

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Обладнання і технологія зварювального виробництва

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Дослідження та розробка технологічного процесу відновлення робочого інструменту грейдера»

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи ІФ-41 1м

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей та конструкцій

Суле Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лаптева Г. М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Єршов А. В.

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерно-фізичний факультет

Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування)

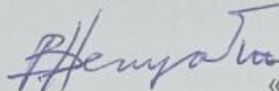
Освітня програма (спеціалізація) Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТЗВ

проф. Нетребко В.В.



« _____ » грудня 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТКИ

Суле Рамат

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Дослідження та розробка технологічного процесу відновлення робочого інструменту грейдера»

керівник проєкту Лаптева Ганна Миколаївна, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 05 » грудня 2022 р. № 414

2. Строк подання студентом проєкту 22 грудня 2022 р.

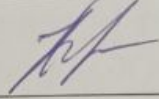
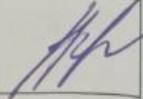
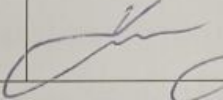

3. Вихідні дані до проєкту базова технологія виготовлення ножа грейдера; річна програма виготовлення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Призначення, конструкція та матеріал виробу; 2. Умови експлуатації деталі характер і механізм руйнування; 3. Огляд існуючих технологій відновлення; 4. Розробка технології відновлення виробу; 5. Технологічний процес відновлення деталі; 6. Дефекти в наплавленому металі, їх походження та заходи боротьби з ними; 7. Техніко-економічні розрахунки; 8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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


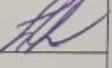
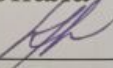
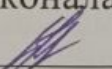
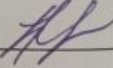
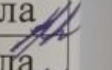
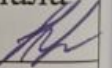
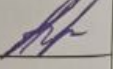
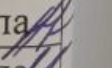
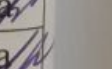
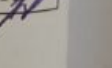

1. Ніж грейдера; 2. Структури зразків; 3. Основні режими для наплавлення деталі та характеристика дроту; 4. Нанесення наплавних валиків; 5. Обладнання для наплавлення деталі; 6. Схеми технологічного процесу відновлення ножа грейдера; 7. Характер руйнування деталі від фракції ґрунту; 8. Кошторис витрат; 9. Теоретичний опис.

6. Консультанти розділів проекту

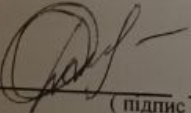
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Інженерно-технічна Частина (I – VI розд.)	Лаптева Г.М., к.т.н., доцент		
Економічні розрахунки (VII розд.)	Круглікова В.В., доцент		
Охорона Праці (VIII розд.)	Нестеров О.В., зав. кафедри ОПНС		

7. Дата видачі завдання «10» вересня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	10.09.22	Виконала 
2	Аналіз вихідних даних та технічного завдання проекту	17.09.22	Виконала 
3	Умови роботи ножів грейдера та причини виходу їх з ладу	22.09.22	Виконала 
4	Огляд існуючих технологій відновлення	17.10.22	Виконала 
5	Розробка технології відновлення матеріалу	24.10.22	Виконала 
6	Розрахункова частина	31.10.22	Виконала 
7	Технологічний процес відновлення деталі	7.11.22	Виконала 
8	Дефекти в наплавленому металі та заходи боротьби з ними	14.11.22	Виконала 
9	Техніко-економічні розрахунки	18.11.22	Виконала 
10	Висновки	21.11.22	Виконала 
11	Перелік джерел посилань	28.11.22	Виконала 
12	Креслення та додатки	02.12.22	Виконала 

Студентки


(підпис)

Р. Суле
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту


(підпис)

Г.М. Лаптева
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту: 86 с., 23 табл., 20 рис.,
1 дод., 31 джерел.

ДЕТАЛЬ, НАПЛАВЛЕННЯ, МІКРОСТРУКТУРА, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ,
КРОМКА, ДРІТ, ТВЕРДІСТЬ.

Об'єкт розробки – технологія відновлення ножа Грейдера.

Мета роботи – розробка нової технології відновлення ріжучої кромки з використанням сучасних технологій.

Проаналізовано план відновлення інструменту.

Виготовлено зразки та проведено дослідження їх механічних властивостей та мікроструктури.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma project: 86 p., 23 tables, 20 figures, 1 appendix, 31 sources.

**DETAIL, SURFACE, MICROSTRUCTURE, DURABILITY, EDGE, WIRE ,
HARDNESS.**

The object of development is the technology of restoring the Grader knife.

The purpose of the work is to develop a new technology for restoring the cutting edge using modern technologies.

The tool recovery plan was analyzed.

Samples were made and their mechanical properties and microstructure were studied.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Призначення, конструкція та матеріал виробу.....	9
2 Умови експлуатації виробу, характер і механізм руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів.....	13
3 Огляд існуючих технологій відновлення.....	17
3.1 Труднощі, пов'язані із зварюваністю матеріалу або умовами зварювання чи наплавлення і шляхи їх подолання.....	19
4 Розробка технології відновлення виробу.....	21
4.1 Сучасний підхід до вибору складу зносостійких матеріалів в умовах ударно-абразивного зношування.....	21
5 Технологічний процес відновлення деталі.....	27
5.1 Досліди зносостійкості сталі 65Г з різними фізико-механічними властивостями при зношуванні в абразивній масі.....	27
5.2 Вибір наплавних матеріалів.....	35
5.3 Вибір параметрів режиму і техніки наплавлення.....	36
5.4 Вибір обладнання для виконання робіт та його характеристики	37
6 Дефекти в наплавленному металі, їх походження та заходи боротьби з ними.....	40
6.1 Контроль якості наплавленого металу.....	47
7 Техніко-економічні розрахунки.....	51
7.1 Опис ідеї проєкту та середовища його реалізації.....	51
7.2 Розрахунок собівартості та економічного ефекту.....	54
7.3 Висновки по розділу техніко-економічні розрахунки.....	60
8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	61
8.1 Аналіз потенційних небезпек.....	61
8.2 Заходи забезпечення безпеки.....	63
8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	75

8.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	77
8.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	78
Висновки.....	83
Перелік джерел посилання.....	84
Додаток А Обладнання для відновлення деталі.....	87

ВСТУП

Робочі умови різних деталей і інструментів ґрунторозробляючих машин різні. Перші піддаються чисто абразивній дії твердих і надтвердих часток (поверхні більшості направляючих планок, повзунів, поверхні кочення роликів і катків і ін.), інші - одночасно дії абразивного середовища і ударів (різальні кромки екскаваторного інструменту, ножі бульдозерів і ковшів та ін.), треті - в основному дії ударів, хоча дія абразивного середовища також має місце (наприклад, інструмент дробарок). Навіть у кожній з цих груп міра активності абразивної дії і ударів може бути різною.

Опір абразивному зношуванню і ударам визначається станом, природою і властивостями двох основних складових будь-якого сплаву: найбільш твердою складовою – карбідами (їх складом, кристалічною будовою, твердістю і ін.) і основою сплаву - матрицею, в якій ці карбіди розташовані (її складом, кристалічною будовою, відхиленням від рівноважного стану і ін.). Дослідження зв'язку стану цих двох основних складових з легуванням і наплавленого металу, а також впливи кожної з них на опір абразивному зношуванню і ударам дозволяє визначити умови раціонального легування зносостійких покриттів різного призначення.

Для деталей, працюючих в умовах абразивного зношування з ударними навантаженнями різної міри динамічності використовуються також наплавні матеріали на нікелевій основі, леговані С, Cr, Fe, Mn, В, Со, W, і сплави з карбідом бору і боридом хрому. При роботі деталей в особливо важких умовах з дуже сильним ударним навантаженням часто застосовують сплави на кобальтовій основі, леговані С, Cr, Ni, Fe, W. В результаті можна відмітити, що Cr, Mn і Ni є найбільш поширеними елементами, вживаними за кордоном для легування наплавлювальних матеріалів, працюючих в умовах абразивного зношування.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ, КОНСТРУКЦІЯ ТА МАТЕРІАЛ ВИРОБУ

Грейдер (рис. 1.1) – це потужна причіпна або напівпричіпна технічна машина з циклічною дією. Вона оснащена поворотним відвалом з металу. В основному система управління у таких машинах – гідравлічна [1].



Рисунок 1.1 – Грейдер

Основна функція грейдера – це вирівнювання ґрунтової, щебеневої, піщаної, або будь-якої іншої поверхні. Також грейдер відмінно застосовується при укладенні асфальту (асфальтуванні). Такі машини забезпечують цілком якісне вирівнювання поверхні з самими невеликими відхиленнями у висоті. Деякі грейдери також оснащені автоматичною системою управління відвалом, що ще більше підвищує їх точність, продуктивність і термін експлуатації. Але, крім своєї основної функції, грейдери можуть зрізати ґрунт по верствам і переміщувати його з одного місця в інше.

Грейдери є причіпні, напівпричіпні і самохідні за способом пересування. Останній тип грейдерів найбільш поширений. За кількістю осей колісних вони є одноосьові, двовісні і тривісні. По масі двигуна - легкі, середні, важкі і дуже важкі. Останні призначені для дуже великого обсягу роботи в суворих умовах.

Основна робота ножа (рис. 1.2.) грейдера (вона ж одночасно є і його функцією) - це, звичайно ж, профілювання. Вона полягає в зрізанні нерівностей поверхні з метою надання їй певної форми.

Ще ця машина здійснює рівномірний розподіл ґрунту (або будь-яких інших матеріалів на поверхні) та транспортування його на невеликі відстані (очищення території).

Автогрейдери - самохідні дорожні машини, робочим обладнанням яких є рухливий відвал. Крім основного обладнання - відвалу на автогрейдер - встановлюють змінні робочі органи: невеликий бульдозерний відвал, кірковщик для попереднього розпушування щільних і важких ґрунтів, снігоочисник, дорожню фрезу та ін. Автогрейдер має гідравлічну систему управління основним відвалом, яка забезпечує його поворот в плані на 360° і нахил разом з тяговою рамою в межах до 90° .

Така конструкція машини забезпечує її призначення і область застосування: профілювання і оздоблення дорожнього земляного полотна, пристрій щебеневого, гравійного і піщаного дорожнього покриття, зведення невисоких (до 0,6 м) насипів з бічних резервів, планувальні роботи, очищення від снігу та ін. Основне призначення автогрейдера - профілювання дорожнього земляного полотна. Чим більше опір, важчі умови роботи, тим потужніше повинен, бути автогрейдер.

В залежності від потужності двигуна і маси машини випускають легкі (до 100 кВт; 9 т), середні (100 ... 150 кВт; 10 ... 15 т) і важкі (понад 160 кВт; понад 15 т) автогрейдери. Легкі автогрейдери використовують для отримання автодоріг, середні - в автодорожньому будівництві в ґрунтах середньої щільності, а важкі - при великих обсягах земляних робіт у щільних ґрунтах і пристрої дорожніх покриттів.



Рисунок 1.2 – Робочий інструмент – ніж грейдера

Основні характеристики ножа грейдера [1,2]:

ширина – 180 мм;

довжина – 1820 мм;

товщина – 12 мм;

форма – прямокутна;

контактуючий край – загострений;

матеріал – сталь 65Г(пружинно-ресорна конструкційна ISO 3887-77);

характеристика матеріалу 65Г;

марка: 65Г;

класифікація: сталь пружинно-ресорна конструкційна;

застосування: пружини,фрикційні диски, шестерні, корпуси підшипників, затискні та інші деталі які повинні мати підвищену зносостійкість.

Хімічний склад і механічні властивості матеріалу.

Хімічний склад сталі 65Г.

Хімічний склад: мас. доля % : С – 0,62 до 0,7; Mn – 0,9 до 1,2; Si – 0,17; P – 0,035; S до 0,035; Cr – 0,25; Ni – до 0,25; Cu – до 0,2.

Механічні властивості при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ матеріалу 65Г.

Лист товстий, ISO 449-78 – розмір 12 м, $\sigma_b = 740\text{ МПа}$, $\delta_5 = 12\%$, термообробка – гартування та відпуск.

Переваги та недоліки.

Безсумнівно, широка область застосування обумовлена очевидними перевагами, які має сталь 65Г:

- характеристики, застосування для ножів обумовлені стійкістю до ударних деформацій і простотою заточування;
- висока твердість, до 50 – 55 HRC, що забезпечує високу зносостійкість;
- значна межа плинності, що дозволяє виробу відновлювати свою форму після припинення дії деформуючої напруги.

Недоліки:

- вона сильно піддається корозії;
- незважаючи на легку заточку, доведення ріжучої кромки занадто трудомістка;
- існує вірогідність деформації при ударних навантаженнях.

Зварюваність матеріалу: не застосовується для зварних конструкцій.

Нижче на рис. 1.3 зображено креслення ножа грейдера.

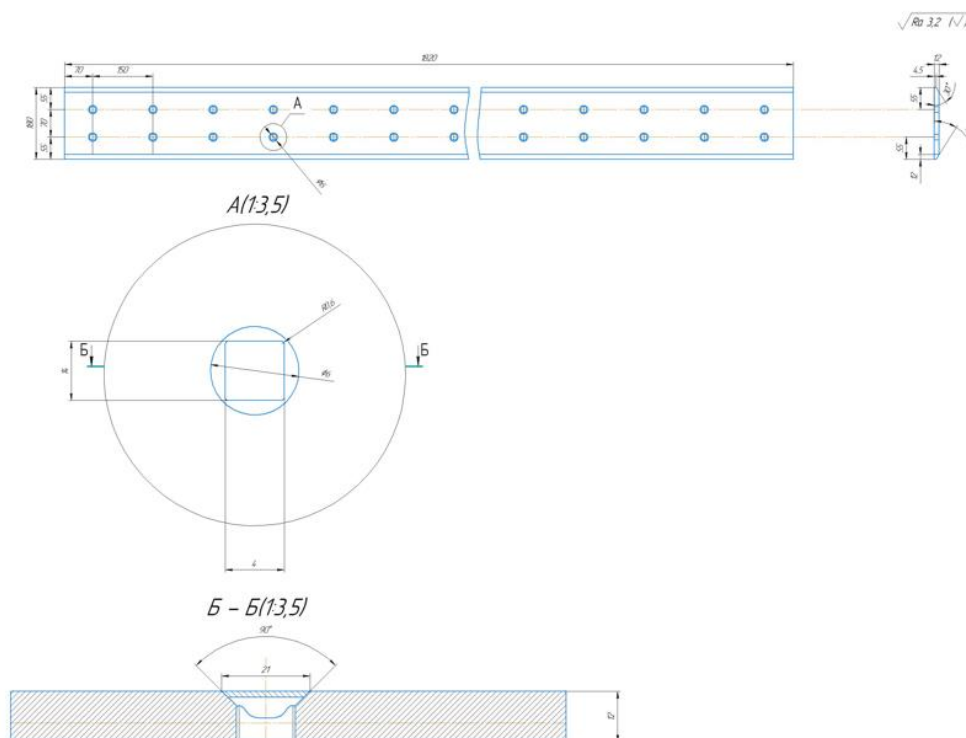


Рисунок 1.3 – Креслення ножа грейдера

2 УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБУ, ХАРАКТЕР І МЕХАНІЗМ РУЙНУВАННЯ В РЕЗУЛЬТАТІ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

Одним з основних факторів, що визначають довговічність і надійність роботи різних двигунів і механізмів, є знос контактуючих поверхонь вузлів тертя, що в значній мірі позначається на ресурсі їх роботи.

Термін служби обладнання визначається в основному швидкістю зношування його деталей та інтенсивністю втрати механізмами первісних функціональних та експлуатаційних характеристик.

