації скребків змішувачів, встановлення виду та механізму зношування робочих поверхонь деталі;
- аналіз стану проблеми зносостійкості матеріалів в умовах абразивного зношування при підвищених температурах;
- дослідження твердості матеріалів в залежності від температури (гарячої твердості) і зносостійкості при абразивному зношування при цих же температурах;

- дослідження впливу хімічного складу і структури металу на зносостійкість при підвищених температурах;

- вибір матеріалу для наплавлення скребків змішувачів;
- вибір режимів наплавлення скребків і розробка технології їх зміцнення;
- вибір обладнання для наплавлення;
- проведення техніко-економічних розрахунків;
- розробка заходів з охорони праці.

Поставлені в проекті завдання з вибору матеріалів для наплавлення вирішувалися на основі узагальнення і порівняльного аналізу результатів попередніх і поточних наукових робіт кафедри ОТЗВ*, а також даних наведених в літературі та інтернет джерелах. Результати досліджень були повідомлені на двох науково-технічних конференціях і частково відображені в двох тезах доповідей.

- вибір матеріалу для наплавлення ножів протиричного сита;
- призначення режимів, обробки і вибір обладнання для наплавлення.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ І ПРОЦЕСУ ЗМІЩЕННЯ СКРЕБКІВ ЗМІШУВАЧІВ

1.1 Конструкція, призначення і матеріал скребків змішувачів вогнетривких мас

Скребки, наприклад, великий і малий (рис. 1.1) є основними швидкозношуваними деталями змішувачів різних типів, що застосовуються для приготування вогнетривких сумішей. Вони призначені для періодичного, або безперервного перемішування сумішей для виготовлення вогнетривких виробів методом напівсухого пресування

Ці деталі не складної форми, як правило у вигляді пластин, товщиною 20 мм з робочими торцями, виконаними під кутом 90° по відношенню до робочої поверхні, або заточеними під 45° .

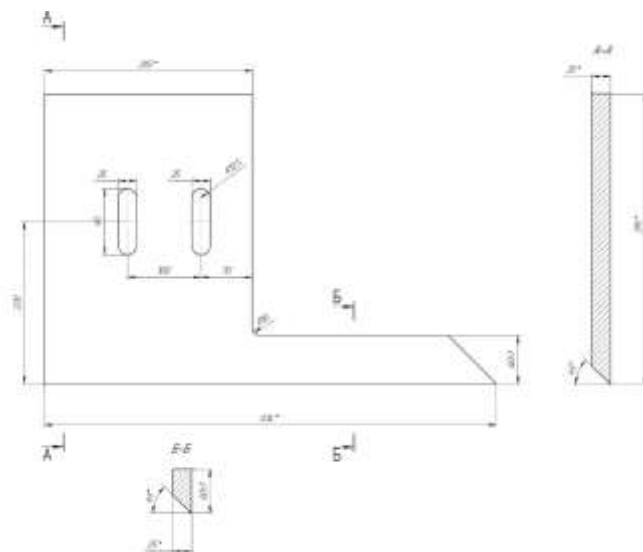
Матеріалом для виготовлення скребків служить листовий прокат зі сталі Ст. 3сп. Хімічний склад і механічні властивості сталі Ст.3сп представлені в таблиці 1.1 і таблиці 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад листового прокату зі сталі Ст. 3сп згідно ГОСТ 380-2005, % по масі [1]

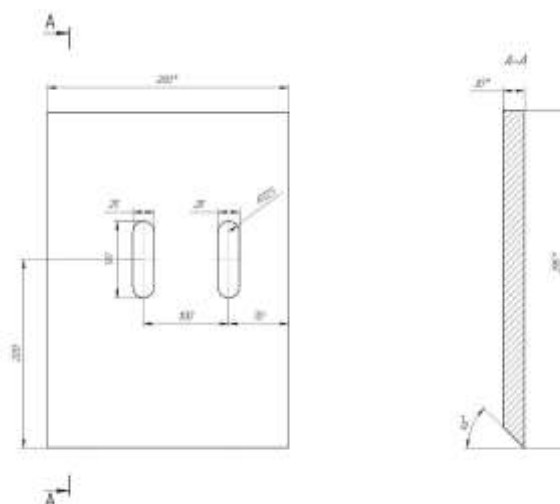
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Fe
0,14 – 0,22	0,15 – 0,30	0,40 – 0,65	$\leq 0,05$	$\leq 0,04$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	Основа

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі Ст. 3сп згідно ГОСТ 535-2005 [2]

Межа плинності σ_T , МПа	Межа міцності σ_B , МПа	Відносне подовження δ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
235	370 – 480	25	108



а



б

Умовні позначки:

а – скребок великий;

б – скребок малий.

Рисунок 1.1 – скребки відцентрового змішувача

1.2 Схеми і умови експлуатації скребків змішувачів вогнетривких порошкоподібних мас

Процес виробництва вогнетривких матеріалів є ряд послідовних технологічних операцій, що виконуються в єдиному технологічному потоці. До основних операцій вогнетривкого виробництва відносяться: дроблення природного або попередньо обпаленої сировини, сортування і дозування компонентів шихти, їх змішування, пресування напівфабрикату, його сушка і випалення. На тих стадіях переробки вогнетривких матеріалів, де вони контактують з поверхнею деталі, відбувається інтенсивне зношування.

В даний час на вогнетривких заводах шихта для напівсухого пресування готується на змішувальному обладнанні різних типів.

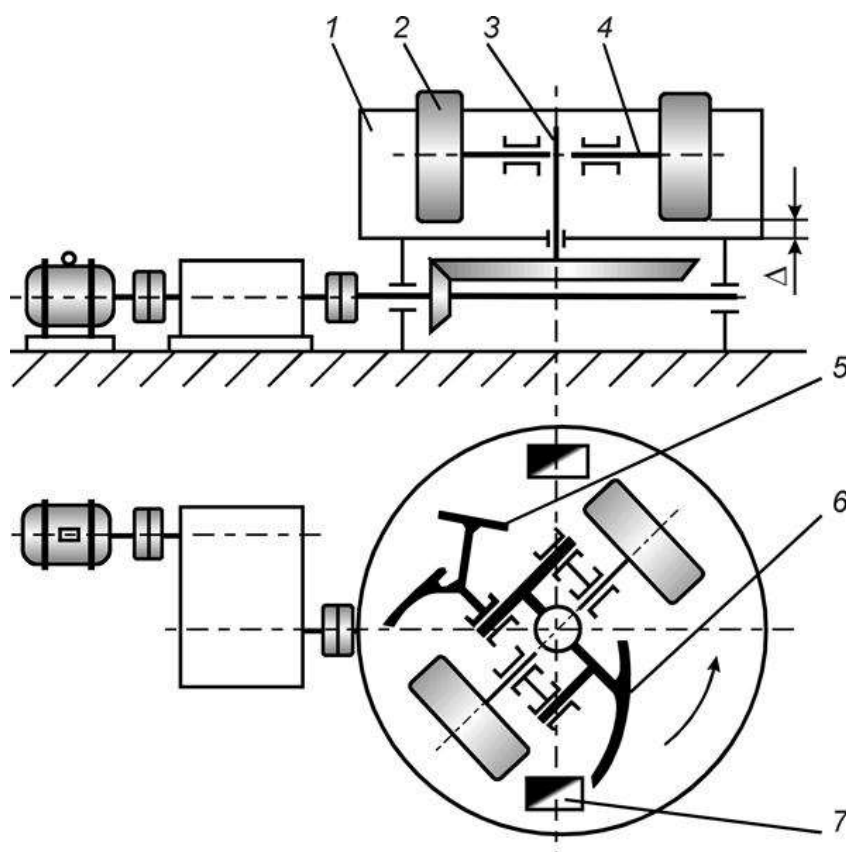
За характером роботи змішувачі поділяються на: змішувачі періодичної дії і змішувачі безперервної дії. У змішувачах періодичної дії матеріал перемішується окремими порціями (замісами). Кожна нова порція може бути завантажена в змішувач лише після вивантаження з нього попереднього замісу. Попереднє перемішування відбувається в сухому стані, потім з зволожуючими добавками і, нарешті, готова вогнетривка маса вивантажується. Після вивантаження однієї порції шихти завантажується нова і процес повторюється.

У змішувачах безперервної дії завантаження, перемішування і вивантаження готової суміші ведуться одночасно і безперервно. Машини цього типу більш продуктивні і економічні в порівнянні зі змішувачами періодичної дії. Змішувачі безперервної дії найбільш повно відповідають вимогам повної автоматизації процесу.

За конструктивними ознаками розрізняють каткові (бігуни), відцентрові (митників), лопатеві і барабанні змішувачі. При виробництві вогнетривків найбільш поширені каткові і відцентрові змішувачі.

Каткові змішувачі мають нерухому чашу 1 (рис. 1.2) і два гладких катки 2 (посаджені на осі 4), які котяться по шару змішуваного матеріалу навколо центрального вертикального вала 3. За допомогою скребків 5 і 6 змішувальний матеріал направляється під катки. Ковзанки змонтовані на кривошипі таким чином, що при попаданні під них випадкових твердих предметів можуть підніматися і пропускати останні.

Між катками і днищем чаші є регульований зазор (до 25 мм), який запобігає дроблення катками зерен суміші. Готовий заміс вивантажується зі змішувача через люк 7 в днище чаші. Завантаження вихідних матеріалів і вивантаження суміші здійснюється періодично [3].



Умовні позначки:

- 1 – нерухома чаша;
- 2 – катки;
- 3 – центральний вал;
- 4 – осі котків;
- 5, 6 – скребки;

7 – люк

Рисунок 1.2 – Схема коткового змішувача

Схема роботи скребків в модернізованих бегунах, що застосовуються на Запорізькому вогнетривкому заводі приведена на рисунку 1.3.

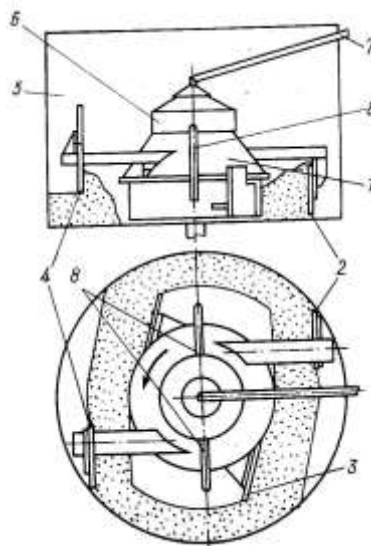
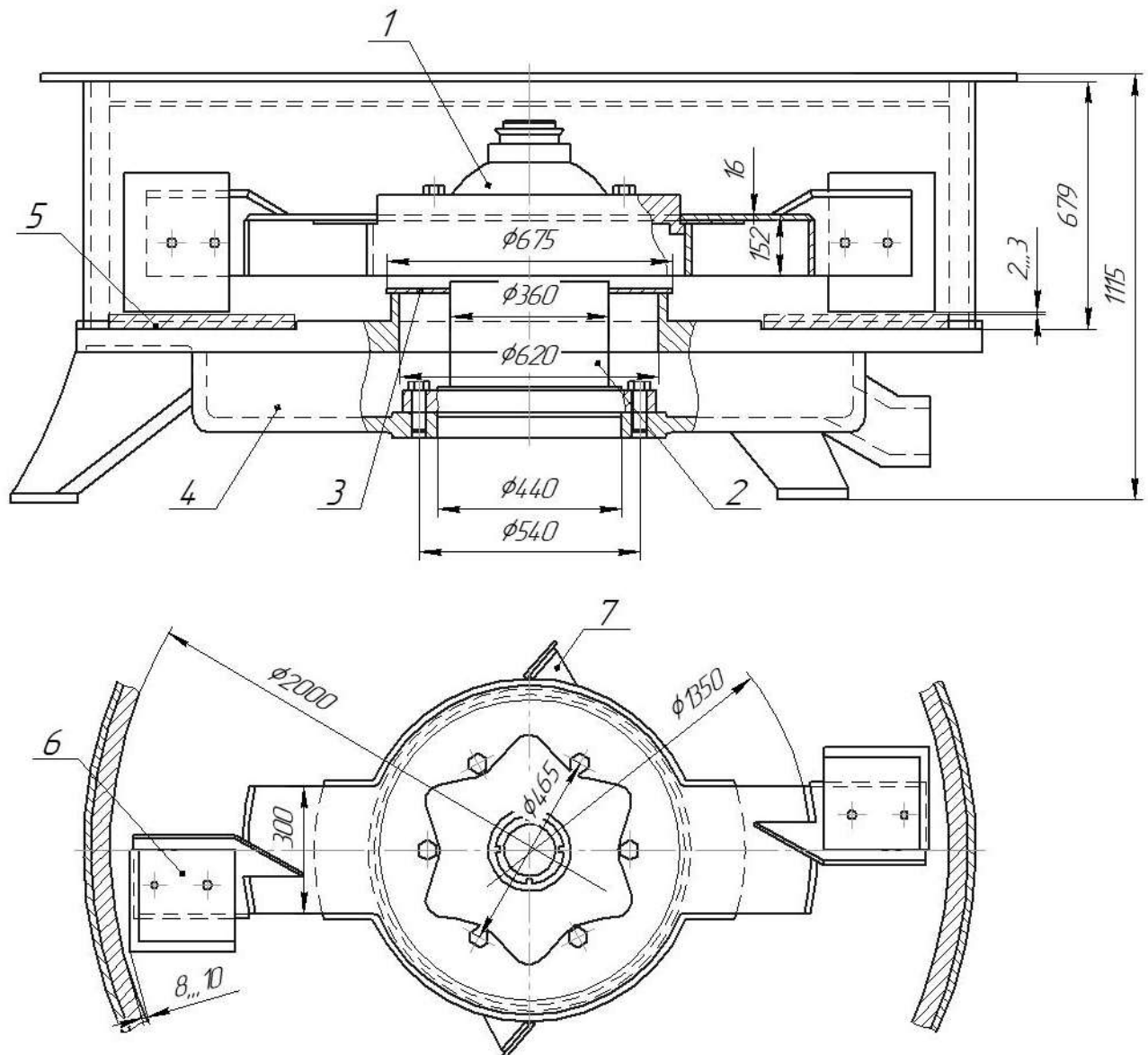


Рисунок 1.3 – Схема відцентрового змішувача

На роторі 1 (рис 1.4) скребки розташовані таким чином, що при кожному оберті вала змішувача перероблялася вогнетривка маса чотири рази змінює напрямок руху від центру до периферії і назад.

Крім того, функції зовнішніх скребків розділені: скребок (див. рис. 1.3, поз. 2) очищає днище і переміщує всю вогнетривку масу, що подається внутрішнім скребком (див. рис. 1.3, поз. 3), а скребок (див. рис. 1.3, поз. 4) направляє до центру і вниз верхній шар вогнетривкої маси, ніж забезпечуються пошарове її перемішування і очищення внутрішньої поверхні кожуха (див. рис. 1.3, поз. 5).



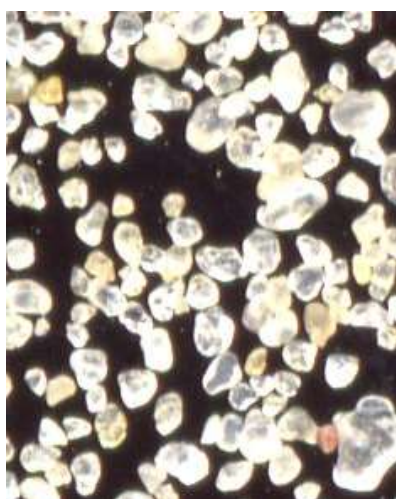
УМОВНІ ПОЗНАКИ:

- 1 – кришка;
2 – тумба;
3 – диск;
4 – основа;
5 – броня;
6 – скребок;
7 – ребро

Рисунок 1.4 – Ротор відцентрового змішувача

Скребки в змішувачі кріпляться таким чином, що між їх передніми крайками і кожухом залишається зазор від 10 мм до 20 мм, який заповнюється щільно утрамбованим шаром вогнетривкої маси. Це забезпечує достатню тертя шихти об стінки і днище змішувача, без чого вона оберталася б разом зі скребками і не здійснювалося б її надійне перемішування. Наявність цього шару не відбивається на якості готової маси. Однак, утворення такої плотноспресованної кірки робить істотний вплив на інтенсивність зношування скребків. Робоча поверхня скребків відчуває вплив незакріпленого абразиву і швидкість її зношування значно нижче.

До складу вогнетривких мас, які змішуються можуть входити шамот, електрокорунд кварцовий пісок (рис. 1.5) та ін.



а)



б)



в)

а – кварцовий пісок;

б – шамот;

в – електрокорунд.

Рисунок 1.5 – Абразивні зерна, які входять до складу мас для пресування деяких видів вогнетривких виробів

У процесі змішування шихти на днище і стінки чаші змішувача відбувається налипання вогнетривкої маси, яка потім ущільнюється скребками та через кілька годин роботи обладнання (3 год ... 12 год), в залежності від властивостей шихти, утворюється щільна кірка (гарнісажу), на днище і стінки. Знос скребків до утворення кірки незначний, так як інсталяційний зазор між торцем скребка днищем,

і стінкою чаші становить від 10 мм до 20 мм. В цьому випадку маса не закріплена і вільно перекочується, майже не зношуючи торці скребків. Після утворення кірки інтенсивність зношування значно збільшується, так як кромки ножів переміщуються з ущільнення абразиву і острогранні зерна грають роль мікрорезцов [4].

Таким чином, дослідженнями характеру зношування ножів змішувальних апаратів встановлено, що визначальним в даних умовах експлуатації є абразивне зношування. Це чітко видно рельєфу поверхні тренія на робочих кромках натурних деталей: подряпини і ризики, явні сліди різання і пластичного деформування абразивними частинками мають паралельну спрямованість (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Поверхня тертя торців скребка, $\times 100$

Інтенсивність зношування кромки скребка значно (на порядок) вище, ніж робочій площині, яка в процесі зношування не контактує з кіркою ущільненої маси. Зазвичай максимально допустимий знос кромки досягає від 50 мм до 80 мм (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Характер зносу робочої кромки (торця) скребка

Раніше гостроту проблеми зношування облицювальних деталей прес-форм вдалося вирішити шляхом використання сталей типу X12 загартованих на структуру метастабільного аустеніту здатного до перетворення в мартенсит деформації

Однак спроби збільшити термін служби скребоків шляхом кріплення до їх робочій кромці накладок з сталей типу X12, загартованих на структуру метастабільного аустеніту виявилися безуспішними. Перетворення аустеніту в мартенсит деформації на поверхні тертя не відбувалося.

Передбачалося що причиною цього може бути висока температура поверхневого шару робочої кромки.

Для перевірки цього припущення було проведено дослідження температури, яка виникає на поверхні тертя робочої кромки в процесі зношування. З цією метою, на підприємстві по виготовленню вогнетривів, були випробувані збірні скребки (рис. 1.8), в робочу кромку яких виводились шість хромель-копелевих термопар; їх робочі спаї розташовувались на різній відстані від зношуваної поверхні скребка (рис. 1.9).

