

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вала виключення
головної муфти зчеплення 150.21.231-2, з дослідженням методу лазерного
наплавлення.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Гайдук С.В.</u> (прізвище та ініціали)
(підпис)	
Керівник	<u>Гевко І.Б.</u> (прізвище та ініціали)
(підпис)	
Нормоконтроль	<u>Левкович М.Г.</u> (прізвище та ініціали)
(підпис)	
В.о. зав. кафедри	<u>Цьонь О.П.</u> (прізвище та ініціали)
(підпис)	
Рецензент	<u></u> (прізвище та ініціали)
(підпис)	

м. Тернопіль – 2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гайдуку Сергію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для відновлення вала виключення
головної муфти зчеплення 150.21.231-2, з дослідженням методу
лазерного наплавлення.

Керівник роботи Гевко І.Б., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 11 » листопада 2022 року № 4/7-899

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 грудня 2022

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий ТП..

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних
ситуаціях.

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

Вал виключення головної муфти зчеплення – 1А2.

Технологічна карта відновлення деталі – 1А2.

Технологічна карта відновлення деталі – 1А1.

Принципова схема лазерної установки – 1А1.

Патрон цанговий – 1А1. Характеристики лазерних технологій – 1А1.

Властивості наплавлених композиційних покриттів – 1А1.

Мікротвердість і мікроструктура наплавленого шару – 1А1.

Зварювально-наплавочна дільниця – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 11.11.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2022	
2	Технологічний розділ	23.11.2022	
3	Конструкторський розділ	25.11.2022	
4	Науково-дослідний розділ	02.12.2022	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	02.12.2022	
6	Оформлення графічної частини	08.12.2022	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2022	

Студент

_____ (підпис)

Гайдук С.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гевко І.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вала виключення головної муфти зчеплення 150.21.231-2, з дослідженням методу лазерного наплавлення.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Гевко І.Б.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 71 сторінка формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 4 сторінки додатків.

Ключові слова: зчеплення, відновлення, шорсткість, операція, діагностика.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей деталі, яка відновлюється.....	8
1.2 Аналіз умов роботи та причин зношення деталі, що відновлюється.....	8
1.3 Вплив основних спрацювань деталі на технічний стан сполучень та якість роботи агрегату (вузла) вцілому	9
1.4 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
2.1 Технологічний процес дефектування валика виключення головної муфти зчеплення.....	10
2.2 Складання технологічних маршрутів відновлення деталі.....	11
2.3 Аналіз існуючих способів відновлення дефектів відновлення деталі.....	12
2.4 Вибір оптимальних способів відновлення дефектів валика виключення... ..	18
2.5 Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення деталі.....	20
2.6 Вибір установчих баз.....	22
2.7 Обґрунтування і вибір технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального інструмента і ремонтних матеріалів.....	23
2.8 Розробка плану операцій за обраним маршрутом та технологією відновлення деталі.....	25
2.9 Результати визначення норм часу за технологічними процесами відновлення деталі.....	26
2.10 Аналіз технологічного процесу і організація виконання робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці.....	27
2.11 Розрахунок трудомісткості зварювально-наплавлювальних робіт дільниці.....	28
2.12 Розрахунок робочої сили і робочих місць на дільниці.....	29
2.13 Розрахунок, і вибір технологічного обладнання.....	30
2.14 Розрахунок площі зварювально-наплавлювальній дільниці.....	32

	6
2.15 Компонування зварювально-наплавлювальної ділянки.....	32
2.16 Технологічне обґрунтування процесів відновлення деталей.....	33
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	37
3.1 Розрахунок елементів цангового механізму.....	37
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	41
4.1 Методи експериментальних досліджень якості покриттів.....	41
4.2 Результати експериментальних досліджень.....	46
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
5.1 Ідентифікація небезпечних і шкідливих чинників при лазерному напавленні.....	60
5.2 Захист населення.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
БІБЛІОГРАФІЯ.....	69
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Аналіз літературних джерел та застосування технологій відновлення у виробництві показують, одним із найкращих способів підвищення зносостійкості є спосіб лазерного наплавлення. В основі лазерних технологій покладено різноманітні процеси, які дозволяють отримувати різні властивості відновлених та зміцнених шарів.

Лазерні технології, володіючи унікальними властивостями, дозволяють сконцентрувати на поверхні оброблюваного матеріалу енергію, що має високу густину потужності, і яку можна передавати матеріалу безконтактно, швидко і строго дозувати. Локальність теплових процесів, в зоні лазерного впливу забезпечує високі швидкості ($V = 10^6 \dots 10^8 \text{ }^\circ\text{C /с}$) нагрівання та охолодження, які не мають традиційні методи відновлення та термічної обробки.

Для відновлення валика виключення методом лазерного наплавлення використовується композиційний порошок (ПР-Н73Х16С3Р3 (75 %) + ПГ-ФБХ6-2 (25%)). При наплавленні цього порошку отримуються щільні безпористі шари з високими зносними характеристиками і рівномірним розподілом легуючих елементів. Покриття з цього порошку має рівномірний розподіл твердості по товщині наплавленого шару (45...60 HRC). Та дрібнозернисту структуру.

Для лазерного здійснювання наплавлювальної операції використовується лазерна установка принципова схема.

Відновленню підлягає виключення головної муфти зчеплення. Основні дефекти та їх вимірювання. Розроблено технологічний процес відновлення.

В установці технологічного посту для лазерного наплавлення запропоновано використати цанговий патрон для швидкого поставлення та виймання деталі, лонет і задній центр для підтримки деталі.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей деталі, яка відновлюється



Рисунок 1.1 - Валик виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К

Валик виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К – циліндричний гладкий. На його поверхні є три місця під сегментні шпонки, і впадина для кріплення важеля. Валик має невеликий діаметр - 32 мм і досить велику довжину – 400 мм [42].

1.2 Аналіз умов роботи та причин зношення деталі, що відновлюється

Дана деталь працює в умовах зносу внаслідок диспергірування та зносу внаслідок пластичної деформації.

Знос внаслідок диспергірування відбувається на поверхні 1 під втулку, яка є гладкою. Деталь не має на робочій поверхні слідів схоплювання і помітних подряпин, працює при достатньо хорошому змащенні і помірних температурах. В тонких поверхневих шарах таких деталей не відбуваються хімічні і структурні зміни. При цих умовах руйнування поверхневого шару відбувається в результаті диспергірування окремих ділянок контакту. При високій частоті обертання і відносно великій тривалості роботи, коли сумарне циклів зчитується десятками мільйонів відбувається накоплення субмікроскопічних дефектів навіть при дуже низьких напруженнях, що в загальній мірі з адсорбційно-розклинюючим ефектом призводить до зносу поверхні при невеликій інтенсивності зношування.

Знос внаслідок пластичної деформації (змяття) відбувається на шпоночному пазі 2. Пластична деформація викликається або надмірними допускаємими напруженнями, або випадковими значними перевантаженнями.

1.3 Вплив основних спрацювань деталі на технічний стан сполучень та якість роботи агрегату (вузла) вцілому

Вихід з ладу валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К погано впливає роботу сполучень, агрегату та трактора вцілому, так як завдяки йому відбувається рух поворотних важелів, які з'єднують механізми виключення муфти з педаллю і пневмокамерою сервомеханізму, а також з гальмівною колодкою тормозка. Спрацювання пазів під шпонки не дає змоги добре працювати поворотним важелям, що веде до збоїв в роботі. Також поганий вплив має знос поверхні під втулки, на яких качається валик, внаслідок зменшення його розмірів та вільного його провертання.

1.4 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу

Деталі типу “вал” досить часто виходять із ладу в зв'язку з важкими умовами роботи. Традиційні способи відновлення, такі як автоматичне наплавлювання під шаром флюсу, вібродугове наплавлювання, газополуменеве напилювання, нанесення гальванопокриттів та інші, не забезпечують зносостійкість, міцність зчеплення з основою, твердість, які забезпечує лазерне наплавлювання. Лазерне наплавлювання дозволяє створити шар наплавленого металу з заданими фізико-хімічними властивостями, структурою. Процес проходить досить швидко, не потребує складності технологічного процесу (наприклад не має потреби в наявності флюсу, наплавлений валик має задані розміри, тому не потрібно знімати великий припуск). Тому для відновлення деталей типу “вал” доцільно використовувати метод лазерного наплавлювання, так як він дає можливість отримувати високу якість шарів, яка не досягається іншими методами зміцнення.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технологічний процес дефектування валика виключення головної муфти зчеплення

Дефектування є процесом визначення технічного стану деталей і можливості їх відновлення. У відповідності з типовою технологією деталі сортують за наступними групам: придатні, придатні в сполученні з новими, або відновленими до номінального розміру, підлягають ремонту і непридатні.

Придатні деталі віддаються в комплектувальні відділення або на склад; деталі які підлягають ремонту - на відповідні дільниці відновлення. Браковані деталі здаються в утиль.

Дефектування проводиться візуально й з використанням інструменту, пристроїв і пристосувань. Візуально можливо визначити наявність сколів та тріщин на поверхнях валика, а також перевірити стан центруючих отворів.

Основні дефекти валика виключення приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Основні дефекти валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К

Назва дефекту	Розміри, мм.			Висновок
	Номінальний	Допустимий без ремонту	Допустимий для ремонту	
1. Тріщини і злами	-	-	-	Бракувати
2. Знос поверхні під втулки	$32_{-0.05}$	31,66	31,70	Наплавка та шліфування до номінального розміру
2. Знос шпоночного паза по ширині	$8_{-0.065}^{-0.015}$	8,030	8,40	Наплавка та фрезерування нового шпоночного пазу
4. Погнутість	-	-	-	Правка валика
5. Пошкодження центруючих отворів	-	-	-	Наплавка та нарізання нових центруючих отворів

Існує кілька способів виявлення схованих тріщин деталях. У авторемонтних підприємствах найчастіше користуються методом магнітного контролю.

Магнітний контроль заснований на полі магнітного розсіювання, яке виникає на поверхні деталі що перевіряється. Цим методом виявляють тріщини глибиною 5...6 мм переважно на гладких поверхнях і тільки в деталях з магнітних (що намагнічуються) металів. Між потужними магнітами наносять сухий металевий порошок. Силіві лінії магнітного поля "обтікають" тріщину, збираючи вздовж неї частки порошку і роблять дефект видимим.

При відновленні деталей використовується, на більшості підприємств, маршрутна технологія, згідно до якої призначається технологія відновлення деталей. Кількість деталей, які входять в кожний маршрут, визначається згідно статистичних даних їх дослідження.

2.2 Складання технологічних маршрутів відновлення деталі

Принцип формування маршрутів відновлення деталей полягає в угрупованні подібних дефектів, використання для їх усунення подібного обладнання, спеціалізації робочих місць і дільниць. При цьому береться до уваги повторюваність дефектів і затрати на їх усунення. Виходячи з цього складаємо можливі технологічні маршрути відновлення валика виключення (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 - Маршрути відновлення валика виключення

Номер та найменування дефекту	Номер маршруту		
	I	II	III
1. Тріщини і злами	–	–	–
2. Знос поверхні під втулки	+	+	–
2. Знос шпоночного паза по ширині	–	+	+
4. Погнутість	–	–	–
5. Пошкодження центруючих отворів	+	+	+

Для розробки технологічного процесу відновлення валика вибираємо маршрут № III, який містить найбільш характерне сполучення дефектів.

2.3 Аналіз існуючих способів відновлення дефектів відновлення деталі

Найефективніше використовувати автоматичне наплавлення у тих випадках, коли треба наплавити шар товщиною понад 3 мм. До таких деталей належать у першу чергу деталі ходової частини тракторів і деталі сільськогосподарських машин – котки, цапфи, ролики, осі тощо. Глибоке проплавлення небажане – воно збільшує деформації.

При контактному наварюванні для нанесення металу використовується теплота, яка виділяється в контакті деталь – присадочний матеріал при проходженні електричного струму.

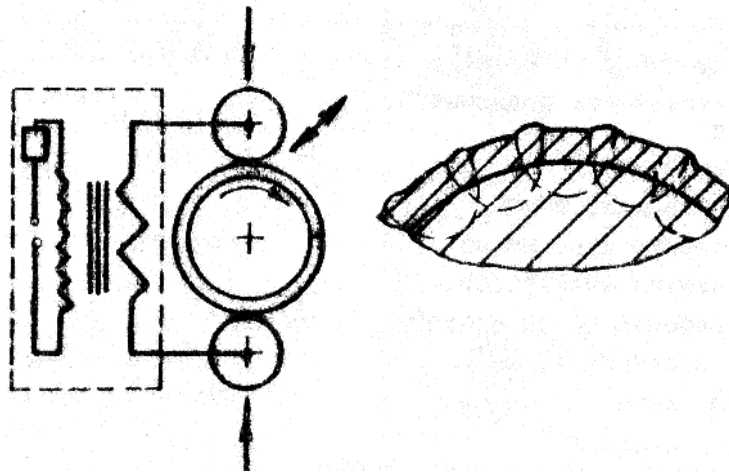


Рисунок 2.1 – Схема наварювання стрічки на деталь типу “вал” і перекриття імпульсів при наварюванні

Розрізняють контактне наварювання компактних (стрічки, дроту) і порошкових (гранульованих) матеріалів, а також стрічок, армованих твродсплавним порошком.

Сутність відновлення деталей лазерним наплавленням, яке запропоноване замість наплавлення під шаром флюсу полягає в оплавленні порошку, фольги або дроту, нанесених на виріб попередньо або в момент наплавки. Для цих цілей може бути використане як імпульсне, так і безперервне випромінювання (останнє краще).

Найбільш доцільно в якості присаджувального матеріалу при лазерному наплавленні застосовувати порошки на основі клейових складів, які зручно

наносити у вигляді шлікерної обмазки (ЛНШО), що дозволяє підвищити ступінь поглинання лазерного випромінювання (до 60 ... 70%) і забезпечити рівномірність прогріву по наплавляємій поверхні з мінімальними втратами порошку (< 1%). Технологія ЛНШО звичайно включає:

- очистку деталі (проводиться в будь-якому миючому розчині);
- нанесення обмазки;
- оплавлення сфокусованим променем.

У процесі експлуатації машин нерідко виходять з ладу деталі типу “вал” внаслідок руйнування їх хвостовиків чи інших частин, хоча інша частина деталі знаходиться в хорошому стані. Як правило, обмазка наноситься у дві стадії. На підготовлену поверхню пензлем, валиком, зануренням або іншим способом наносять клеючий склад, на який з використанням дозаторів насипається наплавляємий порошок (визначеної зернистості) до повного всмоктування його в шар рідкої основи. Остання, крім своєї основної функції - формування шару обмазки, грає роль покриття, що поглинає лазерне випромінювання, що дозволяє істотно підвищувати ККД наплавки. При ЛНШО можуть бути використані присадочні матеріали,

температура плавлення яких досить близька температурі плавлення основи. В якості зв'язуючого досліджені різні речовини, до основних властивостей яких відносять хімічну інертність, високу поглинальну здатність по відношенню до випромінювання, яке використовується, гарну плинність і поверхнево-активні властивості, низьку температуру займання, нетоксичний та інші.

Найбільш широкі можливості при ЛНШО за допомогою CO₂ -лазерів дають органічні речовини, багаті киснем (крохмаль, целюлоза тощо), що мають до того ж і низьку вартість. Водні розчини таких з'єднань підбором в'язкості рідкої фази (об'ємної концентрації порошоків) дозволяють регулювати товщину обмазки при використанні порошоків різної зернистості і форми частинок. Дослідження пошарових концентрацій порошку у водних

розчинах целюлози різної в'язкості в широкому діапазоні товщини шарів і розмірів часток показали високу рівномірність розподілу останніх, що забезпечує однорідність властивостей обмазок по товщині. За таких умов параметри процесу ЛНШО (і властивості одержуваних шарів) визначаються,

по-видимому, як присаджувальною композицією, так і технологічними режимами.

