

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка

ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство
Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс
автомобілів»

на тему: «*Підвищення зносостійкості швидкозношуваних
деталей сільськогосподарської техніки електrolітичним
залізненням*»

Шифр **МРТАМ 2118134. 000 ПЗ**

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм 20-1

Підпис

О.В. Шепіло
Ініціали, прізвище

Керівник к.т.н., доц. каф. ТАМ.

Підпис

О.С. Дробот
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.

Підпис

О.В. Духа
Ініціали, прізвище

9 12 2021 р.

Хмельницький, 2021

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Навчально-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Навчально-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

21 жовтня 2021 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шеніло Олександр Віталійович

Прізвище, ім'я, по батькові

Тема проекту (роботи) _____

Двищення зносостійкості швидкозношуваних Деталей
двигуна тракторного господарської техніки електродіодним залізненням

Рівень проекту (роботи) Дробот Ольга Савівна к.т.н., Доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 25 серпня 2021р. № 102 (25)

Строк подання студентом проекту на кафедру 10 грудня 2021 року

Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення
досліджуваних Деталей; нормативно - технологічна Документація по розбиранню,
дефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки
роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко - економічні показники роботи
двигуна.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз стану проблеми та огляд літературних Джерел; 2. Методика та
планування Для Досліджень; 3. Експериментальні Дослідження; 4. Розробка
технологічного процесу відновлення Деталей нанесенням композиційних
електрохімічних покриттів;

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на
слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання_---

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим.
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>30.09.2021</i>	
2	<i>Технологічний розДіл</i>	<i>25.10. 2021</i>	
3	<i>Дослідницький розДіл</i>	<i>15.11. 2021</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>22.11. 2021</i>	
5	<i>Оформлення презентації магістерської роботи</i>	<i>1.12. 2021</i>	
6	<i>Нормоконтроль магістерської роботи</i>	<i>5.12. 2021</i>	
7	<i>Підписання розДілів. Затвердження Дати захисту</i>	<i>10.12. 2021</i>	

Студент _____

Підпис

Керівник проекту (роботи) _____

Підпис

Шеніло О. В.
Ініціали, прізвище

Дробот О.С.
Ініціали, прізвище

Реферат

пояснювальної записки – 90 сторінок, кількість рисунків - 34, таблиць - 6, додатків, кількість джерел згідно із переліком посилань - 47.

Робочі елементи сільськогосподарської техніки працюють у важких умовах. Особливі труднощі виникають при роботі на ґрунтах, засмічених дерном камінцями, залишками деревини. При оранці таких площ робочі леза лемешів плугів, диски, лапи культиваторів зазнають суттєвого зносу вже після місячного строку роботи і потребують ремонту - відновлення та підвищення стійкості проти абразивного зносу.

Роботи багатьох дослідників спрямовані на розробку технологічних процесів підвищення зносостійкості швидкозношуваних деталей сільськогосподарської техніки.

Ціль і завдання – запропонувати ефективні технологічні процеси для збільшення ресурсу сільськогосподарської техніки і підвищення її потужності.

Актуальність теми. Лемеші є складовою плугів для оранки ґрунтів. Леміш підрізує ґрунтовий пласт в горизонтальній і частково у вертикальній площині, робить початкове кришення ґрунту та направляє його на полицю. Контакт лемешу з ґрунтом викликає значний знос його ріжучих елементів – леза та носочка, які передчасно виходять з ладу. Отже, відновлення лемешів та підвищення строку їх роботи є актуальним, своєчасним і перспективним завданням.

Ціль випускної роботи. Однією з основних цілей випускної роботи є аналіз зношування лемешів і підвищення їх зносостійкості нанесенням електрохімічних покриттів заліза з додаванням легуючих елементів та часточок твердої фази.

Вибір об'єкта досліджень. Леміш плугу як основний ріжучий елемент визначає швидкість оранки та енергетичні затрати. Під час роботи леміш втрачає свою початкову форму, затуплюється, що значно збільшує тягове зусилля плугу. Зношені лемеші можна реставрувати витягуванням ударами молоту, використовуючи запас металу, який передбачено на його тильній стороні, або наплавленням зносостійким матеріалом. В сучасних умовах ремонтного виробництва складно застосувати трудомісткий процес ремонту і відновлення техніки. Пропонується для відновлення лемешів електрохімічне залізнення, яке не потребує дороговартісного обладнання та матеріалів і є ефективним способом відновлення швидкозношуваних деталей машин.