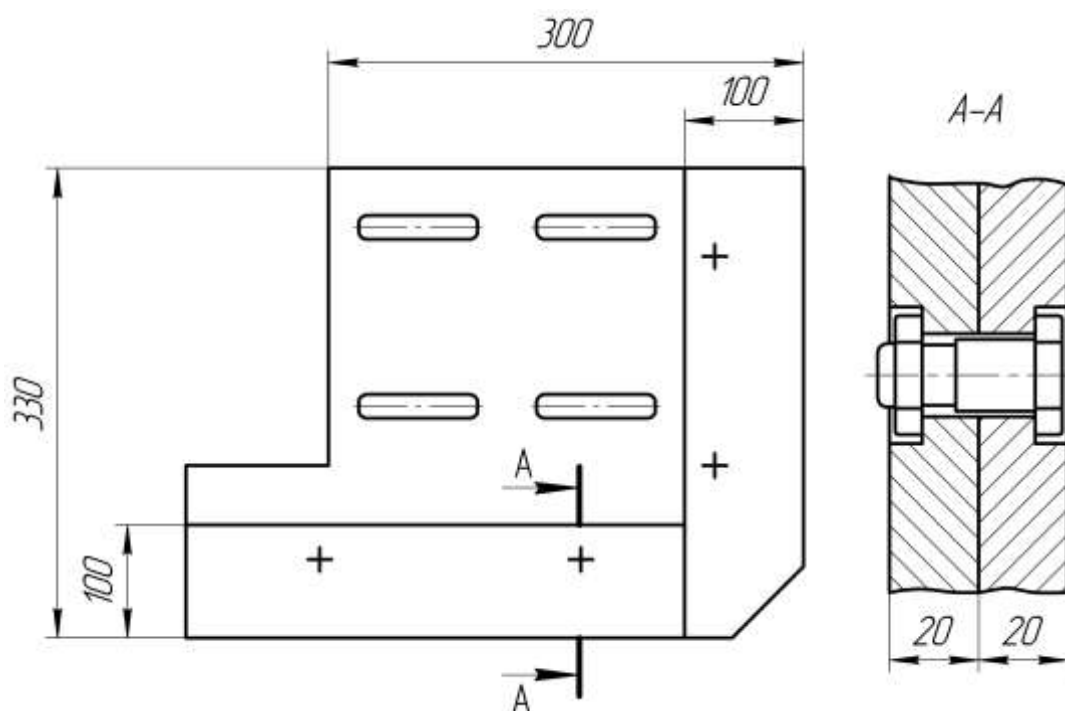


Рисунок 1.8 – Схема збірного скребка установки для змішування вогнетривких мас

Вільні кінці термопар за допомогою компенсаційних дротів через щитковий перемикач, який виключає появи різного роду перешкод і наведень в процесі роботи, були виведені на лабораторний компенсаційний прилад ЛКС4-003. Реєстрацію температури проводили в процесі промислової експлуатації змішувача при встановленому на підприємстві ритмі перемішування вогнетривкої сировини.

В результаті досліджень було встановлено, що поверхні тертя робочих кромek нагріваються до $500^{\circ}\text{C} \dots 550^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.10). При цьому, не дивлячись на те, що температура при віддалені від поверхні скребка різко знижується перетворення метастабільного аустеніту в мартенсит деформації і самозміцнення поверхні тертя не відбуваються.

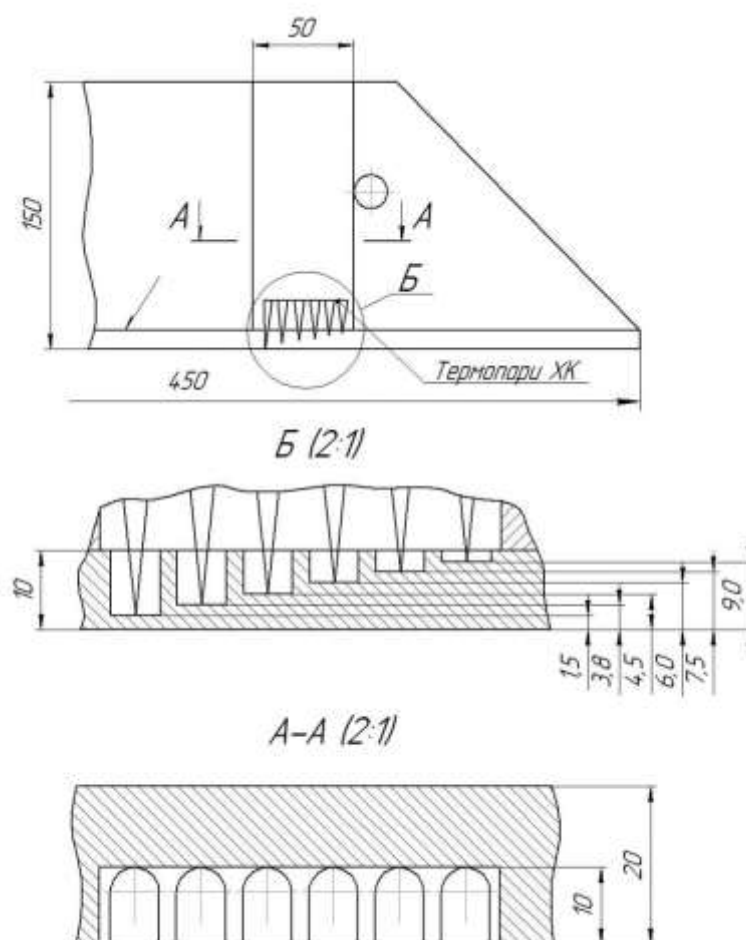


Рисунок 1.9 – Схема установки термопар в скребку для замірів температур в процесі зношування

Отримані результати допоможуть обґрунтовано вибрати інші матеріали для наплавлення скребків, ніж ті, які використовувались на даний час, і розробити технологію зміцнення робочих поверхонь скребків.

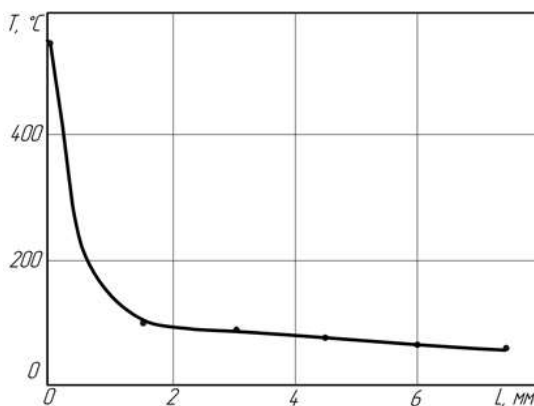


Рисунок 1.10 – Характер зміни температури на робочій кромці скребка по мірі віддалення від поверхні тертя

Таким чином було встановлено, що температура на поверхні тертя робочої кромки скребка після деякого часу його роботи в результаті фрикційного нагріву може перевищувати 500°C .

Тому основною технічною вимогою до матеріалу для наплавлення скребків є забезпечення достатньо високої зносостійкості в умовах абразивного зношування при температурах до $500^{\circ}\text{C} \dots 550^{\circ}\text{C}$.

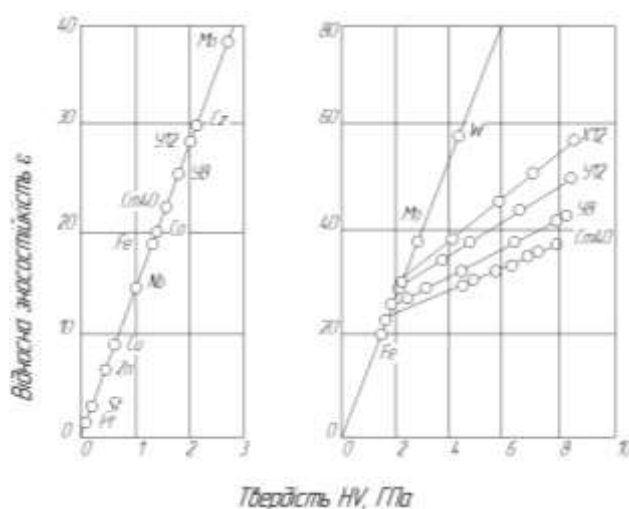
Крім того режими і техніка наплавлення повинні забезпечити мінімально можливу участь основного металу в наплавленому шарі при виключенні можливості відшарування останнього, як під час наплавлення так і в процесі експлуатації.

Для забезпечення максимально можливого використання потенціалу, скоріш за все високолегованого наплавленого металу, наплавлення потрібно вести в два шари.

2 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ПРИ НОРМАЛЬНИХ І ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ДАНОЇ РОБОТИ

У першому розділі даного проекту було показано, що робочі кромки скребків і до утворення гарнісажу на дні і стінках чаші змішувача (від 3 год до 12 год) працюють без помітного нагрівання потім температура поверхні тертя може підвищуватися до 500°C ... 550°C . Тому аналізувати проблему зношування матеріалів доцільно при роботі деталей, як при нормальних, так і високих температурах.

Раніше в результаті досліджень зносостійкості технічно чистих металів і термічно оброблених сталей і сплавів виконаних М.М. Хрущовим і М.А. Бабічевим [5] при зношуванні про закріпленім абразивом було показано, що зносостійкість чистих металів і відпалених сталей прямо пропорційна їх вихідній твердості, а зносостійкість і твердість сталей в термічно обробленому стані зв'язані лінійною залежністю (рис. 2.1). М.М. Тененбаумом [6] були підтверджені і доповнені залежно зносостійкості чистих металів і вуглецевих сталей від твердості при зношуванні напівзакріпленім абразивом різної твердості.



з ліва – у відпаленому стані;

з права – після гартування і відпуску

Рисунок 2.1 – Залежність відносної зносостійкості від твердості технічно чистих металів і вуглецевих сталей

Багато дослідників, відзначаючи складність процесу руйнування поверхні деталей абразивом, підкреслюють, що зносостійкість є не властивістю матеріалу, а властивістю системи: матеріал - умови експлуатації. Найважливішим показником такої системи є співвідношення твердості абразиву H_a і твердості металу H_m , (H_a/H_m), що обумовлює здатність абразивних часток впроваджуватись в поверхневий шар деталі і руйнувати його при подальшому переміщенні.

М.М. Хрущевим і М. А. Бабічевим також було показано, що існує три характерні області з різною інтенсивністю зношування матеріалів залежно від співвідношення H_a/H_m (рис. 2.2). Поки абразив має меншу твердість, чим метал, абразивного зношування практично не буде відбуватися (область 1). В області 3, де твердість абразиву H_a значно вище, ніж твердість металу H_m , інтенсивність зношування постійна й не залежить від співвідношення цих величин. У перехідній зоні 2 інтенсивність зношування зростає в міру підвищення твердості абразиву. Границі першої й другої області відповідає співвідношення H_a/H_m . Межі першої і другої області відповідає співвідношення $H_a / H_m = K$ в межах $0,7 \dots 1,1$, а перехід з другої в третю зону відбувається при $H_a / H_m = 1,3 \dots 1,7$.

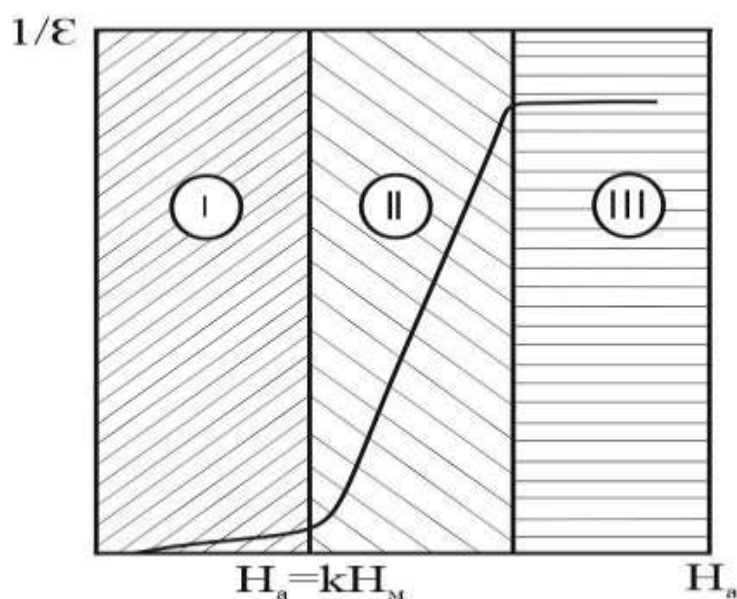


Рисунок 2.2 – Залежність зміни абразивному зношуванню ($1/\epsilon$) від твердості абразиву H_a

Окрім залежності твердості на результат взаємодії абразиву з металом впливають орієнтація ріжучої кромки абразивного зерна до поверхні тертя, форма, розміри, міцність і інші характеристики абразивних часток [5, 6].

Головний висновок, який випливає з аналізу даних закономірностей, полягає в тому, що існує можливість різкого зменшення інтенсивності зношування шляхом досягнення критичного співвідношення H_a / H_m .

Однак ці результати отримані для кімнатної температури зношування, а всебічних досліджень процесів, що відбуваються при абразивному зношуванні в умовах підвищених температур, проведено недостатньо. В умовах зношування, коли в результаті тертя в поверхневому шарі виділяється значна кількість енергії у вигляді тепла, відбувається знеміцнення сплавів, що приводить до втрати вихідних властивостей, в тому числі і здатності чинити опір зношуванню. У цьому випадку залежності зносостійкості сплавів від їх фізико-механічних властивостей, які визначенні при нормальних температурах, очевидно, порушуються. Так, в дослідженнях К.М. Перо ще в минулому столітті показано, що між співвідношенням твердості абразиву і випробуваного матеріалу (H_a/H_m) та їх температурою існує тісний зв'язок. Аналіз запропонованої моделі показував, що в процесі зношування помітний нагрів абразиву відсутній, а температура поверхні деталі, що знаходиться в постійному змінному контакті з абразивним середовищем, може досягати великих значень. Отже, в співвідношенні H_a/H_m необхідно враховувати дійсне значення твердості матеріалу при робочих температурах експлуатації (гарячу твердість), а не твердість до зношування.

Роль металевої матриці і твердої фази в процесі опору сплавів абразивному зношуванню оцінюється різними авторами неодноково. Так, багато дослідників в своїх роботах показали [5, 7], що зносостійкість сплавів в значній мірі залежить від наявності карбідів в структурі, їх кількості, форми і дисперсності. Позитивний вплив карбідної фази в зносостійких сплавах пов'язано з втратою абразивними частинками ріжучих властивостей при зіткненні з карбідами в процесі зношування. Крім того,

локальне поле напружень, що існує навколо карбідів, ускладнює переміщення дислокацій при пластичній деформації, що передує руйнуванню мікрооб'ємів металу.

В умовах абразивного зношування при підвищених температурах карбіди ефективно зміцнюють сплав, так як надлишкова карбідна фаза навіть при температурах нагріву від 600°C до 700°C є термостабільною і не зазнає практично жодних змін. Отже, при створенні зносостійких матеріалів, що експлуатуються при підвищених температурах в абразивному середовищі, в структурі сплаву має забезпечуватися необхідна кількість твердої фази. Рівномірно розподілені дисперсні карбіди сприяють підвищенню механічних властивостей, не знижуючи при цьому зносостійкість, що забезпечує достатню експлуатаційну надійність в жорстких умовах зношування.

У той же час рівень зносостійкості залежить не тільки від кількості і природи карбідів, але і від здатності основи утримувати зміцнюючу фазу. При відсутності міцного зв'язку на межі поділу фаз відбувається викришування карбідів, які не реалізували своїх можливостей, і, як наслідок, зростає інтенсивність зношування.

В результаті аналізу великого обсягу експериментального матеріалу, отриманого різними авторами [5, 6, 7], встановлено, що зносостійкість сплавів пропорційно зростає при зміні типу матриці в наступній послідовності: феритна, перлітна, сорбітна, троостітна, бейнітна, мартенситна.

Як видно з наведеного ряду, найменшою зносостійкістю в умовах абразивного зношування відрізняється феритна матриця. Низька зносостійкість ферито-карбідних сплавів пов'язана як з малою здатністю фериту чинити опір пластичній деформації, так і зі значними спотвореннями на границях сполучення матриці з карбідами. Істотна відмінність параметрів решіток α -фази і карбідів створює області з аномально високими значеннями енергії, де вона швидше за все накопичується до певної величини, що призводить до легкого викришування карбідів з матриці, тим самим знижуючи працездатність такого матеріалу.

Всі інші типи матриць, що мають, як і ферит, α -грати, мають більш високу зносостійкість. Однак, вже при відносно невисоких температурах нагріву (100°C ...

300° С) і досить тривалих витримках, як це має місце в умовах абразивного зношування при підвищених температурах, в сплавах з сорбітною, троостітною, бейнітною або мартенситною матрицею активізуються дифузійні процеси. Відбувається інтенсивне виділення вуглецю з тетрагональної α -решітки, в результаті чого утворюється рівноважна феріто-карбідна структура. Отже, основний вплив температури при абразивному зношуванні полягає в утворенні в структурі сплаву низько-зносоустійкої феритної матриці і, навіть, незважаючи на виділення вторинних карбідів, загальна зносоустійкість сплаву знижується.

Таким чином, для умов інтенсивного абразивного зношування при підвищених температурах використання сплавів з матрицею, що має α -решітку, небажано, так як вони не можуть забезпечити високий рівень зносоустійкості.

Особливе місце в роботах багатьох дослідників займає виявлення впливу аустеніту на зносоустійкість сталей і сплавів. Відомості про роль аустеніту при абразивному зношуванні суперечливі: відзначається як позитивний вплив аустеніту на опірність сплавів зношуванню в абразивному середовищі [5, 8], так і негативне [9], а для деяких умов зношування показано, що зміна кількості аустеніту не робить істотного впливу на зносоустійкість сплавів.

За даними досліджень, виконаних в Національному університеті «Запорізька політехніка», в Уральському політехнічному університеті і за даними інших авторів виявлені деякі загальні закономірності поведінки аустеніту в процесі пластичної деформації при зношуванні. Встановлено, що зміцнення аустеніту може відбуватися за двома механізмами: за рахунок механічного наклепу аустеніту і за рахунок деформаційних $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворень. Зміцнення стабільного в даних умовах випробувань аустеніту відбувається по першому механізму, а нестабільного – переважно по другому [7, 9].