Проведені розрахунки показують, що основний час впливу лазерним променем витрачається на розігрів верхнього шару порошку (час експозиції) до температури, при якій коефіцієнт поглинання підвищується до 100%. Для металів стрибок поглинальної здатності відбувається при плавленні або при досягненні стану, близького до нього. Кінетика формування наплавлювального валика складна, але для технологічних цілей може бути представлена наступною спрощеною моделлю. На поверхні обмазки в зоні максимальної інтенсивності променя, що має розподіл енергії, близьке до гауссового (бажане для ЛНШО), виникає так зване ядро розплаву. При досягненні розплавленого або близького до нього стану частка енергії, яка поглинається цією ділянкою, зростає і, як наслідок цього, різко підвищується температура локальної ванни. Матеріал прогрівається, набуває підвищеної рідкотекучості і спрямовується до підкладки, охоплюючи нижележачі частинки порошку. Так як розміщення частинок по глибині обмазки не упорядковане, то вихід розплаву на поверхню зразка відбувається зі зміщенням від осі дії пучка в різні сторони. При цьому наплавка в "точці" має форму усіченого конусу нерівномірної висоти. При достатній тривалості впливу (кількість поданої енергії) розплав розтікається по всій площі обробки і валик, який формується з нього, має форму сферичного сегмента. На поверхні наплавленого валика відзначається суттєве зниження твердості, що може опосередковано підтверджувати наведену схему наплавлення і перегріву розплаву верхнього шару обмазки.

Практично тривалість процесу обмазки впливає на з'єднання, яке дисоціює при температурі нижче точки плавлення основних компонентів порошку. Подальше розплавлення всього обсягу відбувається за короткий проміжок часу, і якщо воно не супроводжується перегрівом, що залежить від технологічного режиму, то зберігається фазовий склад, характерний для вибраного матеріалу. Частково або повністю нерозчинними з'єднаннями є зародки при кристалізації, які сприяють більш повному виділенню карбідної фази, що говорить про отримання спадкової структури. Наплавлення деталі вимагає доведення розплаву до температури не нижче температури плавлення

підкладки, при цьому можливий перегрів ванни з дисоціацією з'єднань. Тому, чим вище швидкість наплавлення, а отже, і менше перегрів, тим ширше спектр сполук, що формуються при охолодженні розплаву.

На властивості наплавленого шару впливає хімічний склад підкладки. Наприклад, при наплавленні хром-бор-нікелевих порошоків на підкладку з чавуну із-за дифузії вуглецю в розплавлену ванну твердість наплавлення різко зростає і має величину $(5-9) \cdot 10^3$ МПа. Значне збільшення твердості спостерігається при мінімальній швидкості наплавлення. Однак наплавлення на чавун супроводжується утворенням пор, які в основному розташовуються на границі розплавлена ванна - підкладка. Їх утворення обумовлено вигоранням графіту. Розплавлена ванна надає термічного впливу на підкладку, яка при цьому сильно прогрівається і в залежності від швидкості нагріву та охолодження може мати різну структуру. Відзначено вплив підкладки на ширину валика і величину зони взаємодифузій. При наплавленні на чавун ЗТВ і ширина валика значно менше, ніж для сталі, а величина зони взаємодифузії - більше. Цей ефект пов'язаний з відмінністю в температурах плавлення підкладок та їх теплопровідності, що повинно враховуватися при розробці технології.

Основними контрольованими параметрами в процесі ЛНШО являються:

- зернистість порошку;
- товщина обмазки;
- швидкість наплавлення;
- товщина дефектного шару.

Всі технологічні параметри визначаються в основному структурою і товщиною обмазки. Структура обмазки залежить від властивостей порошкового матеріалу і його зернистості, яка в значній мірі впливає на поглинання випромінювання.

При збільшенні товщини обмазки повинні рости енергетичні витрати, що означає зменшення швидкості наплавлення. Залежність між товщиною обмазки і зміною поглинальної здатності носить екстримальний характер. Для дослідженої групи порошоків максимум знаходиться при товщині близько 0,6-0,8 мм.

Розходження в енергетичних властивостях досліджених присаджувальних порошків визначається і їх теплофізичними властивостями. Технологічним показником цього є коефіцієнт лазерної наплавки $K_{л.н.}$, визначений у відповідності із загальноприйнятими уявленнями через продуктивність процесу $G_{л.н.}$

$$K_{л.н.} = G_{л.н.} / P,$$

Такі енергетичні характеристики дозволяють оптимізувати структуру і товщину обмазки, визначаючи при цьому і область застосування ЛНШО при наплавленні шарів обмеженої товщини.

Висота наплавленого валика h_n досить високої якості (з необхідним проплавленням основи) зазвичай становить 0,5-0,8 товщини обмазки h_0 й істотно різна для різних матеріалів, змінюючись зі зміною швидкості наплавлення V_n (рисунок 2.2).

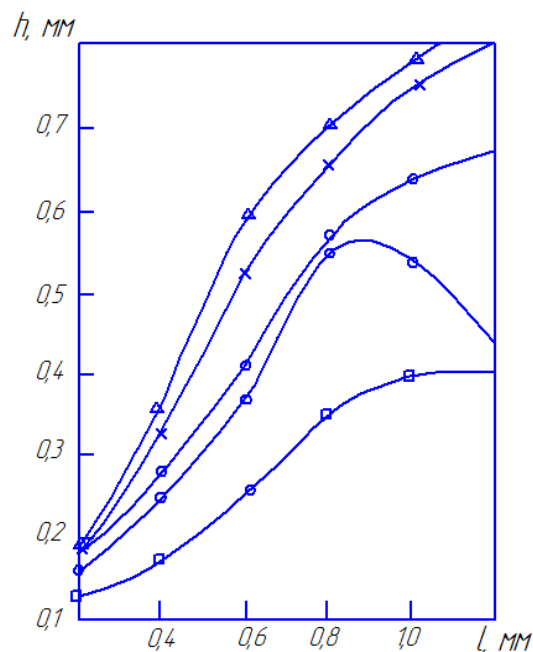


Рисунок 2.2 - Залежність товщини наплавлення шару h_n від товщини обмазки l при швидкостях наплавлення 1,7 (1) і 6,6 мм / с (2-5) і погонній енергії 0,40 Дж/м²

1, 2-ПГ-СРЗ; 3-ЗВ16К; 4 - ПГ-ФБХ6-2; 5 - 1Х17Н2

Хром-бор-нікелеві порошки, що містять бор і кремній, володіють високою рідкотекучістю в розплаві і утворюють "розмиті" відносно невисокі

валики ($h_n / h_0 = 0,3-0,5$) досить стабільної форми. При зниженні швидкості наплавлення висота валика зменшується, часто не досягаючи і $0,5 h_0$.

При наплавленні тугоплавких матеріалів, які не володіють високою рідкотекучістю, валики мають більш круту форму і досягають висоти $(0,7-0,8) h_0$. Така форма визначається високою швидкістю охолодження при змищенні променя з розплавленої ділянки. Слід зазначити, що якість поверхні шарів, наплавлення з використанням тугоплавких матеріалів, набагато гірше, ніж при наплавленні самофлюсуючихся порошків. При наплавленні перекриваючимися валиками на поверхні спостерігаються западини і виступи (дефектний шар), утворені при накладенні один на одного одиничних валиків. Нерівність поверхні при цьому існуючі, але залежить від коефіцієнта перекриття валиків (рисунок 2.3).

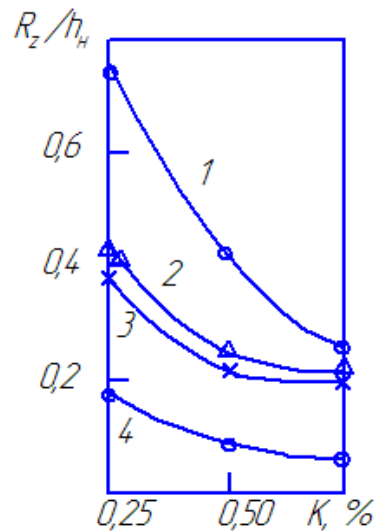


Рисунок 2.3 - Залежність відношення висоти нерівностей R_z до товщині наплавлення шару h_n від перекриття наплавних валиків для порошків ПГ-ФБХ6-2 (1), ПГ-СР3 (3) та їх суміші у співвідношенні 1:3 (2), а також для порошку ПГ - СР3 (4) при наплавленню в два проходи

$$h = 0,6-0,8 \text{ мм}, P_0 = 800 \text{ Вт}, d_0 = 3 \text{ мм}, V_n = 3,3 \text{ мм / с}$$

При збільшенні коефіцієнта перекриття нерівність поверхні наплавлення зменшується, що особливо відчутно при обробці присаджувальних матеріалів на основі заліза. Важливо відзначити, що при наплавленні композиційних порошкових матеріалів поверхня може мати практично таку ж неоднорідність, що і при наплавленні чистих хром-бор-нікелевих самофлюсуючихся матеріалів.

Викривлення поверхні можуть бути суттєво знижені при наплавленні в декілька шарів. Зазначені закономірності дозволяють вибирати режими наплавлення, що забезпечують отримання шарів, найбільш сприятливих для механічної обробки. Швидкість лазерної обробки помітно впливає на формоутворення як одиничного валика, так і шару, наплавленого на протяженій ділянці поверхні. Швидкість наплавлення, щільність потужності випромінювання характеризують питомий енерговклад, необхідний для розплавлення маси порошку, що володіє певними теплофізичними параметрами. Наприклад, питомий енерговклад при наплавленні порошку типу ПГ-ФБХ6-2 в 3-4 рази вище, ніж порошку ПГ-СРЗ. Тому при здійсненні процесу наплавлення необхідно заздалегідь знижувати швидкість або суттєво зменшувати діаметр сфокусованого променя.

При наплавленні випромінюванням з гауссовим розподілом інтенсивності в промені оптимальні технологічні режими дозволяють отримати продуктивність випромінюванням вдвічі більше високої потужності. Оптимальною для ЛНШО є погонна енергія ($E_n = W_0 / (V_n d_0)$) порядку 30-50 Дж/мм². При збільшенні погонної (питомої) енергії (зменшення швидкості) наплавлення продуктивність, як правило, різко падає з-за швидкого розтікання матеріала, вигорання основи і наплавки. При зменшенні питомої енергії (збільшення швидкості) наплавлення нижче певної величини спостерігається зниження продуктивності через погіршення проплавлення та утворення несучільних валиків низької якості.

2.4 Вибір оптимальних способів відновлення дефектів валика виключення

При виборі оптимальних способів відновлення поверхонь валика застосовуємо методику запропоновану М.Масино, в основу якої покладені критерії, розроблені В.А.Шадричевим. Сутність методики, що рекомендується полягає в наступному.

На першому етапі при виборі оптимального способу ремонту конкретного дефекту спираємося на технологічний критерій, який дозволяє визначити із

можливістю використання того чи іншого способу у відповідності до прийнятого маршруту відновлення.

На другому етапі спираючись на критерій економічності потрібно визначити капітальні затрати на впровадження кожного способу ремонту, та вибрати той спосіб - який має найменшу собівартість.

На третьому етапі враховується техніко-економічний показник, який є узагальнюючим та спирається на коефіцієнти довговічності, собівартість та річну програму відновлення. Так аналізуючи різні, потенційно можливі способи відновлення, які відповідають критерію пристосування ($K_p=1$), вибираємо ті, які забезпечують необхідний ресурс відновленої деталі, тобто відповідають значенню коефіцієнта довговічності ($K_d > 0,85$). Із способів, які відповідають коефіцієнту пристосування і необхідному значенню коефіцієнта довговічності вибираємо ті, що в найбільшій мірі відповідають значенням коефіцієнта техніко-економічної ефективності ($K_{теф}$). Цей коефіцієнт пов'язує продуктивність способу відновлення з його економічністю.

З метою визначення оптимальних способів відновлення кожного дефекту за прийнятим маршрутом проводимо аналіз за вище наведеною методикою. Обрані способи (технології) відновлення дефектів приводимо у порівнянні із тими, які застосовуються на підприємстві при ремонті валика виключення головної муфти зчеплення (таблиця 2.3) .

Таблиця 2.3 - Способи відновлення дефектів валика за прийнятим маршрутом відновлення

Назва дефекту	Спосіб відновлення	
	Базовий	Запропонований
Тріщини і злами	Автоматичне наплавлення під шаром флюсу флюсу та обточування з шліфуванням під нормальний розмір. Бракування (для тріщин глибиною більше 4 мм).	Лазерне наплавлення та шліфування під номінальний розмір
Знос поверхні під втулки	Контактне наварювання та	Лазерне наплавлення та шліфування під

	обточування з шліфуванням під номінальний розмір	номінальний розмір
Знос шпоночного паза по ширині	Автоматичне наплавлення під шаром флюсу з послідуєчим фрезеруванням шпоночної канавки	Ручне наплавлювання з послідуєчим фрезеруванням шпоночної канавки
Погнутість	Шліфування під ремонтний розмір	Правка під пресом
Пошкодження центруючих отворів	Заплавлення та свердління	Свердління під ремонтний розмір

2.5 Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення деталі

Технологічний процес відновлення деталі - це послідовна зміна стану працездатності заготовки з метою відновлення технічних характеристик деталі.

Проектування технологічного процесу має мету встановити оптимальну послідовність і спосіб обробки окремих поверхонь і всієї деталі в цілому, підбір необхідного обладнання, оснащення та інструменту для обробки і контролю, визначення оптимальних режимів обробки і технологічних норм часу на виконання робіт. Головні вимоги до технології відновлення деталей забезпечення необхідного рівня її службових якостей (при заданій продуктивності роботи) з найменшими витратами.

Для найбільш раціонального здійснення технологічного процесу розкладаємо його на окремі складові: операції, переходи, установки.

Структура послідовності здійснення операцій технологічного процесу відновлення валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К за базовою технологією наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Структура послідовності здійснення операцій технологічного процесу відновлення валика виключення за базовою технологією

Номер операції	Назва операції	Зміст операції
005	Підготовка деталі до процесу відновлення	Промивання деталі
010	Наплавлювальна	Наплавлення поверхні

		під втулки
015	Наплавлювальна	Наплавлення поверхні, де знаходяться тріщини і злами
020	Наплавлювальна	Наплавлення шпоночного пазу
025	Наплавлювальна	Заплавлення центруючих отворів
030	Токарна	Точіння поверхні під втулки
035	Токарна	Точіння поверхні, де знаходяться тріщини і злами
040	Токарна	Видалення напливу в місці шпоночного пазу
045	Шліфувальна	Шліфування поверхні під втулки
050	Шліфувальна	Шліфування поверхні, де знаходяться тріщини і злами
055	Шліфувальна	Шліфування погнутої поверхні
060	Фрезерувальна	Фрезерування нового шпоночного пазу
065	Свердлильна	Свердління нових центровочних отворів
070	Контрольна	Контроль якості відновлення дефектів

Структура послідовності здійснення операцій технологічного процесу відновлення валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К за запропонованою технологією наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Структура послідовності здійснення операцій технологічного процесу відновлення валика виключення за запропонованою технологією.

Номер операції	Назва операції	Зміст операції
005	Підготовка деталі до процесу відновлення	Промивання деталі та нанесення обмазки
010	Наплавлювальна	Наплавлення поверхні під втулки
015	Наплавлювальна	Наплавлення поверхні, де знаходяться тріщини і злами
020	Зварювальна	Заплавлення шпоночного пазу

025	Шліфувальна	Шліфування напливу в місці шпоночного пазу
030	Шліфувальна	Шліфування поверхні під втулки
035	Шліфувальна	Шліфування поверхні, де знаходяться тріщини і злами
040	Фрезерувальна	Фрезерування шпоночного пазу
045	Пресова	Правка під пресом погнутості
050	Свердлильна	Свердління нових центровочних отворів
055	Контрольна	Контроль якості відновлення дефектів

2.6 Вибір установчих баз

Правильний вибір установочних баз при розробці технологічних процесів визначає їх точність по координаційно-кінематичних розмірах. Вибір баз для обробки ремонтних заготовок представляє відому складність, пов'язану з можливим зносом, викривленням і коробленням базових поверхонь. У цьому випадку слід керуватися наступними положеннями:

- якщо у ремонтної заготовки збереглася заводська допоміжна база, то її слід прийняти за установочну;
- при обробці деталі не за всіма, а по окремим поверхням в якості установочної бази потрібно брати базові поверхні що збереглися;
- кращі результати по координаційній і координатній точності досягаються в тих випадках, коли всі операції виконуються від однієї і тієї ж установочної бази;
- якщо потрібно обробка деталі по всім базовим і базисним поверхням то в якості чорнової опорної бази слід вибрати таку, при використанні якої можна обробити всі базові і базисні поверхні за одне встановлення.