Зношуванням називають процес руйнування та відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла, необоротний процес зміни форми, розмірів та стану поверхонь деталей машини під час її експлуатації [3,4].

Мікродряпання. Цей вид руйнування на поверхні тертя спостерігається в тому випадку, коли абразивна частинка чи продукт зношування при ковзанні переміщає в сторону матеріал, залишаючи подряпину (рис. 2.1 а, б).

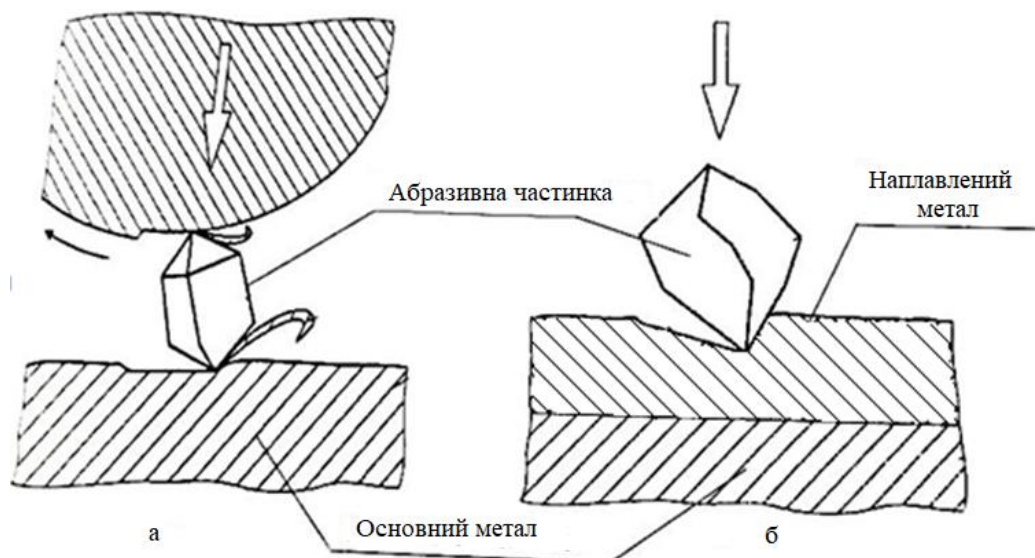


Рисунок 2.1 – Схема мікродряпання металу частинкою абразиву при терті ковзання металу по металу з прошарком абразиву (а) та мікрочастинкою абразиву наплавленої поверхні деталі(б)

Поверхня тертя покривається подряпинами, які розташовані практично паралельно напрямку ковзання, а між подряпинами розповсюджується матеріал,

отримавши багатократне пластичне деформування та наклеп. У результаті на такому місці легко утворюються тріщини втоми, з розвитком яких матеріал відділяється від основи. Крім цього, подряпини можуть бути концентраторами напружень, які супроводжують втомне руйнування металу.

Глибинне виривання. Якщо утворене внаслідок молекулярної взаємодії двох металів з'єднання міцніше одного з обох матеріалів, то руйнація відбувається в глибині одного з тіл, що труться. Прилеглі місця виривів ділянки пластично деформуються, а вирваний матеріал залишається на сполученій поверхні (рис. 2.2).

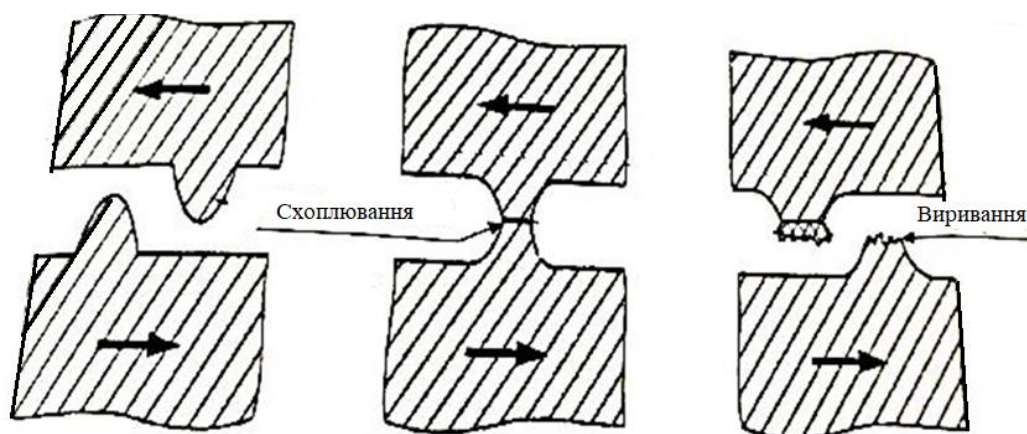


Рисунок 2.2 - Схема зношування двох тертьових металевих поверхонь скошуванням

Викрашування. Викрашуванню (рис. 2.3) передують утворення та розвиток тріщин втоми в результаті циклічного навантаження мікрооб'ємів поверхневого шару за рахунок силового або термічного впливу. Спочатку можуть вифарбовуватися тверді структурні складові сплаву, тверді оксидні плівки на поверхні деталей і т.д. Викрашуванню сприяють високі залишкові напруги розтягування в поверхневому шарі, наприклад, в результаті наплавлення або термічної обробки.

Абразивне зношування (рис. 2.4) відбувається під час тертя ковзання твердих абразивних частинок по поверхні деталі або при попаданні таких частинок в зону тертя двох деталей. Воно виражається у місцевій багатократній пластичній деформації, мікрорізанні та мікродряпанні абразивними частинками поверхні тертя.

Підвищення ефективності та якості роботи означає: раціональне використання техніки, сировини, матеріалів, палива, електроенергії, посилення режиму

економії всіх матеріальних сировинних і паливних ресурсів, підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, підвищення її технічного горіння, надійності і довго витривалості – зміцнення трудової і виробничої дисципліни та організованості на виробництві.

Саме з цих позицій розглядається в науковій роботі необхідність впровадження в систему постачання зональних поправочних коефіцієнтів до норм витрат ріжучих елементів, що враховують ґрунтовий фон експлуатації землерийних машин.

Одним із шляхів підвищення виробничої і технологічної дисципліни та підвищення ефективності землерийної техніки є своєчасна періодична заміна або ремонт ріжучих елементів (ножів бульдозерів, скреперів-зубів екскаваторів, навантажувачів і т.д.) у міру їх зносу.

Руйнування сталей та сплавів, з яких виготовлена більшість деталей машин, охоплює сукупність складних явищ, що відбуваються при взаємодії поверхневих шарів матеріалу з абразивним середовищем у визначених конкретних умовах експлуатації. Усі компоненти цього процесу, що включає сам метал, конкретне середовище, зовнішні умови зношування, взаємозалежності та кожний з них окремо і у взаємодії з іншими факторами впливає на руйнування та кінцевий результат – величини зносу.

У природі всі процеси зношування наявні одночасно і справа інженера чи дослідника визначити вид привалюючого процесу руйнування поверхні тертя та зношування наприклад : 80% - абразивного зношування, 10% - ударно-абразивного зношування, 5% - корозійного зношування, 1% - газоабразивного, 1% - зношування металу на метал, 1% - гідроабразивного зношування та 2% ін.

Робота грейдерів відбувається в дуже важких умовах, машина піддається поштовхам та ударам; потрапляння бруду та пилу на деталі що труться визиває їх знос, внаслідок чого при роботі машини можуть з'явитися окремі несправності, які необхідно своєчасно попереджати.

Нижче наведена можлива несправність причіпних грейдерів та способи їх відновлення [5].

Характерні несправності - викрашування ріжучої кромки ножа.



Рисунок 2.3 – Викрашиний ніж грейдера



Рисунок 2.4 – Зношений ніж грейдера

Причина виникнення – наявність каміння, металу та т.і. в ґрунті.

Способи попередження несправностей та їх відновлення – заварити або наплавити ніж.

3 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ

Існує багато способів наплавлення деталей [5,7], що працюють саме в умовах ударно-абразивного зношування, їх порівняльні характеристики наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняльні характеристики деяких способів наплавлення

Спосіб	Продуктивність кг/год	Частка основного металу в наплавленому, %	Товщина наплавленого шару, мм(один прохід)
Газова з присадкою прутків або дроту	0,5– 1,5	1– 3	0,8– 5,0
Газопорошкова	0,5– 3,0	1– 3	0,3– 3,0
Аргонодугова неплавким електродом,	1,0 –7,0	10 –30	2,5 –5,0
Плавким електродом в захисному газі	1,5 – 9,0	30 – 60	3,0 – 5,0
Ручна дугова покритими електродами	0,8 – 3,0	20 – 50	2,0 – 5,0
Під флюсом одним дротом	2,0 – 12,0	30 – 60	3,0 – 5,0
Під флюсом багатоелектродна	5,0 – 40,0	15 – 30	5,0 – 8,0
Під флюсом стрічкою	5,0 – 40,0	10 – 20	2,5 – 5,0

Серед запропонованих способів наплавлення обрано наплавлення в середовищі CO_2 або у суміші 75% Ar +25% CO_2 тому, що даний спосіб можна застосовувати для наплавлення металу високої товщини, а також найбільша кількість наплавленого металу за одиницю часу. Властивості наплавленого металу забезпечуються завдяки використанню порошкового дроту. Цей механізований спосіб забезпечує високу якість наплавлених поверхонь; наплавлений метал при цьому отримується щільнішим, вміст в ньому шкідливих домішок значно менше, ніж при ручних способах наплавлення.

При напавленні під шаром флюсу дає високий коефіцієнт наплавлення в 1,5...2 рази вище ніж при ручному напавленні, через знижені витрати на тепло і метал на розбризування, але основним недоліком є те, що такий спосіб не дуже доцільно використовувати для наплавлення у польових умовах.

У даному випадку для захисту напавлюваної дуги від шкідливого впливу повітря використовують захисні газові суміші, що складаються з вуглекислого газу CO_2 і аргону Ar . Через зниження витрат металу на 70 -80% на розбризування в порівнянні з іншими способами продуктивність істотно зростає і на 10..12% зменшуються витрати електроенергії і матеріалів.

Поверхні деталей, які будуть напавленні, потрібно підвергати механічній і термічній обробці [7]. У більшості випадків деталі, які потрібно напавити, бувають дуже забруднені, замавлені, покриті іржею або фарбою.

Тому вони повинні бути попередньо очищені. Напавлення по погано підготовленій поверхні приводить до такого дефекту як не провари, створенню пор та раковин, насичуванню наплавленого металу киснем і забрудненню його різноманітними неметалевими включеннями.

Знежирення поверхні виконують випаленням газополум'яного пальника, паяльною лампою або нагріванням в печах. Після випалення кіптяву виводять дротовою сталевією щіткою.

У деталей машин, виготовлених з вуглецевих, високо вуглецевих або легованих сталей, передбачено попереднє підігрівання, масло з пор ті тріщин усувається під час підігрівання.

Значення попереднього підігрівання дуже велике. Підігрівання може запобігти небажаному структурному перетворенню у основному металі і наплавленому металіта значно знизити залишкові напруження при наплавленні.

Необхідність і ступінь підігріву встановлюється виходячи з хімічного складу метала, розмірів і форми виробу, а також місця відновлення, режиму і способу зварювання чи наплавлення.

3.1 Труднощі, по'язані із зварюваністю матеріалу або умовами зварювання чи наплавлення і шляхи їх подолання

Характерними загальними труднощами при зварюванні цих сталей є: - утворення гартівних структур при охолодженні після зварювання і в зв'язку з цим схильність до холодних тріщин; - небезпека утворення гарячих тріщин; - розміщення металу зварювального з'єднання в порівнянні з основним металом [8].

Під час наплавлення передбачаються наступні технологічні заходи:

1. Регулювання термічного циклу наплавлення для забезпечення необхідної швидкості охолодження шва і зони термічного впливу. Швидкість охолодження регулюють зміною режимів наплавлення (величина струму, швидкість наплавлення, погонна енергія), застосуванням спеціальних технологічних прийомів (наплавлення короткими і довгими ділянками, накладення відпалюваного вали-

ка, зварювання гіркою, каскадом і ін.) і застосуванням підігріву, який може бути попереднім, супутнім і наступним.

Підігрів є найбільш радикальним способом регулювання швидкості охолодження і його використовують, коли регулюванням режимів наплавлення і спеціальними технологічними прийомами не вдається забезпечити необхідну швидкість охолодження і структуру наплавленого з'єднання.

2. Зменшення вмісту водню в наплавному шві, так як водень є однією з головних причин утворення холодних тріщин. Це досягається застосуванням електродів з фтористо-кальцієвими покриттями і основних флюсів, захисних газів зі зниженою вологістю; наплавленням на постійному струмі зворотної полярності; ретельною підготовкою під наплавлення наплавного та присадочного металу (зачистка, зневоднення) і захисних матеріалів (сушка, прогартовування).

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВИРОБУ

4.1 Сучасний підхід до вибору складу зносостійких матеріалів в умовах ударно-абразивного зношування

Матеріали, вживані для роботи в умовах абразивного зношування, зазвичай є високовуглецевими легованими сталями і сплавами. Структура цих сплавів складається з карбідної фази і матриці(основи) різної будови. Матриця може бути аустенітною, мартенситною, феритною і може складатися з суміші цих фазових складових. Той або інший структурний стан сплаву визначається його хімічним складом, режимом наплавлення і умовами кристалізації зварювальної ванни, умовами охолодження після твердіння і режимами термічної обробки [5,9].

Важливими властивостями основи для зносостійкості сплаву є її в'язкість, міцність закріплення в ній карбідів, твердість. Тому від властивостей основи сплаву залежить значною мірою характер впливу на зносостійкість мікроструктури в цілому.

Аустеніт більший, ніж ферит, зміцнюється при деформації і здатний за рахунок деформації до перетворення з утворенням мартенситу. При такому поєднанні властивостей аустеніт перевершує ферит не лише по зносостійкості, але і по здатності добре утримувати впроваджені карбідні частки. В порівнянні з мартенситом аустеніт слід визнати менш зносостійкою основою. Проте, будучи значно в'язкішим, аустеніт сприяє підвищенню зносостійкості [5,9].

Тверді структурні складові - карбіди, бориди(карбобориди) є основними фазами, відповідальними за опір сплавів абразивному зношуванню. Карбіди (бориди) розташовуються в матриці сплаву, що складається з аустеніту і продуктів його перетворення при охолодженні [9].

Карбіди мають більш високі механічні властивості порівняно з абразивами. Тому в процесі взаємного переміщення деталі та зношеного середовища зіткнення з карбідом часто призводить до повного чи часткового руйнування абрази-

ву, і в наслідок, припинення одиничного акту зношування, чи зменшенню розмірів пошкодження робочої поверхні [9].

Локальне поле напружень, що завжди існує навколо карбідів ускладнює переміщення дислокацій при пластичній деформації, що передусє руйнуванню мікрооб'ємів металу в процесі зношування. В результаті абразив може викликати пошкодження металу тільки при підвищеній величині зовнішніх навантажень.

На результати взаємодії цих матеріалів надає вплив також форма, розміри і характер розповсюдження карбідів в структурі металу. Функції бар'єрів на шляху абразивних тіл, карбіди виконують краще за компактної форми.

Тонкі та довгі пластини не в змозі протистояти абразиву при зіткненні. Вони розтріскуються і відносяться разом із зрізаною матрицею, залишаючи по краях канавки, прокреслені абразивом, рвані кромки, уражені великою кількістю тріщин. Зустрічі з карбідами компактного перерізу часто призводять до руйнування абразиву та припинення зношування (рис. 4.1).