У даній випускній роботі ми докладно аналізували, розглядали можливі несправності, дефекти, способи ремонту й відновлення лемешів.

Перелік ключових слів: ЛЕМІШ, ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПОКРИТТЯ, ЗАЛІЗНЕННЯ, ДИСПЕРСНА ФАЗА, АБРАЗИВНИЙ ЗНОС, ЗМІЦНЕННЯ, ЕЛЕКТРОЛІТ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	9
1.1. Аналіз об'єкту досліджень.....	9
1.1.1. Аналіз умов роботи деталей типу лемеші плугів.	9
1.1.2. Аналіз дефектів деталей типу лемеші плугів і причин виходу ладу.....	12
1.1.3 Матеріали для виготовлення лемешів плугів.....	13
1.2. Огляд літературних джерел	20
1.2.1. Електролітичне залізнення – перспективний спосіб відновлення і зміцнення деталей.....	20
1.2.2. вплив структури на фізико-механічні властивості електролітичних покриттів.....	28
1.2.3. Особливості технології нанесення зносостійких композиційних покриттів.....	30
Висновки по розділу і постановка задачі.....	39
2.МЕТОДИКА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
2.1.Вибір обладнання та складу зносостійкої основи для формування КЕП.....	40
2.2. Вибір зносостійкої основи для формування (КЕП).....	50
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	55
3.1. Вплив складу електроліту на механічні властивості покриття.....	55
3.2. Вплив параметрів електролізу на структуру і властивості покриттів.....	60

MP TAM 2118134.000 ПЗ								
Змк.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	«Підвищення зносостійкості швидкозношуваних деталей сільськогосподарської техніки електролітичним залізненням»	Літ.	Арк.	Акршів
Розроб.		Шепіло		29.11.21				
Перевір.		Дробот		1.12.21			4	94
Реценз.								
Н. Контр.		Бабак		5.12.21				
Затверд.		Духа						
						ХНУ група МТВАМ20-1		

3.3. Дослідження технологічних режимів формування зносостійких КЕП на основі заліза.....	67
3.3.1. Вплив гідродинамічних процесів в електролітах – суспензіях на формування КЕП.....	70
3.3.2. Вплив дисперсної фази на структуру і властивості електрохімічних покриттів.....	71
3.3.3. Вплив структури КЕП на абразивну зносостійкість.....	73
3.3.4. Вплив умов тертя на стійкість КЕП до абразивного зносу.....	76
3.3.5. Висновки.....	79
4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НАНЕСЕННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ПОКРИТТІВ.	80
4.1. Розробка схем ТП та оснащення для нанесення КЕП.....	81
4.2 Технологічний процес і оснащення для нанесення КЕП.....	83
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	89
ДОДАТКИ	94

Вступ

Надійність роботи і довговічність машин і механізмів в значній мірі залежить від здатності деталей протистояти шкідливому впливу зносу, корозійно - агресивних середовищ та інших впливів під час роботи. В багатьох випадках ця проблема вирішується нанесенням на металеві поверхні різноманітних зносостійких покриттів з допомогою класичних способів - наплавлення, напилення, гальванотехніки.

В авторемонтному виробництві електрохімічні покриття застосовуються для відновлення зношених деталей та при нанесенні на деталі антикорозійних і захисно - декоративних покриттів. У ремонтній практиці найбільше застосовування знайшли: хромування, залізнення, нікелювання, цинкування, міднення.

Електрохімічні покриття одержують з електrolітів, в якості яких застосовують водні розчини солей тих металів, якими потрібно покрити деталь. Електрохімічні покриття в ремонтному виробництві застосовують для відновлення деталей з невеликою величиною зносу, але з високими вимогами до зносостійкості, твердості, міцності з'єднання покриття з основою.

Актуальність роботи

Лемеші для плугів працюють у важких умовах. Вони переважно піддаються абразивному зносу, який за короткий період роботи виводить ці деталі з ладу.

Мета роботи: на основі вивчення умов роботи лемешів для плугів, визначення дефектів, що виникають при цьому, методів відновлення та зміцнення розробити технологію відновлення та зміцнення лемешів для плугів сільськогосподарської техніки нанесенням композиційних електrolітичних покриттів на основі заліза.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задачі досліджень

1. Науково обґрунтувати використання ефективної технології нанесення КЕП на основі електролітичних залізних покриттів
2. Дослідити вплив дисперсної фази, що є складовою електролітичних покриттів, на властивості відновлених деталей.
3. Встановити зв'язок властивостей нанесених покриттів з експлуатаційними властивостями відновлених деталей.
4. Запропонувати технологію нанесення КЕП для відновлення та підвищення абразивної зносостійкості оброблюваних деталей.