Установочними базами називають такі поверхні деталі, якими вона встановлюється для обробки у визначеному положенні відносно ріжучого інструменту.

Перелік установочних баз по операціях та переходах запропонованого технологічного процесу відновлення дефектів валика виключення наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Перелік установочних баз по операціях запропонованого технологічного процесу відновлення дефектів валик виключення головної муфти зчеплення

Номер операції	Назва операції	Установча база
005	Підготовка деталі до процесу відновлення	—
010	Наплавлювальна	Привальна площина
015	Наплавлювальна	Привальна площина
020	Зварювальна	Привальна площина
025	Шліфувальна	Привальна площина
030	Шліфувальна	Привальна площина
035	Шліфувальна	Привальна площина
040	Фрезерувальна	Привальна площина
045	Пресова	-
050	Свердлильна	Привальна площина
055	Контрольна	—

2.7 Обґрунтування і вибір технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального інструмента і ремонтних матеріалів

Вибір технологічного обладнання проводиться з урахуванням габаритів заготовки, забезпечення необхідної точності та продуктивності при найменшій вартості. Жорсткість та міцність металорізального обладнання повинні відповідати умовам обробки на ньому. Для чорнових операцій використовуються верстати з невисокою точністю, що не обмежують переріз знімаємої стружки. Навпаки, для чистових операцій вибір верстату обумовлюється жорсткістю, точністю та швидкохідністю.

Пристосування і інструмент вибирають в залежності від прийнятої технологічної схеми ремонту. Критерієм при цьому служить програма підприємства по даному виду виробу, і точність, яку потрібно одержати по даній операції з врахуванням погрішності установки і закріплення деталі.

Вимірювальні засоби вибирають в залежності від величини допуску на розмір, точності, форми оброблюваної поверхні або інших контролюємих параметрів деталей що ремонтуються.

Ремонтні матеріали вибирають в залежності від необхідної твердості, хімічного складу, механічних властивостей і товщини покриття що наноситься.

Вибране обладнання, оснащення, ріжучий, вимірювальний інструмент і ремонтні матеріали приведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технологічне обладнання

Номер операції	Найменування операції	Обладнання, оснащення, матеріали, пристосування, ріжучий та вимірювальний інструменти
005	Підготовка деталі до процесу відновлення	Установка для мийки 196М струменева. Миючі засоби Лабомід-101, Лабомід-102.
010-015	Наплавлювальна	Установка для лазерного наплавлення ЛТПН–1505 Композиційний порошок “Тулачермет” ПР-Н73Х16С3Р3 (75 %) + ПГ-ФБХ6-2 (25%).
020	Зварювальна	Порошковий дріт ПП-АН125 ТУ 14-3-478-70
025-035	Шліфувальна	Станок кругло-шліфувальний 3Б151 Круг шліфувальний 64С25СМ16К
040	Фрезерна	Верстат горизонтально-фрезерувальний модель 6Н82. Фреза кінцева спеціальна ГОСТ 17026-71 з твердосплавними зубцями. Окуляри захисні 0-70 ГОСТ 124.013-85.
045	Пресова	Верстак слюсарний ГМ -1765. Окуляри захисні 0-70 ГОСТ 124.013-85
050	Свердлильна	Ручний електродриль С-480. Свердло діаметра 10 мм 2301-3429 ГОСТ 166-80 Окуляри захисні 0-70 ГОСТ 124.013-85.

055	Контрольна	Мікрометр гладкий МК-50 ГОСТ 6507-78. Штангенциркуль ШЦ-1 - 125-0,1 ГОСТ 166-80. Повірна плита. Набір шаблонів КИ-1541. Нутромір індикаторний НИ 10-50-2 ГОСТ 9244-75
-----	------------	--

2.8 Розробка плану операцій за обраним маршрутом та технологією відновлення деталі

Деталь: валик виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К.

Номер за каталогом: 150.21.231-2.

Матеріал: сталь 45Х.

Розробляємо детальний технологічний процес відновлення дефектів валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К (таблиця 2.8) за обраним маршрутом та розробленою загальною технологією.

Таблиця 2.8 - Технологічний процес (запропонований) відновлення валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К за маршрутом №ІІІ.

Номер	Назва операції. Технологічне обладнання, пристосування, ріжучий та вимірювальний інструмент	Номер переходу	Зміст операції або переходу
005	Підготовка деталі до процесу відновлення Розчин Лабомід-101 ТУ 38-10378-73		Промити деталь розчином Лабомід-101 і нанести обмазку з порошком
010-015	Наплавлювальна Установка для лазерного наплавлення ЛТПН-1505 Композиційний порошок "Тулачермет" ПР-Н73Х16С3Р3 (75 %) + ПГ-ФБХ6-2 (25%).	1 2	Наплавити поверхню під втулки на установці для лазерного наплавлення Наплавити поверхню, де знаходяться тріщини і злами
015	Зварювальна Порошковий дріт ПП-АН125 ТУ 14-3-478-70		Провести ручне наплавлення шпоночного паза

020-030	Шліфувальна Верстат кругло-шліфувальний ЗБ151 Круг шліфувальний 64С25СМ16К	1 2 3	Провести шліфування напливу в місці шпоночного пазу Провести шліфування поверхні під втулки Провести шліфування поверхні, де знаходяться тріщини і злами
035	Фрезерна Верстат горизонтально- фрезерувальний модель 6Н82. Фреза кінцева спеціальна ГОСТ 17026-71 з твердосплавними зубцями. Окуляри захисні 0-70 ГОСТ 124.013-85.		Зафрезерувати новий шпоночний паз
040	Пресова Верстак слюсарний ГМ -1765. Окуляри захисні 0-70 ГОСТ 124.013-85		Вирівняти погнутість
045	Свердлильна Ручний електродріль С-480. Свердло діаметра 8 мм 2301- 3429 ГОСТ 166-80 Окуляри захисні 0-70 ГОСТ 124.013-85.		Засвердлити 2 центровочних отвори до ремонтного розміру
050	Контрольна Мікрометр гладкий МК-50 ГОСТ 6507-78. Штангенциркуль ШЦ-1 -125- 0,1 ГОСТ 166-80. Повірна плита. Набір шаблонів КИ-1541. Нутромір індикаторний НИ 10-50-2 ГОСТ 9244-75		Контролювати розміри всіх відновлюваних поверхонь.

2.9 Результати визначення норм часу за технологічними процесами відновлення деталі

Результати визначення норм часу по кожній операції та загальний і калькуляційний час на відновлення валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Норми часу на проведення операцій відновлення валика виключення головної муфти зчеплення трактора Т-150К за прийнятим маршрутом

№ операції	Найменування операції	Основний час операції T_{oi} або неповний штучний час	Норма часу на операцію T_n
005	Підготовка деталі до процесу відновлення	7	10
010	Наплавлення поверхні під втулки	3,75	11
015	Наплавлення поверхні, де знаходяться тріщини і злами	0,94	7,7
020	Заплавлення шпоночного пазу	24,5	29,4
025	Шліфування напливу в місці шпоночного пазу	0,223	13,44
030	Шліфування поверхні під втулки	0,86	22,15
035	Шліфування поверхні, де знаходяться тріщини і злами	0,21	13,54
040	Фрезерування шпоночного пазу	0,16	17,56
045	Правка під пресом погнутості	5,0	8,0
050	Свердління нових центровочних отворів	0,42	6,06
055	Контроль якості відновлення дефектів	12,5	12,5
Разом			151,35 хв

2.10 Аналіз технологічного процесу і організація виконання робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці

Зварювально-наплавлювальна дільниця призначена для відновлення пошкоджених і зношених деталей шляхом зварювання, наплавлення, наварювання.

Зварювально-наплавлювальні дільниці організовують на всіх ремонтнообслуговуючих підприємствах незалежно від їх типу і призначення.

Роботи, що виконуються на цих дільницях, викликають необхідність мати обладнання для електродугового і газополуменевого зварювання, а також для декількох видів механізованих наплавлень.

Деталі в зварювально-наплавлювальну дільницю поступають з дільниці дефектування, зі складу деталей, що очікують ремонту, або із слюсарно-механічної дільниці, де при необхідності їх підготовляють до зварювання, наплавлення або наварювання.

В залежності від виду і особливостей ведення зварювального процесу деталі на дільниці сортують на чотири групи:

- деталі, що відновлюються газовим зварюванням;
- деталі, що відновлюються ручним електродуговим зварюванням;
- деталі, що потребують при відновленні попереднього загального нагріву і наступного повільного охолодження;
- деталі, що відновлюються механізованими способами.

Наплавленням в середовищі рідини відновлюють в основному деталі, які працюють при невеликих знакозмінних навантаженнях.

В середовищі захисних газів відновлюють деталі, які працюють при значних повторних змінних навантаженнях, але від яких не вимагається висока зносостійкість. Під флюсом відновлюють деталі, що працюють при великих знакозмінних навантаженнях і від яких вимагається висока зносостійкість.

Після перевірки якості зварювання і наплавлення деталі поступають в слюсарно-механічну або термічну дільницю для їх подальшої обробки.

2.11 Розрахунок трудомісткості зварювально-наплавлювальних робіт дільниці

Провівши аналіз номенклатури деталей сільськогосподарської техніки, які відновлюються зварюванням і наплавленням, приймаємо $T = 10264$ люд-год.

Від загальної річної трудомісткості зварювально-наплавлювальних робіт:

- ручне зварювання і наплавлення складе

$$T_{руч} = T_p \cdot \kappa_2 = 10264 \cdot 0,4 = 4128,44 \text{ люд-год.}$$

- механічне зварювання і наплавлення складе

$$T_{авт} = T_p \cdot K_3 = 10264 \cdot 0,6 = 6135,84 \text{ ЛЮД-ГОД.}$$

2.12 Розрахунок робочої сили і робочих місць на дільниці

Визначення числа виробничих робітників ведеться розрахунковим шляхом в залежності від об'єму робіт.

Списочний ($R_{сп}$) і явочний ($R_{яв}$) склад основних виробничих робочих визначається за формулами:

$$R_{сп} = \frac{T}{\Phi_{др} \cdot K},$$

$$R_{яв} = \frac{T}{\Phi_{н} \cdot K},$$

Підставивши значення у формули визначаємо:

- списочну кількість зварювальників (ручне зварювання і наплавлення)

$$R_{сп.зв} = \frac{4128,44}{1803,6 \cdot 1,05} = 2,18 \text{ чол. Приймаємо, } R_{сп.зв} = 2 \text{ людини.}$$

- явочну кількість зварювальників

$$R_{яв.зв} = \frac{4128,44}{2004 \cdot 1,05} = 1,96 \text{ чол. Приймаємо, } R_{яв.зв} = 2 \text{ людини.}$$

- списочну кількість наплавлювальників (механічне зварювання і наплавлення)

$$R_{сп.н} = \frac{6135,84}{1803,6 \cdot 1,05} = 3,23 \text{ чол. Приймаємо, } R_{сп.н} = 3 \text{ людей.}$$

- явочну кількість наплавлювальників

$$R_{яв.н} = \frac{6135,84}{2004 \cdot 1,05} = 2,91 \text{ чол. Приймаємо, } R_{яв.н} = 3 \text{ людей.}$$

Визначаємо число основних виробничих працівників дільниці

$$R_{осн} = R_{сп.зв} + R_{сп.н} = 2 + 3 = 5 \text{ чоловік}$$

Знаходимо кількість допоміжних робочих, яка складає 10...15% від кількості основних виробничих робочих

$$R_{доп} = R_{осн} \cdot (0,10 \dots 0,15) = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ людини}$$

Приймаємо, $R_{доп} = 1$ людина.

Складаємо штатну відомість дільниці, приведену в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Штатна відомість дільниці

Найменування спеціальностей робочих	Трудомісткість робіт, чол.	Номинальний фонд часу, год	Явочна Кількість робочих, по розрахунку	Прийнята кількість явочних робочих	Дійсний фонд часу, год	Облікова Кількість робочих, по розрахунку	Прийнята кількість облікових робочих
Зварювальники	4128,44	2004	2,18	2	1803,6	1,96	2
Наплавлювальники	6135,84	2004	3,23	3	1803,6	2,91	3
Всього							5

2.13 Розрахунок, і вибір технологічного обладнання

Все обладнання ремонтних підприємств за призначенням розділяють на виробниче, допоміжне, підйомно-транспортне і енергетичне.

Кількість обладнання і робочих місць розраховують у відповідності з технологічним процесом, трудомісткістю робіт і фондами часу. Кількість одиниць зварювального та наплавлювального обладнання можна визначити по формулі:

$$N_{об} = \frac{T_p \cdot K_v}{\Phi_{д,об} \cdot K_n},$$

Підставив значення у формулу визначаємо число:

– постів ручного електродугового зварювання і наплавлення

$$N_e = \frac{10264,28 \cdot 0,15}{1883,8 \cdot 0,9} = 0,9,$$

Приймаємо $N_e = 1$ пост.

– постів ручного газополуменевого зварювання і наплавлення

$$N_z = \frac{10264,28 \cdot 0,13}{1883,8 \cdot 0,9} = 0,78,$$

Приймаємо $N_r = 1$ пост

– установок для механізованого зварювання і наплавлення під шаром флюсу

$$N_\phi = \frac{10264,28 \cdot 0,14}{1883,8 \cdot 0,9} = 0,85,$$

Приймаємо $N_\phi = 1$ установку.

– установок для механізованого зварювання і наплавлення у середовищі захисних газів і порошковим дротом

$$N_c = \frac{10264,28 \cdot 0,33}{1883,8 \cdot 0,9} = 1,99,$$

Приймаємо $N_c = 2$ установки

– установок для вібродугового наплавлення

$$N_b = \frac{10264,28 \cdot 0,25}{1883,8 \cdot 0,9} = 1,5,$$

Приймаємо $N_b = 1$ установку.

Розраховане і прийняте обладнання дільниці зводимо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Відомість обладнання зварювально-наплавлювальної дільниці

Номер на кресленні та найменуванні обладнання	Кількість	Марка, тип обладнання	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²		Установлена потужність, кВт
				одиниці обладнання	усього обладнання	
1. Верстат наплавочний	2	У-653М	2720×1220	3,32	6,64	5,10
2. Верстат токарно-гвинторізний, для наплавочних робіт	1	1К62	2812×1181	3,32	3,32	15,00
3. Головка наплавлювальна вібродугова	1	ОКС-6569 ГОСНІТИ	730×300	0,22	0,44	0,44
4. Установка для контактного наварювання	1	011-1-02М “Ремдеталь”	2730×880	2,40	2,40	2,20
5. Лазерна установка для наплавлювання	1	ЛТПН-1505	3350×1860	6,231	6,231	35
6. Система життєзабезпечення лазерної установки	1	-	1000×1000	1	1	30
7. Стіл для електрозварювальних робіт	1	ОКС-7523 ГОСНІТИ	1100×750	0,82	0,82	-
8. Стіл для газозварювальних робіт	1	ОКС-7547 ГОСНІТИ	1100×750	0,82	0,82	-
9. Екран захисний	5	Власного вигот.	-	-	-	-
10. Випрямляч селеновий	4	ВДУ-504	1275×816	1,04	3,12	160,00
11. Трансформатор зварювальний	2	ТС-500	760×570	0,43	0,86	64,00

12. Обдирочно-шліфувальна машина з гнучким валом	1	ЗА382	725×530	0,38	0,38	2,20
13. Підставка під кисневі балони	1	Власного вигот.	1000×500	0,50	0,50	-
14. Балон кисневий	2	150П	Ø300	0,07*	0,14*	-
15. Генератор ацетиленовий	1	ГВР-1,25М	Ø480	0,18	0,18	-
16. Стелаж для корпусних деталей	1	Власного вигот.	2800×1200	3,36	3,36	-
17. Стелаж для деталей	2	Власного вигот.	1000×600	0,60	1,20	-
18. Вертушка для дроту	1	Власного вигот.	500×500	0,25	0,25	-
19. Ящик для піску	1	ОРГ-1468-03-320	500×400	0,20	0,20	-
20. Ларь для обтирочних матеріалів	1	ОРГ-1468-07-090А	1000×500	0,50	0,50	-
21. Кран-балка	1	П-751	-	-	-	3,38
22. Кран консольно-поворотний	1	П-402	1500×1500	2,25	2,25	4,50
Усього					34,61	401,82

2.14 Розрахунок площі зварювально-наплавлювальної дільниці

Найбільш доцільно використовувати розрахунок площі дільниці по площині підлоги, яку займає обладнання, і по перехідним коефіцієнтам.

$$F = \sum F_0 \cdot k = 34,61 \cdot 4,5 = 155,75 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу дільниці, $F=156 \text{ м}^2$

2.15 Компонування зварювально-наплавлювальної дільниці

Основним правилом при компонуванні дільниці є відповідність між транспортуванням деталей і виробничим процесом.