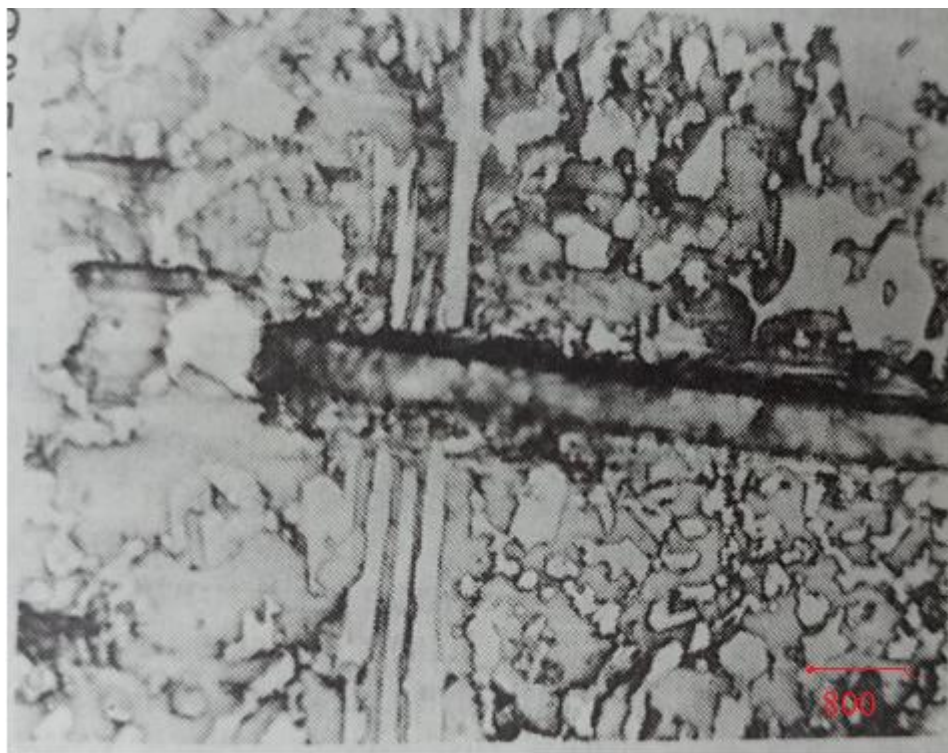


Рисунок 4.1 – Характер руйнування карбідів, маючих форму тонких пластин

При порівняно невеликому заглибленні абразивів у метал, карбіди можуть повністю не руйнуватись (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Характер руйнування складних карбідів хрому в процесі зношування при невеликому заглибленні абразиву у поверхню сплаву 1,5%С, 17,2%Mn, 0,3% Si, 12,2%Cr

Однак у районі зустрічі з абразивом у карбідах з'являється значна кількість тріщин. При витягнутій формі карбід зазнає навантаження з боку абразиву за схемою балки, що лежать на пружній основі і защемленою по кінцях (рис. 4.3).

Зменшення ширини і глибини канавки, виконаної абразивом у металі після зустрічі з карбідом, свідчить про те, що в результаті зіткнення дещо зменшилася руйнівна дія абразивного зерна.



Рисунок 4.3 – Характер пошкодження карбідів хрому при зіткненні з абразивом в процесі зношування сплаву 7,4%С, 16,9%Mn, 0,4% Si, 11,2%Cr

Вивчення металографічної картини взаємодії карбідів різних типів з абразивними тілами показує, що вони можуть руйнуватися шляхом утворення сколів та тріщин. В карбіді виникає велика кількість тріщин навіть коли він зупиняє просовування абразивного тіла по поверхні металу (рис. 4.4).

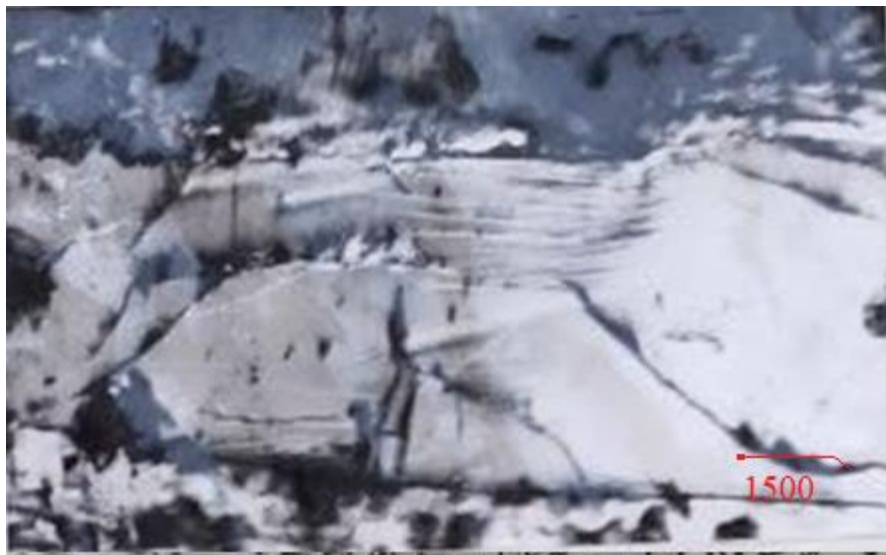


Рисунок 4.4 – Тріщини, утворюються в карбіді при зупинці ним абразивного тіла в процесі зношування сплаву Сормайт

Карбіди можуть бути первинними, вторинними, а також утворювати різні карбідні (боридні) евтектики. Ці карбідні виділення кристалізуються в різних температурних інтервалах і по-різному розташовуються в структурі сплавів.

Загальним правилом для підвищення зносостійкості є отримання карбиду, найбільш багатого за змістом легуючих елементів.

Тип і стійкість карбідів, що утворюються, однозначно визначаються співвідношенням в сталі легуючого елементу до вуглецю M/C , що визначають області стійкого стану карбідів різного типу.

Особливістю процесу карбідоутворення у наплавленому металі являється менша інтенсивність переходу від цементита до спеціального карбиду, в порівнянні з термічно обробленими сталями, у зв'язку з тим, що наплавні вироби, як правило, не піддаються відпуску.

Величина цих відношень M/C у наплавленому металі завжди буде вищий, ніж у термічно оброблених сталей в рівноважному стані.

Із збільшенням кількості карбідів (бориду), як правило, опірність сплавів ударним навантаженням падає, а зносостійкість і твердість ростуть, але з різною інтенсивністю і в певних межах.

Для сплавів, працюючих в умовах одночасної дії абразивного зношування і ударів, наплавлений метал має бути доевтектичним (чи іноді евтектичним) з кількістю карбідів 20-30%.

Для деяких деталей машин і механізмів, працюючих в умовах абразивного зносу і ударів, можна орієнтовно розглянути можливі типи і марки наплавних матеріалів. Для різального інструменту однокошових і роторних екскаваторів, використовуваних при розробці сипких ґрунтів без твердих порід, доцільно застосувати сплави з високим опором абразивному зносу і помірною стійкістю проти ударів. Орієнтовно можна вважати, що сплав повинен мати умовну зносостійкість і ударостійкість. Такими можуть бути сплави типу: У24Х16В16Ф1, У28Х28, У24Х17Т, У25Х15В5ФТ. До сплавів цих типів можна підібрати найбільш близькі промислові марки наплавних матеріалів. Електроди трубчасті хромовольфрамові близькі до типу У24Х16В16ФТ, проте їх зносостійкість має бути нижча, ніж у приведенного типу (менше вуглецю і немає ванадію). Поширених наплавних матеріалів, що відповідають типу У28Х28, немає. Близькі до нього, наприклад, електроди Т- 590, проте вони будуть крихкими із-за бору, чим тип У28Х28, що може привести в деяких випадках до вифарбовування наплавленого металу навіть при невеликих окремих ударах.

До сплаву типу У24Х17Т цілком підходить порошковий дріт ПП-У25Х17Т-0, а до сплаву У25Х15В5ФТ найбільш близький порошковий дріт ПП-Х12ВФТ.

У більшості випадків важко знайти наплавний матеріал, що відповідає раціональному типу наплавлення з певним поєднанням зносостійкості та ударостійкості.

Для наплавлення лемішів плугів потрібні дешеві матеріали(масова продукція), що дозволяє підвищити зносостійкість цього інструменту зі збереженням його ударостійкості. Відповідними для цього випадку буду сплави типу У8Х4Г1 (електроди 13КН/ ЛИВТ), У18Х18 і У10Х15Г4.

Ножі дорожніх машин за умовами роботи досить близькі до різального інструменту екскаваторів, тому їх теж раціонально наплавляти сплавом типу У8Х5В18Ф1.

Опір зношуванню наплавленого металу залежить від багатьох факторів взаємопов'язаних чинників, головні з яких: хімічний склад і структура. Оптимальне поєднання цих характеристик забезпечує отримання наплавленого металу з максимальною зносостійкістю в заданих умовах експлуатації [6].

Виробничі випробування наплавленого металу дротом ПП-АН125, Сормайт-1, ПП-АН170, з твердістю вище 600 МПа показали, що здатність металу опиратися руйнуванню при ударно-абразивному зношуванні є функцією багатьох параметрів: хімічного складу, структурного стану сплаву, чутливості до структурних змін в поверхневому шарі при взаємодії з абразивними тілами, умов зношування.

При наплавленні ПП-АН170 в структурі є близько 50% карбоборидної фази, тоді як в сплаві Сормайт-1 з меншою зносостійкістю кількість карбідів доходить до 80%. Краща опірність зношуванню металу наплавленого ПП-АН170 досягнута мабуть, за рахунок значної твердості карбоборидної фази і аустеніту, здатного до структурних перетворень, кількість якого в наплавленні ПП-АН170 майже в 2 рази більше, ніж в наплавлених ПП-АН125 і Сормайт-1. Таким чином, зносостійкість наплавленого металу, визначається твердістю зміцнюючої фази і кількістю метастабільного аустеніту, здатного до перетворень в мартенсит під впливом зовнішнього навантаження.

5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

5.1 Досліди зносостійкості сталі 65Г з різними фізико-механічними властивостями при зношуванні в абразивній масі

Підвищення зносостійкості деталей, які працюють в умовах абразивного зношування – одна з найважливіших задач сучасного машинобудування.

Вітчизняні робочі органи дискових ґрунтообробних знарядь в переважній більшості виготовлені зв сталі 65Г, саме тому дослідження впливу природи твердості абразивного матеріалу та тиску абразивної маси на зносостійкість сталі 65Г з різними фізико-механічними властивостями при зношуванні в абразивній масі є беззаперечно актуальною задачею [9].

Великий вклад у вивчення явищ, які відбуваються при абразивному зношуванні, внесли М.М. Хрущов [10], І.В. Крагельский [11], Б.І. Костецький [12], М.М. Тененбаум [13] та ін.

На даний час різні дослідники по різному пояснюють механізм абразивного зношування. Найбільш розповсюджене пояснення зводиться до представлення абразивного процесу зношування, як результату царапання металу абразивними частинками о поверхню металу.

Під абразивним зношуванням М.М. Хрущов і М.А. Бабічев розуміють руйнування поверхні металу абразивними частинками мінерального походження [10].

Б.І. Костецький запевняв, що руйнування при абразивному зношуванні проходить в наслідок зім'яття і зрізання мікрооб'ємів металу і утворення стружки сколювання і зміцнення поверхневих шарів. Науковою школою Б.І.Костецького теоретично обґрунтовано загальна закономірність тертя і зношування, в якому механохімічний фактор зношування металів в абразивному середовищі займає одне з основних місць [12].

Проф. М.М. Тененбаумом [13] було відмічено, що для сільськогосподарських машин абразивний знос при русі в масі абразивних

частинок можливо розділити на два підвиди: при переміщенні в ґрунтовій масі і мінеральних добривах; при переміщенні в органічній масі, яка вміщує абразивні частинки (табл.5.1).

Експериментально встановлено, що механізм зношування в ґрунтовій масі визначається головним чином співвідношенням твердості металу і твердості абразивних частинок [14]. Здатність абразивних частинок руйнувати поверхню деталей оцінюється співвідношенням мікротвердості матеріалу H_m і абразиву H_a :

$$P = \frac{H_m}{H_a}$$

Дослідним шляхом встановлено [9], що критичним значенням коефіцієнта є $P_m=0,5\dots0,7$. При $P_m<0,5$ можливе пряме руйнування матеріалу (при відповідній формі частинки і достатньому навантаженні), при $P_m>0,7$, пряме руйнування малоімовірне.

Аналітична перевірка положень теорії абразивного зношування показала, що найбільш ймовірним механізмом такого зношування, при взаємодії з частинками ґрунту, представляється багатократне пластичне деформування одних і тих же мікрооб'ємів металу, в результаті якого спостерігається деформаційне руйнування поверхневого шару металу.

Таблиця 5.1 – фізико-механічний склад ґрунтів, які використовувались під час випробування на зносостійкість

Тип ґрунту	Середній вміст, %	
	піску	глини
Кварцовий пісок	100 (Розмір абразиву 80-100 мкм, $K_\phi=1,93$)	0
Піщаний	95	5
Супіщаний	80	20
Глинистий	10	90

Для дослідження зношувальної здатності ґрунтів були прийняті еталонні зразки, виготовлені зі сталі 65Г, сталі 65Г з об'ємним загартуванням 810...830 °С і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °С і зміцнені ЕО(електроерозійна обробка) (сила струму 450 А, напруга 45 В, температура охолоджуючої рідини 35 °С) твердість поверхні після обробки складала 58-64 HRC.

Для випробовування також використовували кварцовий пісок різного фракційного складу (табл.5.2) для виявлення закономірності зношування в залежності від розміру абразивного зерна та впливу на інтенсивність зношування коефіцієнта форми абразивної частинки P_{ϕ} .

Таблиця 5.2 – розмір і фракція піску

№ фракції	Розмір фракції, мкм	Коефіцієнт форми, P_{ϕ}
Фракція 1	40-50	13,87
Фракція 2	50-60	7,93
Фракція 3	60-80	6,43
Фракція 4	80-100	1,93
Фракція 5	100-125	1,87
Фракція 6	125-150	1,91
Фракція 7	150-180	1,9

Твердість кварцових частин складає 1000-1300 кг/мм².

При плануванні експерименту для виявлення закономірності зношування в залежності від розміру абразивного зерна проводили планування однофакторного експерименту. В якості критерію оптимізації

прийняли: σ_w – зносостійкість, км/г, в якості фактора: розмір фракцій кварцового піску, мкм.

Для врахування впливу швидкості руху і тиску ґрунту на поверхню був проведений двофакторний експеримент.

В якості критерію оптимізації при проведенні дослідження було запропоновано: σ_w – зносостійкість, км/г.

В якості факторів вибрано: швидкість руху; тиск ґрунту на поверхню дослідного зразка.

При математичній обробці результатів було описано процес, що вивчається, за допомогою математичної моделі, що має вигляд:

$$y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2$$

де y – критерій оптимізації дослідження;

b_0, b_1, b_2, b_{12} , – коефіцієнти регресії, по величині яких можна з'ясувати ступінь впливу відповідних факторів;

x_1, x_2 – змінні фактори.

Вибір експериментальної області факторного простору проводили, враховуючи апріорну інформацію, щодо умов роботи плоских ґрунтообробних знарядь.

За результатами дослідження отримано регресійні моделі залежності (рис 5.1):

$$I_m = f(i) \tag{3}$$

де i – вміст фізичного піску в ґрунті;

I_m – інтенсивність масового зносу.

Для зразків сталі 65Г після ЕО:

$$I_m = 3E - 0,6i^2 - 0,0002i + 0,0031 \quad (4)$$

при $R^2=0,9773$.

при $R^2=0,9741$.