Об'єкт досліджень. Зношені плужні лемеші для сільськогосподарської техніки, які відновлені за розробленою технологією.

Предмет досліджень - технологія відновлення зношених плужних лемешів використанням електролітичного залізнення з додаванням часточок твердої фази.

Наукова новизна отриманих результатів

В роботі науково обґрунтована технологія підвищення зносостійкості відновлених плужних лемешів використанням електролітичного залізнення з додаванням часточок твердої фази.

Практична значимість отриманих результатів

Розроблена технологія підвищення зносостійкості відновлених плужних лемешів використанням електролітичного залізнення з додаванням часточок твердої фази запропонована ДП «Шепетівський ремонтний завод».

Апробація результатів роботи

Розроблена технологія підвищення зносостійкості відновлених плужних лемешів використанням електролітичного залізнення з додаванням часточок твердої фази.

Публікації- Участь у Сімнадцятій Всеукраїнській конференції студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології» 24 квітня 2020 р., Одеса: ОНУ, С.

										Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

МРТАМ 2118134. 000 ПЗ

Структура та об'єм роботи.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку посилань і додатку. Робота має об'єм 94 сторінок, 6 таблиць, 34 рисунки, Додатки 5 сторінок. Список посилань містить 47 джерел.

					<i>МРТАМ 2118134. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Аналіз об'єкту досліджень.

1.1.1. Аналіз умов роботи деталей типу лемеші плугів .

Типи лемешів та аналіз умов їх роботи

Леміш є складовою корпусу плугу, або іншого землерійного знаряддя, що під час оранки землі, підрізує шар ґрунту знизу.

Леміш підрізує ґрунтовий пласт в горизонтальній і частково у вертикальній площині, робить початкове кришення ґрунту та направляє його на полицю.

Леміш плуга має вигляд трапецієподібної чи дзьобоподібної пластини.

На лемеші виділяють три елементи: *дзьоб (або носок), лезо і спинку.*

У розбірних лемешах дзьоб може бути відокремлюваним елементом. Для зміцнення дзьобу - до нього може кріпитися польова щока чи долото.

Розрізняють кілька типів лемешів.

За формою : 1) трапецієподібний (європейський);

2) долотоподібний ;

3) вирізний;

4) дзьобоподібний (американський).

Для роботи у дуже важких умовах (ґрунти з камінням) використовують підсилені лемеші. Такі лемеші мають приварену знизу щоку або висувне долото.

Для ґрунтів менш важких використовують самозаточувані лемеші.

Закордонні лемеші: недорогі трапецієвидні, які виготовлені з стрічкового прокату для оранки легких ґрунтів, плоскі долотоподібні для середніх ґрунтів, плоскі долотоподібні з підсиленням носочком, які виготовляють куванням для оранки важких ґрунтів, для важких ґрунтів задеревенілих - плоскі долотоподібні з підсиленням носочком які мають збільшений виліт носочка .

1. Універсальні лемеші мають видовжений носочок зміцнений твердим сплавом методом плакування.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)



в)



г)



д)



ж)



з)

Рис. 1.3 Види лемешів :

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) леміш плуга підсилений; б) набір різновидів лемешів; в) леміш плуга з долотом; г) леміш оборотний; д) леміш трапецієвидний; ж) леміш плуга кований; з) леміш плуга Велес – Агро.

1.1.2. Аналіз дефектів деталей типу лемеші плугів і причини виходу з ладу

Під час роботи леміш втрачає свою початкову форму. Затуплюється, що значно збільшує тягове зусилля плугу. Зношені лемеші можна реставрувати витягуванням ударами молоту, використовуючи запас металу, який передбачено на його тильній стороні.

Лемеші плугів інтенсивно зношуються від абразивного впливу підрізуваних шарів ґрунту .

Абразивне зношування лемешів може змінюватись від багатьох факторів: змінного навантаження на поверхні тертя, неоднорідності абразивного середовища, складності динаміки процесу, контактування і переміщення часточок абразиву. Основними агентами абразивного зношування є кварцові часточки, мікротвердість яких сягає 1 -11 ГПа

Швидкість переміщення лемешу в ґрунті 1,2 до 3,5 м/с . Збільшення швидкості руху лемеша від 1, 2 до 3,5 мм /с викликає різке збільшення зносу. Особливо швидко зношуються долотоподібний носочок лемеша. При збільшенні швидкості у 2,7 рази, знос такого лемеша збільшується в 3-4 рази .