Компонування дільниці залежить від характеру дефектів, які усуваються, від типу підприємства і рівня спеціалізації.

Робочі місця в зварювально-наплавлювальної дільниці розміщують в відповідності до технологічного процесу ремонту об'єкту. Пости для електродугової сварки звичайно розташовують у темній (глухій) стіні і огорожують металевими щитами, які створюють кабінки. Пости

газополуменевого зварювання розміщують точно так, але не огорожують.

Обладнання і робочі місця для механізованого зварювання і наплавлення розміщують вздовж стін з природним освітленням.

2.16 Технологічне обґрунтування процесів відновлення деталей

Технологічна собівартість наплавлювання валика виключення за базовою технологією

Річна технологічна собівартість наплавлювання

$$C_{\text{тех.зв.}} = (B_{\text{мех}} + B_n + Z_{\text{од}} + B_{\text{соц}} + A_{\text{зв}} + B_p)N_v + B_{\text{звн}},$$

У базовому способі 2 установки – для автоматичного наплавлення під шаром флюсу і для електрошлакового наплавлення. В запропонованому замість них пропонується установка для лазерного наплавлення.

Витрати на технологічну енергію

$$B_{\text{мех}} = H_n A_m \Pi_e,$$

$$A_m = \frac{Sh\gamma}{1000},$$

$$A_m = \frac{Sh\gamma}{1000} = \frac{1,2 \cdot 4,2 \cdot 7,7}{1000} = 0,04 \text{ кг}$$

$$B_{\text{мех}} = H_n A_m \Pi_e = 3 \cdot 0,04 \cdot 0,5 = 0,06 \text{ грн}$$

Витрати на електроди

$$B_{\text{ел}} = H_{\text{нел}} A_m \Pi_{\text{ел}},$$

$$B_{\text{ел}} = H_{\text{нел}} A_m \Pi_{\text{ел}} = 3 \cdot 0,04 \cdot 12 = 1,44 \text{ грн}$$

Витрати на флюс

$$\Phi = H_{\text{нф}} A_m B_{\text{ф}},$$

$$\Phi = H_{\text{нф}} A_m B_{\text{ф}} = 0,5 \cdot 0,04 \cdot 5 = 0,1 \text{ грн}$$

Заробітна платня (основна і додаткова) робітників-наплавлювальників

$$Z_{\text{од}} = \sum_{i=1}^m l_{\text{зод}} \frac{t_{\text{умi}}}{60} (1 + 0,01\alpha)(1 + 0,01\beta),$$

$$Z_{\text{од}} = \sum_{i=1}^m l_{\text{зод}} \frac{t_{\text{умi}}}{60} (1 + 0,01\alpha)(1 + 0,01\beta) = 7,84 \cdot \frac{41,07}{60} (1 + 0,01 \cdot 20)(1 + 0,01 \cdot 18) = 7,6 \text{ грн}$$

α : 20-25%, β : 12-20%.

Відрахування на соціальні заходи

$$B_{соц} = \frac{K_{соц} \cdot Z_{од}}{100},$$

$$B_{соц} = \frac{K_{соц} \cdot Z_{од}}{100} = \frac{37,5 \cdot 8}{100} = 3 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію наплавлювальних агрегатів і трансформаторів

$$A_{нап} = \frac{(\Phi_{з.бал.} H_{аз} + \Phi_{т.бал.} H_{ам}) t_{ум}}{100 F_{дрм} 60},$$

$$A_{нап} = \frac{(\Phi_{з.бал.} H_{аз} + \Phi_{т.бал.} H_{ам}) t_{ум}}{100 F_{дрм} 60} = \frac{(950000 \cdot 15 + 10000 \cdot 15) 51,07}{100 \cdot 1883,8 \cdot 60} = 65 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт і міжремонтне обслуговування зварювальних агрегатів і трансформаторів

$$B_p = \frac{(\Phi_{з.бал.} + \Phi_{т.бал.}) H_p t_{ум}}{100 F_{дрм} 60},$$

$$B_p = \frac{(\Phi_{з.бал.} + \Phi_{т.бал.}) H_p t_{ум}}{100 F_{дрм} 60} = \frac{(950000 + 10000) \cdot 15 \cdot 51,07}{100 \cdot 1883,8 \cdot 60} = 65 \text{ грн}$$

Річні витрати на складально-наплавлювальні пристосування

$$B_{сзвн} = 0,6 S_n,$$

$$B_{сзвн} = 0,6 S_n = 0,6 \cdot 1200 = 720 \text{ грн}$$

$$\begin{aligned} C_{тех.нап.} &= (B_{тех} + B_{ел} + Z_{од} + B_{соц} + A_{зв} + B_p) N_e + B_{сзвн} = \\ &= (0,06 + 1,44 + 0,1 + 7,6 + 3 + 65 + 65) \cdot 2926 + 720 = 416797,2 \text{ грн} \end{aligned}$$

Технологічна собівартість наплавлювання валика виключення за запропонованою технологією

Річна технологічна собівартість наплавлювання

$$C_{тех.зв.} = (B_{тех} + B_n + Z_{од} + B_{соц} + A_{зв} + B_p) N_e + B_{сзвн},$$

Витрати на технологічну енергію:

$$B_{тех} = H_n A_m \Pi_e,$$

де H_n - середні витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу, кВт-год;

A_m - маса металу, що витрачається, кг.

$$A_m = \frac{Sh\gamma}{1000},$$

$$A_m = \frac{Sh\gamma}{1000} = \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 5,7}{1000} = 0,00684 \text{ кг}$$

$$B_{mex} = H_n A_m \Pi_e = 1,3 \cdot 0,00684 \cdot 0,5 = 0,0044 \text{ грн}$$

Витрати на порошок

$$B_n = H_{nn} A_m \Pi_n,$$

$$B_{en} = H_{nn} A_m \Pi_n = 1,3 \cdot 0,0091 \cdot 50 = 0,6 \text{ грн}$$

Заробітна платня (основна і додаткова) виробничих робітників-наплавлювальників

$$Z_{od} = \sum_{i=1}^m l_{zod} \frac{t_{umi}}{60} (1 + 0,01\alpha)(1 + 0,01\beta),$$

$$Z_{od} = \sum_{i=1}^m l_{zod} \frac{t_{umi}}{60} (1 + 0,01\alpha)(1 + 0,01\beta) = 7,8 \cdot \frac{18,7}{60} (1 + 0,01 \cdot 20)(1 + 0,01 \cdot 18) = 3,4 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи

$$B_{соц} = \frac{K_{соц} \cdot Z_{od}}{100},$$

$$B_{соц} = \frac{K_{соц} \cdot Z_{od}}{100} = \frac{37,5 \cdot 3,4}{100} = 1,28 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію наплавлювальних агрегатів і трансформаторів:

$$A_{nan} = \frac{(\Phi_{з.бал.} H_{аз} + \Phi_{т.бал.} H_{ам}) t_{ум}}{100 F_{дрм} 60 \cdot K_{zn}},$$

Так як зносостійкість після лазерного наплавлювання в порівнянні з базовим методом підвищується в 3 рази, тобто деталь в три рази довше працюватиме і не повернеться знову на відновлення вводимо коефіцієнт $K_{zn} = 3$.

$$A_{nan} = \frac{(\Phi_{з.бал.} H_{аз} + \Phi_{т.бал.} H_{ам}) t_{ум}}{100 F_{дрм} 60} = \frac{(2000000 \cdot 15 + 5000 \cdot 15) 18,7}{100 \cdot 1883,8 \cdot 60 \cdot 3} = 16,58 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт і міжремонтне обслуговування зварювальних агрегатів і трансформаторів:

$$B_p = \frac{(\Phi_{з.бал.} + \Phi_{т.бал.}) H_p t_{ум}}{100 F_{дрм} 60 \cdot K_{zn}},$$

Так як зносостійкість після лазерного наплавлювання в порівнянні з базовим методом підвищується в 3 рази, тобто деталь в три рази довше працюватиме і повернеться знову на відновлення вводимо коефіцієнт $K_{zn} = 3$.

$$B_p = \frac{(\Phi_{з.бал.} + \Phi_{т.баз.})H_p t_{ум}}{100F_{др.м} 60} = \frac{(2000000 + 5000) \cdot 15 \cdot 18,7}{100 \cdot 1883,8 \cdot 60 \cdot 3} = 16,58 \text{ грн}$$

Річні витрати на складально-наплавлювальні пристосування: $B_{сзвн} = 0,6S_n$,

$$B_{сзвн} = 0,6S_n = 0,6 \cdot 800 = 480 \text{ грн.}$$

$$C_{тех.нап.} = (B_{тех} + B_n + Z_{од} + B_{соц} + A_{зв} + B_p)N_6 + B_{сзвн} =$$

$$(0,0044 + 0,6 + 3,4 + 1,28 + 16,58 + 16,58) \cdot 2926 + 480 = 112968,3 \text{ грн}$$

Ефект від розробки або модернізації установки (пристосування).

Визначення річного економічного ефекту від впровадження установки.

$$E_p = (C_y^B - C_y^H)N,$$

$$E_p = (C_y^B - C_y^H)N = (416797,2 - 112968,3) = 303829 \text{ грн}$$

Визначення строку окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{C_y}{E_p},$$

$$T_{ок} = \frac{C_y}{E_p} = \frac{2000000}{303829} = 6,5$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок елементів цангового механізму

Аналізуючи затискні пристрої краще вибрати цанговий затискний пристрій так як він має ряд переваг: сталість сили затиску та безпека в

експлуатації, так як під час обробки стиснене повітря в порожнині відсутнє і можливе падіння тиску в мережі, не впливає на затискач; порівняльна простота схеми пневмоприводу (не потрібні зворотний клапан і реле тиску);

порожнина шпинделя вільна від тяги або штовхача, необхідних у звичайних конструкціях пневмоприводу і до того ж дозволяє скоротити час встановлення та виймання деталі в порівнянні з іншими затискними пристроями.

Також для підтримки деталі, тому що вона велику довжину, обираємо люнет і центр. Вони будуть підтримувати деталь, щоб вона оберталась прямо.

Осьова сила, що забезпечує деформацію втулки, визначається з виразу:

$$Q = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi),$$

Розрахункова сила цангового механізму представлена на рисунку 3.1.

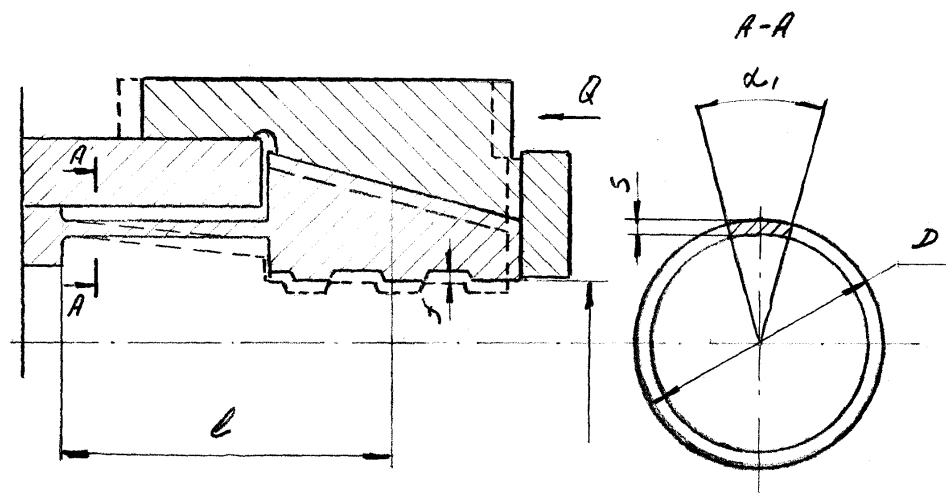


Рисунок 3.1. Розрахункова сила цангового механізму

Так як це цангове пристосування є універсальним, то приймаємо [3]

$$P_1 = 3,5 \cdot P_{\text{різ}}.$$

Вихідні дані для розрахунків.

Оброблюваний матеріал - сталь легована з границею міцності

$$\sigma_s = 750 \text{ МПа.}$$

Матеріал ріжучої частини інструмента - твердий сплав.

Базова модель верстата - токарно-гвинторізний верстат 1К62.

Діапазон діаметрів оброблюваних сфер - $D = 20 \dots 100$ мм.

Розрахунок сил різання при обробці сфер.

Приймаємо різець для обробки сфер з наступними параметрами:

$\phi = 45^\circ$ - головний кут в плані;

$\phi_1 = 10^\circ$ - допоміжний кут в плані;

$\alpha = 8^\circ$ - головний задній кут;

$\gamma = 10^\circ$ - передній кут.

Приймаємо глибину різання $t = 1$ мм, а за рекомендаціями назначаємо подачу $S = 0,4$ мм/об і швидкість різання $v = 25$ м/хв.