Для зразків сталі 65Г з об'ємним загартуванням 810...830 °С і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °С.

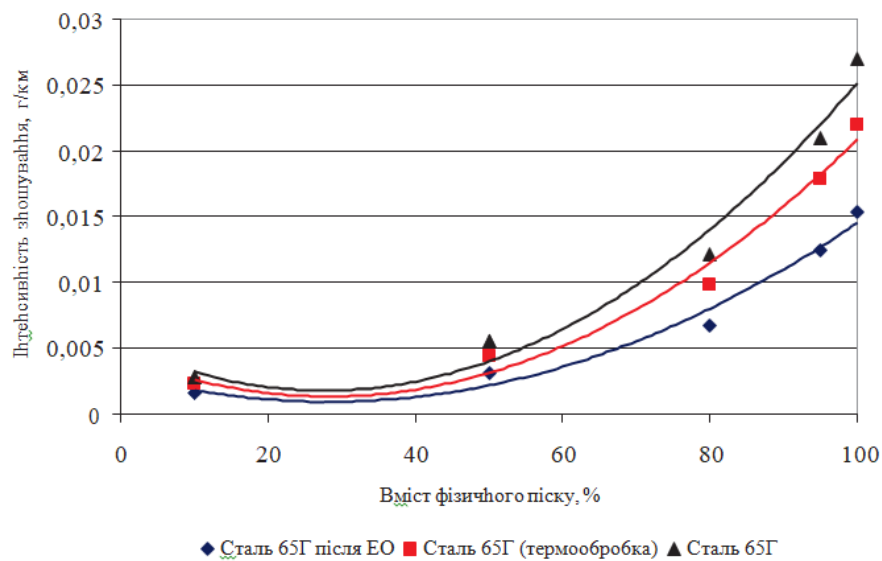


Рисунок 5.1 – Залежність інтенсивності зношування від вмісту фізичного піску в ґрунті

$$I_m = 4E - 0,6i^2 - 0,0002i + 0,0044 \quad (5)$$

при $R^2=0,9793$.

Для зразків сталі 65Г:

$$I_m = 4E - 0,6i^2 - 0,0002i + 0,0052 \quad (6)$$

Для зразків сталі 65Г після ЕО:

$$I_m = -1E - 0,6i^2 + 0,0005i - 0,0065 \quad (7)$$

при $R^2=0,9817$.

Для зразків сталі 65Г з об'ємним загартуванням 810...830 °С і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °С.

$$I_m = -2E - 0,6i^2 + 0,0005i - 0,0093 \quad (8)$$

при $R^2=0,9798$.

Для зразків сталі 65Г:

$$I_m = -1E - 0,7i^2 + 0,0001i - 0,00164 \quad (9)$$

при $R^2=0,6102$.

За результатами досліджень побудовано графічну залежність (рис. 5.2).

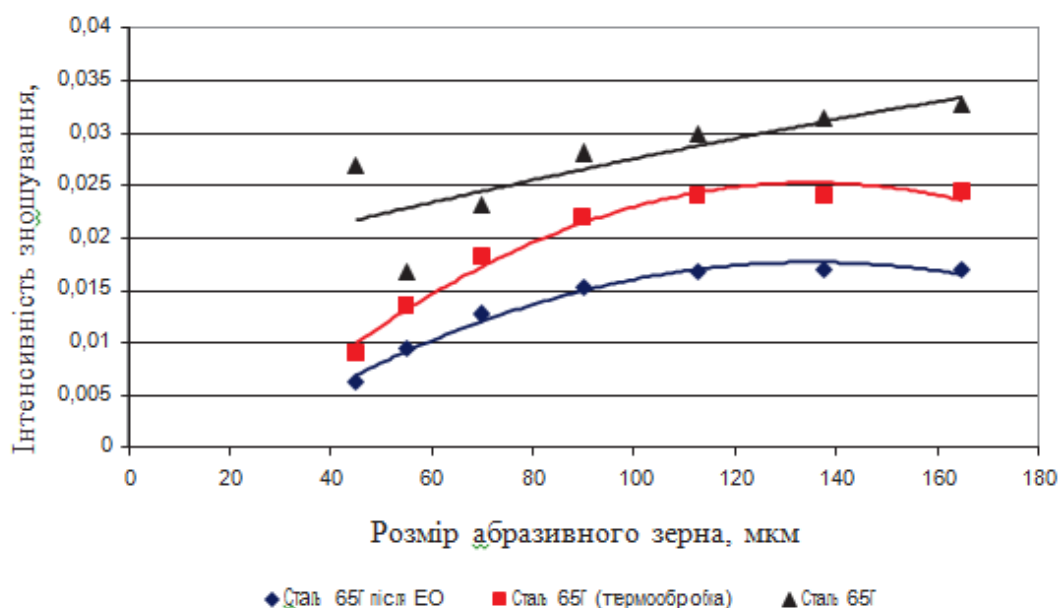


Рисунок 5.2 – Залежність інтенсивності зношування від розміру абразивного зерна

Для інтенсивності зношування спостерігається закономірність: при досягненні розміру абразивного зерна близько 100 мкм інтенсивність зношування майже не змінюється. Збільшення інтенсивності зношування пояснюється зростанням ступеню закріпленості абразиву зі збільшенням розміру абразивного зерна.

Винятком із закономірності є зношування зразків сталі 65Г абразивом

розміром 40-45 мкм. Висока інтенсивність зношування пояснюється процесами мірорізання поверхні. Значення K_t для сталі 65Г, при зношуванні кварцовими частинками набуває критичних значень, а коефіцієнт форми абразиву $K_f=13,87$ сприяє зняттю стружки з поверхні металу.

Після проведення досліджень був визначений коефіцієнт форми P_ϕ для відпрацьованої маси. В середньому коефіцієнт форми зменшився на 20...40%, що пояснює наявність у верхньому (оброблюваному) шарі ґрунту переважної більшості округлених абразивних частинок.

Для визначення впливу швидкості руху і питомого тиску на інтенсивність зношування були проведені лабораторні дослідження за методикою, представленою в роботі. При визначенні впливу тиску та швидкості на зносостійкість всі інші фактори були постійними для всіх дослідів.

Рівняння регресії для сталі 65Г буде мати вигляд:

$$\sigma_w = 1246,237 - 13,378 p - 1,918v + 0,01pv \quad (10)$$

Графік згідно рівняння (10) представлений на (рис. 5.3)

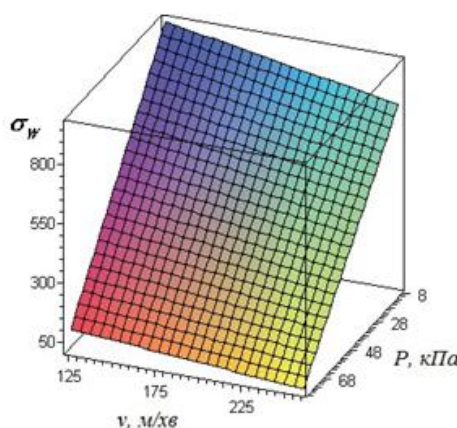


Рисунок 5.3 – Залежність зносостійкості σ_w від тиску ґрунту p та швидкості руху зразка v для сталі 65Г ЕО

Для сталі 65Г з об'ємним загартуванням 810...830°C і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C рівняння регресії має вигляд:

$$\sigma_w = 456,516 - 3,223 p - 0,911 v + 0,0066 p v \quad (11)$$

Графік згідно рівняня (11) представлений на (рис. 5.4)

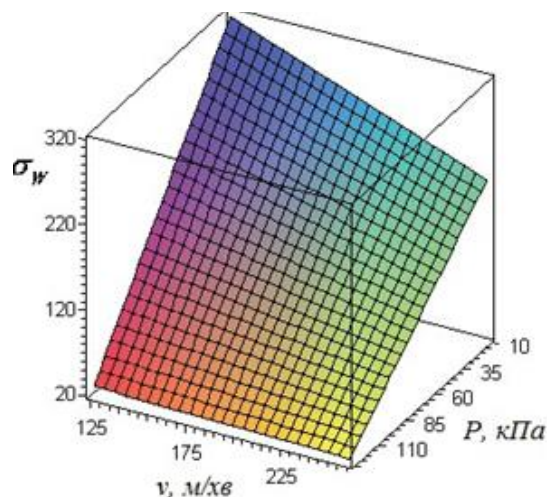


Рисунок 5.4 – Залежність зносостійкості σ_w від тиску ґрунту p та швидкості руху зразка v для сталі 65 з об'ємним загартуванням

Для сталі 65Г рівняння регресії має вигляд:

$$\sigma_w = 386,321 - 2,744 p - 0,807 v + 0,0059 p v \quad (12)$$

Графік згідно рівняня (12) представлений на (рис. 5.5)

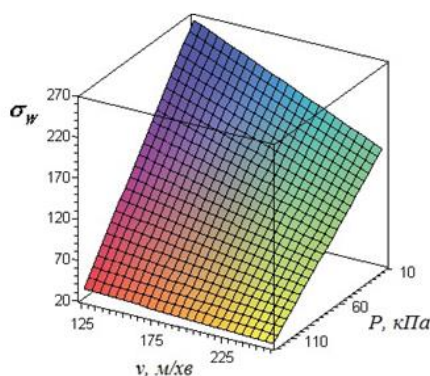


Рисунок 5.5 – Залежність зносостійкості σ_w від тиску ґрунту p та швидкості руху зразка v для сталі 65Г

Як видно з отриманих залежностей (рис 5.1), інтенсивність зношування сталі 65Г після термообробки зменшується на 20...30 %, а після ЕО – на

70...80%.

5.2 Вибір наплавних матеріалів

Якщо необхідно тільки відновити зношені розміри деталі, можна використовувати для цієї мети звичайний зварювальний дріт потрібного складу.

Деталі, схильні до зносу, такі як деталі екскаваторів, зуби ковшів, ножі грейдера – застосовується основний порошковий дріт для пластичних і зносостійких наплавлень деталей, які схильні до тріщин, без пороутворення, працює на ударні навантаження [7].

Інтенсивне абразивне зношування із значним ударними навантаженнями. Наплавлення в середовищі CO_2 або у суміші $75\% Ar + 25\% CO_2$

В даному випадку використовуємо самозахисний порошковий дріт для наплавлення Fluxofil 58* $d_e = 1,4$ мм (див. табл. 5.3) , рекомендовані режими наплавлення (табл. 5.4) , особливості дроту (табл. 5.5) .

Середня твердість після наплавлення HRC = 60.

Витрати порошкового дроту при використанні самозахисних дротів – 1,1 – 1,3 кг/кг.

Таблиця 5.3 – Хімічний склад дроту

Хімічний елемент	C	Mn	Si	Cr	Mo
% вміст	0,6	1,9	0,7	5,4	0,7

Таблиця 5.4 – Рекомендовані режими наплавлення

Діаметр дроту, мм	Витрати гасу, л/хв	Струм, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год
3	14-16	160-200	20-24	30

Таблиця 5.5 – Особливості дроту

Формування валика, що наплавляється	Добре
Відокремлення шлакової кірки	Добре
Схильність до утворення тріщин	Низька
Твердість наплавленого металу, HRC	60
Попередній підігрів деталі, °С	200-300
Наплавлення із збільшеним вильотом дроту, мм	25-30

5.3 Вибір параметрів режиму і техніки наплавлення

Для наплавлення у суміші $75\% Ar + 25\% CO_2$ застосовуємо наступні режими [7]:

$$I_{зб} = 160 - 200, A;$$

$$U_0 = 20 - 24, B;$$

$$d_e = 3 \text{ мм};$$

Постійний струм, зворотна полярність;

$$Q_{CO_2} = 14 - 16 \text{ л/хв};$$

$$\text{Виліт} = 25 - 30, \text{ мм};$$

Положення наплавлення: нижнє.

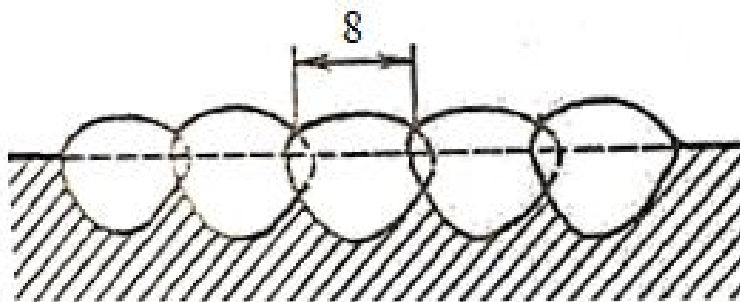


Рисунок 5.7 – зображення величини перекриття кромок [13]

Нижче на рис. 5.8 зображено схему наплавлення шарів.

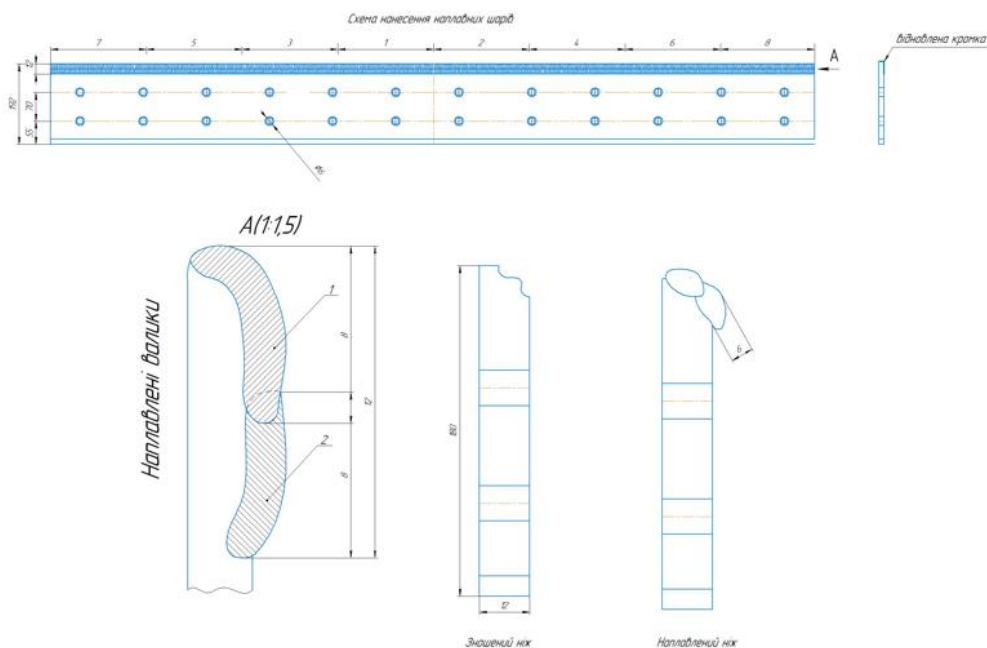


Рисунок 5.8 – Схема нанесення наплавних шарів

5.4 Вибір обладнання для виконання робіт та його характеристики

Для наплавлення використовуємо автомат самохідний типу А874Н (табл. 5.6) призначений для виконання широкого кола наплавлювальних робіт під флюсом з застосуванням різних типів електродів.

Використовується автомат для наплавлення тіл обертання, а також плоских деталей і виробів складної форми.