Інтенсивність зношування лемешів залежить від механічного складу ґрунтів.

Найбільший вплив на абразивне зношування мають піщані та супіщані ґрунти, які засмічені травою та листовими часточками.

При оранці торф'яних ґрунтів інтенсивність зношування 0,01 мм/км, на суглинках - 0,14 , на піщаних - 0,18 мм/ км.

Основними причинами відмов є прискорене абразивне зношування робочої частини лемешу (60%), руйнування і деформація носової частини (40%).

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сталь постачають у вигляд стрічки і періодичного профілю по ГОСТ 5681-74 з твердістю не вище HB=225.

Лемеші загартовують на ширину 20 - 45 мм до твердості в залежності від типу лемешу HB= 444-601 (долотоподібні лемеші та трапецієвидні)

Оптимальними є відповідно такі межі твердості HB = 555 - 653 та HB = 444 - 555.

Для виготовлення лемешів використовують також так звану броньову сталь, що складається з трьох шарів - зовнішніх загартованих і середнього м'якого, завдяки чому сталь однаково протистоїть стиранню і деформації.

З метою зменшення зносу лезо лемеша загартовують на 3-4 см у ширину і до 3 мм у глибину, або покривають твердим металом (наприклад, хромом).

В чавунних плужних лемешах, що працюють з ґрунтом та піском, лезо ножа виготовляють з відбіленого чавуну.

В США виготовляють лемеші зі змінним лезом. Змінні носки виготовляють з високовуглецевої сталі, а для роботи в легких ґрунтах - з відбіленого чавуну.

Для виготовлення лемешів використовують також двошарову стрічку - 1-ий шар - сталь 6Ф1 (ГОСТ 15891-70) вуглецю -1,4 - 1,7 %, кремнію 0,5%, хрому - 5,5 - 7,0%, ванадію 0,8 -1,2%, сірки і фосфору не більше 0,3%. -2-ий шар – сталь з 0,8 - 0,95 % С ; 0,7 - % марганцю і до 0, 15 % кремнію.

В США широко використовують складні лемеші зі змінним носиком, а також змінним лезом. Змінні носики виготовляють з високовуглецевої сталі, а для роботи в легких умовах з відбіленого чавуну.

Німеччина - сталь 40ГР, Франція - сталь 30ГР, сталь 30Г2Р (Франція і Норвегія), сталь У9 з підвищеним вмістом марганцю - Канада, сталь 45 та Г2С - Німеччина та США , сталь 30Г2 - Угорщина, сталь Л 53 - Україна, Росія, Білорусія.

Робоча частина лемешу піддається термічній обробці (крім Угорщини). Твердість робочої частини від НРС 21- 23 до 54..59.

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

Табл.1.1. Сталі, які використовують за кордоном (США та інші країни)

Тип сталі	Хімічний склад сталі в %			Зауваження	
	C	Mn	Si		
Тришарова: поверхневі шари	0,80 - 0,95	0,45 - 0,65	0,15- 0,35	На носки лемешів додатково наварюють пластину з інструментальної сталі, лемеші піддають об'ємному гартуванню на твердість HB555	
внутрішній шар	0,10 - 0,15	0,4- 0,7	До 0,15		
Високовуглецева	0,8 - 0,95	0,45 - 0,65	0,15 - 0,35		Лемеші піддають поверхневому гартуванню по лезу.
Середньо вуглецева	0,45 - 0,55	0,5 - 0,8	0,2 - 0,4		
Кремнієва	0,45 - 0,55	0,5 - 0,8	1,2 - 1,6	Те саме	
Марганцевиста	0,45 - 0,55	1,2 - 1,8	0,15 - 0,35		
Кремніємарганцевиста	0,45 - 0,55	0,8 - 1,2	0,6 - 0,9		
	0,45 - 0,55	1,2 - 1,8	0,15 - 0,35		
	0,45 - 0,55	0,8 - 1,2	0,6 - 0,9		

Результати польових випробувань

Знос лемешів показано на графіку рис.1.5. [7].