В результаті деформаційних $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворень, залишковий аустеніт під впливом абразивних частинок в тонких поверхневих шарах перетворюється в мартенсит деформації, що відрізняється від мартенситу гартування високою дисперсністю. В мартенситі деформації утворюються також сегрегації вуглецю аналогічного типу, як і при старінні. Мартенситна фаза, яка з'являється, і виділені

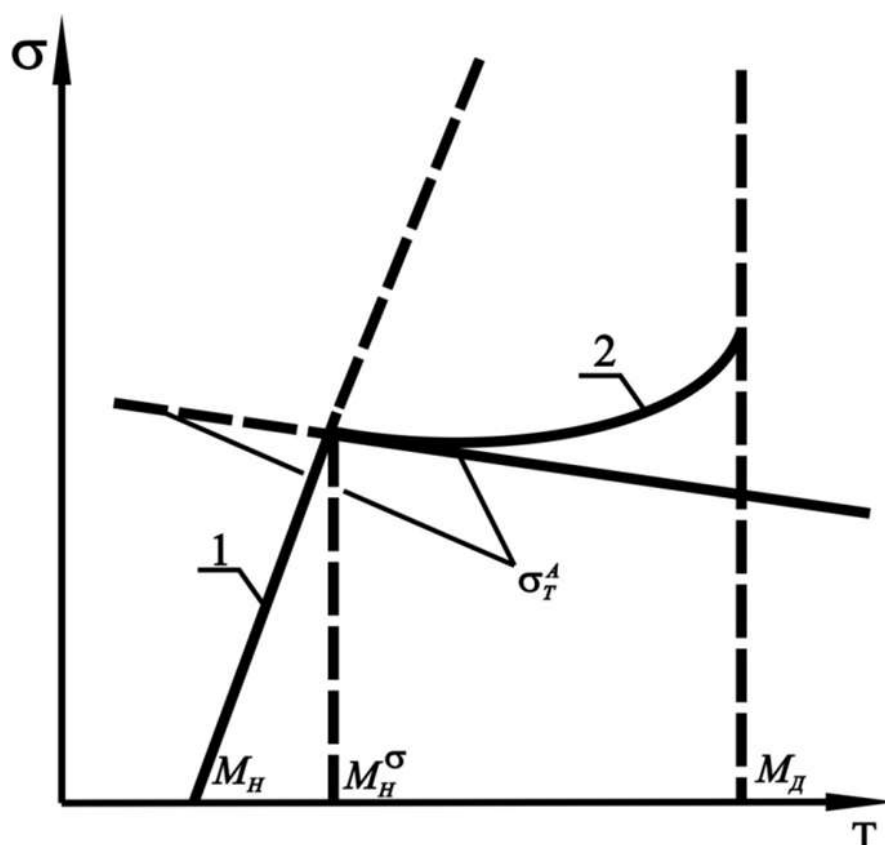
дрібнодисперсні карбіди по площинах ковзання, створюють додаткові бар'єри на шляху руху дислокацій та сприяють більш рівномірному їх розподілу в робочому шарі, що зменшує можливість скупчення критичного числа дислокацій перед перешкодою, а, отже, і ймовірність утворення тріщин [10].

Таким чином, використання для умов абразивного зношування сплавів, які містять у своїй структурі метастабільний аустеніт, що зазнає в процесі впливу абразивних частинок деформаційні $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення, перспективне.

Однак, питання опірності сплавів із залишковим аустенітом, а також його здатність до перетворення в мартенсит деформації в умовах експлуатації деталей, коли поверхневий шар, що контактує з абразивними тілами розігрівається до температур в інтервалі від кімнатної до $500^{\circ}\text{C} \dots 550^{\circ}\text{C}$, залишається відкритим.

Відомі дослідження [10] з вивчення кінетики, механізму, інтенсивності мартенситного перетворення і властивостей нестабільних сталей із залишковим аустенітом в процесі випробувань при підвищених температурах.

На думку ряду авторів [3, 10], чим вище температура, при якій відбувається деформація, тобто, чим більше віддалення від точки початку мартенситних перетворень (МП) і стабільніше аустеніт, тим менш інтенсивний процес утворення мартенситу деформації. Температура термодинамічної рівноваги фаз (МД), вище якої і при найсильнішій деформації не утворюється мартенсит, також, як і МП, може розглядатися як міра стабільності аустеніту. У загальному вигляді умови появи мартенситу вище температури початку мартенситного перетворення при охолодженні в умовах дії зовнішнього навантаження ілюструє схема, запропонована Олсоном і Коеном (рис. 2.3).



Умовні позначки:

1 – мартенсит напруження;

2 – мартенсит деформації;

σ_T^A – межа плинності аустеніту.

Рисунок 2.3 – Взаємозв'язок напруження і температури появи мартенситу [9]

При температурі M_H перші кристали мартенситу виникають без допомоги зовнішнього навантаження. В температурному інтервалі $M_H < T < M_H^\sigma$ утворення мартенситних кристалів ініціюється пружними напруженнями $\sigma < \sigma_T^A$. мартенсит, який одержується в цих умовах, називається мартенситом напруги. При $M_H^\sigma < T < M_D$ зменшення хімічних рушійних сил призводить до того, що напруги, які необхідні для утворення мартенситу напруження, перевищують межу плинності σ_T^A аустеніту і тоді відбувається утворення мартенситу деформації, кількість якого прогресивно збільшується з ростом деформації. Вище температури M_D викликати мартенситні перетворення шляхом пластичної деформації не вдається. Тобто, область умов утворення мартенситу деформації не безмежна. Існує певний діапазон поєднань

вихідних властивостей сплавів і умов навантаження, в межах якого можливо в тій чи іншій мірі протікання мартенситних перетворень при деформаційному впливі.

Таким чином, повнота $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворень істотно впливає на рівень зносостійкості сплавів, проте в літературі мало відомостей про чутливість аустеніту до утворення мартенситу деформації в процесі абразивного зношування при підвищених температурах, коли поверхневий шар в результаті впливу абразивних частинок схильний до нагрівання.

Легуючі елементи в сплаві уповільнюють процеси, що викликають знеміцнення при нагріванні. В порядку зростання гальмівної дії на знеміцнення, легуючі елементи розташовуються в наступному порядку [11]:



Вплив легуючих елементів на зносостійкість сплавів проявляється в основному двома шляхами: за рахунок утворення карбідів або інтерметалідів і зміни властивостей основи.

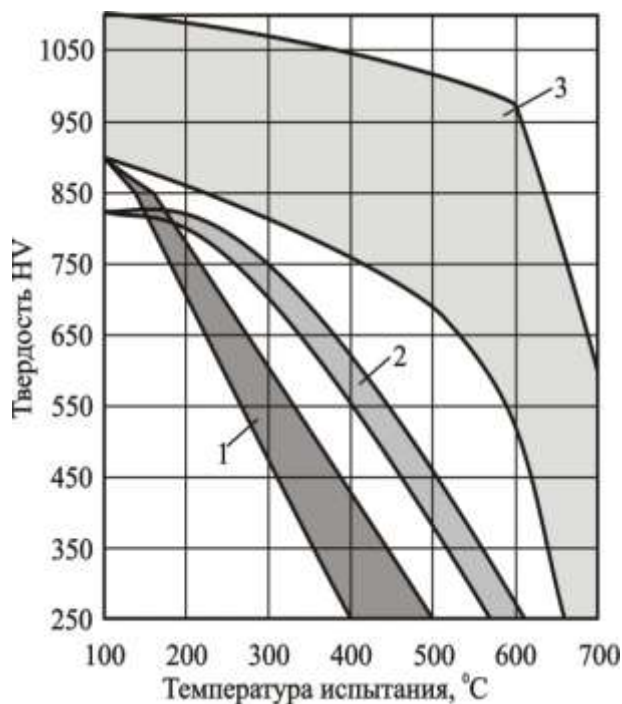
У той же час, введення в сплав великого числа різних елементів не завжди обґрунтовано (як, наприклад, в сплавах типу сормайт) і тому не забезпечує пропорційне легуванню збільшення зносостійкості.

Найбільш часто і ефективно для легування наплавленого металу використовується хром, який до того ж найбільш інтенсивно перешкоджає знеміцненню сплавів при нагріванні. У наплавленому металі, який легований хромом, найменшою зносостійкістю володіють покриття, що мають карбіди цементитного типу. При переході від цементитного (Fe_3C) до спеціального карбіду хрому, зносостійкість покриття зростає сильніше, ніж при переході від одного спеціального карбіду до іншого.

Збільшення вмісту хрому, вольфраму, молібдену, кобальту в аустеніті супроводжується підвищенням його теплостійкості і зростанням зносостійкості сплаву. Це положення наочно ілюструється схемою (рис.2.4) [12].

Найбільша стійкість до знеміцнення досягається в теплостійких сталях, до яких відносяться швидкорізальні сталі та сплави з інтерметалідним зміцненням. Однак нескладні економічні розрахунки показали, що через високий рівень

легування цих матеріалів дорогими і дефіцитними елементами: вольфрамом, молібденом, кобальтом – використання цих матеріалів для зміцнення деталей змішувального обладнання економічно недоцільно. Тому застосування їх для таких деталей як скребки практично не можливо.



Умовні позначки:

- 1 – нетеплостійкі;
- 2 – напівтеплостійкі;
- 3 – теплостійкі.

Рисунок 2.4 – Твердість інструментальних сталей при нагріванні (гаряча твердість)
[12]

Значного підвищення твердості і зносостійкості сплаву можна досягти за рахунок легування його недорогим і доступним елементом – бором. Володіючи малою розчинністю в твердих розчинах і залізі, бор значно зміцнює їх за рахунок зміни тонкої структури, в основному, через зменшення величини блоків і деякого зростання мікронапружень.

Велика частина бору в сплавах знаходиться в вигляді окремих фаз – боридів і карбоборидів різних металів [13].

Ефективно зміцнює матрицю кремній, підвищує опір сплаву пластичній деформації і знижує інтенсивність зношування [11, 12, 14]. Особливо це проявляється при наявності карбідоутворюючих елементів. Кремній має суттєвий вплив на теплостійкість сплавів: вже в кількості від 0,8% до 1,0% при температурах нагріву від 200°C до 300°C затримує розпад мартенситу. Введення в сплав кремнію збільшує кількість і термодинамічну стійкість аустеніту при відпуску, внаслідок чого в кременистих сталях залишковий аустеніт зберігається до більш високих температур відпуску.

Отже, легування залізовуглецевих сплавів такими відносно дешевими і недефіцитними легуючими елементами як хром, бор, кремній є корисним при створенні сплавів для зміцнення деталей, схильних до інтенсивного абразивного зношування при підвищених (450°C ... 550°C) температурах. Для визначення оптимальної кількості цих елементів в наплавленому металі необхідне проведення подальших спрямованих досліджень.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ І СТРУКТУРИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СПЛАВІВ З МЕТОЮ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ СКРЕБКІВ

3.1 Вибір типу металевої матриці

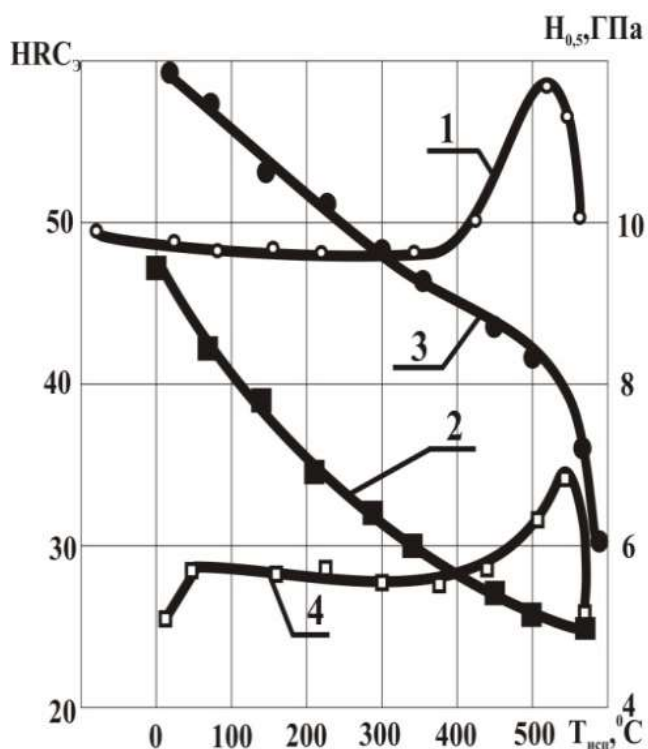
Позитивна роль металевої матриці полягає, перш за все, в її здатності зміцнюватися в процесі зношування. Відомо, що мікротвердість поверхні тертя сталей з великою кількістю залишкового аустеніту може перевищувати 12 ГПа, що помітно вище, ніж твердість мартенситу гартування. Однак відомо й те, що потенційна здатність сталей з такою структурою реалізується не у всіх випадках. Можливість фазових перетворень в процесі тертя, що призводять до помітного підвищення мікротвердості і зносостійкості, істотно залежить від умов зношування. Тому, при виборі типу металевої матриці і прогнозуванні рівня зносостійкості матеріалів необхідно знати закономірності впливу основних параметрів умов зношування на ступінь зміцнення поверхневого шару.

У першому розділі даного дипломного проекту було показано, що в процесі зношування скребків їх робоча поверхня може нагріватися до 550°C. Оскільки зміни, що відбуваються в поверхневому шарі в результаті нагрівання, істотно впливають на зносостійкість деталі, в ЗНТУ були проведені дослідження по з'ясуванню впливу температури на ступінь зміцнення поверхневого шару і опірність сплавів із залишковим аустенітом абразивному зношуванню [14].

Випробовувалися зразки зі сталі 140X12 в аустеніто-мартенситному стані на лабораторній установці при наступних умовах зношування: питоме навантаження $P_{уд} = 5$ МПа, швидкість переміщення зразка $V = 26$ мм/с, абразив – шамот фракції від 0,63 мм до 1,0 мм.

При дослідженні стали 140X12, загартованої від 1170°C на структуру 75% γ і 25% α було встановлено, що в інтервалі температур від 20° С до 400° С переважаючий вплив на зносостійкість сплаву з великою кількістю залишкового аустеніту надає здатність його до зміцнення в процесі зношування. Висока

мікротвердість і зносостійкість сплаву із залишковим аустенітом при кімнатній температурі (рис. 3.1), в поверхневому шарі, якого відбуваються глибокі деформаційні $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення, є наслідком істотних змін тонкої структури, викликаних цими перетвореннями [9, 10, 14].



Умовні позначки:

- 1 – твердість після охолодження, HRC;
- 2 – гаряча твердість, HRC;
- 3 – $H_{0,5}$ мікротвердість поверхні після зношування;
- 4 – мікротвердість основи, $H_{0,5}$.

Рисунок 3.1 – Зміна твердості і мікротвердості поверхні сталі 140X12 ($T_{\text{зак.}} = 1170^{\circ}\text{C}$) в залежності від температури випробувань [12]

З підвищенням температури випробувань інтенсивність $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворень і зміцнення поверхні тертя знижується, що призводить до зростання інтенсивності зношування. Це пов'язано зі стабілізацією аустеніту, так як для початку утворення мартенситу необхідна різниця вільних енергій, що перевищує витрати на пружну деформацію і утворення границь розділу. З підвищенням температури зношування

ця різниця знижується і стійкість аустеніту зростає [13]. Так в процесі випробувань при кімнатній температурі стали 140X12 ($T_{\text{зак}} = 1170^{\circ}\text{C}$), аустеніт майже повністю перетворюється в мартенсит деформації (з 75% γ -фази залишається тільки 14%), а при 450°C (коли ще не почався розпад аустеніту від власне нагрівання), тільки близько 20% аустеніту зазнає деформаційні $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення.

З подальшим підвищенням температури зношування відбувається розпад аустеніту і при охолодженні від 550°C він повністю перетворюється в феритокарбідну суміш. Таким чином, в інтервалі температур від 450°C до 550°C превалюють дифузійні процеси, що призводять до різкого збільшення інтенсивності зношування (рис. 3.2).

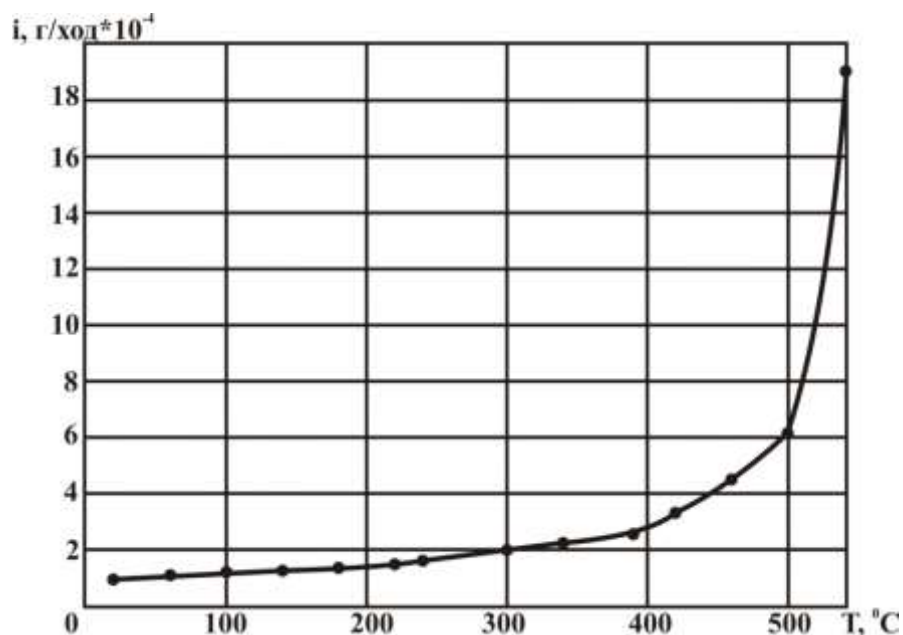


Рисунок 3.2 – Залежність інтенсивності зношування сталі 140X12 від температури

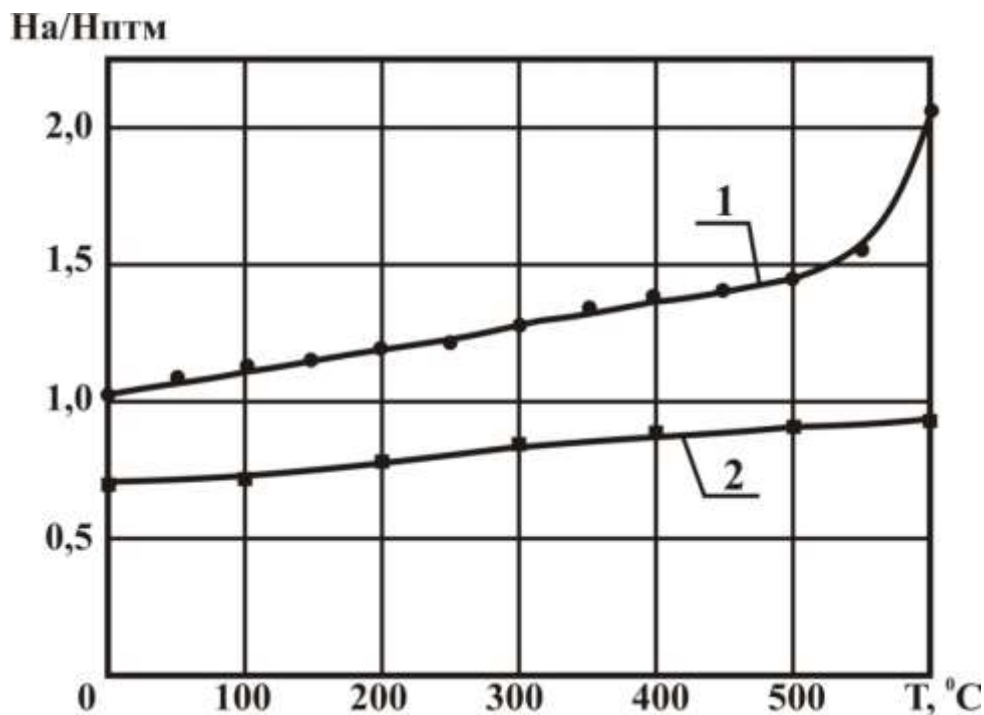
Таким чином, встановлено, що з підвищенням температури випробувань сталі 140X12 із залишковим метастабільним аустенітом ступінь зміцнення робочої поверхні зменшується. Інтенсивність деформаційних перетворень знижується аж до температур розпаду аустеніту і при 450°C . Тільки 20% аустеніту зазнає $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення

Дюрometrчeні дослідження сталі 140X12 з метастабільним аустенітом виявили значне підвищення твердості і мікротвердості в цьому інтервалі температур (див. рис. 3.1.). Однак, слід врахувати, що ці дані отримані після охолодження випробуваного зразка до кімнатної температури, а як відомо, на сталях подібного класу спостерігається ефект вторинного твердіння. Гаряча ж твердість, яка характеризує стан матеріалу в умовах зношування при даних температурах, пропорційно знижується до 23 HRC при 550°C.