Таблиця 5.6 - Основні технічні дані і характеристики автомату А874Н

Напруга живлення мережі 3-х фазного змінного струму, В	380
Зварювальний струм при ПР=100%, А	1000
Рід зварювального струму	Постійний
Швидкість подачі електроду, м/год	23-230
Швидкість наплавлення, м/год	5-58

Продовження таблиці 5.6

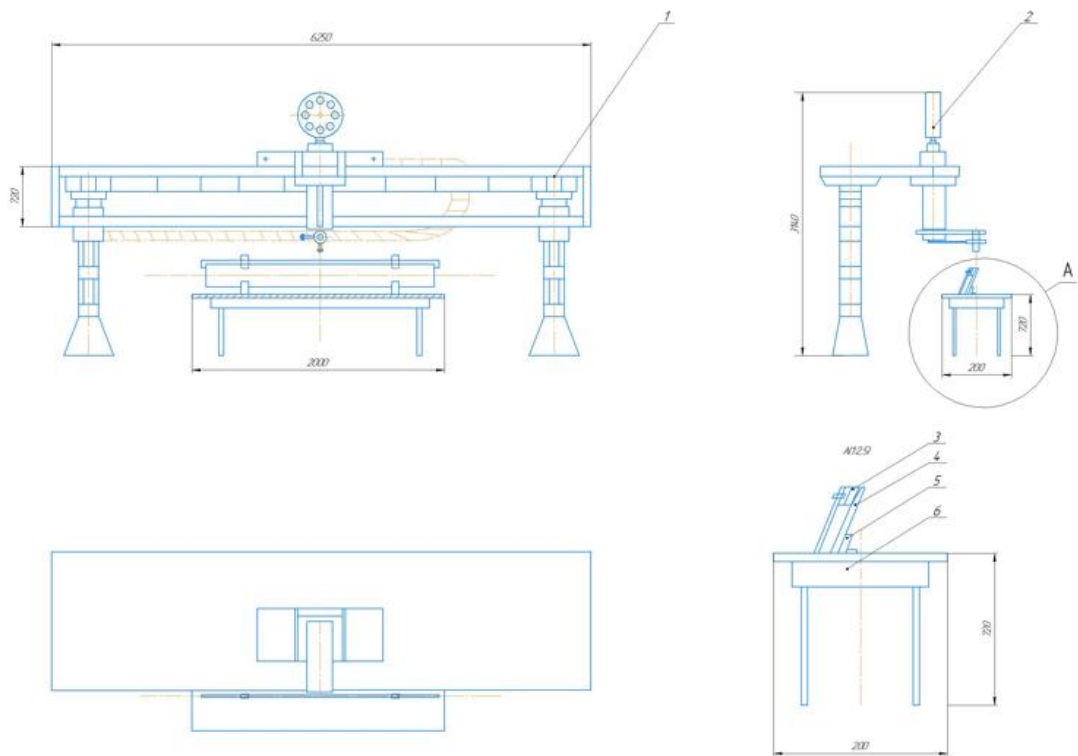
Діаметр порошкового дроту, мм	2-3,5
Вертикальний хід головки, мм	400
Швидкість вертикального піднімання, м/год	24
Швидкість зварювання, м/год	800

Універсальний зварювальний випрямляч ВДУ-1201 (табл. 5.7) призначений для автоматичного та напіваавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів та під флюсом, а також для ручного дугового зварювання штучними електродами всіх типів.

Таблиця 5.7 – Технічні характеристики ВДУ-1201

Назва параметру	Норма
Напруга мережі живлення, В	3x380
Частота струму мережі живлення, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ 100%, А	1250
Межі плавного регулювання зварювального струму, А:	
Падаюча	250-1250
Жорстка	250-1250
Межі регулювання робочої напруги, В:	
Падаюча	24-56
Жорстка	24-56
Номінальна споживана потужність, кВт	120
Напруга холостого ходу, В	85
Діаметр електродів, мм	3-10
Маса, кг	550
Габаритні розміри, мм	960x680x890

Нижче на рис. 5.9 зображено обладнання для наплавлення деталі.



1 – колона; 2 – наплавлювальний автомат А874Н; 3 – мідна пластина, 4 – ніж
грейдера; 5 – прижим; 6 – стіл для наплавлення

Рисунок 5.9 – Обладнання для наплавлення

6 ДЕФЕКТИ В НАПЛАВЛЕНОМУ МЕТАЛІ, ЇХ ПОХОДЖЕННЯ ТА ЗАХОДИ БОРОТЬБИ З НИМИ

Тріщини у наплавленому металі. Допустимість тріщин у наплавленому металі визначається насамперед умовами служби наплавлених деталей. Тріщини неприпустимі там, де вони можуть спричинити поломку деталі або неможливість її подальшої експлуатації. Прикладом таких деталей є прокатні валки. Для інших деталей наявність тріщин може мати такого вирішального значення, особливо якщо вони не переходять в основний метал або не орієнтовані паралельно поверхні сплавлення і в результаті не ведуть до сколів наплавленого металу. Це - конуси та чаші засипних апаратів доменних печей, біла вугле розмельних млинів та ін [15].

Ретельний аналіз умов роботи деталей, що наплавляються, дуже важливий при розробці технологій наплавлення. Коли тріщини допустимі, технологію наплавлення можна значно спростити і здешевити.

Тріщини, що утворюються при наплавленні, можна розділити на дві основні групи:

- кристалізаційні або гарячі тріщини у наплавленому металі;
- холодні або загартовані тріщини у навколошовній зоні або наплавленому металі.

Добре відомо, що схильність до тріщин визначається, насамперед, хімічним складом металу, вмістом у ньому вуглецю та інших домішок. При наплавленні склад металу вибирають з умов експлуатації деталі, тому виключити або знизити вміст вуглецю та інших добавок, що легують, часто не можна. Внаслідок цього при наплавленні, на відміну зварювання, набір заходів боротьби з тріщинами більш обмежений.

Кристалізаційні тріщини.

Кристалізаційні тріщини це макро або мікроскопічні не суцільності, що мають характер надрізу і які зароджуються у процесі первинної кристалізації напла-

вленого металу. Кристалізаційні тріщини можуть виходити або не виходити на поверхню наплавленого валика. Тріщини, що виходять на поверхню шва, легко виявляють при візуальному контролі методами капілярної або магнітної дефектоскопії. Тріщини, розташовані всередині наплавленого металу, можна виявляти просвічуванням рентгенівськими або гамма – променями, ультразвуком, а при руйнуванні деталі – за зломом або макро-мікрошліфами.

Стійкість наплавленого металу проти кристалізаційних тріщин залежить від наступних факторів: величини та швидкості наростання, що діють у процесі кристалізації, що розтягують напругу; хімічного складу наплавленого металу, що визначає його властивості в період кристалізації та тривалість перебування у стані зниженої пластичності; форми зварювальної ванни, від якої залежить напрям зростання стовпчастих кристалітів, характер їх змикання між собою, розташування міжкристалічних ділянок по відношенню до напруг, що розтягують, і характер зміни пластичної деформації; величини первинних кристалітів.

У реальних умовах наплавлення практично неможливо повністю усунути вплив розтягуючих напруг на зварювальній ванни, що кристалізується. Завдання зводиться до того, щоб зменшити цю напругу і віддати момент їх зростання до значень, які можуть викликати пластичну деформацію металу шва, що призводить до його руйнування.

Зменшення розтягуючих напруг досягається в першу чергу шляхом попереднього підігріву, який є дуже ефективним засобом підвищення стійкості металу наплавленого проти утворення кристалізаційних тріщин. Позитивний вплив підігріву обумовлено віддаленням моменту виникнення розтягуючих напруг і зниженням швидкості їх наростання в період, коли метал шва має знижену пластичність. температура попереднього підігріву, за якої не виникають тріщини, залежить від хімічного складу наплавленого металу, конструкції деталі та інших факторів і зазвичай становить 150-500 °С.

Хімічний склад наплавленого металу має першорядний вплив на його стійкість проти утворення кристалізаційних тріщин. Легуючі елементи за можливим

їх впливом на схильність наплавленого металу до кристалізаційних тріщин можна розділити на три групи:

- елементи, що підвищують схильність наплавленого металу до тріщин;
- елементи, які в залежності від їх концентрації та поєднання, надають позитивну або негативну дію на схильність металу до кристалізаційних тріщин;
- елементи, які практично не впливають на схильність металу до кристалізаційних тріщин.

Сірка належить до елементів, що найбільше знижують стійкість наплавленого металу проти утворення кристалізаційних тріщин. Причиною утворення тріщин є легкоплавкі прошарки сульфідної евтектики, що виділяються на межі кристалітів. При наплавленні необхідно по можливості обмежувати вміст сірки в основному, електродному матеріалах і у флюсі. У деяких випадках застосовують знесірювання ванни за рахунок спеціальних флюсів та покриттів, при цьому сірка переходить із металу зварювальної ванни в шлак.

Фосфор часто шкідливо впливає на стійкість наплавленого металу проти утворення кристалізаційних тріщин. Аналогічно сірці фосфор утворює легкоплавкі фосфідні евтектики по межах зерен, які і спричиняють утворення кристалізаційних тріщин.

Вплив фосфору та сірки на процес утворення кристалізаційних тріщин взаємно посилюється, тому що місця ліквідації цих елементів збігаються. Вуглець, як і у випадку із сіркою, посилює шкідливий вплив фосфору.

Вуглець різко негативно впливає на стійкість наплавленого металу проти утворення кристалізаційних тріщин. У наплавленому металі типу вуглецевих низьколегованих сталей вуглець посилює шкідливий вплив сірки та фосфору.

Кремній сприяє утворенню кристалізаційних тріщин у наплавленому металі типу вуглецевих низьколегованих сталей. Кремній переходить у наплавлений метал з основного та електродного (присадного) та за рахунок його відновлення з електродного покриття або флюсу. Раціональна технологія наплавлення повинна забезпечувати присутність у наплавленому металі кремнію в кількості, що підвищує його стійкість проти пір, але не викликає зниження стійкості проти тріщин.

Марганець зменшує шкідливий вплив сірки, підвищуючи стійкість наплавленого металу типу низьколегованих вуглецевих і хромонікелевих аустенітних сталей проти утворення гарячих тріщин. При достатній концентрації марганець зв'язує сірку у тугоплавкий сульфід марганцю, включення якого менш небезпечні для виникнення тріщин, ніж включення сульфиду заліза.

Нікель також належить до елементів подвійної дії. При невеликих концентраціях (до 2%) не впливає на стійкість наплавленого металу проти утворення гарячих тріщин. При вищому вмісті нікель посилює шкідливий вплив сірки, сприяючи утворенню кристалізаційних тріщин.

Широко застосовувані при наплавленні високочносостійкі високовуглецеві сталі і сплави на основі заліза містять карбідоутворюючі елементи - хром, вольфрам, молібден, ванадій, ніобій, титан. За наявності вуглецю та карбідоутворюючих елементів у сплавах на основі заліза спостерігається утворення легкоплавких ледебуритних евтектик, що виділяються на межі зерен. Залежно від засобу до вуглецю ледебуритні евтектики і, власне, тріщини утворюються при різному співвідношенні вмісту карбідоутворюючого елемента та вуглецю. Однак принципово механізм впливу цих елементів на схильність наплавленого металу до утворення кристалізаційних тріщин однаковий: при малих концентраціях карбідної евтектики можливе утворення кристалізаційних тріщин, при великих, внаслідок ефекту заліковування, тріщини не утворюються.

Бор належить до елементів, що негативно впливають на схильність наплавленого металу на основі заліза до кристалізаційних тріщин. Присадка 0,03% бору призводить до появи тріщин, а збільшення його вмісту до 0,3% і більше - різкого зростання їх кількості.

Регулюючи хімічний склад наплавленого металу, зменшуючи вміст шкідливих і збільшуючи вміст корисних елементів, можна підвищити стійкість наплавленого металу проти кристалізаційних тріщин. Змінювати хімічний склад наплавленого металу в потрібному напрямку можна за рахунок застосування основного та електродного (присадного) металів зі зниженою концентрацією шкідливих домішок (сірки та фосфору), зменшенням частки основного металу в наплавленому,

вибором складу електродного покриття або флюсу, при металургійній взаємодії яких з металом зварювальної ванни відбувається очищення цього металу від шкідливих елементів та легування корисними елементами.

Форма наплавлюваної ванни також впливає на схильність наплавленого металу до кристалізаційних тріщин. Форму наплавлюваної ванни і відповідно переріз наплавленого валика можна скоригувати, змінивши параметри режиму наплавлення або застосувавши інший спосіб наплавлення. При цьому змінюється орієнтація та характер зрощення стовпчастих кристалітів. Зміна шва характеризується коефіцієнтом форми, тобто. відношенням ширини шва до глибини проплавлення. За інших рівних умов зі збільшенням коефіцієнта форми шва до певної межі (приблизно до 6) схильність до тріщин зменшується. Подальші збільшення коефіцієнта форми шва призводить до зниження стійкості проти тріщин кристалізаційних.

Стійкість наплавленого металу проти утворення гарячих тріщин може бути підвищена шляхом подрібнення первинної структури металу шва та зміни характеру первинної кристалізації. При цьому зменшується хімічна неоднорідність та концентрація шкідливих домішок за межами кристалів.

Холодні тріщини.

До холодних відносять тріщини, поява яких фіксується або за відносно помірних температур (значно нижче температур гарячої обробки), або при кімнатній температурі та нижчій температурі. Іншою відмінною рисою холодних тріщин є їх затримане зародження та уповільнення розвитку. Вони можуть виникати через деякий час після закінчення наплавлення і потім повільно, протягом декількох годин і навіть доби, поширюватися в металі. Найчастіше при наплавленні спостерігаються навколошовні холодні тріщини.

Холодні тріщини можуть утворюватися при наплавленні сталей і чавунів, що відрізняються за характером та рівнем легування, що відносяться до різних структурних класів та різних за міцністю та призначенням:

- вуглецевих конструкційних сталей, що містять понад 0,4% вуглецю;

- низьколегованих та легованих конструкційних сталей перлітного, бейнітного та мартенситного класів (типу 15ХСНД, 30ХГСА, 38ХГН, 38ХНЗМА, 35ХНЗМА, 35ХНЗНМ та ін.);
- високолегованих сталей феритного, мартенситноферитного та мартенситного класів (типу 10Х17Т, 15Х25Т, 20Х13, 12Х13Н2МАФ, 15Х13Н2Г2БТ, 35В9Х3СФ та ін.);
- сталей ледебуритного класу та високолегованих чавунів (типу 200Х12М, 200Х6Т4, 300Х25Н3С3 та ін.).

Основними факторами, що визначають виникнення та розвиток холодних тріщин у зварних з'єднаннях, є гартвані явища, сумарні наплавлювальні напруги та напруження від зовнішніх навантажень, а також водень.

Найбільш простий та ефективний спосіб боротьби з холодними тріщинами полягає в регулюванні термічного циклу наплавлення шляхом вибору відповідних методів та режимів наплавлення, а також у використанні в необхідних випадках попереднього підігріву та уповільненого охолодження після наплавлення.

Ідеальний термічний цикл, що забезпечує найвищу стійкість проти утворення холодних тріщин, повинен забезпечити швидке нагрівання та охолодження металу при температурах вище точки A_{c1} і повільне охолодження при температурах нижче цієї точки. Швидке нагрівання та охолодження при температурі вище точки A_{c1} має виключити перегрів металу, а повільне охолодження при температурах нижче цієї точки усуває мартенситне перетворення або зміщує його в область високих температур. При цьому спостерігається самовідпуск мартенситу, підвищується пластичність металу, затрудняється виникнення та розвиток холодних тріщин.

Хороші результати дає наплавлення двома дугами. При цьому перша дуга забезпечує своєрідний підігрів основного металу та сприяє попередженню тріщин.

З огляду на шкідливий вплив водню необхідно всіма заходами знижувати його вміст у наплавленому металі в зоні термічного впливу. Цього можна досягти,

насамперед, за рахунок застосування наплавних матеріалів з максимально низьким вмістом водню.