Визначаємо сили різання

$$P_z = C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot v^{n_z} \cdot k_{P_z},$$

де $C_{P_z} = 3000$ - постійний коефіцієнт;

$$\left. \begin{array}{l} X_{P_z} = 1,0 \\ Y_{P_z} = 0,75 \\ n_z = 0,15 \end{array} \right\} \text{ - показники степеня;}$$

$k_{P_z} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал,

$$P_z = 3000 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 25^{0,15} \cdot 1,0 = 2379 \text{ Н.}$$

Осьова сила або сила подачі:

$$P_x = C_{P_x} \cdot t^{X_{P_x}} \cdot S^{Y_{P_x}} \cdot v^{n_x} \cdot k_{P_x},$$

де $C_{P_x} = 339$ - постійний коефіцієнт;

$$\left. \begin{array}{l} X_{P_x} = 1,05 \\ Y_{P_x} = 0,2 \\ n_x = 0,4 \end{array} \right\} \text{ - показники степеня;}$$

$k_{P_x} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал,

$$P_x = 339 \cdot 1,0^{1,05} \cdot 0,4^{0,2} \cdot 25^{0,4} \cdot 1,0 = 1087 \text{ Н}$$

Радіальна сила

$$P_y = C_{P_y} \cdot t^{X_{P_y}} \cdot S^{Y_{P_y}} \cdot v^{n_y} \cdot k_{P_y},$$

де $C_{P_y} = 843,0$ - постійний коефіцієнт;

$$\left. \begin{array}{l} X_{P_y} = 0,9 \\ Y_{P_y} = 0,6 \\ n_y = 0,3 \end{array} \right\} - \text{показники степеня,};$$

$k_{P_y} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал,

$$P_y = 843,0 \cdot 1,0^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 25^{0,3} \cdot 1,0 = 1276 \text{ Н}$$

$$P_{\text{піз}} = P_z + P_x + P_y = 2379 + 1087 + 1276 = 4742 \text{ Н}$$

Так як це цангове пристосування є універсальним, то приймаємо

$$P_1 = 3,5 \cdot P_{\text{піз}} = 3,5 \cdot 4742 = 16597 \text{ Н.}$$

Визначаємо силу, направлену на подолання пружності пелюсток цанги за формулою.

$$P_2 = 3 \cdot \frac{E \cdot I \cdot f \cdot z}{l^3},$$

$$E = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2;$$

$$f = 5 \text{ мм};$$

$$z = 8;$$

$$l = 100 \text{ мм.}$$

Знаходимо момент інерції сектора за формулою

$$I = \frac{D^3 \cdot S}{8} \cdot \left(\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \frac{2 \cdot \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right),$$

$$D = 43 \text{ мм};$$

$$S = 2 \text{ мм};$$

$$\alpha_1 = 40^\circ \approx 0,698132.$$

$$I = \frac{43^2 \cdot 2}{8} \cdot \left(0,698 + \sin 40^\circ \cdot \cos 40^\circ - \frac{2 \cdot \sin^2 40^\circ}{0,698} \right) = 136,5 \text{ мм}^3.$$

Підставивши отримане значення моменту інерції сектора цанги, визначаємо силу, направлену на подолання пружності пелюсток.

$$P_2 = 3 \cdot \frac{2,2 \cdot 10^5 \cdot 136 \cdot 5 \cdot 8}{100^3} = 1196,8 \text{ Н.}$$

Силу, направлену на подолання жорсткості зворотних пружин, визначаємо за формулою

$$P_3 = F \cdot n = 160 \cdot 4 = 640 \text{ Н,}$$

$$F = 160 \text{ Н;}$$

$$n = 3.$$

Підставивши отримане значення сил, визначаємо осьову силу, необхідну для затяжки цанги:

$$Q = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi),$$

$$Q = (16597 + 1196,8 + 640) \cdot \operatorname{tg}(22^\circ 30' + 5^\circ 43') = 8578,98 \text{ Н.}$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Методи експериментальних досліджень якості покриттів

Дослідження покриття на міцність зчеплення

Одним із основних методів визначення міцності зчеплення покриття з основним металом являється штифтовий метод (ГОСТ 14760-60). Він являється найбільш розповсюдженим і має багато різновидностей. Але ці методи (штифтів) мають ряд недоліків. Справа в тому, що між штифтом і

оправкою утворюється зазор біля 10 мкм і в цей зазор можуть проникати частинки напиленого металу.

Якщо спряження штифта і шайби туге, то на точність вимірювання впливають сили тертя і Ван-дер-Вальса.

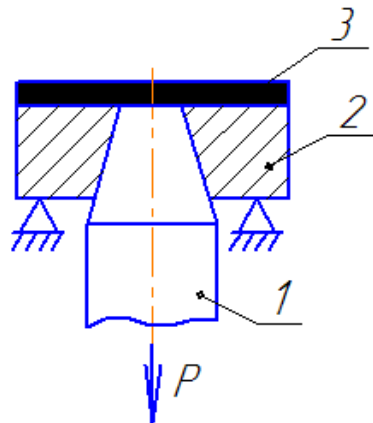


Рисунок 4.1 - Схема витягування штифта.

1- штифт; 2- деталь; 3-покриття.

Залежність переміщення штифта (L , мм), прикладене навантаженням (P , Н) виглядає так (рисунок 4.2). На початку навантаження вибираються люфти (відрізок (1-2)). Потім йде швидкий ріст навантаження при незначній пружній деформації штифта (відрізок 3). Точка А відповідає початку відривання штифта від покриття, що супроводжується зниженням величини навантаження (відрізок 4).

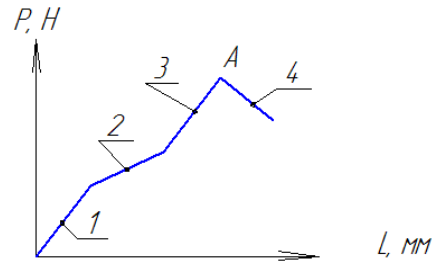


Рисунок 4.2 - Залежність переміщення штифта (L, мм), прикладене навантаженням (P, Н)

При штифтовому методі розрізняють 4 види руйнування:

1. При чистому відриві міцність з'єднання визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{4P}{\pi d^2}, \text{ МПа,}$$

2. При прориві покриття по периметру штифта спостерігається при великих напругах зрізу.

3. Руйнування змішане по покриттю і границі розподілу.

4. Внутрішнє руйнування – коли по всій поверхні торця штифта залишається рівномірний шар покриття.

Штифти можуть мати різну форму: циліндричну (круглу), трикутна, кільцева. Найбільш переважною являється кільцевою форма.

Встановлені правила при підготовці штифта.

1. Штифт виготовляється з того ж металу і з такою ж структурою що і деталь. Точність не нижча 12-го квалітету. СТ СЭВ 144-75.

2. Допуск діаметром конуса в будь-якому перерізі, для шайби H7, для штифта – h7.

3. Шайбу можна виконати із сталі будь-якої марки. Внутрішня частина шліфується до шорсткості Ra 1,25.

4. При виготовленні зразок не повинен нагріватися.

5. Торець оброблюють дробеструйною обробкою і промивають спиртом

Встановлено, що при витягування штифта, матеріал покриття піддається як відривним, так і зрізним навантаженням. Відношення напруження відриву до напруження зрізу $\sigma_{\text{відр}} / \tau_{\text{зрізу}}$ при газополуменевому напиленні складає 0,364-

0,385, тому відношення $S/d_{\text{ш}}$ повинно бути не більше 0,1, тобто при діаметрі ($d_{\text{ш}}$) штифта 2 мм, товщина покриття (S) повинна бути не менше 0,2 мм.

Для того, щоб у зазор не потрапляв матеріал роблять спеціальний штифт з тонкостінною головкою.

Міцність з'єднання покриття:

$$\sigma = \frac{4(F_0 - F_{\text{CEP}})}{\pi d^2}, \text{ МПа}$$

Дослідження покриття на пористість

Методом світлової мікроскопії вимірюються розміри пор за допомогою оптичного мікроскопа з Web-камерою та комп'ютера (Motic DM-BA-300). При цьому пори вимірюються за найбільшою протяжністю (велика вісь) і найменшою протяженістю (мала вісь). Визначаються мінімальні, максимальні та середні розміри пор з наступним обчисленням статичних характеристик.

Дослідження твердості покриття

Визначення твердості по Роквеллу

При використанні алмазного конуса - за шкалою А приймається $F_0 = 98$ Н, $F_1 = 490$ Н і $F = 600$ Н. За шкалою С- $F_0 = 100$ Н, $F_1 = 1373$ Н і $F = 1471$ Н. Число твердості виражається формулою $\text{HRC (HRA)} = 100 - e$, де $e = (h - h_0) / 0,002$ мм (0002 мм - ціна поділки шкали індикатора приладу для випробування твердості по Роквеллу). За шкалою В попереднє навантаження F_0 становить 98 Н, основне 883 Н і загальне 981 Н. Твердість за шкалою В $\text{HRB} = 130 - e$.

Одиниця твердості по Роквеллу - безрозмірна величина, що відповідає осьовому переміщенню індикатора на 0002 мм.

Межі вимірювання твердості за шкалою А, В і С встановлюються наступні: шкала А - 70-85 одиниць, шкала С - 22-68 одиниць, шкала В - 25-100 одиниць. Твердість по Роквеллу позначається цифрами, які характеризують величину твердості, і буквами HR із зазначенням шкали твердості. Наприклад, 61 HRC (твердість 61 за шкалою С). За шкалою С визначають твердість матеріалів з високою твердістю, коли сталева куля може деформуватися. Для вимірювання твердості за шкалою С Роквелла застосовують шкалу, відтворену державним спеціальним еталоном. Твердість, вимірювання за

шкалою С Роквелла, відтворюваних державним спеціальним еталоном, позначають HRC_e на відміну від позначення раніше застосованого в промисловості (HRC). Шкала А використовується для визначення твердості тонких (0,5-1,0 мм) поверхневих шарів і дуже твердих матеріалів. За шкалою В визначають твердість порівняно м'яких матеріалів. Величина твердості по Роквеллу не має точного методу перекладу в інші величини твердості або міцності при розтягу.

Метод металографічного дослідження

Металографічні дослідження проводять на зразках, які заготовляють наперед або вирізають з деталей. Підготовлюють зразки – шліфують, полірують, травлять. Фотографія протравленої поверхні зразка в цифровому відображенні використовується в системі Photoshop для обробки вмісту фаз, включень. Для цього в меню “Файл” вибирають директорію, де зберігають зображення поверхні шліфу. В “Меню”, “Цветовой ряд”, “Пушистости” вибирають 40 одиниць. За допомогою опції “Волшебная палочка” виділяють необхідні металографічні компоненти для дослідження компонентів покриття або модифікації поверхні. Наступним етапом є проведення сегментації за яскравістю побудовою мод гістограми. В результаті отримуємо гістограму тонових інтервалів. Вибираючи діапазон певного тонового інтервалу визначають його частку на фоні гістограми (%). На моніторі висвітлюються обсяг в пікселях, відсотковий вміст фази, стандартні відхилення, медіана.

Випробування покриттів на машинах тертя

Існують різні типи машин тертя, на них реалізують різні схеми спряжень деталей, тобто різні схеми вузлів. Для розширення уявлень про поведінку контртіла у часі і деталізації процесу його зносу проведені випробування в області високих навантажень. Діапазон навантажень обмежений значеннями 900-1300 Н, що дозволяє отримати додаткову інформацію про поведінку пари. Дослідження проводились на машині тертя СМТ-1 на наплавлених роликах (основа – сталь 45) і контртілах у вигляді випуклих напівциліндрів ($R=7$ мм) з загартованої сталі ШХ15 по схемі “ролик-колодка” при крапельному змащуванні мастилом АС-8. Швидкість обертання ролика відповідала 500 об/хв.. Така пара в значному імітує, наприклад, багато кулачкових спряжень.

Припрацювання пари здійснювали по моменту тертя на навантаженні 900 Н, яка була встановлена з розрахунку на контактну міцність з урахуванням даних попередніх випробувань.

Випробування для всіх навантажень проводили до 10^6 циклів з реєстрацією моменту тертя, температури колодки, її зносу і візуальною оцінкою стану поверхні наплавленого ролика.

Визначення хімічного складу

Флуоресцентний рентгеноспектральний аналіз

При цьому методі рентгенівські промені проникають в об'єкт (декілька мкм), знімається дифрактограма, розшифровується і визначаються усереднені дані по хімічному складу. Рентгеноспектральний флуоресцентний аналіз виконується за допомогою вакуумного приладу «СПРУТ», який забезпечує можливість якісного та кількісного аналізу складу підготовлених зразків розміром 15×40 мм з ділянкою плоскої поверхні не менше 15×15 мм і з чистотою обробки поверхні не нижче 6. Хімічні елементи вимірюються по чергово. Час вимірювання не більше 2 хвилин на один хімічний елемент, тобто аналіз підготовленого зразка сплаву, який складається з 8-10 елементів можна отримати лише за 15-20 хвилин без врахування часу відкачування вакуумної системи. Спектрометр СПРУТ реєструє характеристичні лінії елементів від Sn (21) до U (92), довжини хвиль яких лежать в діапазоні 0,35 - 3,0 А.

Мікрорентгеноспектральний аналіз

Рентгенівське випромінювання збуджується пучком електронів. Метод має електронний зонд. За допомогою електронних лінз розмір локальної поверхні може бути сфокусовано до кількох сотих мікрона. Цим методом можна визначити всі елементи таблиці Менделєєва починаючи з дванадцятого, отримувати фотографії, на яких дано розподіл елементів. Для проведення рентгенографічних досліджень використовуються як рентгенівські апарати з фотореєстрацією (УРС-4.0, УРС-0.02). Більшість із зазначених апаратів управляються з консолі персонального комп'ютера з автоматизованим збором і обробкою експериментальних даних.

4.2 Результати експериментальних досліджень

Результати досліджень на міцність зчеплення покриття з основою та зношування.

При випробуваннях наплавлень на основі ПР-Н73Х16СЗРЗ (навантаження 900 і 1100 Н в продовж 10^6 циклів навантажень) практично не спостерігалось руйнування напавленого шару. При збільшеності продовжуваності навантажень до $2 \cdot 10^6$ циклів на поверхні напавленого шару було виявлена рідка сітка мікротріщин. На напавленні на основі порошку ПГ-ФБХ6-2 сітка мікротріщин з'явилась до $N = 1,5 \cdot 10^6$. При збільшенні продовжуваності випробувань поверхня зразка швидко руйнувалась. При навантаженні 1300 Н сітка мікротріщин візуально спостерігалась після 10^6 циклів навантажень. При збільшенні числа навантажень до $2 \cdot 10^6$ відбувалось суттєве збільшення числа мікротріщин, що свідчило про початок руйнування. Знос колодки при ступенево зростаючому навантаженні відбувався рівномірно (рисунок 4.5) причому, суттєво інтенсивніше для наплавок на основі порошків з заліза.

Для порівняння при тих же режимах було проведено випробування роликів з загартованої сталі 45 з колодками з ШХ15 (рисунок 4.3). Отримані результати свідчать про високу робото здатність шарів, напавлених лазерним променем, в умовах різних механізмів зношування. Діапазон навантажень, в межах якого напавлені шари, працюючи в парі з традиційними конструкційними матеріалами, проявляють свої достоїнства, достатньо широкий і має високі верхні межі.

Очевидно, що підбір наплавочних матеріалів і змащування дає можливість оптимізувати пару для різних умов експлуатації.

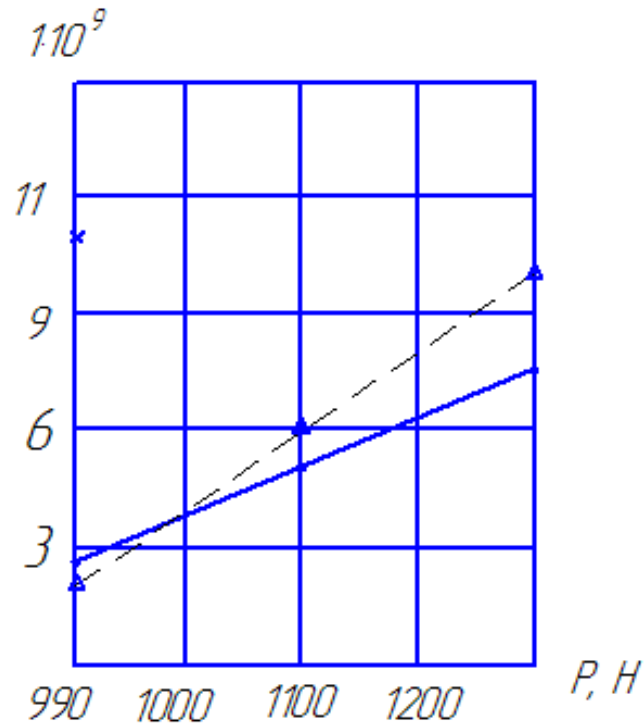


Рисунок 4.3 - Інтенсивність зношування колодки при терті по наплавленому шару PP-N73X16C3P3 (1), ПГ-ФБХ6-2 (2) і по сталі 45 (3).

Висока ефективність лазерного наплавлення підтверджується результатами порівняльних випробувань різних методів нанесення покриттів.

В таблиці 4.1 приведені дані до технології наплавки кулачкового і розподільчого валів (сталь 45). Наплавку проводили типовими дротами Нп70, 30ХГСА, плазмове напилення і лазерне наплавлення – порошками PP-N73X16C3P3.

Таблиця 4.2 - Значення деяких характеристик промислових металопокриттів.

Метод нанесення покриття	Оціночний показник			
	Міцність зчеплення	Зносостійкість	Межа витривалості	Собівартість
Вібродугова наплавка	1,0	1,0	0,6	-
Наплавка під флюсом	1,0	0,9	0,6	-
Лазерне наплавлення	0,9	Не нижче 1,4	До 1,0	0,3
Хромування	0,5	До 1,6	1,0	1,0
Плазмове напилення	Менш 0,1	До 1,4	0,9	0,4
Детонаційне напилення	0,2	До 1,8	До 1,4	0,3

Результати досліджень на пористість.