Таким чином, встановлено, що з підвищенням температури випробувань сталі 140X12 із залишковим метастабільним аустенітом ступінь зміцнення робочої поверхні зменшується. Інтенсивність деформаційних перетворень знижується аж до температур розпаду аустеніту і при 450°C тільки 20% аустеніту зазнає $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення.

В результаті зниження твердості поверхні тертя відбувається безперервне збільшення такого показника як відношення H_a/H_m (рис. 3.3). Тому з підвищенням температури випробувань інтенсивність зношування сплавів із залишковим аустенітом значно зростає і при 550°C стає більш ніж в 30 разів вище ніж при кімнатних температурах. Таке істотне зниження зносостійкості сплавів із залишковим аустенітом при підвищенні температури від кімнатної до 550°C пов'язано зі зміною механізму зношування. Металографічні дослідження сплавів з переважно мартенситною основою і метастабільним аустенітом показали, що поверхня зношування після випробувань при кімнатній температурі має сліди полідеформаційних пошкоджень і порівняно невелика кількість подряпин. А при 550° С зношування поверхні відбуваються в основному за рахунок мікрорізання і пластичного деформування металу. Ширина і глибина канавок значно більше, ніж на зразках, випробуваних при кімнатній температурі.

Таким чином, аналіз результатів досліджень, наведених в даному розділі показав, що очікувати підвищення зносостійкості ножів за рахунок застосування матеріалів з великою кількістю залишкового аустеніту не перспективно через його надмірну стабілізацію в результаті впливу температур і зниження ступеня зміцнення.



Умовні позначки:

1 – сталь 140X12;

2 – твердий сплав ВК6 абразив шамот,

$H_{CP} = 12,3$ ГПа

Рисунок 3.3 – Залежність відносини твердості абразиву H_A до мікротвердості поверхні тертя $H_{ПТМ}$ від температури

Відомо, що початкові властивості (твердість, міцність) зберігаються до більш високих температур в сплавах з великою кількістю надлишкових фаз, які зміцнюють структуру (карбіди, бориди та інше). Тому подальший вибір матеріалів ґрунтувався, в основному, на результатах досліджень таких сплавів, проведених раніше в НУ «ЗП». Основна увага була приділена оцінці впливу хімічного складу на зносостійкість сплавів в структурі яких знаходиться велика кількість карбідів.

3.2 Вибір оптимального хімічного складу матеріалів для наплавлення скребків

Відомо [9, 13, 14] що підвищена зносостійкість деталей обладнання може досягатися в результаті наплавлення їх високохромистими матеріалами в яких знаходиться бор, в кількостях, що забезпечують в наплавленого металу заевтектичних структуру. Однак, рекомендації по використанні таких матеріалів не завжди однозначні, що ускладнює їх обґрунтований вибір і розробку. Це пов'язано з різними розмірами і формою зміцнюючих фази в наплавленого металу, їх стехіометричним складом і розподілом в основі сплаву.

Складність складу стандартних матеріалів для наплавлення не дозволяє в досить чіткому вигляді визначити вплив кожного з легуючих елементів - вуглецю, хрому, бору на здатність сплавів до опору руйнівних дій абразивних частинок.

Відомо також, що в залізовуглецевих сплавах, легованих хромом і бором, зносостійкість наплавленого металу в значній мірі визначається кількістю бору. Проте, рекомендований кількісний вміст його в сплавах змінюється в широких межах від 1% до 15%. При цьому наголошується, що оптимальний вміст бору визначається умовами експлуатації. Іноді співвідношення цих елементів вкрай суперечливо навіть в межах однієї системи [15, 16].

У зв'язку з цим, для визначення оптимального складу наплавленого металу, який володіє максимальною зносостійкістю в умовах роботи скребків, були проведені випробування дослідних наплавлень з різним вмістом вуглецю, бору і хрому.

Через значну складність реалізації методики високотемпературних випробувань, на першій стадії досліджень випробування проводилися при невисоких температурах (на 30°C – 50 ° C вище кімнатних). При цьому враховувалося, що на відміну від сталей з метастабільним аустенітом, відмінності в зносостійкості при кімнатних і високих температурах (до 500°C) сплавів з великою кількістю теплостійких фаз незначні.

3.2.1 Дослідження впливу бору і вуглецю на зносостійкість наплавленого металу

З цією метою було досліджено чотири серії сплавів, в яких вміст вуглецю змінювалося в межах від 0,4% до 2,0%, а вміст бору в кожній серії залишалося постійним і змінювалося від серії до серії в межах 1% ... 1,5%; 2,5% ... 3%; 4% ... 5%.

Обмеження верхньої межі вмісту вуглецю обумовлено тим, що більш високий його вміст знижує технологічні властивості наплавленого металу, що виражається утворенням значної кількості тріщин, що знижували службові властивості сплавів. Нижня межа вуглецю обрана, виходячи з даних роботи [15, 17], в якій вказується, що найбільший ефект зміцнення при легуванні бором спостерігається при його вмісті до 0,8%. Результати випробувань зразків на зносостійкість наведені на рисунках 3.4 і 3.5.

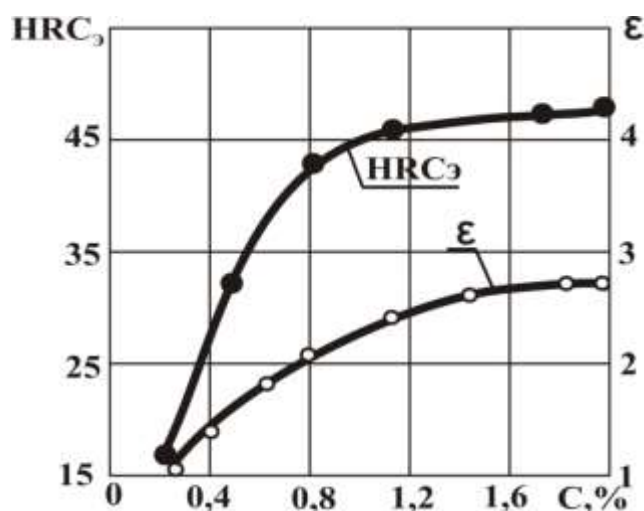
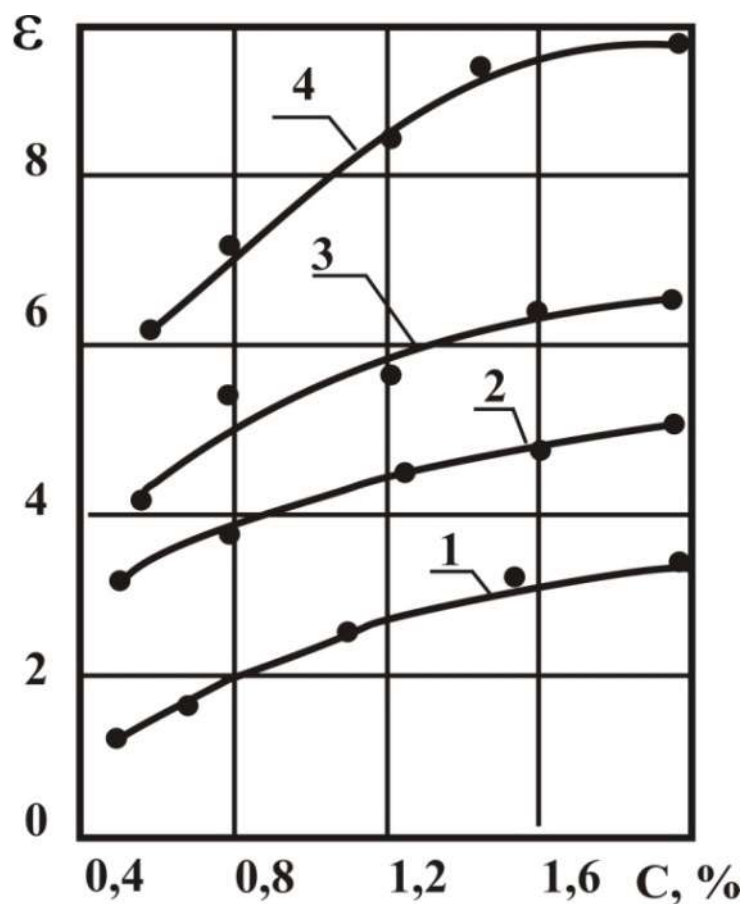


Рисунок 3.4 – Зміна твердості (HRC_E) і зносостійкості (ϵ) наплавленого металу від вмісту вуглецю

Зі зміною змісту вуглецю в досліджуваному інтервалі мікроструктура наплавленого металу змінюється від ферито-перлітної (0,4% C) до мартенситної (1,09% C) і заевтектичної (більше 2% C)

Дані, наведені на рисунку 3.5, показують, що легування залізовуглецевих сплавів бором призводить до значного підвищення зносостійкості наплавленого металу. При цьому більш ефективне збільшення зносостійкості спостерігається для сплавів з низьким вмістом вуглецю.

Вивчення мікроструктури наплавленого металу показало, що збільшення вмісту бору супроводжується різкою зміною структури залізовуглецевих сплавів і властивостей. Характерні мікроструктури досліджених сплавів наведено на рисунку 3.6.



Умовні позначки:

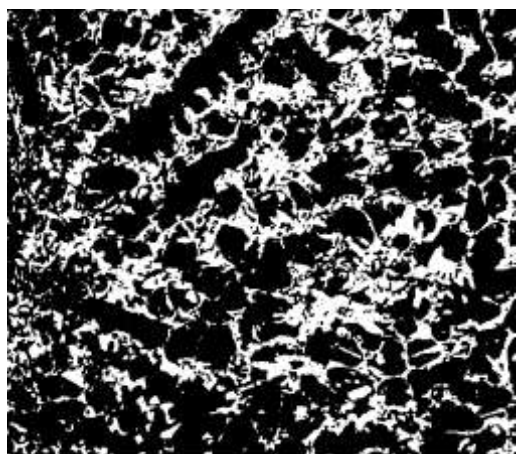
1 – В = 0%;

2 – В = 1,4% ... 1,7%;

3 – В = 2,5% ... 3,0%;

4 – В = 4% ... 5%

Рисунок 3.5 – Зміна зносостійкості (ϵ) наплавленого металу в залежності від вмісту вуглецю (C) і бору



а)



б)

а – $C = 0,53\%$, $B = 4,5\%$;

б – $C = 1,89\%$, $B = 4,77\%$.

Рисунок 3.6 – Мікроструктури наплавленого металу

При легуванні маловуглецевих сплавів ($0,4\%–0,6\%$ C) бором в кількості $1,5\%$ відбувається збільшення твердості наплавленого металу з 15 до 30 одиниць HRC. У структурі з'являються зерна твердого розчину і евтектики. Подальше збільшення бору призводить до подрібнення зерен твердого розчину, збільшення кількості евтектики. Змінюються властивості структурних складових. У залізовуглецевих сплавах, які містять $1,6\%–2,0\%$ вуглецю (рис. 3.7), додаткове легування бором сприяє утворенню заевтектичних структур в наплавленого металу. Збільшується твердість і зносостійкість наплавленого металу. Збільшення вмісту бору до $2,5\%–3\%$ не приводить до істотної зміни структури наплавленого металу. Вона залишається заевтектичною з приблизно однаковою кількістю зміцнюючої фази. Але зростає мікротвердість включень зміцнюючої фази $H_{0,5} = 15,6 \text{ ГПа} \dots 18,9 \text{ ГПа}$ (рис. 3.8). При цьому зносостійкість наплавленого металу зростає в 2 рази.

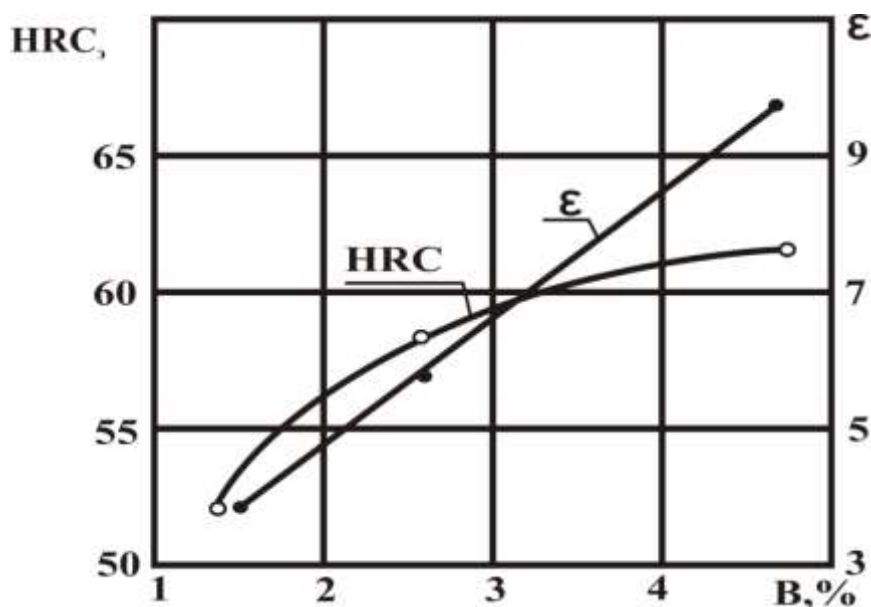


Рисунок 3.7 – Зміна зносостійкості (ϵ) і твердості (HRC_E) сплаву з 1,8% вуглецю в залежності від вмісту бору

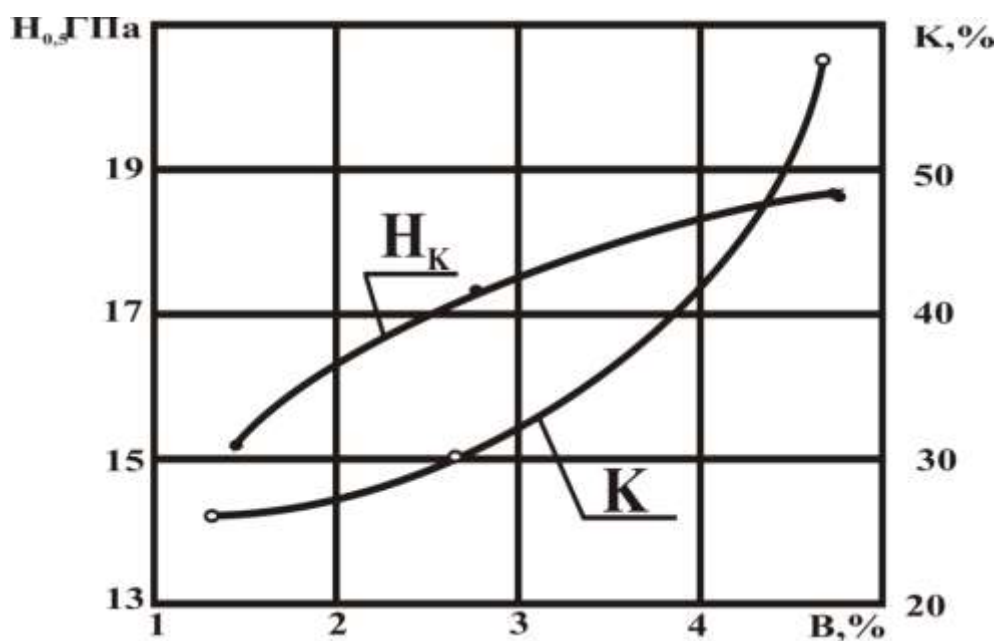


Рисунок 3.8 – Зміна кількості (K) і мікротвердості ($H_{0.5}$) зміцнюючої фази в залежності від вмісту бору в наплавленому металі

На загальному фоні евтектики різко виділяються численні квадрати і прямокутники. При такому вмісті бору і вуглецю в наплавленому металі різко змінюється будова надлишкової фази і евтектики. Утворюється борокарбід типу $Fe_{23}(B, C)_6$ і борид Fe_2B . Мікротвердість зміцнюючої фази і евтектики досягає високих

значень $H_{0,5}=1,9\text{ ГПа} \dots 20,6\text{ ГПа}$ і $H_{0,5}=9,1\text{ ГПа} \dots 9,7\text{ ГПа}$ відповідно, зносостійкість наплавленого металу підвищується до $\varepsilon = 9,8$.

У міру збільшення вмісту бору і, відповідно, кількості зміцнюючої фази і мікротвердості структурних складових сплаву на зношених поверхнях зменшується кількість руйнувань в результаті прямого різання та пластичного деформування мікрооб'ємів металу. При кількості зміцнюючої фази близько 50-60% провідним механізмом зношування стає корозійно-механічне руйнування тонких поверхневих шарів. шляхом поступового стирання і викришування поверхневої плівки. Отже, бор, сприяючи утворенню в наплавленого металу зміцнюючої фази і евтектики з високою мікротвердістю, змінює механізм зношування сплаву в сторону корозійно-механічного руйнування, яке характеризується меншою інтенсивністю.