Пори. Порами називають заповнені газом порожнини в наплавленому металі. Пори (свищі), що виходять на поверхню наплавленого металу, виявляють зовнішнім оглядом. Пори, що не виходять на поверхню, виявляють просвічуванням рентгенівськими або гамма променями та ультразвуком.

Пори утворюються, якщо в період кристалізації зварювальної ванни відбувається сильне газоутворення, і бульбашки газів не встигають піти з ванни. Газо-виділення з металу відбувається або у зв'язку з виділенням з розчину газів, що його переживають, в основному, водню і азоту, або у зв'язку з хімічними реакціями в розплавленому металі, при яких продуктами реакції є гази, в основному, оксид вуглецю.

Для боротьби з порами необхідно обмежити надходження в атмосферу дуги, а з неї у зварювальну ванну водню та азоту, покращити розчинність наплавлюваної ванни для обмеження утворення оксиду вуглецю.

Водень надходить в атмосферу дуги з іржі, вологи та інших забруднень, що знаходиться на поверхні наплавного присадного металу, із захисного газу або з матеріалів, що входять до складу покриття електродів, шихти порошкових дротів і стрічок флюсу. Обмежити надходження водню можна зачищенням металу, що наплавляється від усіх забруднень, наплавочні матеріали необхідно надійно упаковувати і зберігати в сухому приміщенні, перед наплавленням ці матеріали повинні бути просушені і проколені відповідно до вимог технічної документації.

Ще один захід боротьби з водневою пористістю в наплавленому металі - зниження парціального тиску водню та водяної пари за рахунок зв'язування водню в термічно стійкий нерозчинний у металі фторид водню HF, для чого до складу шихти наплавочних порошкових дротів та стрічок вводиться кремнефтористий натрій.

Азот надходить у наплавлену ванну з навколишньої атмосфери, а також з основного металу та наплавних матеріалів. Щоб обмежити доступ азоту до зварювальної ванни, необхідно застосовувати надійний газовий або шлаковий за-

хист. Крім того, вміст азоту в основному металі та в наплавних матеріалах не повинен перевищувати допустимих меж. Для зв'язування азоту в стійкі нітриди можна застосовувати легування наплавленого металу титаном, алюмінієм, цирконієм та іншими нітридоутворюючими елементами.

Щоб уникнути пористості від оксиду вуглецю, у наплавну ванну вводять елементи з високою спорідненістю кисню, що утворюють рідкі або тверді оксиди, кількість розчиненого в рідкому металі кисню буде тим меншою, чим вище хімічна спорідненість кисню даного елемента і більша його концентрація у розплаві. Найсильнішими розкислювачами є титан, алюміній, кремній. При достатньої їх концентрації основні реакції розкислення будуть відбуватися за рахунок цих елементів, і утворення оксиду вуглецю може бути значною мірою пригнічено.

Зменшити ймовірність утворення пір можна також за рахунок технологічних факторів. Досвідченим шляхом встановлено, що мінімальна кількість пір утворюється при наплавленні постійним струмом прямої полярності. Велике значення має швидкість кристалізації зварювальної ванни. При її збільшенні зростає ймовірність того, що бульбашки газів не встигають впливти і утворюються пори. з цієї причини збільшення швидкості наплавлення та зниження струму наплавлення збільшує пористість.

При наплавленні самозахисними порошковими дротами поява пір залежить від напруги дуги. збільшення напруги погіршують захист зварювальної ванни від азоту повітря, і наплавленому металі з'являються пори.

Деяке значення для видалення газів має і форма ванни: з широкої та дрібної ванни гази видалити легше та швидше, ніж із глибокої та вузької.

6.1 Контроль якості наплавленого металу

Досить часто якість наплавленого металу характеризується його твердістю. Контроль твердості наплавлених деталей роблять як у самих деталях, і на зразках

- свідках. Твердість вимірюють по Роквелу (HRC_c), Віккерсу (HV), Брінелю (HB) і Шору [15].

Всі способи вимірювання твердості, за винятком способу Шору, полягають у статичному вдавлюванні в наплавлений шар алмазної пірамідки, конуса або сталевий кульки. Величина відбитка, що залишається, характеризує твердість наплавленого металу. Існують стаціонарні та переносні прилади для вимірювання твердості. Вимірювання твердості по Шору, полягає у скиданні з певної висоти на виріб стрижня з алмазним наконечником або сталевий кульки та вимірювання висоти їх відскоку.

Зовнішній ОГЛЯД (ISO 2437-72) здійснюють для визначення зовнішніх дефектів у зварних швах [7]. Виконується візуально, часто з використанням лупи 10-кратного збільшення після накладення як прихваток, так і кожного шва. Розміри швів заміряють шаблонами і вимірювальними приладами безпосередньо після зварювання.

Всі наплавлені деталі незалежно від інших методів контролю піддають зовнішньому огляду, який слід проводити при хорошому освітленні. Зовнішнім оглядом можна виявити подрізи, напливи, нерівномірності геометричних розмірів наплавленого шару, а також тріщини та пори, що виходять на поверхню наплавленого металу. Тріщини та пори, що виходять на поверхню, визначають також капілярними (кольоровим, люмінесцентним) та магнітним методами. Для виявлення внутрішніх дефектів використовують ультразвукові та радіаційні методи контролю.

Перед оглядом зварний шов і пришовну зону по 20 мм з кожного боку зачищають від шлаку, бризок і забруднення. Розміри зварного і спеціальними шаблонами. Межі тріщин виявляють засвердлюванням, підрубкою металу зубилом, шліфуванням дефектної ділянки і подальшим травленням.

Виявлені тріщини обробляють до основного металу, після чого їх заварюють і проводять повторний контроль шва. Результати зовнішнього огляду дозволяють приблизно судити про місця розташування внутрішніх дефектів і їхній характер. Так, наприклад, подріз на одній зі сторін шва і наплив на іншій указують

на можливий непровар по його кромці; не постійна ширина шва часто є наслідком нерівномірної ширини зазору між кромками, що зварюються. Якість зварного з'єднання значною мірою характеризується розмірами зварних швів. Недостатній перетин шва зменшує його міцність, завищений – збільшує внутрішні напруження і деформації в ньому. Для перевірки розмірів перетину в стикових швах заміряють їхню ширину, висоту посилення і розмір зворотної подварки; у кутових швах, з'єднаннях в напустку і в тавр - катет шва. Значення цих величин, а також відхилення, що допускаються, установлюються технічними умовними стандартами. Після нагріву до вишнево-червоного кольору тріщини з'являються у вигляді темних зигзагоподібних ліній. Якщо передбачена термообробка зварного з'єднання, контроль виконують після неї.

Для визначення розташування дефектів, що виходять на поверхню наплавленого металу, найбільш зручним та ефективним є метод капілярної дефектоскопії з використанням рідин, що проникають. При використанні цих методів наплавлену поверхню покривають спеціальною рідиною (пенетрантом), проникнення якої у тріщини, що виходять на поверхню, і раковини дозволяє виявити ці дефекти. Пенетранти бувають кольоровими (червона фарба) та люмінесцентними.

З цих двох методів контролю якості наплавленого металу широко використовують метод кольорової дефектоскопії. Багато підприємств освоїли випуск комплектів матеріалів для кольорової дефектоскопії в аерозольній упаковці. Комплект, як правило, складається з трьох компонентів - змивки, пенетранту та проявника. Для користування ним немає потреби у спеціальному навчанні. За допомогою змивки контрольована поверхня очищається від різноманітних забруднень. Потім на очищену поверхню наносять пенетрант, який проникає у дефекти, що виходять на поверхню. Після деякої витримки пенетрант видаляють із контрольованої поверхні та на неї наносять проявник. У місцях виходу дефектів на поверхню проявник забарвлюється, що дозволяє виявити і класифікувати дефекти.

Магнітний метод контролю менш універсальний та зручний, тому що його можна застосовувати тільки для магнітних матеріалів. Для цього необхідний залізний порошок.

При виявленні внутрішніх дефектів позитивні результати дає ультразвукова дефектоскопія. Для неї застосовують поперечні (коливання частинок середовища відбувається перпендикулярно до напрямку поширення хвилі) і поздовжні (коливання частинок середовища відбувається вздовж напрямку поширення хвилі) ультразвукові хвилі. Введення ультразвукових коливань у виріб здійснюється прямими та похилими шукачами. Введені у виріб у вигляді зондувального імпульсу ультразвукові коливання, зустрівшись з несучільністю (дефектом), відбиваються від неї під кутом, що дорівнює куту падіння. Частина ультразвукової енергії після відображення повертається до шукача та фіксується дефектоскопом. Величина відбитків енергії за інших рівних умов залежатиме від величини, орієнтації, форми та характеру дефекту. Чутливість сучасних ультразвукових дефектоскопів дозволяє виявити у сталі дефекти з еквівалентною площею $2 - 3 \text{ мм}^2$ на глибині до 100 мм.

Для радіаційних методів контролю використовують рентгенівські та гамма промені. У процесі контролю пучок рентгенівських та гамма променів направляють на контрольовану поверхню наплавленої деталі. Проходячи через наплавлений шар, промені частково поглинаються і діють на деталі, що знаходяться за деталлю фотоплівку або люмінесцентний екран. Дефекти наплавленого металу внаслідок меншої поглинаючої здатності пропускають більше променів, ніж бездефектні ділянки. Різні інтенсивності променів фіксує відповідний індикатор. На фотоплівці та екрані дефекти відображаються у вигляді смуг та плям, що дозволяє визначити їх характер та місцезнаходження.

Рентгенівські та гамма промені надають шкідливий вплив на людський організм, тому при радіаційній дефектоскопії необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки.

Дефекти у вигляді пір, тріщин та шлакових включень, якщо вони неприпустимі, попередньо необхідно повністю видалити та зробити повторне наплавлення. Для ремонтного наплавлення застосовують наплавні матеріали того ж типу, що й для основного процесу.

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Опис ідеї проєкту та середовища його реалізації

Ножі грейдера використовуються у дорожньому і гідромеліоративному будівництві. Це вирівнювання, профілювання, планування похилих та горизонтальних поверхонь.

За допомогою такої техніки пошарово зрізують ґрунт, переміщують пісок, щебінь, сніг та інші сипучі матеріали.

Єдиним недоліком є швидке та інтенсивне зношування абразивними матеріалами ріжучої поверхні, а це в свою чергу призводить до зупинення робочого циклу, що сповільнює економічні показники.

Тому для підвищення умов економічної ефективності (табл. 7.1) доцільним є використання технології наплавлення для відновлення деталей і підвищення їх строку експлуатації [16].

Таблиця 7.1 - Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (в користуванні)
Модернізація порошкового наплавлення ножів грейдера	Відновлення зношених деталей	Економічно—вигідне застосування технології наплавлення
	Підвищення зносостійкості наплавлених деталей	Покращення структури металу та механічних властивостей завдяки застосуванню нових матеріалів наплавлення

Потенційними клієнтами технології порошкового наплавлення ножів грейдера є заводи та часні підприємства, які співпрацюють з промисловими сільськогосподарськими підприємствами.

Використання нових матеріалів дозволить зменшити собівартість ножів та значно підвищити їх зносостійкість. Відповідно до розділу 7 виконуючої роботи проаналізуємо характеристику потенційного ринку (табл. 7.2) та надомо попередню характеристику потенційних клієнтів (табл. 7.3).

Таблиця 7.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку(найменування)	Характеристика
1	Головні конкуренти	TDC «Укрспецтехніка» м. Суми; ТОВ «Будшляхмаш» м. Одеса; ТОВ «Дорожній шлях» м. Київ; ПКФ «Універсал» м. Львів.
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмеження відсутні
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Закупівля спеціального обладнання для наплавлення та навчання робітників

Таблиця 7.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
Підвищення довговічності ножів грейдера	Підприємства дорожнього будівництва України	Приділяють увагу практичній цінності та доцільності використання технології відновлення ножів грейдера	Конкурентоспроможність та доцільність застосування даної технології

Проведення SWOT(табл. 7.4) – аналізу дозволяє зробити оцінку внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства. Метою SWOT – аналізу є створення структурованого інформаційного опису бізнес ідеї, який дозволить оцінити сильні та слабкі сторони цієї бізнес ідеї, а також її оточуючого середовища.

Виходячи з цього, можливо створити ефективні рішення щодо відповіді суб'єкта бізнес ідеї (відповідно до його сильних і слабких сторін) на різні події його оточуючого середовища (відповідно до можливостей та ризиків), а також ефективно спланувати розвиток бізнес ідей.

Таблиця 7.4 - SWOT- аналіз підприємства

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
1.Висока якість продукції; 2.Популярність і поширення торгової марки «Demetra»; 3.Легкість впровадження даної технології у вже існуючий технологічний процес виробництва.	1.Відсутність коштів у достатній кількості для вдосконалення технології наплавлення; 2.Залежність від постачальників.
Можливості:	Загрози:
1.Зменшення кількості браку продукції після виготовлення за рахунок відновлення конфігурації ножів; 2.Зменшення необхідності використання дорогоцінних матеріалів.	1.Поява нових технологій та матеріалів виробництва; 2.Економічна криза в країні; 3.Припинення власного виробництва продукції в країні.

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Підприємства, які спеціалізуються на ремонті ножів грейдера	Висока	10 000	Низька конкуренція	Відносно-легкі, потрібні додаткові інвестиції для придбання обладнання
Цільові групи: підприємства аграрного сектору					

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів побудували карту візу-

алізації на якій розміщено всіх зацікавлених осіб інноваційного проекту за можливостями впливу на них ініціатора проекту (рис. 7.1).

Область внутрішніх стейкхолдерів – область повноважень/відповідальності ініціатора. Внутрішні зацікавлені сторони знаходяться в прямій підлеглих ініціатора, що дозволяє використовувати досить прості методи адміністрування проекту.



Рисунок 7.1- Карта стейкхолдерів

Таблиця 7.6 – Виробнича програма виробів на рік

Найменування виробу	Норма часу на виріб, н/год.	Виробнича програма	
		шт	Н/год
Ніж грейдера	0,16	9600	1536

7.2 Розрахунок собівартості та економічного ефекту

Необхідно визначити витрати на оплату праці з урахуванням балансу робочого часу одного працівника та визначити суму ЄСВ (табл 7.7, 7.8).

Таблиця 7.7 - Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за рядом виконуваних робіт,	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку		Річний фонд заробітної плати, грн.	ЄСВ, грн. 22%
	за зміну	на добу				Розмір премії, грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробничі працівники, в тому числі: Основні працівники									
Оператор установок	1	1	100	1536	153600	25	38400	192000	48000
Черговий та ремонтний персонал. Ремонтники	1	1	90	1536	138240	25	34560	172800	43200
Разом виробничих працівників	2	2	X	X	X	X	72960	364800	91200

Таблиця 7.8 - Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Кількість осіб	Посадовий оклад, грн	Преміальний відсоток до окладу, %	Сума премії грн	Місячна заробітна плата, грн	Річний фонд оплати праці, грн	ЄСВ, грн 22%
1	2	3	4	5	6	7	8
Майстер	1	12000	40	4800	16800	201600	44352
Технолог	1	11000	40	4400	15400	184800	40656
Разом управлінського персоналу	2	23000	X	9200	32200	386400	85008

Визначити матеріальні витрати (табл. 7.9) та вартість спожитих послуг (табл. 7.10).