Як показали дослідження порошки самофлюсуючихся сплавів по хімічному складу є в основному аналогами відомих марок типу ПГ-СР і СНГН, але відрізняються пониженим вмістом кисню та інших домішок. Вони дозволяють створювати щільні безпористі шари, які мають стійкість до зносу, в тому числі і при температурах до 600°C, і корозійну стійкість. Ці порошки застосовуються для відновлення і зміцнення клапанів, розподільчих валів двигунів внутрішнього згорання, лопаток, роторів, валів, втулок гідронасосів, деталей сільськогосподарських машин та ін. Для підвищення зносостійкості покриттів використовують композиції на основі самофлюсуючихся матеріалів з високотвердими наповнювачами: карбіди, бориди, оксиди і т.п. До цих порошків відноситься обраний нами ПР-Н73Х16С3Р3.

Порошки високолегованих сталей ПР-15Х12Ф6Д, ПР-29Х14Ф12Д являють собою сталі типу Х17 і Х13, зміцнені введенням в матрицю боридів і карбідів хрому і ванадію для отримання зносостійких і корозійних покриттів. Порошки сплавів ПР-Х18Н9 і ПР-Х23Н28М3Д3Т використовують для виготовлення пористих виробів для фільтрації агресивних рідин і газів, а також для нанесення корозійно-стійких покриттів. Порошки сплавів ПР-10Р6М5, ПР-М6Ф3, ПР-Х18ФНМ потрібні для нанесення покриттів на деталі, які працюють в умовах інтенсивного зношування при ударних навантаженнях, наприклад на деталі штампів; вони застосовуються також для створення робочих поверхонь ріжучого інструмента.

Порошки високолегованих чавунів ПГ-С27, ПГ-С1, ПГ-ФБХ6-2, ПГ-УС25 використовують для наплавлення деталей металургійного, сільськогосподарського, енергетичного, гірничого і іншого обладнання, працюючого в умовах абразивного зношування при нормальних і підвищених (до 500°C) температурах. При напавленні порошку ПР-ЧН15Д7 отримують шари, які відрізняються корозійною стійкістю, зносостійкістю, жаростійкістю і жароміцністю. Порошок ПР-ЧЮ22СГ застосовують для захисту деталей, працюючих при високих температурах в умовах окислювального і абразивного зношування.

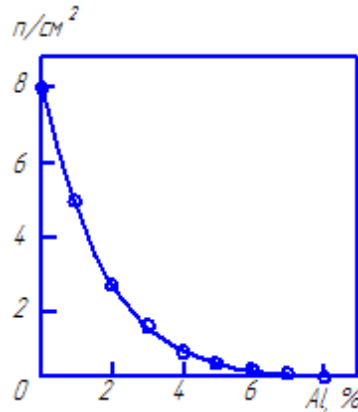


Рисунок 4.4 - Залежність утворення числа пор в наплавленому шарі від вмісту алюмінію в наплавленому порошку (наплавка сплавом ПГ-С1).

Результати досліджень твердості покриттів.

Лазерне наплавлення порошку ПР-Н73Х16С3Р3 на підкладку зі сталі 45 показала суттєву залежність твердості і товщини покриттів від зернистості порошку (рисунок 4.5). При наплавленні порошоків зернистістю 100 – 200 мкм наплавлений шар при товщині порядку 300 мкм має максимальну мікротвердість порядку 6500 – 7500 МПа, розподілену по всій товщині; твердість покриттів, наплавлених порошком зернистістю до 100 мкм, значно нижче – 2500 – 4000 МПа (рисунок 4.5, а, б). Товщина покриття при цьому менше, оскільки така фракція порошку не має щільної упаковки по всій товщині обмазки.

При наплавленні порошку зернистістю 200 – 400 мкм, який має найкращі технологічні характеристики, розподілення твердості по товщині наплавленого шару має рівномірний характер з максимальним значенням, рівним 8000 – 8200 МПа (рисунок 4.5, в).

При збільшенні зерна наплавляемого порошку твердість шару має тенденцію до зниження до 4500 – 5000 МПа внаслідок перегріву матеріалу.

За наплавленим шаром в перехідній до матриці ділянці твердість значно зростає, оскільки фіксується структура мартенсита з твердістю до 3000-8500 МПа. При наплавленні порошку зернистістю до 100 мкм твердість перехідного шару менше та має істотний розкид значень. Можливий вплив дифузії легуючих елементів з розплавленої ванни в підкладку на підвищення твердості перехідної зони не підтверджується даними мікроспектрального

аналізу. Величина зони дифузії при швидкості наплавлення, наприклад, 6,3 мм/с не перевищує 10 мкм.

Наплавлення порошку ПР-Н73Х16СЗРЗ також показала суттєву залежність властивостей покриття від режимів наплавлення для різних розмірних фракцій (рисунок 4.5). Максимальна твердість (7500 МПа) була отримана при швидкостях наплавлення 5-7 мм/с, що є оптимальним з точки зору якості шару. Мінімальна твердість (3500 МПа) була отримана при швидкості наплавки 2,2 мм/с. При збільшенні швидкості наплавлення понад 7 мм/с (потужність випромінювання, до 800 Вт) покриття втрачає суцільність і різко зростає товщина дефектного шару.

При зміні швидкості наплавлення помітні й істотні відмінності в структурі наплавлених шарів. При наплавленні зі швидкістю переміщення лазерного пучка різної величини помітні численні формування. Однак якщо в покриттях, наплавлених при швидкостях 5-7 мм/с, розмір таких формувань має порядок одиниць мікрометрів, то при малих швидкостях наплавлення вони помітно крупніші і досягають в поперечнику декількох десятків мікрометрів.

При більшій швидкості наплавлення реалізується і велика швидкість охолодження розплаву, що стримує зростання утворюються структурних з'єднань. При малій швидкості наплавлення відбувається зростання формуючихся структурних утворень. По-видимому, розмір цих формувань дає певний вплив на твердість покриттів.

Великий вплив на твердість шару дає дифузія в розплавлену ванну заліза з підкладки.

Кількісний мікрорентгеноспектральний аналіз розподілу по наплавленому шару елементів Ni, Cr, Si, Fe показав наявність твердого розчину нікелю в залізі при наплавленні зі швидкістю переміщення променя 5-7 мм/с (рисунок 4.6).

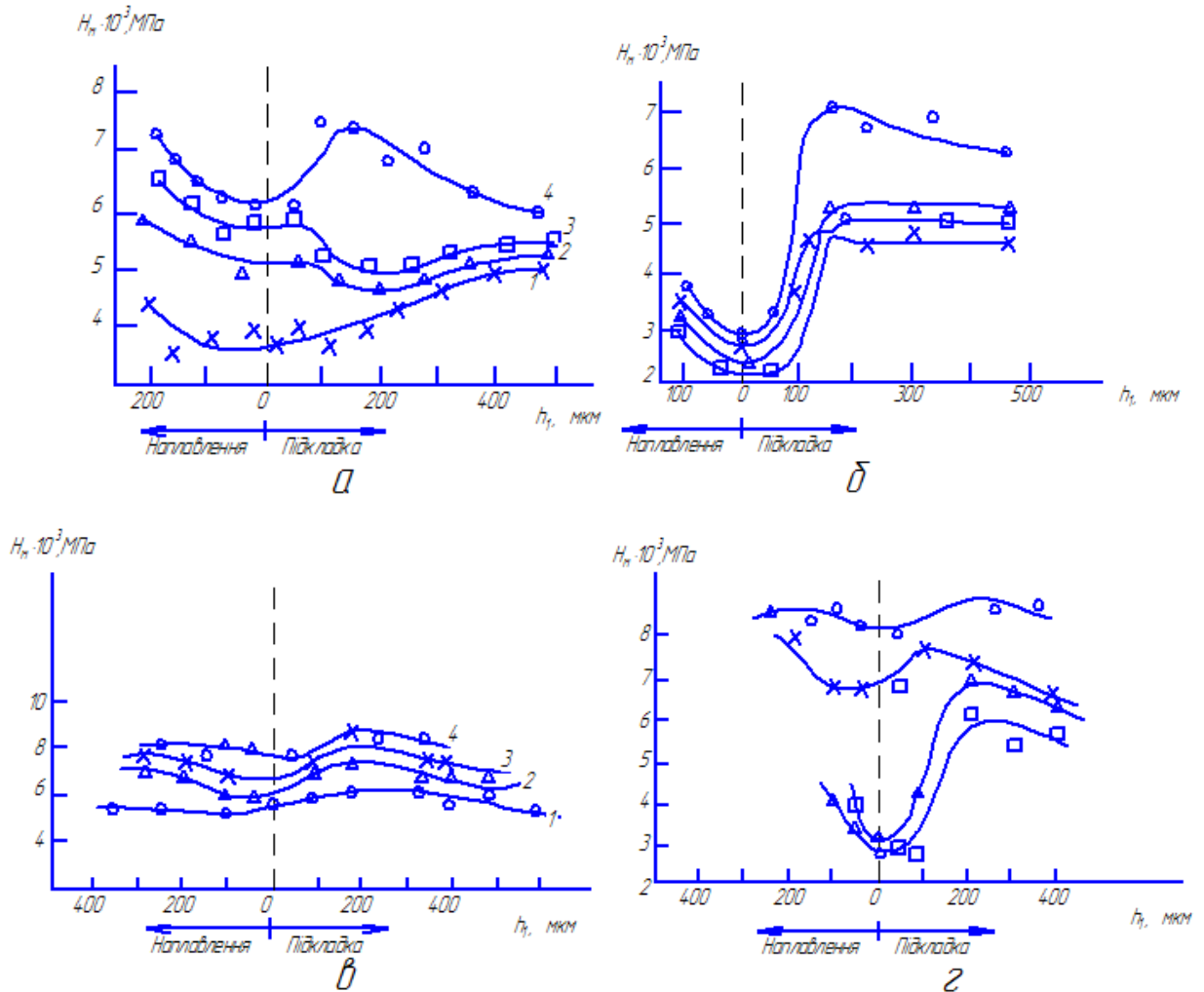


Рисунок 4.7 - Розподіл твердості по глибині наплавленого шару при напавленні порошку ПР-Н73Х16С3Р3 на сталь 45

$P_0 = 750$ Вт, $d_0 = 3$ мм, а - розмір частинок 100-200 мкм; б - розмір частинок менше 100 мкм; v_n , мм/с: 1 - 2,2; 2 - 4,7; 3 - 3,5; 4 - 6,3; в - розмір частинок 200-400 мкм; v_n , мм/с: 1 - 2,5; 2 - 4,2; 3 - 5,0; 4 - 6,3; г - $v_n = 6,3$ мм/с, розмір часток, мкм: 1 - 0-60; 2 - 60-100; 3 - 100-200; 4 - 200-400.

Середній вміст нікелю 75 ат.%. Вміст у твердому розчині заліза та хрому відповідно 7 і 10 ат%. При цьому вміст хрому підвищується в глибину напавлення шару, а нікелю - знижується на 5-10 ат,%. Розбавлення наплавленого шару залізом підложки є незначним.

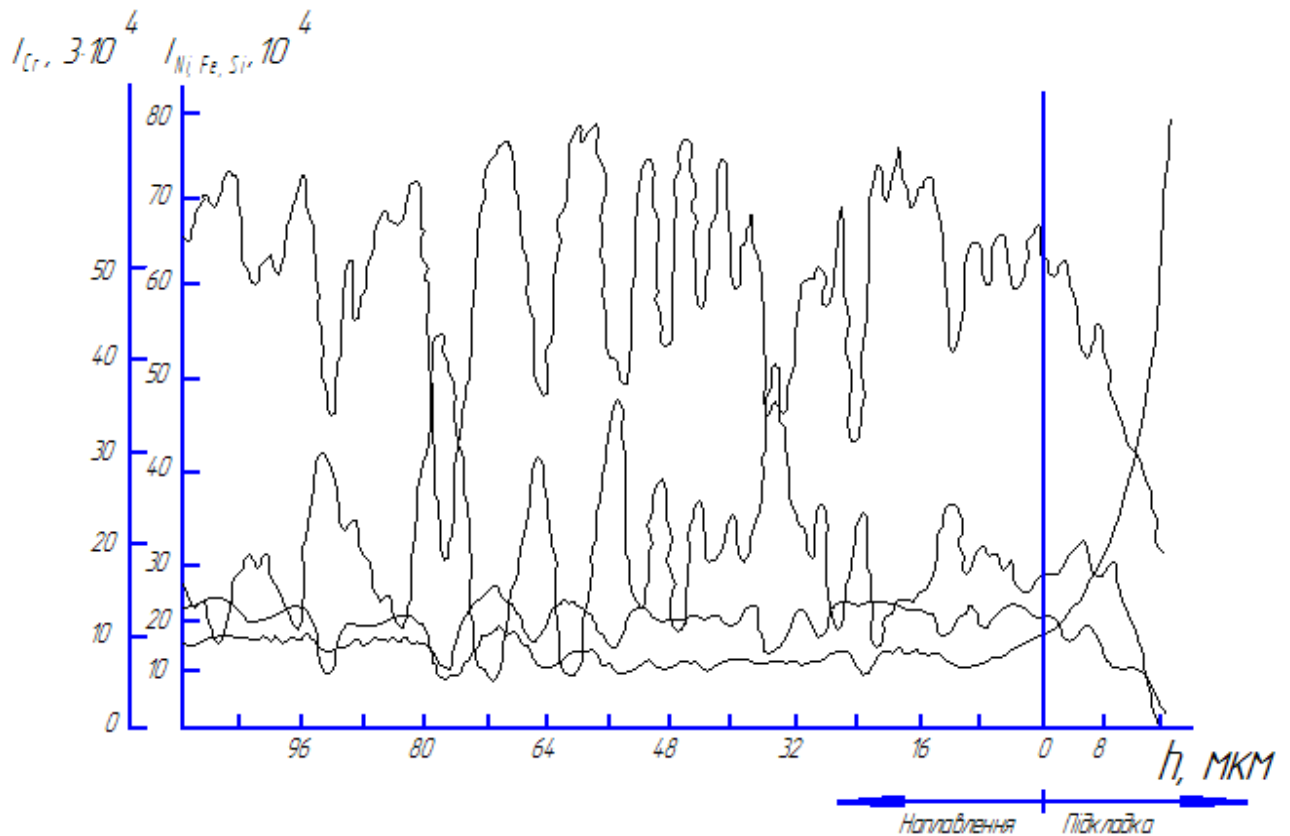


Рисунок 4.6 - Розподіл нікелю, хрому, заліза і кремнію по глибині шару порошку ПР-Н73Х16С3Р3, наплавленого на сталь 45 ($P_0=750$ Вт, $d_0=3$ мм, $v_n = 6,3$ мм/с).

Рентгеноструктурний аналіз показує наявність ліній карбїду $Me_{23}C_6$, сильних ліній інтерметалїда Cr_2Ni . Таким чином, при великих швидкостях наплавки на основі пересиченого Cr, Fe, В твердого розчину нікелю формується карбїд $Cr_{23}C_6$ і інтерметалїд Cr_2Ni (таблиця 4.3).

При наплавленні зі швидкістю 1,2-2,5 мм/с утворюється лита дендритна структура на основі нікелю з модифікуванням хромом і залізом.

Слід зазначити, що при наплавленні порошку ПР-Н73Х16С3Р3 різної зернистості відзначено вигорання вуглецю (з 0,9 до 0,4 ат.%) і бору (з 2,5 до 0,5 ат.%). Зниження вмісту цих елементів впливає на карбїдно-боридну структуру шару і може знижувати твердість покриття.