Аналіз зварювально-технологічних властивостей наплавленого металу показав, що при невисоких змістах бору (до 2%) і вуглецю (до 1,2%) в наплавленого металі відсутні пори і тріщини. Подальше збільшення вмісту бору і вуглецю підвищує схильність наплавленого металу до утворення тріщин. Вміст бору і вуглецю понад 5% і 2% відповідно негативно позначається на технологічні властивості наплавленого металу. Погіршується відділення шлакової кірки, з'являється велика кількість гарячих і холодних тріщин, які знижують службові характеристики наплавленого металу. Збільшення кількості бору веде до утворення тріщин за рахунок появи легкоплавких Fe-B ($T_{\text{пл}} = 1174^\circ\text{C}$) евтектик на стиках стовпчастих кристалів [15, 18]. Як правило, гарячі тріщини розташовуються у вигляді сітки на наплавленій поверхні, в результаті чого відбувається викришування наплавленого металу (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Наплавлений зразок

Отже, легування наплавленого металу бором і вуглецем в кількості 5% ... 6% і 2% ... 3% відповідно недоцільно.

Таким чином, дослідження впливу бору і вуглецю на зносостійкість і технологічні властивості наплавленого металу показали, що висока зносостійкість ($\epsilon = 9,8$) досягається при вмісті 4% ... 5% В і 1,6% ... 2,2% С. Однак, загальний рівень зносостійкості залізо-вуглець-БОРИСТЕН сплавів нижче, ніж зносостійкість металу, наплавленого ПП-АН170 ($\epsilon = 11,8$), легованого вуглецем, хромом і бором. Тому подальші дослідження були спрямовані на вивчення впливу хрому на зносостійкість сплавів, легованих бором і вуглецем.

3.3 Дослідження впливу хрому на зносостійкість борорувуглецевого наплавленого металу

Відомо, що зносостійкість вуглецевих сплавів значною мірою визначається кількістю хрому.

Хром є одним з поширених і ефективних легуючих елементів. З вуглецем і бором він утворює ряд карбідів, боридів і карбоборидов, що володіють високою твердістю, які надають наплавленого металу високу зносостійкість [19]. Цим пояснюється той факт, що хром застосовується в якості основного легуючого елемента в сплавах, призначених для наплавлення деталей машин, що працюють в різних умовах абразивного зношування. Однак рекомендована кількість хрому в них коливається в широких межах від 2% до 40% і залежить від присутності таких легуючих елементів, як бор і вуглець [17, 20].

Дослідженнями, проведеними в розділі 3.2. встановлено, що висока зносостійкість наплавленого металу в досліджуваних умовах, при збереженні задовільних зварювально-технологічних властивостей досягається при вмісті в його складі 4% ... 5% бору і 1,6% ... 2,2% вуглецю.

Відповідно до цього для визначення оптимального вмісту хрому були виготовлені порошкові дроти, що дозволяють отримати наплавлений метал з збереженням постійного вмісту бору і вуглецю при зміні кількості хрому в межах до 20%. Крім цього досліджувалася група сплавів з різним вмістом вуглецю, хрому і бору. Їх склад був підібраний таким чином, щоб отримати найбільш повне уявлення про вплив цих елементів на властивості наплавленого металу. Результати випробування зразків на зносостійкість, представлені на рисунку 3.10 показують, що легування наплавленого металу 220P5 хромом значно підвищує його здатність чинити опір руйнівній дії абразивних частинок.

При цьому найбільш інтенсивне збільшення зносостійкості наплавленого металу спостерігається зі збільшенням вмісту хрому до 8%. Мікроструктура наплавленого металу 220P5X8 має заевтектичних будову (рис. 3.11).

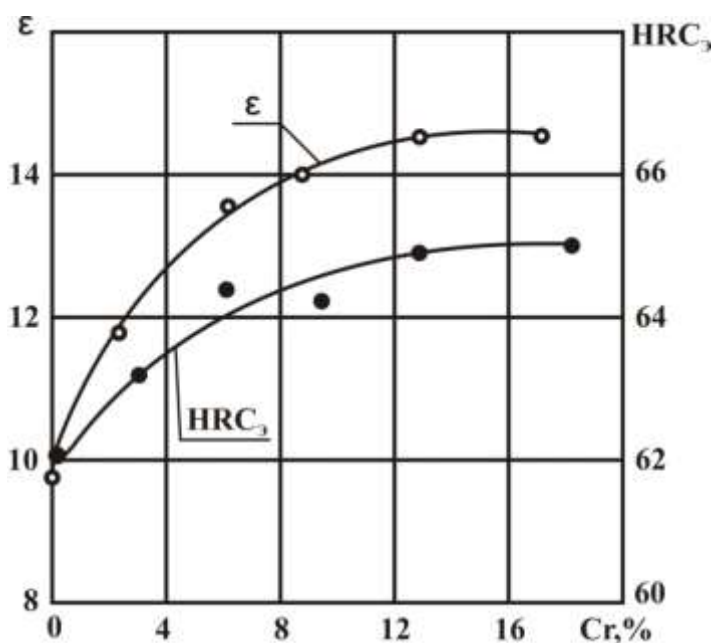


Рисунок 3.10 – Зміна твердості (HRC_E) і зносостійкості (ϵ) сплаву 220P5 від вмісту хрому

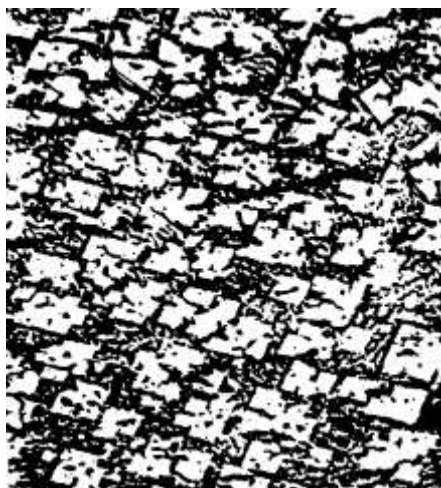


Рисунок 3.11 – Мікроструктура наплавленого металу з вмістом С – 2,0%,
В – 4,77%, Cr – 12%, $\times 300$

При легуванні наплавленого металу хромом у кількості до 8% ... 10%, особливих змін в будові мікроструктури сплавів не спостерігається, структура залишається заевтектичною (див. рис 3.11).

При підвищенні хрому з 8% до 20% спостерігається різке збільшення мікротвердості упрочнюючої фази, яка досягає значень $H_{0,5} = 22,6 \text{ ГПа} \dots 26,9 \text{ ГПа}$, що відповідає вищим боридами хрому Cr_2B і CrB . Твердість поверхні зразків зі зміною вмісту хрому до 20% підвищується всього на три-чотири одиниці HRC.

Однак, незважаючи на значне збільшення мікротвердості зміцнюючих фази, зносостійкість наплавленого металу залишається приблизно на тому ж рівні ($\varepsilon = 16,5$).

Отже, вміст хрому в сплаві 220P5 може бути обмежений в межах 8% ... 12% без зниження зносостійкості наплавленого металу.

Встановлено, що вміст бору і вуглецю в межах 4% ... 5% і 1,8% ... 2,5% відповідно сприяє утворенню боридів високої твердості ($H_{0,5} = 22,6 \text{ ГПа} \dots 26,9 \text{ ГПа}$) в кількостях (50% ... 70% по займаній площі) достатніх для придання наплавленому металу високої зносостійкості при значно менших вмістах хрому (4% ... 12%).

Дослідження зношених поверхонь зразків, наплавлених сплавами 220X12P5 і 250X2P5 показало, що основним видом руйнування також як і сплаву 220P5, є корозійно-механічне (рис 3.12).

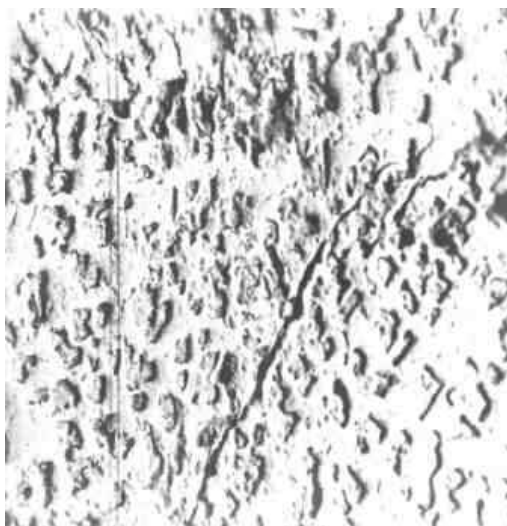


Рисунок 3.12 – Мікрорельєф поверхні тертя сплаву 220X12P5

Дослідження працездатності наплавленого металу показало, що в сплаві 220X12P5 утворення тріщин не призводить до викришування наплавленого металу. У сплаві 250X2P5 зменшення кількості хрому до 2% призводить до утворення розвиненої сітки тріщин, в результаті чого відбувається викришування наплавленого металу (подібно характеру руйнування, показаному на рисунку 3.9). Тому такий сплав не може бути рекомендований для наплавлення скребків.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ СКРЕБКІВ ЗМІШУВАЧІВ І ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Вибір способу і схеми наплавлення скребків

У попередньому розділі був обраний електродний матеріал - порошковий дріт ПП 220Х12Р5. Вибір способу наплавлення проводили з огляду на необхідність отримання даного типу наплавленого металу, крім того виробнича програма обумовлює необхідність застосування високопродуктивного технологічного процесу. Тому вибираючи спосіб наплавлення з двох варіантів - автоматичний і напівавтоматичний, зупиняємося на останньому, високопродуктивному і маневреному напівавтоматичному способі, який для даної форми і невеликих розмірів скребків, є найбільш раціональним.

Тому в даному проекті при розробці технології зміцнення скребків змішувача передбачаємо використання напівавтоматичного наплавлення самозахисного порошковим дротом.

4.2 Підготовка поверхні

Від стану поверхні яка буде наплавлятися значною мірою залежить якість наплавлення.

Підготовка деталей під наплавлення проводиться фрезеруванням на універсальному фрезерному верстаті. Шорсткість поверхні деталей повинна бути не більше $Ra = 12,5$ мкм.

Мастило видаляють тканиною, змоченою в ацетоні. Чистоту поверхонь перевіряють перед початком наплавлення.

4.3 Технологія та техніка наплавлення скребків змішувача

При виборі послідовності накладення шарів і їх кількості виходили з наступного. Відомо, що структура попередніх шарів відчуває негативний вплив термічного циклу при накладенні наступних, тому в останню чергу необхідно наплавляти найбільш навантажені ділянки деталі. Найбільш інтенсивно зношується кромка скребка (скіс), і неробочий торець. Потім за цією ознакою слідує робоча сторона. Найменше навантажена «неробоча» сторона скребка. З огляду на це, вибираємо наступну послідовність наплавлення скребка (рис. 4.1):

- в першу чергу наплавляють «неробочу» сторону скребка (див. рис. 4.1);
- скребок повертають на 180° , і виконують наплавлення робочої сторони (див. рис. 4.1);
- скребок повертають на 90° , і виконують наплавлення робочого і неробочого торця (див. рис. 4.1);

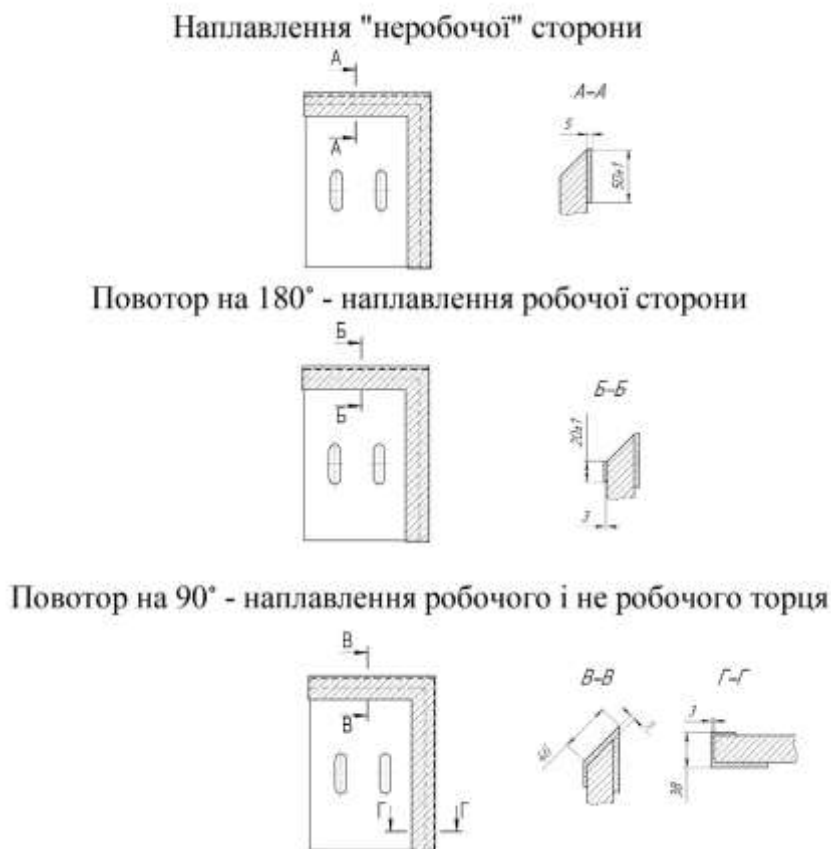


Рисунок 4.1 – Схема наплавлення скребків

Після наплавлення грубі напливи зачищають пневматичною машинкою та відправляють скребки на контроль якості.

4.4 Контроль якості

Наплавленні скребки після завершення всіх технологічних операцій пред'являють для технічного контролю ВТК. Контроль здійснюють поетапно.

За етапами процесу технічний контроль класифікується на вхідний, операційний і приймальний.

При вхідному контролі перевіряється якість вихідних матеріалів, що застосовуються для наплавлення, яка повинна задовольняти вимогам, встановленим в стандартах, технічних умовах, договорах і поставках.

При операційному контролі перевіряється відповідність технологічних режимів наплавлення.

При приймальному контролі перевіряється відповідність якості наплавлених скребків вимогам, встановленим у нормативно-технічній документації.

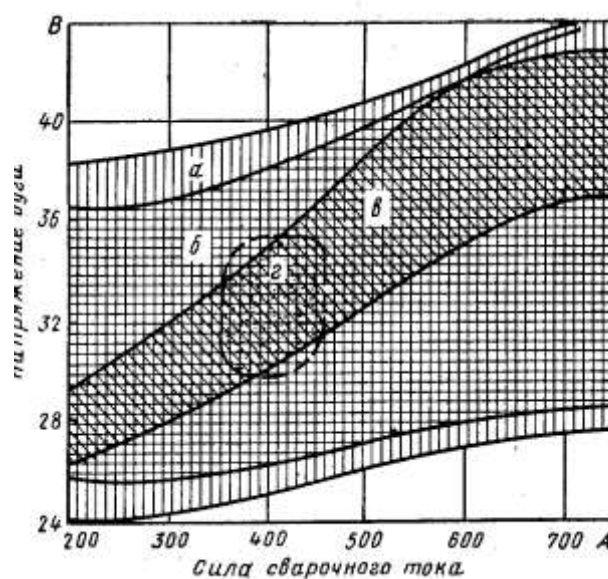
Контроль проводять візуальним оглядом, виміром геометричних розмірів скребків, а також виміром твердості наплавленого шару. Візуальний контроль виконують після механічної обробки наплавлених поверхонь. Візуальний огляд виконують із застосуванням лупи з 5 – 10-ти кратним збільшенням. Допускається наявність в наплавленого металу не більше 3 тріщин на 100 мм шару. Твердість наплавленого шару повинна знаходитися в межах 56 – 68 HRC.

4.5 Обґрунтування режимів наплавлення

При виборі режимів наплавлення виходили з таких загальноприйнятих вимог, що пред'являються до технологічних процесів при наплавочних роботах:

- стійке горіння дуги;
- мінімальне участь основного металу в наплавленому шарі;
- режими не повинні виходити за межі діапазону, при яких склад наплавленого металу відхиляється більш, ніж на 10% від номінального;
- повинна бути забезпечена висока продуктивність за умови дотриманні вищенаведених вимог.

Відповідно до даних [21] діапазон режимів наплавлення порошковим дротом, при яких склад наплавленого металу відхиляється від номінального не більше ніж на 10%, досить широкий (рис. 4.2).



- а – наплавлення легованим дротом;
- б – порошковим дротом;
- в – порошковим дротом під легуючим флюсом;
- г – порошковим дротом по легуючому флюсу.

Рисунок 4.2 – Діапазон режимів, при яких склад наплавленого металу відхиляється в межах не більше $\pm 10\%$ від номінального [24]

5 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ

5.1 Технічна характеристика прийнятого стандартного обладнання та оснащення

Для підготовки поверхні скребків під наплавлення використовуємо універсальний фрезерний верстат Proma FHV-50PD (рис. 5.1) – призначений для обробки деталей або корпусів з різних матеріалів в умовах середньосерійного і дрібносерійного виробництва, а так само в ремонтних цехах і майстернях.

У даній моделі встановлено робоче освітлення, пристрій цифрового вимірювання по двох осях, автоматична подача столу за двома напрямками, передбачена тонка подача шпинделя, регулювання глибини свердління і система охолодження СОЖ. Технічні характеристики фрезерного верстата Proma FHV-50PD представлені в табл. 5.1.



Рисунок 5.1 – Універсальний фрезерний верстат Proma FHV-50PD

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики фрезерного верстата Proma FHV-50PD

Параметр	Значення
Потужність головного електродвигуна, кВт	1,5
Максимальний діаметр свердління сталь, мм	50
Максимальний діаметр торцевої фрези, мм	100
Максимальний діаметр кінцевої фрези, мм	25
Діапазон обертання вертикального шпинделя, м/с	0 – 8
Діапазон обертання горизонтального шпинделя, м/с	0 – 12
Хід шпинделя, мм	120
Розмір столу, мм	800x240
Переміщення осі X, мм	600
Переміщення осі Y, мм	230
Габарити ДхШхВ, мм	1280×1100×1920
Маса, кг	700

Для зміцнення поверхні скребків методом наплавлення порошковим дротом використовуємо напівавтомат BlueWeld Mixpulse 625 R.A. (рис. 5.2).

Інверторний зварювальний напівавтомат з мікропроцесорним управлінням для зварювання та наплавлення методом MIG/MAG, PULSE, порошковим дротом (FCAW). Завдяки використанню синергетичного управління досягається швидкий підбір оптимальних програм для зварювальних та наплавлення, що дозволяє істотно підвищити якість і естетичність зварних швів.

Зварювальний напівавтомат Mixpulse 625 R. A. має цілий ряд переваг перед іншими подібними зварювальними апаратами, а саме: можливість налаштування власних програм для зварювання, можливість підключення дистанційного керування, повна самодіагностика перед початком робіт, а також такі необхідні функції як термозахист, захист від перевантажень і індикація відсутності фази.

Технічні характеристики напівавтомат BlueWeld Mixpulse 625 R.A. представлені в табл. 5.2.