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- 1- сталь Х12; 2- сталь У12; 3 - сталь 55С2; 4 – Л53; 5 – 65Г ;
6 – сталь 40Х13; 7 – сталеве литво; 8 – сталь ХГ.

Сталь для лемешів за ГОСТ 8531 – 57. Марка Л53 склад : 0,47 -0,57 % С, 0,15 -0, 40 % кремнію, 0,5 - 0, 8% марганцю, сірки не більше за 0,05%, фосфору до 0, 045%. Твердість в стані постачання НВ 255 , загартована НРС 45 – 60.

Табл. 1.2. Порівняльні дані про зносостійкість лемешів із сталі різних марок [5].

Марка сталі	Хімічний склад в % А.Г. Ємельянов				Твердість, НВ	Знос в г
	С	Mn	Si	Cr		
Л 65	0,59	0,52	0,28	-	509	100
55 С2	0,53	0,68	1,8	-	514	88-92
35 Г2	0,38	1,66	0,35	-	521	113-128
45Х	0,46	0,70	0,40	1,11	484	106-117

Технологічні процеси зміцнення лемешів

Технології відновлення та зміцнення лемешів залежать від виду пошкоджень.

Деформовані лемеші правлять в гарячому стані при температурі 800 °С на пневматичних молотах чи гідравлічних пресах.

Ефективним є наплавлення зносостійким сплавом робочої частини. Такий леміш є самозагострювальним, але для цього необхідно щоб твердість нижньої фаски була у декілька разів вищою за твердість верхньої.

Для підвищення строку експлуатації лемешів використовують зміни геометрії носика (Рис.1.7) - зношених лемешів по ширині та по товщині.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цинку, міді. У більшості випадків при виконанні ремонту та відновлення техніки перевагу віддають залізненню.

Залізнення у порівнянні з іншими видами характеризується такими важливими показниками: застосуванням досить дешевих електролітів, розчинних анодів, більш високою густиною струму і швидкістю осадження, досить малою тривалістю. Тому залізненням можна відновлювати деталі з великим зносом.

Залізнення може здійснюватись в гарячих і холодних електролітах. Гарячі електроліти з температурою 50°C і більше є продуктивнішими і тому більш поширеними.

При залізненні використовують розчинні електроди, які виготовляють з маловуглецевої сталі 10 або 20 чи електротехнічного заліза марки А.

Властивості залізних покриттів залежать від режиму їх нанесення. Твердість покриття збільшується з підвищенням катодної густини струму і зниженням температури.

Електрохімічне залізне покриття має високу міцність зчеплення з деталлю (400 - 450 МПа) . Зносостійкість покриття наближається до зносостійкості деталей, виготовлених зі сталі 45, загартованих струмом високої частоти.

Останнім часом перевагу віддають композиційним електрохімічним покриттям (КЕП), які використовують для відновлення розмірів зношених деталей та підвищення їх зносостійкості.

Гальванічний спосіб нанесення КЕП має ряд переваг: можливість створення КЕП з заданими властивостями, можливість отримання шару з регульованою товщиною; відсутній термічний вплив на деталь та покриття; можливість виключення подальшої механічної обробки. Такий спосіб досить дешевий і не вимагає складного і дорогавартісного обладнання.

Для деталей, що працюють в умовах абразивного зношування нанесення КЕП є перспективним способом відновлення та підвищення зносостійкості

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

багатьох деталей. Зносостійкість КЕП визначають властивості матриці і наповнювача.

На сьогоднішній день не достатньо повно вивчені властивості покриттів на основі заліза, що не дозволяє обґрунтовано вибрати оптимальне поєднання складових композиту для підвищення надійності деталей, які швидко піддаються зносу при роботі з абразивним речовинами

Використання КЕП дозволить підвищити надійність і довговічність нових та відновлених деталей машин і, що є важливим, в окремих випадках замінити дорогі леговані сталі та чавуни більш дешевими - не легованими.

1.2. Огляд літературних джерел

1.2.1. Електролітичне залізнення – перспективний спосіб відновлення і зміцнення деталей

Значна кількість деталей машин сільськогосподарської техніки виходить з ладу внаслідок абразивного зношування, гідроабразивного та контактної - абразивного. Такий вид зношування виникає внаслідок контакту деталей машин та їх робочих органів з матеріалами, які активно впливають на стан поверхні і спричиняють процес абразивного зношування.