Таблиця 7.9 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Обсяг сировини	Ціна	Сума грн
1	2	3	4	5	6
Порошковий дріт Fluxofil 58 діаметр 3 мм	16кг	9600	24576	894,08	2197291
Захисний газ аргон	16	9600	153600	450	691200
Разом	-	-	-	-	2888491

*Обсяг 1 балона 6000 літрів

Таблиця 7.10 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи	Сума грн
1	2	3	4	5	6
Електропостачання, кВт	-	-	150000 кВт·год	3,7	555000
Водопостачання, м3	-	-	1700 м3	18,68	31756
Разом	-	-	-	-	586756

Необхідно визначити річну суму амортизації (табл. 7.11) з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації, а також витрати на поточний ремонт у розмірі 2 % від балансової вартості основних засобів.

Таблиця 7.11 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Нормативний строк експлуатації, р	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Сума грн
1	2	3	4
1.Виробничі будівлі	60	73440	12240
2. Споруди	60	36720	734
3.Обладнання	15	379500	25300
4.Цінні інструменти, прилади, інвентар	15	189750	12650
5.Транспортні засоби	10	113850	11385
Разом	-	793260	62309

Див. табл. 7.12 – Кошторис витрат при виробництві ножа за новою технологією.

Таблиця 7.12 – Кошторис витрат при виробництві ножа за новою технологією

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	300	2888491
Електропостачання	57,81	555000
Водопостачання	3,30	31756
Разом	361,994	3475247
Заробітна плата основних виробничих працівників	38	384000
ЄСВ 22%	9,5	91200
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	120	1152000
Загальновиробничі витрати	67,61	649065
Виробнича собівартість	599,11	5751512
Адміністративні витрати	38	384000
Повна собівартість	637,11	6135512

Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів та поточний ремонт – 300 % фонду заробітної плати.

Загальновиробничі витрати – 200 % фонду заробітної плати.

Адміністративні витрати – 100 % фонду заробітної плати.

Див. табл. 7.13 – Кошторис витрат при виробництві ножа за базовою технологією.

Таблиця 7.13 – Кошторис витрат при виробництві ножа за базовою технологією

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	320	3072000
Електропостачання	57,81	555000
Водопостачання	3,30	31756
Разом	381,11	3658756
Заробітна плата основних виробничих працівників	38	384000
ЄСВ 22%	9,5	91200
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	120	1152000
Загальновиробничі витрати	67,61	649065
Виробнича собівартість	616,22	5915712
Адміністративні витрати	38	384000
Повна собівартість	654,22	6299712

Економічний ефект Е за розрахунковий рік, з урахуванням 20 % браку ножів та повторному нанесенні покриття у базовій технології:

$$E = (СВб - СВн) \cdot N = (654,22 \times 1,2 - 637,11) \times 9600 = 1420358,4 \text{ (грн.)}$$

Див. табл. 7.14 – Розрахунок фінансового результату.

Таблиця 7.14 - Розрахунок фінансового результату

№ періоду	Обсяги виробництва (послуг)	Обсяги реалізації	Залишок нереалізованої продукції	Ціна	Дохід	Витрати	Фінансовий результат
	9600	9594	6	1100	10553400	6135512	4417888
Разом	-	-	-	-	10553400	6135512	4417888

7.3 Висновки до розділу техніко-економічні розрахунки

В результаті розробки технології наплавлення ножа грейдера отримані наступні результати: підвищено якість виробу; збільшено термін служби. Отриманий економічний ефект у розмірі 1420358,4 грн. показує, що технологія наплавлення, запропонована в даному дипломному проєкті економічно ефективна. Рекомендовано використовувати дану технологію у виробництві

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі розглянуті основні заходи з охорони праці при використанні технологічного процесу наплавлення порошковим дротом у середовищі захисних газів.

8.1 Аналіз потенційних небезпек

а) небезпеки, які пов'язані з порушенням правил охорони праці, стосовно забезпечення безпечних умов праці робітників щодо організації навчання та перевірки знань з охорони праці, проведення інструктажів та надання інформації про можливі небезпеки;

б) можливість отримання механічних травм при підготовці наплавлювальних поверхонь з використанням переносної пневмо-захисної машини, що може бути пов'язано зі зривом пневматичного шлангу у місцях кріплення, травмування абразивним інструментом у разі невикористання захисних кожухів;

в) можливість ураження електричним струмом де головними причинами, головними причинами ураження можуть бути несправності енергоспоживаючого обладнання, відсутності захисного заземлення, відсутності групових або індивідуальних засобів, що може призвести до електричних травм або летального наслідку;

г) можливість отримання механічних травм при підготовці зразків для відпрацювання режимів наплавлення, що можуть бути пов'язані з порушення використання абразивного інструменту;

д) 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 пере-

міщення балонів; порушення правил експлуатації судин під тиском, що може призвести до масштабних руйнувань виробничих приміщень, тяжких травм та летальних наслідків;

е) електрофтальмія, причинами якої є ультрафіолетове випромінювання наплавлюваної дуги, що може призвести до ушкодження органів зору;

є) небезпеки, які пов'язані з визначенням якості наплавного прошарку методом оптичної металографії, що може бути пов'язано з ураженням органів зору;

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

з) небезпеки, які пов'язані з негативним впливом ультразвукових хвиль при проведенні контролю суцільності наплавленого прошарку.

и) небезпеки, які пов'язані з використанням комп'ютера, що пов'язані з необхідністю обчислення, пошуку інформації даних, креслень. Основними небезпеками можуть бути: використання застарілого та небезпечного обладнання, порушення умов проведення випробувань;

і) небезпеки, які пов'язані з визначенням хімічного складу дослідних матеріалів методами спектрального аналізу з використанням спектрофотометрів.

к) можливість отримання механічних травм внаслідок порушень правил з охорони праці при підготовці зразків для випробування твердості, механічних та технологічних властивостей та при безпосередніх випробуваннях. Основними небезпеками можуть бути: використання застарілого та небезпечного обладнання, порушення умов проведення випробувань;

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

м) незадовільне освітлення робочого простору, 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;

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

о) небезпеки, які пов'язані з незадовільним станом захисних споруд.

8.2 Заходи забезпечення безпеки

а) основним нормативним актом, що встановлює порядок та види навчання, а також форми перевірки знань з охорони праці є «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці - НПАОП 0.00-4.12-05 (Наказ Державного комітету України по контролю за охороною праці від 26.01.2005 №15). Цей нормативний документ спрямований реалізацію в Україні системи безперервного навчання з питань охорони праці, яка проводиться з працівниками в процесі трудової діяльності.

Всі працівники, що приймаються на роботу, а також в період роботи проходять на підприємстві навчання, інструктажі з питань: охорони праці; надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків; правила поведінки при виникненні аварій.

На роботах з підвищеною небезпекою відповідно до НПАОП 0.00-2.24-05 «Перелік робіт з підвищеною небезпекою» або у разі необхідності професійного відбору, працівники проходять попереднє спеціальне навчання (не менше 30 навчальних годин) і перевірку знань з питань ОП не рідше одного разу на рік.

Інші посадові особи і фахівці, при прийомі на роботу, а також періодично один раз на три роки, проходять навчання (не менше 20 навчальних годин), і перевірку знань питань ОП.

Всі зварювальники на підприємстві підлягають атестації згідно «НПАОП 0.00-1.16-96 Правила атестації зварників».

Атестація зварників поділяється на первинну, додаткову, періодичну і позачергову. До первинної атестації допускаються зварники, не молодша за 18 років, яка раніше не проходили перевірку на допуск до зварювання об'єктів та обладнання, мають документ про присвоєння кваліфікації зварника і виробничий стаж виконання зварювальних робіт за присвоєною кваліфікацією не менше 6 місяців, а також пройшли спеціальну теоретичну і практичну підготовку за програмами, складеними окремо для кожного виду робіт і для кожного способу зварювання з урахуванням специфіки зварювальних робіт, за якими зварник підлягає атестації.

Розробка програм спеціальної теоретичної та практичної підготовки зварників здійснюється УАКЗ або атестаційною комісією. Програми, розроблені атестаційною комісією, підлягають узгодженню в УАКЗ.

Додаткова атестація зварників, що пройшли первинну атестацію, проводиться перед допуском до виконання зварювальних робіт не зазначених в їхніх посвідченнях, а також після перерви у виконанні відповідних зварювальних робіт понад 6 місяців.

Періодичну атестацію проходять усі зварники з метою підтвердження рівня їхньої професійної кваліфікації і продовження терміну дії посвідчення на допуск до виконання відповідних зварювальних робіт.

Термін періодичної атестації - не рідше одного разу на 2 роки.

Позачергову атестацію проходять зварники перед допуском до виконання зварювальних робіт після тимчасового усунення від роботи за незадовільну якість робіт і порушення технології зварювання.

б) До робіт із пневматичним інструментом відповідно до ДНАОП 0.03.-8.07-94 "Перелік важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх" повинні допускатися працівники, що пройшли виробниче навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідності з ДНАОП 0.00-4.12-99 "Типове положення про навчання з питань охорони праці".

Робоча частина пневматичного інструмента повинна бути правильно заточена і не повинна мати ушкоджень, тріщин, вибоїв і заусениць.

Бічні грані інструмента не повинні мати гострих ребер; хвостовик інструмента повинний бути рівним, не мати скосів і тріщин, відповідати розмірам втулки, бути щільно пригнаним і правильно центрованим – для запобігання мимовільного випадання.

Для пневматичного інструмента необхідно застосовувати неушкоджені гнучкі шланги, що повинні приєднуватися до інструмента і з'єднуватися між собою за допомогою ніпелів або штуцерів і стяжних хомутів; не дозволяється закріплювати шланги дротом [17].

Перед початком роботи працівник повинен надягнути спец одяг та засоби індивідуального захисту.

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 ізольовані 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 ISO 9001:2009. «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, 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 (пускачів, трансформаторів, кнопок і інших), заземлювальних пристроїв, захисних блокувань. При виявленні несправностей до роботи не приступати, про несправності повідомити своєму безпосередньому керівнику.

Виконаємо розрахунок основних параметрів захисного заземлення.

Визначення необхідного опору штучного заземлювача R_u , Ом, якщо передбачається використання також природного заземлювача R_e , за формулою:

$$R_u = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3} = \frac{12 \cdot 4}{12 - 4} = 6 \quad (8.1)$$

де R_e – опір розтіканню струму природних заземлювачів, Ом;

R_z – розрахунковий нормований опір заземлювального пристрою (ЗП), Ом.

Визначення розрахункового питомого опору ґрунту за формулою:

$$\rho_B = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi = 110 \cdot 1,3 = 143 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (8.2)$$

де ρ_B – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

$\rho_{\text{вим}}$ – питомий опір землі, отриманий у результаті вимірів, Ом·м;

ψ – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання чи висихання ґрунту.

Обчислення опору розтіканню струму одиночного вертикального заземлювача, Ом. Для стрижневого заземлювача круглого перерізу, заглибленого в ґрунт розрахункова формула має вигляд:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l_B} \left(\ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + l_B}{5 \cdot t_B - l_B} \right) \quad (8.3)$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

l_B – довжина вертикального стрижня, м;

d – діаметр перерізу стрижня, м;

t_B – відстань від поверхні ґрунту до середини довжини вертикального стрижня, яка обчислюється за формулою:

$$t_B = 0,8 + \frac{1}{2} l_B = 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2,3 \text{ м} \quad (8.4)$$

$$R_B = \frac{143}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{5 \cdot 2,3 - 3} \right) = 48,5 \text{ Ом}$$

Розрахувати наближену (мінімальну) кількість вертикальних стрижнів:

$$n = \frac{R_B}{R_u} = \frac{48,5}{6} = 8 \text{ шт.} \quad (8.5)$$

де R_B – опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача, Ом;

R_u – необхідний опір штучного заземлювача, Ом.

Якщо виходити з розмірів контуру:

$$n = \frac{P}{a} = \frac{24}{3} = 8 \text{ шт} \quad (8.6)$$

де P – периметр прямокутника (приміщення), м. Який визначається за формулою:

$$P = 2 \cdot (L + B) = 2 \cdot (7 + 5) = 24 \text{ м} \quad (8.7)$$

де L – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

a – відстань між стрижнями, обумовлена зі співвідношення, м:

$$a = k \cdot l_B = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м} \quad (8.8)$$

де l_B – довжина вертикального стрижня, м;

k – коефіцієнт кратності, який дорівнює 1, 2, 3 (для заглиблених стаціонарних заземлювачів).

Отриману кількість стрижнів округляють до більшого довідкового значення: $n=12$ шт.

Визначення довжини горизонтальної смуги при конфігурації групового заземлювача – контур:

$$l_r = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 3 \cdot 8 = 25,2 \quad (8.9)$$

де n – кількість вертикальних стрижнів;

a – відстань між вертикальними стрижнями, м.

Обчислити опір розтіканню струму горизонтальної з'єднуючої смуги R_r , Ом. У випадку горизонтального смугового заземлювача розрахунок виконується за формулою:

$$R_r = \frac{\rho}{2\pi l_r} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_r^2}{b_c \cdot t_r} \quad (8.10)$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

l_r – довжина горизонтальної смуги, м;

b_c – ширина смуги, м;

t_r – відстань від поверхні ґрунту до середини ширини горизонтальної смуги, яка обчислюється за формулою:

$$t_r = 0,8 + \frac{1}{2} b_c = 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 0,046 = 0,823 \text{ м} \quad (8.11)$$

$$R_r = \frac{143}{2 \cdot 3,14 \cdot 25,2} \cdot \ln \frac{2 \cdot 25,2^2}{0,046 \cdot 0,823} = 4,5 \text{ Ом}$$

Розрахування еквівалентного опору розтіканню струму групового заземлювача:

$$R_{\Gamma} = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n} = \frac{48,5 \cdot 4,5}{48,5 \cdot 0,326 + 4,5 \cdot 0,55 \cdot 8} = 5,9 \text{ Ом} \quad (8.12)$$

де R_B – опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача, Ом;

R_{Γ} – опір розтікання струму горизонтальної смуги, Ом;

η_B, η_r – коефіцієнти використання вертикальних стрижнів і горизонтальної смуги, Ом;

n – кількість вертикальних стрижнів.

Отриманий опір розтіканню струму групового заземлювача не повинен перевищувати необхідний опір.

$$R_{\Gamma} \leq R_{и}$$

5,9 Ом ≤ 6 Ом

Умова виконується.

г) для виключення механічного травмування при роботі з абразивними кру-гами передбачається ряд заходів наявність знаків безпеки; проведення навчання і перевірки знань з охорони праці, спеціальними засобами індивідуального захисту;

Робітники які використовують абразивні круги зв повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация», спеціальне взуття (ботинки, напівсапоги) із захисни-ми носками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень», спеціальні окуляри захисні - ДСТУ EN 166:2017.

Заходи безпеки при роботі з обладнанням яке використовує абразивні відрі-зні круги:

- установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеці-ально проінструктованими наладчиками;
- використання абразивних кіл з дефектами заборонено;
- абразивні кола повинні мати штамп або наклейку про випробування – по-рядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування;
- біля кожного верстата необхідно вивісити табличку із зазначенням допус-тимої роботи колової швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпин-деля верстата в хвилину;
- при обертанні абразивного кола, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами;
- підручники повинні мати достатній за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу. Зазор між краєм підручника і робочою повер-хнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм;
- заборонено працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування аб-разивного пилу.

д) 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»:

Допуск балонів заборонено 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 вентиля балона з технологічним обладнанням використовують гнучкі шланги. З'єднання виконуються обмідненим гайковим ключем для уникнення іскроутворення. Особливу увагу слід приділяти усуненню жиркових 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;

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

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

є) при проведенні металографічних досліджень за допомогою хімічних реактивів необхідно:

- Використовувати ЗІЗ, а саме: халати, гумові рукавички, окуляри;
- Чітко дотримуватись рецепту виготовлення реактивів;
- Мати при собі речовини для деактивації кислот.
- Працювати дозволяється тільки при наявності місцевої витягової вентиляції, а також скорочений робочий день.