Рисунок 5.2 – Напіваавтомат BlueWeld Mixpulse 625 R.A

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики напіваавтомат BlueWeld Mixpulse 625 R.A

Параметр	Значення
Напруга мережі, В	380
Максимальна сила струму, А	600
Тривалість включення (ТВ), %	40
Максимальна споживана потужність, кВт	23
Кількість подаючих роликів, шт	4
Діаметр зварювального дроту, мм	0,8 – 3,2
Габарити ДхШхВ, мм	1 110×600×1550
Маса, кг	140

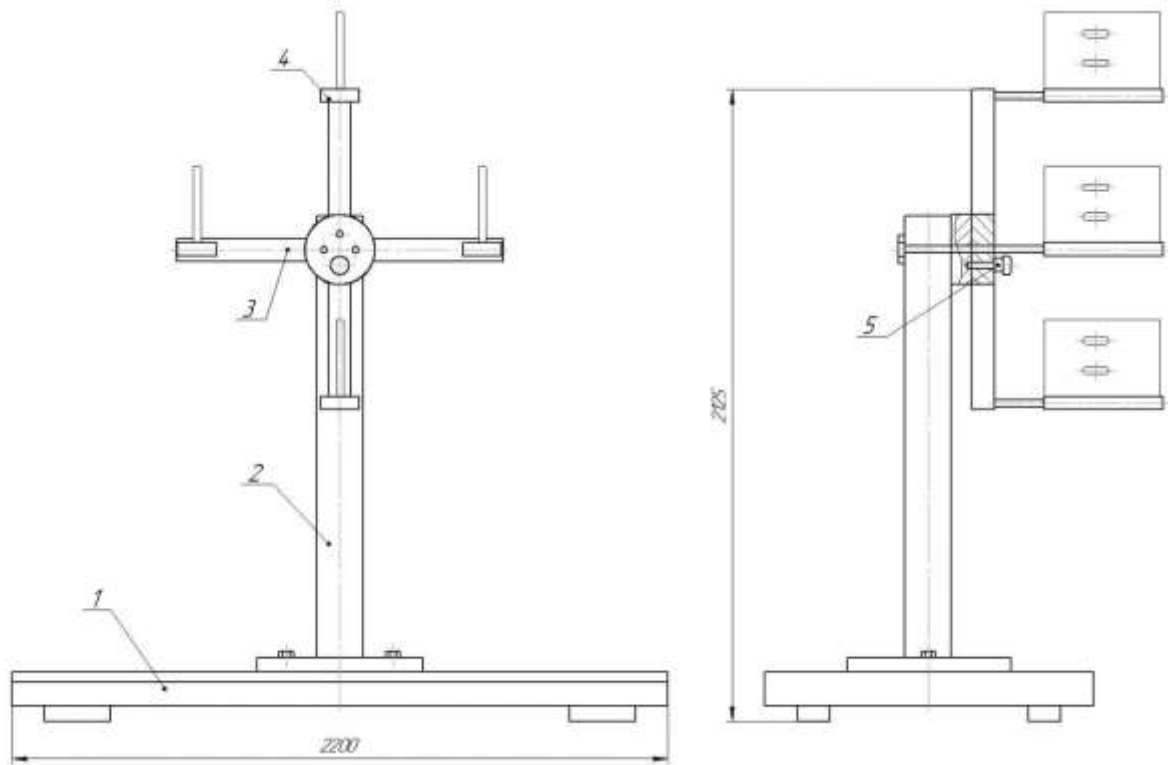
Зачистку наплавленого шару від наплівів після зварювання виконують за допомогою ручної пневматичної машини Chicago Pneumatic CP9120CR. Технічні характеристики машини представлені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики пневматичної машини Chicago Pneumatic CP9120CR

Параметр	Значення
Швидкість холостого ходу, об/хв	12 000
Потужність, кВт	0,6
Розмір диска, мм	100
Середнє споживання повітря, л/с	5,5
Довжина, мм	233
Маса, кг	1,9

5.2 Проектування установки для напавлення скребків змішувача

Для реалізації розробленої схеми напавлення скребків змішувача була спроектована спеціальна установка для напавлення (рис. 5.3), яка дозволяє напавляти скребки у зручному положенні. Установка складається з обертової хрестовини 3, на якій знаходяться чотири тримача 4 на які за допомогою клинових затискачів встановлюються підготовлені до напавлення скребки. Таким чином, можна виконувати напавлення партіями по чотири скребка. Обертанням хрестовини зварювальник встановлює кожен з чотирьох скребків в зручне положення перед собою і фіксує положення хрестовини шпилькою 5. А повороти кожного скребка навколо своєї осі здійснюються обертанням тримачів.



Умовні позначки:

- 1 – основа;
- 2 – стійка;
- 3 – хрестовина;
- 4 – тримач;
- 5 – фіксуюча шпилька.

Рисунок 5.3 – Установка для наплавлення скребків

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

У розділі представлені організація виробництва, планування витрат на виробництво, ефективність і результативність для дільниці зміцнення скребків змішувачів вогнетривкого виробництва

6.1 Організація виробництва продукції

6.1.1 Технічне нормування операцій

Для проектування дільниці для даного технологічного процесу необхідно:

- пронормувати операції технологічного процесу;
- встановити готову виробничу програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та виробничу площу дільниці;
- розрахувати чисельність персоналу.

Одним із найважливіших завдань організації виробництва є забезпечення найменшої тривалості виробничого процесу, тобто циклу виготовлення продукції.

При нормуванні заготівельних робіт, робіт зі зварювання потрібно брати до уваги серійний характер виробництва, який впливає на структуру норми часу.

Норми часу на технологічний процес зміцнення скребків змішувачів представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Технічне нормування операцій

№ Операції	Найменування операції	Норма штучного часу за старою технологією, н/год	Норма штучного часу за новою технологією, н/год
5	Підготовка кромки	0,57	0,57
10	Наплавлення	3,58	1,44
15	Зачищення наплавленого шару	0,24	0,24
20	Контроль якості	0,33	0,33
Всього		4,72	2,58

На основі визначених норм часу по виготовленню виробу встановлюємо річну виробничу програму виробів в натуральних одиницях та в нормо-годинах. Розрахунок виробничої програми ділянки наведений в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Виробнича програма виробу за рік

Найменування виробу	Норма часу на комплект, н/год	Виробнича програма	
		Комплектів	н/год
Комплект скребків змішувача (2 шт.)	2,58	150	387

6.1.2 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою:

$$G_0 = \sum_{i=1}^m \frac{t_i \cdot N_i}{F_{до}}, \text{ одиниць} \quad (6.1)$$

де G_0 – кількість обладнання за розрахунком, одиниць;

m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -тої операції, нормо-годин;

N_i – річна виробнича програма i -того виробу, одиниць;

$F_{до}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини $G_{ро}$. Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_з = \frac{G_o}{G_{ро}} \quad (6.2)$$

На машинобудівних заводах найбільш поширеним є двозмінний режим роботи при п'ятиденному робочому тижні – 40 годин.

Тривалість робочої зміни – 8 годин.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі – 4160 годин.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою:

$$F_{до} = F_{ном}(1 - K_в), \text{ годин} \quad (6.3)$$

де $K_в$ – коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання (0,07...0,1).

$$F_{до} = 4160(1 - 0,1) = 3744 \text{ годин}$$

Для виконання технологічного процесу зміцнення скребків змішувачів необхідно наступне обладнання: напівавтомата BlueWeld Mixpulse 625 R.A, установка для наплавлення, універсальний фрезерний верстат PROMA FHV-50PD, шліфмашинка. Усі розрахунки по обладнанню наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок обладнання, завантаження та потужності

Найменування обладнання та модель	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Потужність двигунів кВт/год.	
	за розрахунком	прийнята		одиниці	усього
Напівавтомата BlueWeld Mixpulse 625 R.A	0,06	1	0,06	23	23
Установка для наплавлення	0,07	1	0,07	-	-
Універсальний фрезерний верстат PROMA FHV-50PD	0,02	1	0,02	1,5	1,5
Шліфмашинка Chicago Pneumatic CP9120CR	0,01	1	0,01	0,6	0,6
Всього	0,16	4	0,04	-	25,1

Виробнича площа ділянки розраховується виходячи з кількості обладнання, робочих місць та питомої площі з додавання 20% (проходи, проїзди та інше). Площа ділянки $12 \times 6 = 72 \text{ м}^2$.

6.1.3 Розрахунок чисельності персоналу дільниці

Чисельність основних виробничих робітників дільниці на нормованих роботах розраховується по операціям згідно з розрядами і професіями за формулою:

$$R_o = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot N_i}{F_{др} \cdot K_{в.н}}, \text{ осіб} \quad (6.4)$$

де R_o – чисельність основних виробничих робітників;

m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу і-тої операції, нормо-годин;

N_i – річна виробнича програма і-го виробу, одиниці;

$F_{др}$ – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, годин;

$K_{в.н}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{в.н}=1,05$).

Дійсний річний фонд часу роботи робітника визначається за формулою:

$$F_{др} = F_{ном}(1 - h), \text{ год.} \quad (6.5)$$

де $F_{ном}$ – береться для однозмінного режиму 2080 год.

h - плановий коефіцієнт невиходів робітників на роботу (0,12...0,15).

$$F_{др} = 2080(1 - 0,12) = 1830,4 \text{ год.}$$

Чисельність допоміжних робітників по професіям розраховується за нормами обслуговування.

Чисельність керівників та спеціалістів дільниці розраховується за штатним розкладом.

Загальна чисельність персоналу дільниці наведена в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисельність, осіб	У тому разі за розрядом						У т.ч. за змінками	
		I	II	III	IV	V	VI	I	II
Робітники:									
Основні									
1. Фрезерувальник	2				1			1	1
2. Зварювальник	2					1		1	1
Усього	4				1	1		2	2
Допоміжні									
1. Контролер	2				1			1	1
Усього	2				1			1	1
Керівники та спеціалісти									
1. Майстер	2							1	1
2. Технолог	1							1	
Всього	3							2	1
Разом	9							5	4

6.2 Планування витрат на виробництво

В даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати, витрати на основні засоби, розрахувати фонд оплати праці персоналу, скласти калькуляцію собівартості продукції.

6.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних та допоміжних матеріалів розраховується на основі норм використання та цін. Крім того необхідно враховувати транспортно-заготівельні витрати (5 – 7% від вартості матеріалів).

До основних матеріалів слід віднести металопрокат для заготовок, виготовлених на дільниці. На дільницю наплавлення надходять купівельні комплектуючі вироби та напівфабрикати.

Розрахунок вартості купівельних комплектуючих та напівфабрикатів наведений в таблиці 6.5.

Для допоміжних матеріалів слід віднести ті матеріали, які споживаються для здійснення технологічних процесів, наприклад дріт для наплавлення.

Розрахунок вартості допоміжних матеріалів наведений в таблиці 6.6.

Таблиця 6.5 – Розрахунок вартості купівельних комплектуючих виробів та напівфабрикатів

Найменування купівельних комплектуючих виробів та напівфабрикатів	Кількість у комплекті, одиниць	Вартість за один., грн.	Річна кількість комплектуючих виробів та напівфабрикатів	Річна вартість комплектуючих з урахуванням транспортно- заготівельних витрат, тис. грн.
Скребок малий	2	620	300	195,3
Всього	-	-	-	195,3

Таблиця 6.6 – Розрахунок вартості допоміжних матеріалів для наплавлення

Найменування матеріалу, марка, ГОСТ, розмір	Норма витрат		Ціна за 1 кг матеріалу, грн.	Вартість на програму, тис. грн.	
	На комплект	На програму		Розрахункова	Балансова
Порошковий дріт, ПП- АН170, ГОСТ 26101-84, Ø3,2 мм	5,45 кг	817,5 кг	120	98,1	103
Всього	-	-	-	-	103

6.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає такі розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахункової загальної площі (план ділянки) та вартості 1 м² будівель, 700 – 1200 грн. за 1 м²;
- вартість споруд складає 5 – 7% вартості будівель;
- вартість обладнання (приведена в табл. 6.7) з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10 – 15%);
- вартість цінних інструментів, приладів, інвентарів (5 – 7% балансової вартості обладнання);
- вартість транспортних засобів – 3 – 5% балансової вартості обладнання.

Таблиця 6.7 – Розрахункова вартість обладнання

Найменування обладнання	Ціна за одиницю, грн.	Кількість одиниць	Балансова вартість, грн.
Напівавтомата BlueWeld Mixpulse 625 R.A	245000	1	269500
Установка для наплавлення	15000	1	16500
Універсальний фрезерний верстат PROMA FHV-50PD	238000	1	261800
Шліфмашинка Chicago Pneumatic CP9120CR	8000	1	8800
Всього	506000	5	556600

Розрахунок вартості основних засобів, амортизаційних відрахувань, структури основних засобів наведено в табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн.	Структура, %	Термін експлуатації, років	Амортизаційні відрахування, грн.
Будівлі	50400	12,6	45	1120
Споруди	2520	0,6	30	84
Обладнання	556600	80,3	20	27830
Транспортні засоби	16698	2,4	15	1113
Цінні інструменти, прилади, інвентар	27830	4,1	5	5566
Всього	654048	100	-	35713

6.2.3 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується робітникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами та системами оплати праці.

На проектованій ділянці по наплавленню скребків змішувача оплата праці основних і допоміжних виробничих робітників буде здійснюватися за почасово-преміальною формою оплати праці; керівників та спеціалістів за окладною формою оплати праці;

Заплановані доплати і премії приймаються у розмірі 50 – 60% від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для основних і допоміжних робітників – 15% до основної заробітної плати, для керівників і спеціалістів – 50%.

Фонд основної заробітної плати основних і допоміжних робітників – розраховується за формулою:

$$З_{\text{тар.}} = C_1 \cdot K_{\text{тар.сер.}} \cdot F_{\text{др}} \cdot R \quad (6.6)$$

де C_1 – часова тарифна ставка 1-го розряду;

R – чисельність робітників, осіб;

$K_{\text{тар.сер.}}$ – середній тарифний коефіцієнт.

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i \cdot R_i}{R} \quad (6.7)$$

де m – кількість розрядів робітників;

K_i – тарифний коефіцієнт i -того розряду;

R_i – кількість робітників i -го розряду.

$$K_{\text{тар.сер.}}^{\text{осн.роб.}} = 1,35$$

$$K_{\text{тар.сер.}}^{\text{доп.роб.}} = 1,31$$

Річний тарифний фонд основних і допоміжних робітників:

$$З_{\text{тар.}}^{\text{осн.роб.}} = 55 \cdot 1,35 \cdot 1830,4 \cdot 4 = 543629 \text{ грн}$$

$$З_{\text{тар.}}^{\text{доп.роб.}} = 48 \cdot 1,31 \cdot 1830,4 \cdot 2 = 230191 \text{ грн}$$

Відрахування до єдиного соціального внеску розраховуються згідно діючого законодавства 22%.

Фонд оплати праці наведено в табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Фонд оплати праці

Категорія персоналу	Чисельність персоналу, осіб	Фонд заробітної плати, грн.			Премія з прибутку, грн.	Фонд оплати праці, грн.	Середня заробітна плата на місяць, грн.	Відрахування до єдиного соц. внеску, грн.
		Основна заробітна плата	Додаткова заробітна плата	Усього				
Основні виробничі робітники	4	543629	271814	815443	81544	896987	18688	197337
Допоміжні робітники	2	230191	115095	345286	34529	379815	15826	83559
Керівники	2	216000	129600	345600	108000	453600	18900	99792
Спеціалісти	1	102000	61200	163200	51000	214200	17850	47124
Усього	9	1091820	577709	1669529	275073	1944602	17816	427812

6.2.4 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами діляниці за наступними статтями прямих і непрямих витрат.

6.2.4.1 Прямі витрати

1. Основні та допоміжні матеріали – 298,3 тис. грн.
2. Основна заробітна плата основних робітників – 543629 грн.
3. Додаткова заробітна плата основних робітників – 271814 грн.
4. Відрахування до єдиного соціального внеску – 197337 грн.
5. Паливо та енергія на технологічні цілі – 201481 грн.

В статтю 5 має бути включено розрахунок вартості палива та енергії на здійснення технологічного процесу, виходячи із норм витрат за одиницю виробу.

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$З = Sk \cdot W \quad (6.8)$$

де $Sk = 2,68$ грн. – вартість 1 кВт електроенергії;

W – річні витрати електроенергії яка споживається обладнанням.

$$W = \sum P_d \cdot F_{до} \cdot \eta_s \quad (6.9)$$

де $\sum P_d = 25,1$ кВт - сумарна потужність двигунів;

$F_{до}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_s = 0,8$ - коефіцієнт завантаження обладнання по потужності.

$$W = 25,1 \cdot 3744 \cdot 0,8 = 75179,5 \text{ кВт} \cdot \text{годин}$$

$$З = 2,68 \cdot 75179,5 = 201481 \text{ грн.}$$

6.2.4.2 Непрямі витрати

Непрямі витрати є комплексними і містять декілька статей витрат, кожна з яких в свою чергу розраховується за відповідними статтями.

Стаття «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування» є комплексною й охоплює такі витрати:

1. Утримання робочих місць і устаткування:
 - вартість силової електроенергії;
 - витрати на стиснене повітря, технічну воду, допоміжні матеріали;
2. Заробітна плата допоміжних робітників з відрахуваннями на соціальне страхування;
3. Поточний ремонт устаткування й дорогих інструментів;
4. Амортизація устаткування й дорогих інструментів;
5. Зношування малоцінних і швидкозношуваних предметів;
6. Інші витрати.

Цю статтю розрахуємо укрупнене. За даними базового підприємства ухвалюємо відсоток ВУЕУ рівним 500% (від тарифної заробітної плати основних виробничих робітників).

$$PCЭO_{\text{един}} = 543629 \cdot 5 = 2718145 \text{ грн.} \quad (6.10)$$

Стаття «Загальновиробничі витрати» (ЗВВ) – це витрати на керування в межах цеху, дільниці. Стаття є комплексною й охоплює такі витрати:

1. Утримання цехового персоналу - річний фонд заробітної плати фахівців і керівників з відрахуваннями на соціальне страхування;
2. Утримання приміщень і інвентарю:
 - вартість освітлювальної електроенергії;
 - вартість води на побутові споживи, пару для опалення, допоміжні матеріали та ін.
3. Поточний ремонт будинків і інвентарю;
4. Амортизація будівлі й споруджень;
5. Витрати на проведення досліджень, раціоналізаторство й винахідництво;
6. Витрати на охорону праці й техніку безпеки;
7. Інші витрати.

Цю статтю розрахуємо збільшено. За даними базового підприємства ухвалюємо відсоток ЗВВ рівним 300% (від тарифної заробітної плати основних виробничих робітників).

$$\text{ЗВВ}_{\text{вдин}} = 543629 \cdot 3 = 1630887 \text{ грн.} \quad (6.11)$$

Загальногосподарські (ЗГВ) або адміністративні витрати - це витрати на керування, виробниче й господарське обслуговування на рівні підприємства, дільниці.