Такі деталі як плунжерні лемеші, лапи культиваторів ковші екскаваторів піддаються під час роботи практично «чистому» абразивному зносу. Робочі елементи - клин з пласкою чи криволінійною поверхнею при переміщені в ґрунті взаємодіє з ним, внаслідок чого відбувається сколювання та переміщення ґрунту по робочій поверхні клина. Абразивні часточки зношують клин під дією прикладених сил.

Гідро абразивному зношуванню переважно піддаються деталі гідравлічних та паливних систем тракторів, комбайнів, сільгоспмашин. Цей вид зношування можливий за умов, коли величина зазору між рухомими деталями

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(для прикладу, корпус - золотник) може бути такою, як і величина абразивних часточок, що попали в масло, виникає можливість безпосереднього силового впливу системи деталь - абразив-деталь, яке супроводжується абразивним зношуванням. Якщо розміри абразивних часточок значно менше ніж зазор в спряженні, то силовий вплив на деталь можливий тільки за рахунок енергії удару об поверхню і сил опору рідини. Ця схема взаємодії супроводжується гідро абразивним зношуванням.

В залежності від схеми контакту абразивних часточок з поверхнею деталей знос залежить від багатьох факторів: механічних характеристик часточок, величини зазору, швидкості руху рідини тощо. Газоабразивному зношуванню піддаються такі деталі газорозподільчих систем двигунів як лопатки вентиляторів, деталі систем пневмотранспортування. Величина лінійного абразивного зносу цих деталей в межах 0,05...0,5 мм [1-6].

Для більш навантажених деталей: пальці, ланцюги гусениць, бігові доріжки опорних катків і напрямних коліс, виконавчі робочі органи ґрунтооброблюваних машин мають величину зносу, яка сягає декількох міліметрів.

Величина зносу, матеріал, з якого виготовлена деталь, умови її експлуатації визначають раціональний метод відновлення таких деталей. В таблиці 1.3 наведені рекомендації щодо вибору методу відновлення зношених деталей [1, 3].

Як показує досвід, основними способами відновлення деталей, які піддаються абразивному зношуванню є :

ручне дугове зварювання і наплавлення (для таких деталей як ланцюги гусениць, ведучі колеса, колінчата вісь, плужні лемеші);

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Менш поширеним є **автоматичне наплавлення під шаром флюсу** (для опорних катків, підтримуючих роликів, напрямних коліс) ;

відновлення заливанням рідким металом використовують для опорних катків, ланцюгів гусениць, для ведучих коліс;

відновлення пластичним деформуванням обмежено використовують - переважно для ланцюгів гусениць;

використання додаткових ремонтних деталей та плазмове наплавлення - є найпоширенішими способами і використовуються для значної номенклатури деталей (ланцюги гусениць, ведучі колеса, колінчата вісь, плужні лемеші, опорні катки, ланцюги гусениць, ведучі колеса тощо);

відновлення гальванопокриттями та хіміко-термічне насичення використовують для золотників гідро розподілювачів плунжерних пар паливних насосів.

Вибір ефективного методу відновлення зношених деталей залежить в першу чергу від величини зносу, матеріалу деталі, умов її експлуатації .

Запропоновано Батищевим А.Н. універсальний підхід до вибору способу відновлення деталей, де використовується енергетичний критерій

$$F = K_{1i} * K_{2i} / K_{di} \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де $K_{1i} * K_{2i}$ - відповідно коефіцієнти енергоємності і трудомісткості технологічного процесу відновлення деталей i - тим способом.

K_{di} - коефіцієнт довговічності.

Оцінка за цим критерієм способів відновлення деталей показала, що одним з раціональних є залізнення, яке при масовому відновленні деталей з малою величиною зносу є найбільш ефективним.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Властивості електролітичного заліза досить високі і наближаються по твердості та зносостійкості до властивостей загартованих середньо вуглецевих сталей.

Найбільш ефективним є відновлення деталей нанесенням композиційних електрохімічних покриттів (КЕП), коли не потрібна додаткова обробка та зайві витрати на обладнання та дорого вартісні матеріали.

В роботах Р.С. Сейфуліна [16] ще у 60 - роках минулого століття було доведено, що технології, які передбачають можливість осадження металів і сплавів з дисперсним матеріалами різної природи, сприяють значному підвищенню твердості покриттів та підвищенню зносостійкості в десятки разів.

Композиційні електрохімічні покриття можна наносити з електролітів залізненням з присутніми в них абразивними порошками, диспергованих полімерних матеріалів, оксидів, карбідів, боридів, сульфідів тощо. При збільшені концентрації порошків в гальванічній ванні кількість часточок в покритті може сягати 40%.