Дотримуватися правил ПП 1.3.10-450-2006. «Примірна інструкція з охорони праці при виконанні робіт з кислотами і лугами» [25].

При проведенні металографічних досліджень з використанням мікроскопів типу МІМ-7, основними видами захисту є:

- Оптимальна комбінація об'єктивів та окулярів мікроскопу;
- Обов'язкове використання світлофільтрів.

ж) 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»;

з) при проведенні ультразвукового контролю необхідно дотримуватися правил відповідно до ПІ 1.4.72-299-2004. Примірні інструкції з охорони праці для дефектоскопістів ультразвукового контролю (33376).

Працівник перед початком роботи повинен:

- одягнути та привести до ладу передбачений для виконання роботи спецодяг, спецвзуття та ЗІЗ;
- оглянути і привести в належний стан робоче місце, прибрати зайве;
- підготувати необхідний інструмент, інвентар, пристосування, перевірити їх справність;
- переконатися в достатній освітленості робочого місця; при необхідності використання переносного світильника переконатися в його справності (при цьому напруга для його живлення не повинна перевищувати 42 В).

Перед запуском обладнання необхідно впевнитися в його справності та надійності заземлення шляхом проведення зовнішнього огляду. Заземлення ультразвукового дефектоскопа повинно здійснюватися спеціальним переносним мідним гнучким дротом перетином не менше 2,5мм², який не може одночасно бути провідником робочого електричного струму. Підключення приладу УЗК до електричної мережі та його відключення може здійснюватися тільки електротехнічним персоналом. На спеціально обладнаних постах, підключення приладу може здійснювати оператор.

и) персонал, який працює з використанням комп'ютерної техніки за бов'язаний дотримуватись інструкції з охорони праці, які розроблені на підставі ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [8] та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям» [9] а саме:

- перерви в роботі не рідше 10 хвилин на 1 годину;
- використання сучасних моделей відео дисплеїв;

- інтенсивність ультрафіолетового випромінювання на відстані 0,3 м від екрану не повинна перевищувати, в діапазоні довжин хвиль:

- 400-320 нм – 2 Вт/м² ;
- 320-280 нм – 0,002 Вт/м² ;
- 280-200 нм – ультрафіолетового випромінювання не повинно бути;

Обов'язкове вологе прибирання.

і) при проведенні спектрального аналізу необхідно, дотримуватись вимог до №5-ОП Інструкція з охорони праці фахівця з спектрального аналізу.

Захист від УФ випромінювань досягають такими методами:

- певною відстанню;
- екрануванням робочих місць;
- засобами індивідуального захисту;
- спеціальним фарбуванням приміщень і раціональним розташуванням робочих місць.

Визначаючи захисну відстань від джерел УФ випромінювання, використовують дані безпосередніх вимірів у конкретних виробничих умовах.

Найраціональніший метод захисту – екранування джерел випромінювання за допомогою різноманітних матеріалів і світлофільтрів. Екрани виконують у вигляді щитів, ширм, кабін.

Повний захист від УФ випромінювання всіх ділянок спектра забезпечує флінтглас (скло, яке вміщує оксид свинцю).

Як ЗІЗ використовують: спецодяг (куртки, брюки, рукавички, фартухи), виготовлені зі спеціальних тканин, що не пропускають УФ випромінювання (ляні, бавовняні, поплін); захисні окуляри та щитки із світлофільтрами).

Для захисту рук застосовують мазі із вмістом спеціальних речовин, що слугують світлофільтрами (салол, саліцилово-метиловий ефір та. ін).

к) Заміна застарілого обладнання на сучасне, що у свою чергу покращить методику випробування. Роботодавець повинен забезпечити повну безпечність робітнику до своєчасної заміни обладнання.

8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

л) для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища на ділянці для зварювання передбачено влаштування загально обмінної механічної вентиляції згідно ДСТУ 12.4.021-75 «Система стандартів безпеки труда. Системы вентиляционные. Общие требования», а також пристрої системи водяного або парового опалення згідно ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. «Система стандартів безпеки труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий», що забезпечує оптимальні параметри, які вказані в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Метеорологічні умови в приміщенні ділянці

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, 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 8.2.

Таблиця 8.2 – 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».

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).

м) для забезпечення достатнього освітлення передбачено проектування та застосування бокового та верхнього природного, штучного рівномірного освітлення згідно ДБН В.2.5-28:2018 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 300-500 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.

Блискучість 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 люксметра.

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 «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, штуч-

не 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 ДБН В.2.5-28:2018 «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.

8.4. Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

н) для виключення можливості загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, необхідно проводити інструктаж і перевірку знань правил пожежної безпеки, відповідно до НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони труда при сварке металлов, НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України» і НПАОП 0.00-4.12-05« Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці ».

Ділянка складання і зварювання, згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії «Г», а клас можливої пожежі, згідно ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва, визначається як «С».

Площа ділянки складає 216 м². Виходячи з цього, згідно НАПБ А.01.001-2014«Типові норми причетності вогнегасників» вибирається три порошкових вогнегасника ємністю 12 літрів.

На ділянці розташований пожежний щит. До складу щита входить:

- вогнегасник - 1 шт.;
- ящик з піском - 1 шт.;
- покривало розміром 2 х 2 - 1 шт.;
- гаки - 3 шт.;
- лопати - 2 шт.;
- лом - 2 шт.;
- сокира - 2 шт.

8.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Небезпеки, які пов'язані з цивільним захистом на підприємстві, в установі, організації (далі – об'єкті) організовується з метою своєчасної підготовки об'єкта до захисту від наслідків НС та оперативного проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Здійснення заходів інженерного захисту територій покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту, а саме будівництва захисних споруд.

- Сховища повинні забезпечувати захист від усіх вражаючих факторів ядерного вибуху, хімічних і бактеріологічних засобів, теплового впливу при пожежах (ПРУ усе крім ударної хвилі).

- Вентиляційна система повинна забезпечувати нормальні параметри навколишнього середовища.

- Входи та виходи повинні мати такий же ступень захисту, що й інші елементи приміщення, а на випадок завалів обладнаються аварійні виходи (для ПРУ просто герметизуються звичайні двері).

- У захисних спорудах, які зводяться у мирний час для очищення повітря, застосовуються промислові ФВУ, а в швидкоспоруджуваних у якості фільтрів можуть використовуватися фільтруючі властивості різних природних матеріалів (тобто фільтруючі властивості ґрунтів).

Для охолодження повітря, що надходить у сховище із зони пожежі, використовують теплові фільтри із гравію. Товщина гравійного фільтра повинна бути – 0,8-1 м, виходячи з його продуктивності: 1 м³ гравію за годину охолоджує 150 м³ повітря.

Згідно зі ст. 8 закону України "Про цивільну оборону України" "Керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального та колективного захисту, організовує здійснення заходів по евакуації, створює сили для ліквідації наслідків НС та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з цивільної оборони і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством".

На об'єктах підвищеної небезпеки (радіаційно-, хімічно-, вибухонебезпечних) створюються локальні системи виявлення загрози виникнення НС і оповіщення працівників цих об'єктів та місцевого населення, що проживає в зоні можливого ураження (згідно з законом України "Про цивільну оборону України" власники таких об'єктів відповідають за захист населення, що проживає в зонах можливого ураження від наслідків аварій на цих об'єктах). Відповідно до затвердженої Державної цільової соціальної програми розвитку цивільного захисту, вищезазвані локальні системи мають бути створені до 2013 року на всіх об'єктах підвищеної небезпеки.

Відповідальність за цивільний захист об'єкта несе керівник цього об'єкта, він є начальником ЦЗ об'єкта і підпорядковується своєму старшому начальнику (міністерства чи відомства), а в оперативному відношенні начальнику цивільного захисту міста чи району.

Начальник цивільного захисту об'єкта несе відповідальність за:

- створення, організацію, підготовку і дієздатність системи цивільного захисту на підпорядкованому об'єкті;
- забезпечення захисту персоналу (а на об'єктах підвищеної небезпеки і захист населення, що проживає в зонах можливого ураження від наслідків аварій на цих об'єктах) під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру;
- організацію і здійснення заходів щодо попередження НС, а у разі їх виникнення – за мінімізацію збитків від них;
- створення і організацію роботи системи оповіщення на об'єкті;
- створення і організацію роботи комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, а також евакуаційної комісії об'єкта;
- постійну готовність органів управління і невоєнізованих формувань об'єкта до функціонування в мирний і воєнний час;
- фінансове та матеріально-технічне забезпечення заходів у сфері цивільного захисту;
- підготовку і навчання персоналу до дій у НС.

Наказом начальника ЦЗ об'єкта призначаються заступники (як варіант – з евакуації, інженерно-технічної частини, з матеріально-технічного постачання, з оперативних питань).

Органом управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту об'єкта є штаб цивільної оборони та надзвичайних ситуацій (штаб ЦО та НС) (далі – штаб ЦО).

Штаб ЦО очолює начальник штабу, який є першим заступником начальника ЦЗ об'єкта. До складу штабу входять заступники начальника штабу і необхідні спеціалісти. Штаб комплектується як штатними працівниками ЦЗ об'єкта так і посадовими особами підприємства, не звільненими від виконання своїх основних обов'язків.

Начальник штабу ЦО відповідає за безпосередню організацію та функціонування сил і засобів цивільного захисту під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру. Він має право

віддавати розпорядження з питань цивільної оборони, захисту від НС техногенного, природного та воєнного характеру від імені начальника цивільного захисту об'єкту.

Начальник штабу ЦО несе відповідальність за:

- організацію своєчасного оповіщення і збору персоналу об'єкта;
- організацію роботи і узгодженість дій створених на об'єкті органів управління і структурних підрозділів цивільного захисту;
- розробку планової документації з питань цивільного захисту, її своєчасне уточнення і коригування;
- стан готовності особового складу невоєнізованих формувань цивільного захисту до дій за призначенням;
- своєчасне доведення до виконавців рішень начальника цивільного захисту та організацію контролю за їх виконанням;
- організацію збору і аналізу інформації щодо вірогідного виникнення надзвичайних ситуацій, відпрацювання пропозицій щодо захисту персоналу (а на об'єкті підвищеної небезпеки і населення, що проживає в зоні можливого ураження від наслідків аварії на цьому об'єкті) від їх наслідків;
- виконання заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкта в воєнний час та при виникненні надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру;
- організацію взаємодії з місцевими органами державної влади, підрозділами МНС України, аварійно-рятувальними службами тощо;
- організацію спеціальної підготовки і підвищення кваліфікації персоналу у сфері цивільної оборони, захисту від надзвичайних ситуацій.

Для виконання завдань цивільного захисту на об'єкті створюються невоєнізовані формування. Вони поділяються на формування загального призначення (наприклад, рятувальні загони, команди, групи) і формування служб (команди, групи, дружини, ланки, пости).

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи, а саме дослідження та розробка алгоритму зміцнення робочої кромки ріжучого інструменту – ніж грейдера, встановлено, що деталь працює в умовах інтенсивного ударно-абразивного зношування.

Зношування відбувається по всій довжині ножа, і складає 25% від всього виробу, що має критичний характер руйнування.

Для вирішення цих проблем виникла необхідність розробки нової технології відновлення деталей. В якості оптимального рішення було обрано технологію наплавлення у суміші 75% Ar +25% CO₂.

Проаналізований хімічний склад і механічні властивості для сталі 65Г, що допомогло обрати наплавний матеріал Fluxsofil 58. Обраний дріт допомагає отримати зазначену твердість, що складає 60 HRC.

Проведені техніко-економічні розрахунки та спроектовано план ділянки відновлення виробу.

Встановлено, що для деталей, які працюють в ударно-абразивних умовах зношування, а саме ніж грейдера виконаний зі сталі 65Г, підходять пропоновані технології.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Плешков Д.И., Хейфец М.И., Яркин А.А. Бульдозеры, скреперы, грейдеры. М.: Высшая школа, 1982. – 328 с.
2. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Кукумелли Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. М.: – Машиностроение, 1969. – 181с.
3. Машины для земляных работ / Ю.А. Ветров, А.А. Кархов, А.С. Кондра, В.П. Станевский. К.: Выща шк., 1981. - 348 с.
4. Рябцев И.А. Восстановление и упрочнение методами наплавки деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания и различных видов циклических нагрузок. К.:Институт Елктрозварювання ім Е.О. Патона,2010.- 300 с.
5. Гук В.О «Ударно-абразивне зношування». Зносостійкість сплавів , відновлення та зміцнення деталей машин за редакцією док.тех.н.проф. Попова В.С. Запоріжжя: Вид-во ВАТ «Мотор Січ»,2006. – 420 с.
6. Попов, С.М., С.О. Шумікін., Суле Р. Технологія відновлення та підвищення зносостійкості деталей дорожньо-будівельної техніки [Електронний ресурс]: матеріали наук.-практ. конф. "Тиждень науки-2021" Запоріжжя, 19-23 квітня 2021 р. .: – 2021. С. 54 – 55.
7. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. К.:Техніка, 2002. 336с.
8. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій. К.:Основа, 2018.- 417 с.
9. Попов В.С., Брыков Н.Н. Металоведенческие аспекты износостойкости сталей и сплавов. З: - Запорожье, 1996. – 178с.
10. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1970.– 252 с.
11. Крагельский И.В. Трение и знос – М.: Машиностроение, 1962. – 382 с.
12. Костецкий Б.И. Сопротивление изнашиванию деталей машин. – М.-К.: Машгиз, 1959. – 476 с.

13. Тененбаун М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
14. Лившиц Л.С., Хахимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
15. Рябцев И.А. Восстановление и упрочнение методами наплавки деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания и различных видов циклических нагрузок. – К.: Інститут Електрозварювання ім Е.О. Патона, 2010.- 300 с.
16. Круглікова В.В. Суле Р.У. Підвищення рівня конкурентноспроможності сільськогосподарських машин шляхом вирішення проблеми підвищення зносостійкості матеріалів. Стратегічні пріоритети розвитку підприємництва, торгівлі та біржової діяльності: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 13-14 травня 2021 року / За заг. редакцією проф. Ткаченко А.М. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. С189-190.
17. Нестеров О.В. Конспект лекцій з ОП. - – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. - 125 с.
18. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
19. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Затверджено: наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 N 15.-2005.-90 с.
20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
21. ДНАОП 1.1.10 – 1.01 – 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів»
22. ISO 9001: 2009 «Системы управления качеством, окружающей средой, безопасностью пищевых продуктов и социальная ответственность». Затверджено: Міністерство юстиції України. Наказ від 15.11.2009 № 142.- 97 с.
23. ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень».
24. ДСТУ EN 166:2017. Засоби індивідуального захисту очей. Технічні умови. На заміну ДСТУ EN 166-2001. Київ. ДП «УкрНДНЦ»; К.: Вид-во стандартів. 2017. – 25 с. – (Система стандартів охорони праці).

25. ГОСТ Р 54791-2011 «Оборудование для газовой сварки и наплавки»
26. ГОСТ 12.4.035 – 78 «ССБТ щитки защитные для электросварщика. Технические условия».
27. ДНАОП 0.00-1.07-94 «Правило побудови та безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском», що може призвести до вибухів та великомасштабних руйнувань».
28. ГОСТ 12.4.035 – 78 «ССБТ щитки защитные для электросварщика. Технические условия».
29. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
30. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено: Міністерство юстиції України. Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні. – 2014. – 85 с. (Правила пожежної безпеки).
31. НПАОП 0.00 – 4.12 – 05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