Таблиця 4.3 - Результати рентгеноструктурного фазового аналізу

Порошковий матеріал	Режим обробки	Фазовий склад (інтенсивність ліній)
ПР-Н73Х16С3Р3	Масивний зразок P=750 Вт, d ₀ =3 мм, V _н =6,3 мм/с V _н =2,2 мм/с	Cr ₇ C ₂ (сильна) CrB ₂ (середня) Ni (сильна) Cr ₂₃ C ₆ (середня) Ni (сильна) Cr ₂ Ni (сильна) Ni (сильна)
ПГ-ФБХ6-2	Масивний зразок V _н =5,0 мм/с V _н =2,2 мм/с	Cr ₇ C ₃ (сильна) Cr ₂₃ C ₆ (сильна) CrB ₂ (середня) Fe (сильна) Cr ₇ C ₃ (сильна) Cr ₃ C ₂ (сильна) CrB ₂ (середня) Fe (сильна) Cr ₇ C ₃ (сильна) Cr ₃ C ₂ (сильна) Fe (сильна)

Металографічний аналіз наплавлення лазерним променем порошкового матеріалу ПГ-ФБХ6-2 (як зі сферичною, так і з гольчатою формою часток) показав, що в структурі покриття в значних кількостях виділяються з'єднання, які мають вигляд шестигранників, голок і формувань досить правильних округлих форм. При цьому великі кристали з формою шестигранників мають численні дефекти. З літератури відомо, що виділятися у вигляді голок і шестигранників можуть карбід хрому. Формування округлої форми можуть належати боридам хрому.

Рентгеноструктурний аналіз показав наявність ліній карбідів хрому Cr_7C_3 ; Cr_{23}C_6 , борида CrB_2 і твердого розчину $\gamma\text{-Fe}$. Таким чином при відсутності значного перегріву розплаву порошку, формується γ -твердий розчин заліза, карбіду та борид хрому. Твердість матриці при цьому досягає 7000 МПа, а круглих карбідів хрому 14 000 МПа.

Аналіз твердості та структури покриттів з порошку ПГ-ФВХ6-2 різної зернистості дозволив виявити ряд закономірностей. Одним з важливих результатів є незалежність структури і твердості шарів від форми частинок порошку. Зі збільшенням розмірів часток наплавляемого порошку декілька зростає твердість і збільшується товщина наплавленого шару (рисунок 4.6), що пояснюється умовами поглинання випромінювання (відповідно плавлення порошку) і упаковкою обмазки частинками різного розміру.

Для всіх фракцій, за винятком порошку з розміром часток менше 200 мкм, спостерігається тенденція зростання твердості формованого шару зі збільшенням швидкості наплавлення. Твердість одержуваних покриттів при максимальних швидкостях наплавлення 4-7 мм/с (25-40 см / хв) дорівнює 9000-12 000 МПа. Однак при цьому покриття має досить високу пористість і велику товщину дефектного шару. При оптимальних з точки зору якості покриття швидкостях наплавлення - 1,6-2,5 мм/с (10-15 см/хв) - твердість наплавлених шарів має більш низькі значення (8000-9000 МПа), будучи всетаки істотно вище, ніж у покриттів з самофлюсуючого порошку. По видимому, в цьому випадку велике значення набуває той факт, що температура плавлення порошку ПГ-ФВХ6-2 практично дорівнює температурі плавлення підкладки. Тому для отримання міцного зв'язку наплавленого шару з підкладкою не потрібно значного перегріву ванни розплаву, при якому відбувається дисоціація карбідних і боридних сполук, властивих розглядуваному матеріалу.

У структурі покриттів з порошків ПГ-ФВХ6-2 виявляються численні сполуки, що мають вигляд голок і кристалів різної форми (рисунок 4.7).

Мікрорентгеноспектральний аналіз шару визначив зміст хрому (близько 30 ат - %), який у підкладку практично не дифундує (рисунок 4.8), тобто не відбувається перемішування наплавляемого матеріалу з матеріалом підкладки.

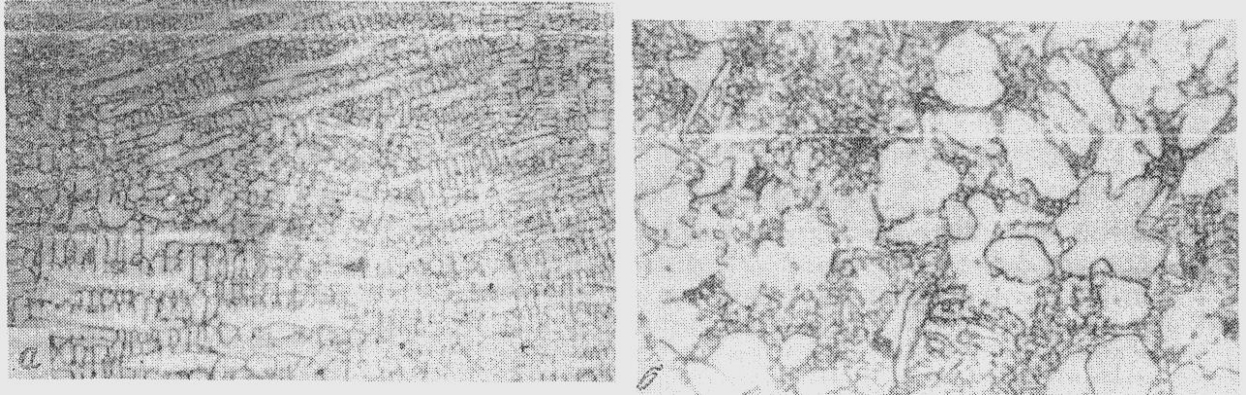


Рисунок 4.7 - Мікроструктура наплавлення на сталь 45 покриття з порошку ПГ-ФБХ6-2, збіл. 200

$P_0 = 750 \text{ Вт}$, $d_0 = 3 \text{ мм}$, v_n , мм / с : 4,2 (а); 2,2 (б).

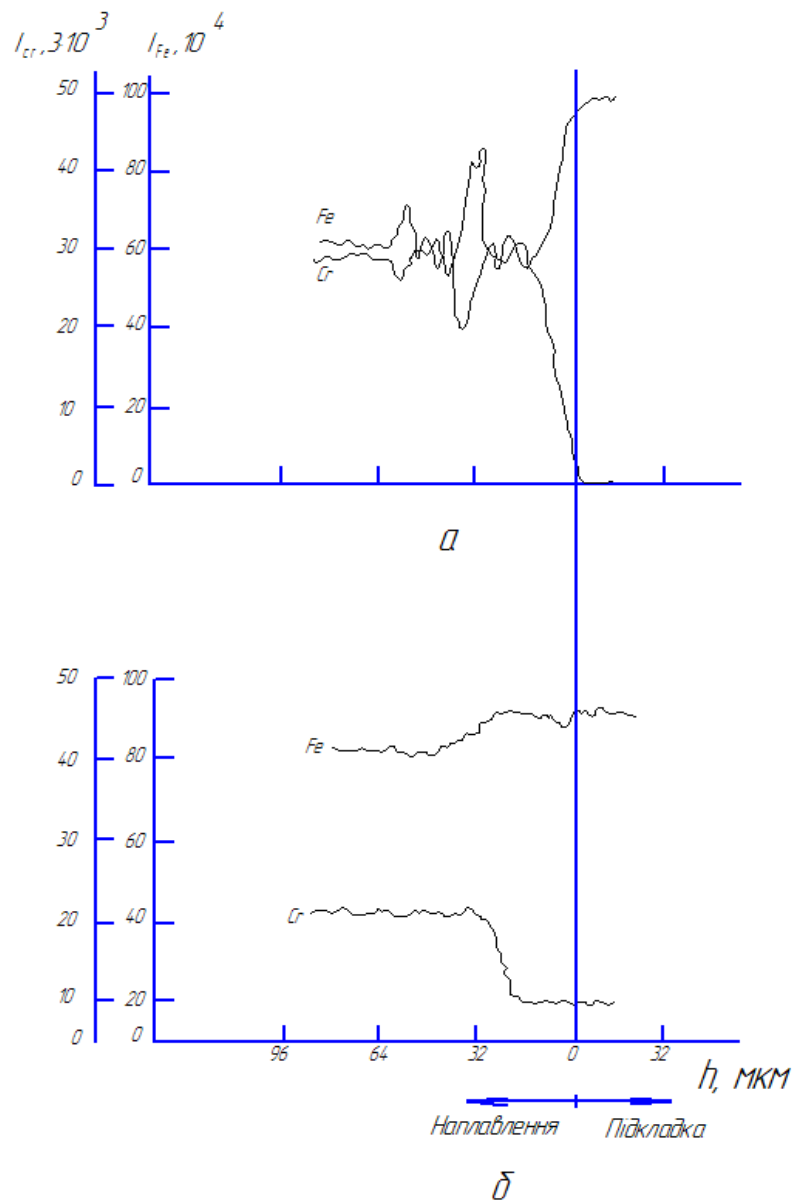


Рисунок 4.9 - Розподіл Fe і Cr по глибині наплавленого шару при наплавленні порошку ПГ-ФБХ6-2 на сталь 45

а) $v_n = 3,5 \text{ мм/с}$; б) $v_n = 2,2 \text{ мм/с}$.

У структурі є з'єднання, що включають в себе хром і залізо з різним атомним змістом ($\text{Fe} \approx 45$ ат.%, $\text{Cr} \approx 55$ ат.%; $\text{Fe} \approx 35$ ат.%, $\text{Cr} \approx 65$ ат.%).

Рентгеноструктурний аналіз показує наявність ліній γ -твердого розчину заліза, карбідів Mo_3C_2 , Me_7C_3 , а також боріда хрому CrB_4 . З літератури відомо, що при присутності у сплаві декількох карбідо-утворюючих елементів у виділяючихся карбідах атоми одного елемента можуть бути частково заміщені атомами іншого. Таким чином, з розплаву формуються γ -твердий розчин заліза, карбіду $(\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3$, $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}_2$ та борид хрому CrB_4 . Можна припустити, що твердість шару і її стабільність забезпечуються наявністю значних карбідних утворень. Слід також відзначити, що внаслідок тугоплавкості ПГ-ФБХ6-2 в наплавленому шарі зберігаються карбіди, що мають високу температуру плавлення.

Завдяки значному енерговкладу при наплавленні ПГ-ФБХ6-2 глибина проплавлення підкладки становить 300-400 мкм. Різниця в глибині проплавлення при найбільшій і найменшій швидкостях наплавки не перевищує 100 мкм для більшості розмірних фракцій. Тільки при наплавленні дрібного порошку (до 200 мкм) внаслідок несприятливих умов поглинання ця величина зростає до 200 мкм.

Необхідність сильного розігріву порошку при наплавленні призводить до значного (для лазерної обробки) термічного впливу на підкладку, хоча навіть і при таких умовах глибина термічного впливу, зафіксована у всіх експериментах з порошками ПГ-ФБХ6-2 не перевищувала 1 мм. Зона термічного впливу при цьому має, як правило, тростито-сорбітну структуру з мікротвердістю 4000-5500 МПа.

Пошукові експерименти показали, що поліпшення властивостей покриттів на основі самофлюсуючихся порошків може бути здійснено шляхом введення додаткових присаджувальних матеріалів. Присаджувальні матеріали повинні містити в достатній кількості залізо, вуглець і бор, а також мати високу твердість і тугоплавкість. Перша обставина дозволяє розраховувати на компенсацію втрат легуючих елементів при наплавці, а друга - на одержання композиційної структури з твердими включеннями, яка володіє підвищеною

зносостійкістю і міцністю. Вказаними властивостями володіє порошковий матеріал ПГ-ФБХ6-2.

Дослідження покриттів, наплавлених з використанням композиційного складу на основі порошку ПР-Н73Х16СЗР3 з добавками порошку ПГ-ФБХ6-2 в кількості 25, 50 і 75 об. %, дозволило виявити суттєве зниження залежності твердості шару від параметрів наплавлення (рисунок 4.9), в тому числі від швидкості наплавлення і зернистості порошкового матеріалу. Твердість наплавленого шару зі збільшенням карбідних і боридних структурних складових досягає 5000-9000 МПа. При цьому при невеликих швидкостях наплавлення границі включень розмиті внаслідок часткового розплавлення, дифузії та перемішування матеріалів. При великих швидкостях наплавлення границя частинок нечітка, легко фіксується і носить некогерентний характер (рисунок 4.10).

Створення поверхневих шарів з заданими властивостями залежить від багатьох факторів: хімічного складу наплавочного матеріалу і матеріалу деталі, способу, режимів наплавки та інших факторів. Якість наплавлення поверхні залежить від якості підготовки поверхні оброблюваної деталі і присадочного матеріалу.

Поверхня, яка наплавляється не повинна мати окалини, слідів корозії, крім цього, поверхня повинна бути обезжирена. Порошкові присаджувальні матеріали перед наплавленням просушують при температурі 70-200 °С

протягом двох годин і просівають з метою відділення дрібної фракції. Для наплавлення використовують порошки грануляцією 100-600 мкм. Наплавочні дроти обезжирюють, а алюмінієві, крім цього, піддають хімічному травленню з метою видалення оксидної плівки.

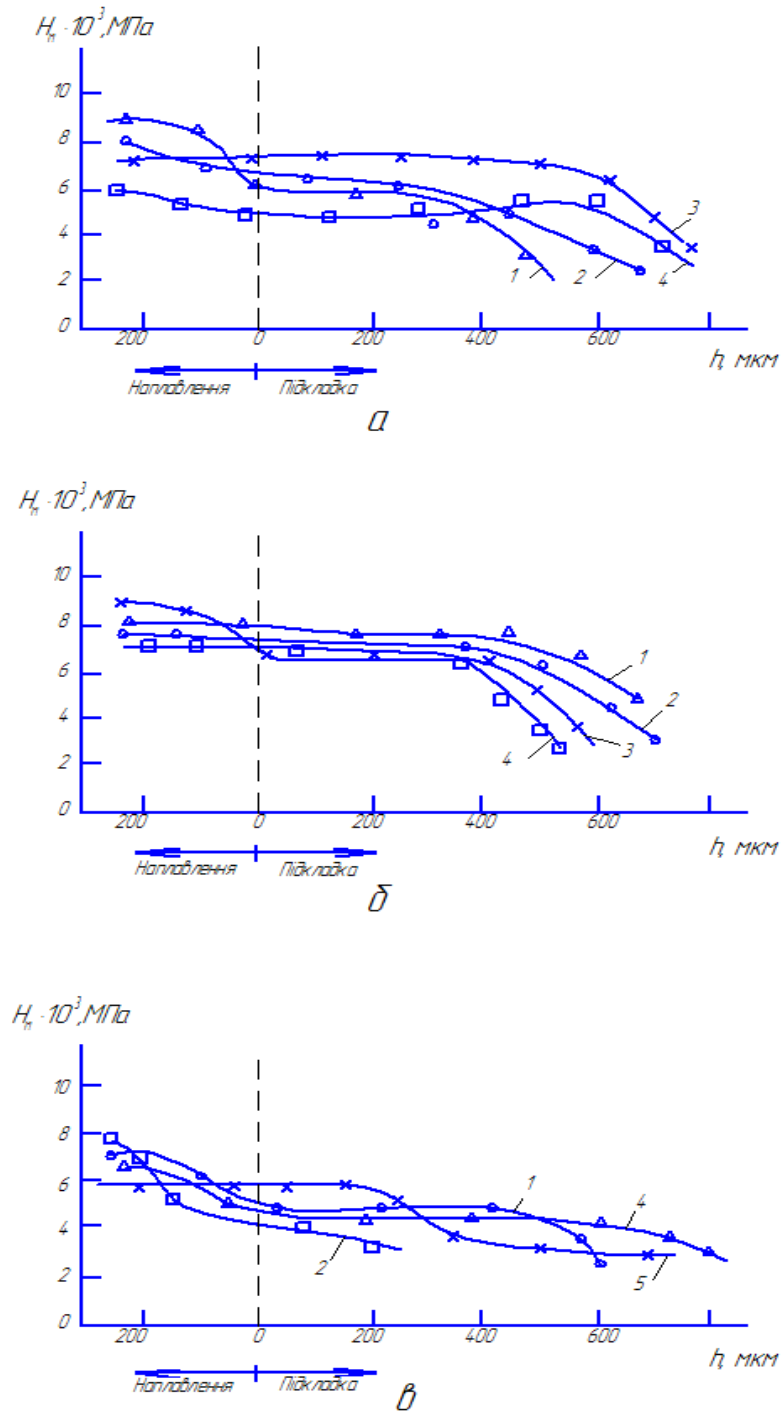


Рисунок 4.9 - Розподіл твердості по глибині наплавленого шару композиційного матеріалу на сталь 45

$P_0 = 750 \text{ Вт}$, $d_0 = 3 \text{ мм}$, зернистість 200-400 мкм; а - ПР-Н73Х16С3Р3 - 75%, ПГ-ФБХ6-2 - 25%; б - ПР-Н73Х16С3Р3 - 50%, ПГ-ФБХ6-2 - 50%; в - ПР-Н73Х16С3Р3 - 25%, ПГ-ФБХ6-2 - 75%. $v_n, \text{мм / с}$:

1 - 6,3; 2 - 5; 3 - 3,8; 4 - 2,5; 5 - 1,3.