Відсутність достатньої інформації про режими, умови отримання, властивості композиційних покриттів стримують їх широке застосування для відновлення зношених деталей.

В літературі аналізують властивості «чистих» та композиційних покриттів. Автори [36] виявили значну залежність триботехнічних властивостей покриттів з міцністю взаємодії різнорідних матеріалів, які складають композит.

В роботі [19] перевагу віддають формуванню твердими часточками сприятливого рельєфу поверхні контр тіла. Триботехнічні властивості композиційних матеріалів розглядаються з позиції умов експлуатації: при терті по монолітному абразиву, впливу потоку абразивних часточок чи гідро абразивного потоку, у вакуумі тощо. Роботи Сейфуліна та інших авторів [16, 18, 20] присвячені дослідженню зносостійкості КЕП з включеннями часточок другої фази різної природи, різних розмірів і кількості.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ці покриття є перспективними для підвищення зносостійкості плужних лемешів [39] .

Зносостійкість КЕП визначається поєднанням властивостей матриці і наповнювача. Тому дуже важливо створити оптимальну структуру основи композиції. Для цього можна використовувати електроліти різного складу: хлористі, сірчаноокислі, сульфатно-хлористі, кремнійфтористоводневі, борфтористоводневі, органічні та інші.

Більшість перелічених електролітів із-за їх малої продуктивності чи із-за складності приготування не знайшли використання в ремонтному виробництві.

Найбільше використання в ремонтному виробництві мають процеси залізнення з хлорних електролітів [18] . За хімічним складом такі покриття близькі до Армко-заліза, а за властивостями (твердість, зносостійкість, корозійна стійкість) подібні до вуглецевої сталі. процес залізнення є високопродуктивним. Сірчаноокислі електроліти, які використовують для цього , дозволяють отримувати щільні осади заліза з незначним вмістом водню і з великою мікротвердістю до 4 ГПа. У порівнянні з хлористими вони менш агресивні і більш стійкі до окислення, мають кращу розсіювальну здатність . Для формування металевої матриці КЕП кращими є хлористий та сірчаноокислий електроліти. Такі електроліти забезпечують досить високу продуктивність і надійність, а собівартість реактивів не висока. Властивості осадів, отриманих з таких електролітів визначаються структурою матеріалу.

Підвищення якості електролітичного заліза досягають введенням до складу електроліту легуючих добавок. Найбільш поширеними добавками є нікель, кобальт, хром, марганець, фосфор та інші. Високі фізико-механічні властивості мають осади, отримані з розчинів, які складаються з заліза, нікелю, кобальту чи системи залізо - фосфор - марганець.

Результати окремих дослідників показали, що додавання до складу електроліту солей нікелю і кобальту підвищує мікротвердість і міцність зчеплення, а інші автори, навпаки, свідчать про зменшення цих показників.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже на основі тільки літературних даних поки що не можливо вибрати оптимальний склад електролітів, який би забезпечував найбільшу абразивну зносостійкість з достатньою надійністю міцності зчеплення покриття з легованою основою.

Використання легуючих добавок найбільш ефективним і економічно вигідним способом, який дозволяє підвищити фізико-механічні властивості осадів і їх зчеплення з основою. Найбільш перспективним для підвищення зносостійкості електролітичного заліза є легування його нікелем та кобальтом. [31]

Проведений аналіз показав, що найбільш раціональним способом підвищення якості покриттів є легування при одночасному осаджуванні легуючих металів і зміцнюючих часточок з електролітів, які містять потрібні компоненти в оптимальній кількості.

Такий спосіб дозволить підібрати склад електроліту і одержати з нього покриття, які мають високе зчіплювання з основою та задані властивості.

Зносостійке композиційне покриття повинне мати дисперсний твердий наповнювач. При виборі наповнювача враховують такі співвідношення [34]

$$H^D : H^M = 4 \dots 8. \quad (1.2)$$

де H^D і H^M - відповідно, мікротвердість дисперсної фази та матриці.

Мікротвердість електролітичного заліза знаходиться в межах 4,5 ..6,5 ГПа, то для отримання КЕП з високою зносостійкістю необхідно використовувати часточки з твердістю 20..50 ГПа. Таку твердість мають часточки оксиду алюмінію (24 ГПа), карбіду кремнію (30..35 ГПа), а також карбіду бору (49 ГПа).