Сума загальногосподарських витрат визначається розрахунком або укрупнене в % до тарифної заробітної плати основних виробничих робітників (150%).

$$\text{ЗГВ} = 543629 \cdot 1,5 = 815444 \text{ грн.} \quad (6.12)$$

Витрати на збут вміщують витрати пов'язані з утриманням складів готової продукції, витрати на упаковку, транспортування готової продукції і інші (2% виробничої собівартості).

Собівартість виробничої програми та одиниці продукції розраховується на основі складання калькуляції собівартості продукції табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Калькуляція собівартості наплавлення

Статті витрат	Витрати	
	всього витрат, грн.	на комплект, грн.
1. Основні та допоміжні матеріали	298300	1989
2. Основна заробітна плата основних робітників	543629	3624
3. Додаткова заробітна плата основних робітників	271814	1812
4. Відрахування до єдиного соціального внеску основних робітників	197337	1315
5. Паливо та енергія на технологічні цілі	201481	1343
6. Витрати на утримання і експлуатацію	2718145	18121
7. Загальновиробничі витрати	1630887	10872
8. Собівартість виробнича	5861593	39077
9. Адміністративні витрати	815444	5436
10. Витрати на збут	117232	782
11. Собівартість повна	6794269	45295

6.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок

Економічна ефективність прийнятих проектних рішень визначається з допомогою економічного аналізу, який зводиться до визначення і зіставлення показників економічної ефективності базового і проектного технологічного процесу.

Розрахунок річного економічного ефекту від застосування нового технологічного процесу проводиться за формулою:

$$\mathcal{E} = (C_6 \cdot K - C_{\pi}) \cdot N \quad (6.13)$$

де C_6 – собівартість комплексу скребків виготовлених за базовою технологією, грн;

C_{π} – собівартість комплексу скребків виготовлених за проектною технологією, грн;

$K = 1,25$ – коефіцієнт експлуатаційного ресурсу;

N – річна програма випуску.

$$\mathcal{E} = (45248 \cdot 1,25 - 45295) \cdot 150 = 1689750 \text{ грн.}$$

6.3.1 Ефективність та результативність

Оцінку ефективності та результативності діяльності можна здійснити за показниками:

1. Річний випуск виробів
 - в натуральному вимірі, одиниць;
 - за трудомісткістю, нормо-годин;
 - в грошовому виміру, грн.;
 2. Виробнича площа ділянки, м²;
 3. Вартість основних засобів, грн.;
 4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб
- в тому числі:
- основні робітники
 - допоміжні робітники

– керівники і спеціалісти

5. Фонд оплати праці, грн.;

6. Середня заробітна плата на місяць, грн.;

7. Продуктивність праці одного працівника, грн./осіб

$$\text{ПП} = \frac{C_n - M - \Pi/\Phi}{R} = \frac{6794269 - 103000 - 195300}{9} = 721774 \text{ грн./осіб} \quad (5.14)$$

де C_n – повна собівартість виробів за рік, грн.;

R – чисельність персоналу, осіб;

M – вартість допоміжних матеріалів на річну програму;

Π/Φ – вартість напівфабрикатів на річну програму.

8. Фондовіддача, грн./грн.

$$f = \frac{C_n - M - \Pi/\Phi}{\Phi_{\text{осн}}} = \frac{6794269 - 103000 - 195300}{654048} = 0,9 \text{ грн./грн.} \quad (5.15)$$

де $\Phi_{\text{осн}}$ – основний капітал, грн.;

9. Коефіцієнт завантаження обладнання ділянки;

10. Фондомісткість, грн./грн.

$$f' = \frac{\Phi_{\text{осн}}}{C_n - M - \Pi/\Phi} = \frac{654048}{6794269 - 103000 - 195300} = 1,1 \text{ грн./грн.} \quad (5.16)$$

11. Собівартість одиниці продукції, грн.;

12. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.;

Розрахунок показників ефективності та результативності наведений в табл. 5.11.

Таблиця 6.11 – Показники ефективності та результативності

Найменування показника	Значення показника
1. Річний випуск виробів:	
– в натуральному вимірі, комплектів	150
– за трудомісткістю, нормо-годин	387
– в грошовому виміру, грн.	6794269
2. Виробнича площа ділянки, м ²	72
3. Вартість основних засобів, грн.	654048
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб:	
– основні робітники	4
– допоміжні робітники	2
– керівники і спеціалісти	3
5. Фонд оплати праці, грн.	1944602
6. Середня заробітна плата на місяць, грн.	17816
7. Продуктивність праці одного працівника, грн./осіб	721774
8. Фондовіддача	0,9
9. Коефіцієнт завантаження обладнання ділянки	0,04
10. Фондомісткість	1,1
11. Собівартість комплекта продукції, грн.	45295
12. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.	1689750

В результаті розробки технології наплавлення скребків змішувача отримані наступні результати: підвищено якість виробу; збільшено термін служби.

Отриманий економічний ефект у розмірі 1689750 грн. показує, що технологія зміцнення скребків змішувачів, запропонована в даному дипломному проекті економічно ефективна. Рекомендовано використовувати дану технологію у виробництві.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі розглянуті основні заходи з охорони праці при розробленні технологічного процесу зміцнення скребків обладнання для змішування вогнетривких мас методом напівавтоматичного наплавлення порошковим дротом, при роботі в дослідницькій лабораторії, а також при відпрацюванні технології на дільниці.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

а) незадовільна організація робочого місця може бути пов'язана з недостатнім врахуванням вимог ергономіки, зокрема з нераціональним розташуванням технологічного та науково-дослідного обладнання та захащеністю робочої зони, що може призвести до механічних або електричних травм та зниженню або втраті працездатності;

б) можливість механічного травмування, що може бути пов'язано з порушенням правил з охорони праці внаслідок не проведення відповідних інструктажів в приміщенні дослідницької лабораторії та на робочій дільниці, не використання або невідповідність індивідуальних засобів захисту, зокрема: спеціального одягу, спеціального взуття, спеціальних рукавиць, що може призвести до травмування нижніх кінцівок при падінні заготовок або деталей, порізів гострими кромками;

в) можливість ураження електричним струмом. Головними причинами ураження можуть бути невиконання правил електробезпеки, невикористання індивідуальних засобів захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені проводи, відкриті скрутки, пробій ізоляції, що може призвести до електричних травм або летальних наслідків;

г) раптове руйнування судин для зберігання робочих газів під тиском. Основними причинами можуть бути: використання балонів з терміном придатності, який скінчився; порушення правил зберігання балонів; порушення правил переміщення балонів; порушення правил експлуатації судин під тиском, що може призвести до масштабних руйнувань виробничих приміщень, тяжких травм та летальних наслідків;

д) електроофтальмія, причинами якої є ультрафіолетове випромінювання зварювальної дуги, що може призвести до ушкодження органів зору;

е) можливість отримання термічних опіків внаслідок випадкового торкання нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок, порушення правил з техніки безпеки або не використання індивідуальних засобів захисту;

є) незадовільні параметри повітряного середовища, причинами яких є неефективна система опалення та повітрообміну, що призводить до зниження комфортності праці та виникнення загальних захворювань;

ж) негативний вплив електромагнітних полів та випромінювань при роботі за комп'ютером, який полягає в зниженні імунітету людини, а відповідно, сприяє загальній захворюваності;

з) незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, і як наслідок до травмування;

и) можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, виток горючих робочих газів, коротке замикання, що може призвести до пожеж;

і) неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може призвести до тяжких травм або летального наслідку.

7.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) Правильна організація робочого місця передбачає виконання ергономічних вимог, які визначаються існуючими стандартами ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам», ГОСТ 12.2.032-84. "ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования" визначає загальні ергономічні вимоги до робочого місця при виконанні робіт сидячи, а ГОСТ 12.2.033-78."ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования" при виконанні робіт стоячи.

Головною ідеєю стандартів є положення про те, що «Конструктивные и эргономические особенности рабочего места должны обеспечивать беспрепятственное и удобное выполнение всех рабочих операций».

Конструкція робочого столу в лабораторії повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного устаткування з урахуванням його кількості і конструктивних особливостей, а також характеру виконуваної роботи. Допускається використання робочих столів різних конструкцій, що відповідають сучасним вимогам ергономіки. Поверхня робочого стола повинна мати коефіцієнт відбиття 0,5–0,7. Висота поверхні столу повинна регулюватися в межах 680–800 мм, при відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу повинна складати 725 мм.

Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм і на рівні витягнутих ніг – не менше 650 мм.

Конструкція робочого крісла повинна забезпечувати підтримку раціональної робочої пози під час роботи, дозволяти змінювати позу з метою зниження статичного напруження м'язів шийно-плечової області і спини для попередження розвитку втоми. Робоче крісло повинно мати наступні основні елементи: сидіння, спинку і стаціонарні або знімні підлокітники, регулюватися

по висоті, куту нахилу сидіння і спинки, висоті підлокітників. Регулювання кожного параметра незалежні.

б) Для виключення механічного травмування передбачається ряд заходів: наявність знаків безпеки; проведення навчання і перевірки знань з охорони праці; забезпечення працівників спеціальним одягом і спеціальними засобами індивідуального захисту.

Робітники зварювальних ділянок повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация», брезентові захисні костюми згідно ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования», рукавиці брезентові згідно ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия», спеціальне взуття (ботинки, напівсапоги) із захисними носками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень».

Перед початком роботи необхідно: оглянути робоче місце, привести його в порядок, звільнити проходи і не захащувати їх, оглянути, привести в порядок і надіти засоби індивідуального захисту, переконатися в тому, що підлога суха.

в) для попередження ураження електричним струмом необхідно здійснювати наступні заходи захисту:

Організаційні заходи: до виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, що пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки згідно ДНАОП 1.1.10 – 1.01 - 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів» та отримали допуск з електробезпеки відповідної групи.

Для кожного електроспоживного обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

Технічні заходи: Всі не ізолювані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожені суцільними огороженнями, зняття або відкриття можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000 В – не менше 3,5 м, при напрузі більше 1000 В – не менше 6 м. Зварювальні проводи мають бути гнучкими з гнучкою та міцною ізоляцією, довжина дроту до електродотримача ≤ 3 м.

Захисне заземлення або занулення. Принцип дії захисного заземлення або занулення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електрообладнання необхідно заземлювати або занулювати у відповідності з ПУЕ - 2015 «Правила улаштування електроустановок». Огороджувальні пристрої та інші металеві неструмоведучі частини повинні бути заземлені.

При роботах, що пов'язані з можливістю ураження електричним струмом необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту: сухі брезентові рукавиці, роба, взуття.

Використовувати на робочих місцях при зварюванні діелектричні килимки згідно ГОСТ 4997-75 «Килими діелектричні гумові. Технічні умови», ізолюючі підставки і інші електрозахистні засоби, що забезпечують електробезпеку. Для попередження працівників про можливість ураження електричним струмом на ділянках зварювання повинні бути вивішені попереджувальні написи, плакати та знаки безпеки.

Загальні технічні умови» в відповідності з НПАОП 40.1-1.01.97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Для виключення можливості враження електричним струмом, передбачено проведення навчання з електробезпеки, атестації на відповідну групу електробезпеки та отриманням посвідчення встановленого зразку, відповідно НПАОП 0.00.4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань

охорони праці», проводити періодичний контроль ізоляції не рідше одного разу на рік виміром її активного опору при випробуванні підвищеною напругою протягом 1 хвилини.

Перед початком роботи перевірити наявність і справність: огорожень і запобіжних пристроїв, струмоведучих частин електричної апаратури (пускатів, трансформаторів, кнопок і інших), заземлювальних пристроїв, захисних блокувань. При виявленні несправностей до роботи не приступати, про несправності повідомити своєму безпосередньому керівнику.

г) для попередження руйнування судин під тиском слід виконувати наступні вимоги ДНАОП 0.00-1.07-94 «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском»:

Недопуск балонів без відповідного маркування або з нечітким маркуванням: на верхній сферичній частині горловини марковані: номер, ємність балону, робочий та випробувальний тиск, дата випробування та дата наступного випробування, наявність паперового сертифікату. Важливим є забарвлення балонів;

Балони повинні зберігатися в спеціальних приміщеннях, які є легкоруйнуючимися. Допускаються зберігання балонів під навісом. Зберігання в одному приміщенні кисневих та ацетиленових балонів неприпустимо;

Зберігання в вертикальному положенні на спеціальних пристосуваннях з кріпленням хомутами;

Переміщення балонів допускається тільки в спеціальних візках. При транспортуванні наявність запобіжного ковпака є обов'язковою;

Експлуатація балонів потребує певного часу витримки в умовах ділянки для вирівнювання температури;

Для з'єднання вентилі балона з технологічним обладнанням використовують гнучкі шланги. З'єднання виконуються обмідненим гайковим ключем для уникнення іскроутворення. Особливу увагу слід приділяти усуненню жирових та масляних забруднень. Перед комутацією слід продути вентиль, відкривши його на $\frac{1}{4}$ оберту;

Відстань від будь-якого джерела тепловипромінення ≥ 5 м. Відкриття вентиля має бути плавним. Тиск на манометрі редуктора не має перевищувати технологічний. Протікання газу неприпустиме (перевірити пробою на омилування);

Випрацьовувати повністю газ не можна (залишковий тиск має складати 1...2 атм). Для виключення надмірного підвищення тиску внаслідок надмірного нагріву балонів (40°C) необхідно передбачати спреєрне охолодження.

При зварюванні в середовищі захисних газів можна застосовувати тільки редуктори згідно ГОСТ Р 54791-2011 «Обладнання для газового зварювання, різання та споріднених процесів» з справними манометрами.

При експлуатації редуктора можуть виникнути наступні несправності:

Самоплив – поступання газу при закритому вентилі, – такий редуктор має бути заміненим;

Замерзання редуктора – відігрівання відкритим полум'ям заборонено, лиш гарячою водою;

Спрацьовуваність різьби на штуцерній або відкидній гайці – потребує негайної заміни.

д) для захисту від впливу ультрафіолетового опромінення передбачено використання щитків зі світофільтрами ГОСТ 12.4.035-78 «ССБТ Щитки защитные лицевые для электросварщиков. Технические условия», захисних окулярів типу ГС-3, ГС-7, ГС-12 або встановлення світофільтрів в камері наплавлення;

е) для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних захисних засобів, зокрема, рукавиці брезентові - ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия».

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

є) Для нормалізації параметрів повітряного середовища на ділянці передбачено: устрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища у відповідності до норм, які вказані в таблиці 1, згідно СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія».

В теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або загальнообмінну приточновитяжну вентиляцію згідно ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В холодний період року використовуються системи водяного опалення згідно СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Таблиця 7.1 – Оптимальні фізичні параметри повітряного середовища цеху

Період року	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	18 - 22	40 – 60	0,1 – 0,3
Теплий	20 – 23	40 – 60	0,1 – 0,4

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях приведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях.

Молібден, мг/м ³	Окис вуглецю, мг/м ³	Окис заліза, мг/м ³	Хромовий ангідрид, мг/м ³
2	20	4	0,01

Для зменшення концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до гранично допустимих, застосовані місцеві витяжні панелі і фільтровитяжні агрегати, витяжні шафи та ін., згідно СНиП 2.04.05-91 «Строительные нормы. Отопление, вентиляция и кондиционирование». Місцева вентиляція забезпечує вентиляцію безпосередньо на робочих місцях, застосовується для уловлювання шкідливих речовин безпосередньо в місцях їх виділення. Конструкція місцевих відсмоктувачів повинна забезпечити максимальне уловлювання шкідливих речовин при мінімальній кількості вилученого повітря.

Розрахуємо кількість повітря, що видаляється витяжним зонтом, відкритим з чотирьох сторін, розташованим над установкою для наплавлення.

Розмір зонта $A \times B = 1,5 \times 0,8$ м.

Кількість повітря, яке витягується витяжним зонтом визначаємо за формулою, м³/год:

$$L = a \cdot b \cdot v_{\text{cp}} \cdot 3600 \quad (7.1)$$

де v – швидкість повітря, яке витягується, в площі перетину по краю зонта (приймальний отвір зонта), м/с.

Середня швидкість руху забрудненого потоку повітря в приймальному отворі зонта повинна бути:

$v_{\text{ср}} = 1,05 - 1,25 \text{ м/с}$ – зонт відкритий з чотирьох сторін;

$v_{\text{ср}} = 0,9 - 1,05 \text{ м/с}$ – зонт відкритий з трьох сторін;

$v_{\text{ср}} = 0,75 - 0,9 \text{ м/с}$ – зонт відкритий з двох сторін;

$v_{\text{ср}} = 0,5 - 0,75 \text{ м/с}$ – зонт відкритий з одної сторони.

$$L = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 3600 = 4752 \text{ м}^3/\text{год}$$

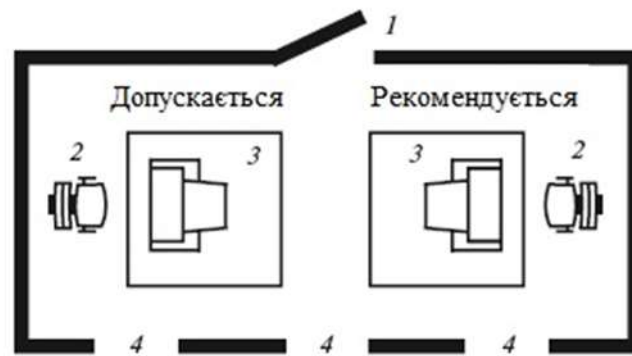
Для забезпечення встановлених норм мікрокліматичних параметрів і чистоти повітря в дослідницькій лабораторії використовується кондиціонер. У приміщенні повинен забезпечуватися приплив свіжого повітря, кількість якого становить 50-60 м³ на одну людину.

Для забезпечення цих умов передбачено піддавати повітря яке подається в лабораторію двоступеневому очищенню в системі кондиціонування.

Для попереднього очищення використовуються фільтри другого і третього класів (типу ФСВУ, ФППУ), а для остаточної очистки – фільтри тонкого очищення першого і другого класів (типу ФПП, ФЯП).

з) Для забезпечення достатнього освітлення передбачено проектування та застосування бокового та верхнього природного, штучного рівномірного освітлення згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Приміщення лабораторії повинне мати природне і штучне освітлення. Штучне освітлення може бути як загальне, так і комбіноване. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення документів має бути від 300 лк до 500 лк. Для підсвічування документів допускається застосування світильників місцевого освітлення. Робочі місця слід розміщувати таким чином, щоб монітор комп'ютера був орієнтований бічною стороною до світлових прорізів, а природне світло падало переважно ліворуч (рис. 7.1).



Умовні позначка:

- 1 – двері;
- 2 – крісло робочого;
- 3 – стіл;
- 4 – вікна.

Рисунок 7.1 – Розташування робочого місця з ПК по відношенню до світлових отворів

Блесткость усувається раціональним розміщенням робочих місць і вибором відповідного світильника. Світильники місцевого освітлення повинні мати непрозорий відбивач із захисним кутом не менше 40° .