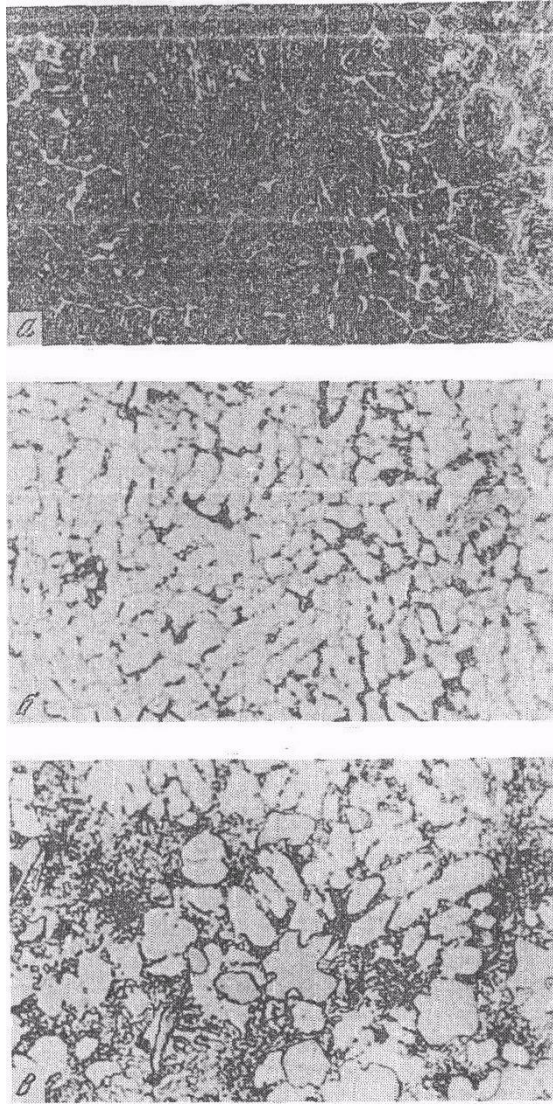


Рисунок 4.10 - Мікроструктура наплавлення на основі композиційного порошку ПР-Н73Х16С3Р3 (75%) + ПГ-ФБХ6-2 (25%); $v_n = 6,3$ мм / с, збіл. 200 (а); 4,5 мм / с, збіл. 400 (б); 2,5 мм/с, збіл. 500 (в)

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Ідентифікація небезпечних і шкідливих чинників при лазерному наплавленні

Ступінь впливу лазерного випромінювання на оператора залежить від фізико-технічних характеристик лазера - щільності потужності (енергії випромінювання), довжини хвилі, часу опромінення, тривалості та періодичності імпульсів, площі опромінюється поверхні.

Біологічний ефект лазерного опромінення залежить як від виду впливу випромінювання на тканини організму (теплове, фотохімічні), так і від біологічних та фізико-хімічних особливостей самих тканин та органів.

Найбільш небезпечне лазерне випромінювання з довжиною хвилі:

- 380÷1400 нм - для сітківки ока,
- 180÷380 нм і понад 1400 нм - для передніх середовищ ока,
- 180÷10⁵ нм (тобто в усьому розглянутому діапазоні) - для шкіри.

Вплив лазерного випромінювання на очі:

Довжини хвиль коротше 300 нм або понад 1400 нм, впливають на рогівку. Довжини хвиль між 300 і 400 нм, впливають на водянисту вологу, райдужну оболонку ока, кришталик і склоподібне тіло.

Довжини хвиль від 400 нм і 1400 нм, спрямовані на сітківку.

Шкода лазера для сітківки може бути дуже великою із-за фокусного посилення (оптичного посилення) від очей, що становить приблизно 105. Це означає, що випромінювання від 1 мВт/см² через око буде ефективно збільшено до 100 мВт/см², коли воно досягає сітківки.

При термічних опіках очі порушується охолоджуюча функція судин сітківки ока. В результаті пошкоджуючого впливу термічного фактора можуть відбуватися крововиливи в склоподібне тіло внаслідок пошкодження кровоносних судин.

Хоча сітківка може відновитися від незначних ушкоджень, основні поранення жовтої плями сітківки може призвести до тимчасової або постійної

втрати гостроти зору або до повної сліпоти. Фотохімічні поранення рогівки шляхом ультрафіолетового опромінення може призвести до photokeratoconjunctivitis (часто називають хворобою зварювальників або сніжною сліпотою). Це хворобливі стани можуть тривати кілька днів з дуже виснажливими болями. Довгострокове ультрафіолетове опромінення може призвести до формування катаракти.

Тривалість впливу також впливає на травмування очей. Наприклад, якщо лазер видимих довжин хвиль (400 до 700 нм), потужність променя якого становить менше 1,0 МВт, а час експозиції становить менше 0,25 секунд (час за який людина закриє очей), ніяких пошкоджень на сітківці ока не буде. Клас 1, 2А и 2-лазерів підпадають під цю категорію і, як правило, не можуть нашкодити сітківці. На жаль, при прямому або відбитому попаданні лазера класу 3А, 3В, або 4, і дифузних відображень лазерів вище 4 класу можуть викликати пошкодження, перш ніж людина зможе рефлекторно закрити очі.

Потенційна шкода шкірі.

Травми шкіри від лазерів в першу чергу, поділяються на дві категорії: теплові травми (опіки) від гострого впливу потужних лазерних променів і фотохімічного індукованого пошкодження від хронічного впливу розсіяного ультрафіолетового лазерного випромінювання.

Теплові травми можуть виникнути в результаті прямого контакту з променем або його дзеркальним відображенням. Ці травми хоч і болючі але, як правило, не є серйозними і, звичайно, легко нейтралізуються при належному контролі над лазерним променем.

Фотохімічні ушкодження можуть статися з плином часу від ультрафіолетового опромінення прямого світла, дзеркальних відбитків, або навіть дифузного відбиття. Ефект може бути незначними але можуть бути і серйозні опіки, а тривалий вплив може сприяти формуванню раку шкіри. Хороші захисні окуляри та одяг можуть бути необхідні для захисту шкіри та очей.

Нашими гігієністами висунуті вимоги, згідно з якими в основу проектування, розробки та експлуатації лазерної техніки повинен бути покладений принцип виключення впливу на особу (крім лікувальних цілей)

лазерного випромінювання, як прямого, так і дзеркально або дифузно відображуваного.

У відповідності зі СНиП 5804-91 лазерні вироби за ступенем небезпеки генерованого випромінювання поділяють на 4 класи. При цьому клас небезпеки лазерного виробу визначається класом небезпеки використовуваного в ньому лазера. Класифікацію лазерів з точки зору безпеки проводить підприємство-виробник шляхом порівняння вихідних характеристик випромінювання з гранично допустимими рівнями (ПДУ) при одноразовому впливі. Визначаючи приналежність лазерного виробу до того чи іншого класу за ступенем небезпеки лазерного випромінювання, необхідно враховувати вплив прямого або відбитого лазерного пучка на очі й шкіру людини і просторові характеристики лазерного випромінювання (при цьому розрізняють коліміроване випромінювання, тобто укладене в обмеженому тілесному куті, і неколіміроване, тобто розсіяне або дифузно відбите). Використання додаткових оптичних систем не входить у поняття "коллімація", а обмовляється окремо.

Лазерні вироби з точки зору техніки безпеки класифікують в основному за ступенем небезпеки генерованого випромінювання.

Встановлені наступні 4 класу лазерів:

- до нього відносять повністю безпечні лазери, вихідне випромінювання яких не представляє небезпеки для очей та шкіри людини;
- до нього відносять лазери, вихідне випромінювання яких представляє небезпеку при опроміненні шкіри або очей людини колімірованим пучком. У той же час дифузно відбите випромінювання лазерів цього класу безпечно як для шкіри, так і для очей;
- до нього відносять лазерні пристрої, що працюють у видимій області спектру та вихідне випромінювання яких представляє небезпеку при опроміненні як очей (коллімірованим і дифузном відбитим випромінюванням на відстані менше 10 см від відбиваючої поверхні), так і шкіри (тільки колімірованим пучком);

- найбільш небезпечний - до нього відносять лазерні пристрої, навіть дифузно відбите випромінювання яких становить небезпеку для очей та шкіри на відстані менше 10 см.

При визначенні класу небезпеки лазерного випромінювання враховуються три спектральних діапазони.

5.2 Захист населення

Державна політика України у сфері захисту населення і територій базується на Конституції України, відповідних законах, актах Президента України і урядових рішеннях.

"Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визначається в Україні найвищою соціальною цінністю", - визначає стаття 3 Конституції України. 4.1. Концепція захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження 8 червня 2000 р. Президент України підписав Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру". Цей Закон визначає організаційні та правові основи захисту громадян України та громадян інших держав, які перебувають на території України, захисту об'єктів виробничого і соціального призначення, довкілля від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру це - система організаційних, технічних, медико-біологічних, фінансово-економічних та інших заходів для запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру і ліквідації їх наслідків, що реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, відповідними силами та засобами підприємств, установ та організацій, незалежно від форм власності й господарювання, добровільними формуваннями і спрямовані на захист населення і територій, а також матеріальних і культурних цінностей.

Законодавство України у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру базується на Конституції України, цьому Законі й Законі України "Про правовий режим надзвичайного стану" та інших нормативно-правових актах.

Основними завданнями у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є:

- здійснення комплексу заходів для запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру та реагування на них;

- забезпечення готовності та контролю за станом готовності до дій і взаємодій органів управління у цій сфері, сил та засобів, призначених для запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру і реагування на них.

Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру здійснюється на принципах:

- пріоритетності завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я і довкілля;

- надання переваги раціональній та превентивній безпеці;

- вільного доступу населення до інформації щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій;

- особистої відповідальності й піклування громадян про власну безпеку, неухильного дотримання ними правил поведінки та дій у надзвичайних ситуаціях;

- відповідальності посадових осіб у межах своїх повноважень, за дотримання вимог цього Закону;

- обов'язковості завчасної реалізації заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;

- урахування економічних, природних та інших особливостей територій і ступеня небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій;

- максимально можливого ефективного і комплексного використання наявних сил і засобів, призначених для запобігання надзвичайним ситуаціям і реагування на них.

У питаннях захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру громадяни України мають право на:

- отримання інформації про надзвичайні ситуації, що виникли або можуть виникнути, та про заходи необхідної безпеки;
- забезпечення та використання засобів колективного й індивідуального захисту, які призначені для захисту населення від надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;
- звернення до місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування з питань захисту від надзвичайних ситуацій;
- відшкодування збитків, згідно із Законом, заподіяних їхньому здоров'ю та майну внаслідок надзвичайних ситуацій;
- компенсацію за роботу в зонах надзвичайних ситуацій;
- соціально-психологічну підготовку та медичну допомогу;
- інші права у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру відповідно до законів України.

Для забезпечення реалізації державної політики захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій створюється єдина державна система органів виконавчої влади з питань запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру і реагування на них (далі єдина державна система), яка складається з територіальних і функціональних підсистем. Завдання єдиної державної системи, склад сил і засобів визначені в Положенні Кабінету Міністрів України № 1198 (1998 р.) "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру в Україні", а також у розділі VIII

Закону України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру", № 1809-III від 8 червня 2000 р.

Основним завданням цивільного захисту при виникненні надзвичайних ситуацій є захист населення.

Захист населення - це створення необхідних умов для збереження життя і здоров'я людей у надзвичайних ситуаціях.

Головна мета захисних заходів - уникнути або максимально знизити ураження населення.

До системи захисту населення і територій, що проводяться в масштабах держави у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій належать: інформація та оповіщення, спостереження і контроль, укриття в захисних спорудах, евакуація, інженерний, медичний, психологічний, біологічний, екологічний, радіаційний і хімічний захист, індивідуальні засоби захисту, самопомога, взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз робіт в галузі лазерних технологій та дослідження проведені в даній роботі дали можливість зробити наступні висновки:

1. Впровадження методу лазерного наплавлення на підприємстві надасть: зменшення трудомісткості виробів; збільшення прибутку за рахунок підвищення довговічності виробів, покращення якості наплавленого шару.

2. Виконані дослідження параметрів лазерного наплавлення та властивостей наплавленого шару.

В процесі дослідження одержані наступні нові результати:

1. Проведено аналіз способів відновлення та лазерні технології. Зроблено висновок, що лазерні технології є одними із найкращих для підвищення зносостійкості та відновлення.

2. Виконано дослідження параметрів та результатів способу лазерного наплавлення.

2.1 Для наплавлення вибрано композиційний порошок ПР-Н73Х16С3Р3 (75 %) + ПГ-ФБХ6-2 (25%) і визначені властивості наплавленого шару щодо зносу, пористості, твердості.

2.2. Проведений аналіз зносостійкості деталі з порівнянням результатів.

3. Розроблено технологічний процес відновлення валика виключення.

4. Було проведено аналіз затискних пристроїв та запропоновано удосконалену конструкцію установки для лазерного наплавлення. Розраховані сили, які діють на цанговий патрон.

5. Спроектовано зварювально-наплавочну дільницю та подані розрахунки фондів часу, трудомісткості робіт, числа робітників на дільниці, що проектується. Обране необхідне технологічне устаткування, проведений розрахунок природного освітлення та вентиляції.

6. Проведено розрахунки собівартості наплавлювання валика виключення. Проведено порівняльні розрахунки технологічних собівартості наплавочних робіт валика виключення при автоматичному наплавленні під шаром флюсу та лазерному наплавленні. Визначено економічний ефект від впровадження розробленого технологічного процесу наплавлювання.

7. Проаналізовано небезпеки, що виникають при виконанні технологічної операції та розроблені заходи по їх попередженню на ділянці. Проведені розрахунки ризику пошкоджень організму при роботі.

8 Розглянуто основні поняття та визначення цивільної оборони. Дано аналіз засобів індивідуального захисту та правила користування ними.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.
3. Луців І.В. Розробка алгоритмів створення багатолезового оснащення адаптивного типу для обробки поверхонь обертання / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №26, 2009. С.164 - 171.
4. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.
5. Гевко І.Б. Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.
6. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
7. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
8. Кебнер Г. Промышленное применение лазеров. /Г. Кебнер, В. Аменд/М.: Высшая школа, 1991. – 422 с.

9. Одинцов Н.Н., Лазерная порошковая наплавка металлов. /Н.Н. Одинцов, В.С. Смирнов и др./ М.: Высшая школа, 1992. – 246с.
10. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлице/ К.: Вища школа, 1993. – 556с.
11. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
12. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни«Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
13. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.
14. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.
15. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.
16. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
17. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).
18. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.
19. Вплив силових параметрів керованої підвіски на стійкість руху КТЗ вздовж криволінійної ділянки / Б. І. Сокіл, О. Л. Ляшук, Р. В. Хорошун, М. Б.

Сокіл // Підвищення надійності машин і обладнання : міжнар. наук.-практ. конф., 15-17 квіт. 2020 р., м. Кропивницький : матеріали конф. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С. 183-186.

20. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.

21. Конспект лекцій (частина II) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.

22. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.

23. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.