Необхідно регулювати положення світильника так, щоб на екрані монітора не виникало відблисків. Періодично слід регулювати яскравість екрану, при необхідності перевіряючи її спеціальним приладом (яркоміром). Рівень штучного освітлення слід регулярно перевіряти з допомогою люксометра.

Згідно СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» проектування природного і штучного освітлення здійснюється з урахуванням особливості технологій і габаритів дільниці. У виробничих одноповерхових приміщеннях з висотою 6 м освітлення – верхнє природне, штучне освітлення – система загального освітлення, при цьому світильники вбудовані в стелю.

Рівні освітлення, встановлені відповідно до діючих нормативних документів і становлять 150 лк, для забезпечення загального освітлення і для освітлення підсобних приміщень згідно СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». Для освітлення ділянки для наплавлення використовуємо люмінесцентні лампи, які, незважаючи на свої недоліки, мають ряд переваг:

- а) значна світловіддача (в 5-7 разів більше ламп розжарювання);
- б) великий термін служби (6-14 тисяч годин);

Рекомендовано використовувати лампи типу ДРЛ потужністю 250 Вт – з розрахунку 1 лампа на 5-6 м² виробничої площі.

7.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

7.4.1 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Для виключення можливості загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, необхідно проводити інструктаж і перевірку знань правил пожежної безпеки, відповідно до НПАОП 28.52-1.15-60 «Правила по техніці безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах», НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки України» та НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Організаційні заходи: проводити інструктаж персоналу по техніці безпеки, розробити заходи щодо дій адміністрації на випадок виникнення пожежі, схему евакуації при пожежі розмістити на видному місці, ширина дверного прорізу на випадок евакуації 1,5 м, висота 2 м.

В зв'язку з використанням легкозаймистих речовин для обезжирювання деталей перед наплавленням та утворенням розплавленого металу під час наплавлення, ділянка для наплавлення згідно з НАПББ 03.002 – 2007 «Норми

визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх установок по вибухопожежної та пожежної небезпеки» відноситься до категорії «Г», а клас можливої пожежі, згідно ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», визначається як «С».

Площа ділянки складає 500 м². Виходячи з цього згідно НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» обирається чотири вуглекислотних вогнегасника ВВК-14 ємністю 14 л кожний, а також необхідна наявність одного пожежного щита.

Необхідність обладнання будинків різного призначення системами оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей, проектування та улаштування таких систем визначається ДБН В.2.5-56, НАПБ А.01.003.

По пожежної небезпеки приміщення лабораторії, згідно НАПББ 03.002 – 2007, відноситься до категорії В – пожежонебезпечне, тому що в приміщенні знаходяться тверді горючі і важко горючі речовини і матеріали, які при взаємодії з киснем повітря здатні тільки горіти. Площа лабораторії складає 60 м².

За ступенем вогнестійкості дане приміщення відноситься до 1-го ступеня вогнестійкості за СНиП 2.01.02-85 (виконано з цегли, яка відноситься до негорючих матеріалів).

У приміщенні лабораторії знаходяться ПК, в яких дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. Сам ПК являє собою пожежну небезпеку, так як при підвищенні температури окремих вузлів можливо оплавлення ізоляції сполучних проводів, яке веде до короткого замикання, що супроводжується, у свою чергу, іскрінням.

Пожежна безпека в лабораторії забезпечується відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 «Системой предотвращения пожара, противопожарной защиты и организационно-техническими мероприятиями».

Система протипожежного захисту згідно з ГОСТ 12.4.009-83: необхідна установка автоматичної пожежної сигналізації на димових сповіщувачах ДИП-1, з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення, враховуючи високу

вартість обладнання, наявність прихованих комунікацій і специфіку загоряння ПК, на площу 60 м² необхідно 6 димових сповіщувачів, виходячи з площі лабораторії вибираємо 2 вуглекислотних вогнегасника ВВК-2 (ручні) ємністю 7 л кожен.

При виникненні пожежі: припинити роботу, відключити електрообладнання, повідомити про пожежу в пожежну охорону, прийняти заходи по можливості евакуації працівників, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей.

7.4.2 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Одним з основних заходів у сфері захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру є проведення евакуаційних заходів.

Постановою КМ України № 1432 від 26.10. 2001 року затверджено Положення про порядок проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення НС природного та техногенного характеру.

Евакуація – комплекс заходів щодо організованого вивезення (виведення) населення з районів (місць) зон можливого впливу наслідків НС і розміщення його у безпечних районів (місцях) у разі виникнення безпосередньої загрози життю та заподіяння шкоди здоров'ю людей.

Залежно від обстановки, яка склалася на час НС техногенного та природного характеру, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру.

Загальна евакуація – комплекс заходів, що здійснюється для всіх категорій населення в окремих регіонах держави у разі виникнення НС техногенного та природного характеру. Вона проводиться шляхом вивезення основної частини населення з міст і небезпечних районів усіма видами наявних

транспортних засобів на відповідній адміністративній території та виведення найбільш витривалої його частини пішки.

Часткова евакуація – комплекс заходів, що здійснюється для захисту окремих категорій населення у разі виникнення НС техногенного та природного характеру. Вона проводиться завчасно для визначених категорій: студентів, учнів, вихованців дитячих будинків разом з викладачами, пенсіонерів та інвалідів, з обслуговуючим персоналом і членами їх сімей, а також хворих разом з лікувальними закладами і їх персоналом. Вона проводиться з використанням транспортних засобів за графіком.

Залежно від масштабів і особливостей надзвичайних ситуацій рішення про проведення евакуації населення приймають:

- на загальнодержавному рівні – Кабінет Міністрів України;
- на регіональному рівні – голова ОДА;
- на міському рівні – голова Київської держадміністрації, голова РДА;
- на об'єктовому рівні – керівник об'єкту.

Порядок проведення евакуації

З отриманням рішення (сигналу) про проведення евакуації евакуаційні комісії уточнюють завдання керівникам об'єктів щодо проведення евакуаційних заходів, контролюють стан оповіщення населення, його збору, формування колон (через начальників маршрутів), забезпечують переміщення їх до пунктів евакуації, а також разом з транспортними службами - готовність транспортних засобів до перевезень, уточнюють порядок їх використання, підтримують постійний зв'язок з начальниками маршрутів та з органами виконавчої влади безпечних районів, інформують їх про хід евакуації.

У райони розміщення евакуаційних органів та населення, яке підлягає евакуації, направляються представники евакуаційних комісій для вирішення питань приймання, розміщення і життєзабезпечення евакуйованого населення.

Об'єктові евакуаційні комісії:

- організовують оповіщення, реєстрацію та облік населення, уточнюють дані про транспортні засоби, що виділяються об'єктові, термін їх подачі, маршрути та порядок руху;
- видають начальникам піших і транспортних колон витяги із схем маршрутів, забезпечують засобами зв'язку та інструктують їх;
- організовують і контролюють посадку евакуйованого населення на транспортні засоби і відправку колон;
- надають необхідну інформацію органам виконавчої влади у безпечних районах;
- інформують районні евакуаційні комісії про хід евакуації.

Керівники житлово-експлуатаційних організацій здійснюють оповіщення непрацюючого населення про порядок проведення евакуації, разом з працівниками органів внутрішніх справ та охорони здоров'я забезпечують прибуття на збірні евакуаційні пункти громадян, які з поважних причин не можуть самотійно прибути на ці пункти.

Начальники збірних евакуаційних пунктів уточнюють з керівниками підприємств та організацій чисельність евакуйованого населення і порядок його відправлення, організовують реєстрацію та облік населення, формують піші і транспортні колони, здійснюють посадку населення на транспортні засоби, доповідають евакуаційній комісії району, міста, району у місті про його відправлення та інструктують начальників ешелонів і старших колон, організовують надання медичної допомоги евакуйованому населенню, охорону громадського порядку.

Евакуація особового складу збірних евакуаційних пунктів організовується після проведення евакуаційних заходів згідно з окремим рішенням керівника відповідного органу виконавчої влади.

Керівник органу виконавчої влади і евакуаційна комісія безпечного району, організовують підготовку пунктів висадки, розгортають приймальний евакуаційний пункт, уточнюють кількість прибулих і порядок подачі транспортних засобів для їх вивезення з пунктів висадки, а також з проміжних

пунктів евакуації до пунктів розміщення, контролюють роботу керівників об'єктів безпечних районів з прийому і розміщення евакуйованого населення.

У разі оголошення евакуації громадяни самостійно на міських транспортних засобах, які у цей період працюють цілодобово, прибувають на збірні евакуаційні пункти. Працівники цих пунктів розподіляють громадян, які підлягають евакуації, за транспортними засобами, інструктують їх і забезпечують посадку на транспортні засоби.

У разі виникнення аварії на хімічно або радіаційно небезпечному об'єкті евакуація населення проводиться у два етапи:

- перший - від місця знаходження людей до межі зони забруднення;
- другий - від межі зони забруднення до пункту розміщення евакуйованого населення в безпечних районах. На межі зони забруднення в проміжному пункті евакуації здійснюється пересадка евакуйованого населення з транспортного засобу, який рухався забрудненою місцевістю, на незабруднений транспортний засіб.

Забруднений транспортний засіб використовується для перевезення населення тільки забрудненою місцевістю.

Евакуація населення із зон можливого катастрофічного затоплення проводиться у першу чергу з населених пунктів, що знаходяться поблизу гребель, хвиля прориву яких може досягнути зазначених населених пунктів протягом менше ніж 4 годин, а з інших населених пунктів - за наявності безпосередньої загрози їх затоплення.

Інформаційне забезпечення евакуйованого населення про порядок дій у різних ситуаціях та про оперативну обстановку здійснюється уповноваженим органом управління з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи і евакуаційним органом з використанням для цього системи оповіщення, засобів радіомовлення і телебачення та із залученням у разі потреби сил і засобів органів МВС.

Евакуйовані громадяни повинні мати при собі паспорт, військовий квиток, документ про освіту, трудову книжку або пенсійне посвідчення,

свідоцтво про народження, гроші і цінності, продукти харчування і воду на 3 доби, постільну білизну, необхідний одяг і взуття загальною вагою не більш як 50 кілограмів на кожного члена сім'ї. Дітям дошкільного віку вкладається у кишеню або пришивається до одягу записка, де зазначається прізвище, ім'я та по батькові, домашня адреса, а також ім'я та по батькові матері і батька.

Евакуйоване населення розміщується у придатних для проживання будівлях, які в зимовий період опалюються.

Методичне забезпечення планування та проведення евакуаційних заходів здійснюється МНС.

Таким чином найбільш важливими заходами з охорони праці є:

Для виключення можливості враження електричним струмом, передбачено проведення навчання з електробезпеки, атестації на відповідну групу електробезпеки та отриманням посвідчення встановленого зразку, відповідно НПАОП 0.00.4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», проводити періодичний контроль ізоляції не рідше одного разу на рік виміром її активного опору при випробуванні підвищеною напругою протягом 1 хвилини.

Для виключення механічного травмування передбачається ряд заходів: наявність знаків безпеки; проведення навчання і перевірки знань з охорони праці; забезпечення працівників спеціальним одягом і спеціальними засобами індивідуального захисту.

Робітники зварювальних діляниць повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация», брезентові захисні костюми згідно ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования», рукавиці брезентові згідно ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия», спеціальне взуття (ботинки,

напівсапоги) із захисними носками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень».

ВИСНОВКИ

Скребки змішувачів вогнетривкої маси експлуатуються у важких умовах інтенсивного абразивного зношування при підвищених температурах і вимагають значно більше високої зносостійкості, ніж можуть забезпечити матеріали і технологічні методи зміцнення, які застосовуються в даний час на підприємствах.

Підвищення температури в процесі впливу абразивних частинок на метал інтенсифікує процеси прямого руйнування поверхні деталі, в результаті чого значно підвищується швидкість зношування. При оцінці зносостійкості в даних умовах, необхідно враховувати дійсне значення твердості матеріалу при робочих температурах експлуатації (гарячу твердість), а не вихідну твердість до зношування.

Для зміцнення скребоків необхідні залізовуглецеві сплави, леговані дешевими і недефіцитними карбідо - і боридоутворюючими елементами, що забезпечують комплекс необхідних властивостей (зносостійкість, гарячу твердість, технологічність та ін.).

Найбільш прийнятним по зносостійкості є метал системи легування Fe – C – Cr – B в якості матеріалу для наплавлення скребоків слід використовувати дріт ПП-ЗНТУ 5 (220Х12Р5).

Процес зміцнення раціонально проводити напівавтоматичною наплавленням порошковим дротом. Обрані і обґрунтовані режими процесу наплавлення:

- діаметр дроту – 3,2 мм;
- ток – 350 – 380 А;
- напруга дуги – 26 – 30 В;
- виліт електрода – 50 – 70 мм;
- швидкість наплавлення вибирається в залежності від товщини і ширини шару в межах 8-12 м/год.

Обрано обладнання, спроектована установка і розроблена технологія зміцнення скребків напівавтоматичним наплавленням.

Техніко-економічні розрахунки показали, що використання розробленої технології дозволить отримати економічний ефект у розмірі 1689750 грн.

Передбачено заходи з охорони праці для забезпечення безпеки робітників.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ГОСТ 380 – 2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки [Текст]. – Взамен ГОСТ 380 – 94; введ. 30 – 06 – 2008. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 10 с.
2. ГОСТ 535 – 2005. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 535-88; введ. 30 – 06 – 2008. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 12 с.
3. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию / В. Я. Сафронов. – М.: Машиностроение, 1985. – 319 с.
4. Попов В. С. Долговечность оборудования огнеупорного производства [Текст] / В. С. Попов, Н. Н. Брыков, Н. С. Дмитриченко, П. Г. Приступа. – Москва: Металлургия, 1978. – 232 с.
5. Хрущев М. М. Абразивное изнашивание [Текст] / М. М. Хрущев, М. А. Бабичев. – Москва: Наука, 1970. – 251 с.
6. Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию [Текст] / М. М. Тененбаум, д-р техн. наук, проф. – Москва: Машиностроение, 1976. – 271 с.
7. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы / М. А. Тылкин. – М.: Металлургия, 1981. – 648 с.
8. Брыков М. Н. Абразивное изнашивание железоуглеродистых сплавов при повышенных температурах [Текст] / М. Н. Брыков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2004. – №2. – С. 31 – 33.
9. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. В. С. Попова. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 394 с.
10. Филиппов М. А. Стали с метастабильным аустенитом / М. А. Филиппов, В. С. Литвинов, Ю. Р. Немировский. – М.: Металлургия, 1988. – 255 с.

11. Гуляев А.П. Металловедение [Текст]: [Учебник для вузов] / А.П. Гуляев. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1977. – 647 с.
12. Геллер Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. - Изд. 5-е, перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1983. – 526 с.
13. Гринберг Н.А. Влияние бора на фазовое строение и свойства наплавленного металла при абразивном изнашивании. / Н.А. Гринберг Н.А. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1978. – №12. – С. 48 – 50.
14. Осипов М. Ю. Проблема износостойкости сплавов в условиях абразивного изнашивания при повышенных температурах // Запорожье: Запорожский машиностроительный институт. – 1988. – 22 с.
15. Бор, его соединения и сплавы [Текст] / Г. В. Самсонов, Л. Я. Марковский, А. Ф. Жигач, М. Г. Валяшко; Под общ. ред. проф. д-ра техн. наук Г. В. Самсонова ; Акад. наук УССР. Ин-т металлокерамики и спец. сплавов. - Киев: Изд-во Акад. наук УССР, 1960. – 590 с.
16. Абразивная и ударно-абразивная стойкость сплавов Fe-C-Cr-B / В.М. Мозок, В.А. Гавриш, Г.Н. Гордань, Ю.В. Хохлов // 7 Сб. «Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавленный металл». Киев: Наукова думка, 1977. – С. 37 – 34.
17. Современные наплавочные материалы на основе тугоплавких соединений [Текст] / И. Н. Шеенко, В. Д. Орешкин, Ю. Д. Репкин; АН УССР. Ин-т проблем материаловедения. - Киев: Наукова думка, 1970. – 238 с.
18. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением [Текст] / Под ред. акад. Б. Е. Патона. – Москва: Машиностроение, 1974. – 767 с.
19. Гудремон Э. Специальные стали [Текст]: Пер. с нем. / Под ред. чл.-кор. АН СССР А. С. Займовского и канд. техн. наук М. Л. Бернштейна. - Москва: Металлургиздат, - 1960 с.
20. Наплавочные материалы стран членов СЭВ. // Киев – Москва. – 1979. – 620 с.
21. Бельфор М. Г. Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки [Текст]: (Курс лекций для специалистов-сварщиков) / М.Г. Бельфор ;

Международ. семинар-практикум ООН по сварке. – Киев: Наук. думка, 1976. – 50 с.

22. Гитлевич А. Д. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах [Текст]: [Учеб. пособие для машиностроит. техникумов] / А. Д. Гитлевич, Л. А. Животинский, Д. Ф. Жмакин. - Москва: Машгиз, 1962. – 172 с.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Мякий І.В.	
Провер.	Андрущенко М.І.	
Н.конт.	Шумиків С.О.	
Листов 2		Лист 1

	ГКІЮ 208519.000 ПЗ	
	ДП	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ПОГОДЖЕНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес зміцнення скребків змішувача
вогнетривких мас

ЗАТВЕРДЖУЮ

Нормоконтроль к.т.н., Шумикін С.О.

Дата

Впроваджено у виробництво

Акт № _____ Дата _____.

Зав. кафедрою ОТЗВ д-р техн. наук, проф. Овчинников О.В.

Дата 20.12.19

Комплект документів

відповідає

ТД

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											Листов 2	Лист 2			
Разраб.			Мягкий І.В.								ГКІЮ 208519.000 ПЗ				
Пров.			Андрущенко М.І.												
Н. контр.			Шумикін С.О.												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.		Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
А 01	05 Слюсарна														
Б 02	Універсальний фрезерний верстат PROMA														
О 03	Підготувити поверхні скребків до наплавлення IV 0,57														
О 04															
Т 05															
А 06	10 Наплавлення														
Б 07	Установка для наплавлення; Напівавтомата BlueWeld Mixpulse														
О 08	Виконати наплавлення скребків змішувача V 1,44														
М 09	ПП-ЗНТУ 5 (220X12P5)														
Р 10	Ізв= 350-380А; U=26-30 В; V _{зв} =8-12 м/год														
А 11															
Б 12	15 Слюсарна														
О 13	Шліфмашинка Chicago Pneumatic CP9120CR V														
О 14	Зачистити грубі напливи на наплавленій поверхні 0,24														
Т 15															
А 16	20 Контроль якості														
Б 17	Лупа; Штангельциркуль														
О 18	Ірити наплавленні скребки на наявність тріщин та IV 0,33														
М 19	інших дефектів														
Р 20															

[illegible]