Враховуючи результати літературних досліджень, можна зробити висновок, що для отримання зносостійких композицій на основі заліза доцільним є використання часточок оксиду алюмінію чи карбіду бору.

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

підвищення мікротвердості за рахунок зміни умов електролізу, впливає позитивно на зносостійкість тільки до певної межі, перевищення якої викликає збільшення зносу. Дослідження мікротвердості, та інших властивостей проводили в залежності від умов електролізу і не враховували тонку структуру осадів, тому причини, які зумовлюють експериментально отриману «оптимальну» мікротвердість, залишаються не з'ясованими.

1.2.3. Особливості технології нанесення зносостійких композиційних покриттів

Включення дисперсних фаз в комплексні електрохімічні покриття є результатом складної взаємодії часточок з гідродинамічними, електричним, концентраційними полями електроліту і поверхнею утворених кристалів металу.

Тому основою механізму утворення композитних покриттів є аналіз процесів підводу часточок до катоду, їх осадження на поверхні і обростання металом.

Процес формування КЕП можна розділити на такі основні етапи:

- 1 - транспортування дисперсної фази до приелектродної зони;
- 2 - гальмування часточок у катода;
- 3 - гетероадагуляція часточок на катоді;
- 4 - обростання часточок металом.

На першій стадії формування КЕП в об'ємі електроліту суспензії (ЕС) відбувається змочування часточок розчином, вибіркова адсорбція компонентів електроліту на поверхні часточок, формування їх двошарового електричного шару. Зважені в ЕС часточки направляються струменем середовища в приелектродну зону. Рух часточок зумовлено явищем седиментації, електрофорезу, дифузії та підйомної міграції. Перемішування з метою підняття часточок в потоці, рівномірного їх розподілу в об'ємі ЕС і подачі на катод

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

повинне мати турбулентний характер. Використання ламінарного режиму обмежене ефектом Сегре - Зільберберга, ковзання часточок відносно потоку, дією на часточки сил Магнуса чи Жуковського [26]. Радіальне зміщення часточок в ламінарних вісесиметричних потоках сприяє нерівномірному розподілу дисперсної фази по перерізу електролітичної комірки, сепарація полідисперсної фази в потоці - до нерівномірного розподілу часточок по висоті. При значенні числа Рейнольдса $Re10^{-3}$ радіальне зміщення часточок відсутнє і такий потік не буде забезпечувати покриття дисперсною фазою. Ці явища не бажані, так як сприяють прискореній коагуляції часточок і їх нерівномірному розподілу в КЕП. Рух зважених часточок в турбулентному потоці рідини має складний характер. Часточки реагують на пульсації середовища, здійснюють під їх впливом одночасно з поступальним рухом разом з потоком пульсаційні рухи відносно несучих їх молей рідини і невпорядковане переміщення разом молями, яке називають турбулентною дифузією. Рух часточок і молей рідини має стохастичний характер, тому описується статистично. Наявність зсуву швидкості призводить до появи особливих форм поперечного руху часточок і їх переносу з потоку на стінки, що його обмежують. Стадія процесу завершується переходом часточок ДФ в приелектродну зону - дифузійний шар електрода.

Друга стадія формування КЕП початковий період прилипання в рідких середовищах. На часточку діють сили, що змушують її рухатись до поверхні покриття та сили, що перешкоджають і намагаються повернути часточку в потік чи заставити її ковзати по поверхні катоду. Підйомні і лобові сили, які зумовлені ефектом Бернуллі, поперечним градієнтом пульсаційної швидкості потоку, дією проникаючих в ламінарний підшар поперечних пульсацій середовища і динамічним тиском потоку.

Відриву і ковзанню перешкоджають сили рідинного тертя часточок об катод, дія електроосмотичного тиску, який зумовлений градієнтом розряджуваних іонів, електричне поле катода, інерційні сили, які викликані

					<i>МРТАМ 2118134. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Окремі автори вважають, що процес складається з двох послідовних стадій - підводу часточок до катоду і заростання їх металом [2,8] . Значна більшість авторів приймає тристадійне формування КЕП, яке запропонували незалежно один від одного автори [19, 20] .

Значна кількість авторів вважає, що дисперсна фаза принципово не змінює механізм електрокристалізації металів. Наявність часточок ДФ в приелектродній зоні і на катоді може призвести до зміщення поляризації катоду і зміни виходу по струму металу внаслідок пасивації чи активування поверхні покриття часточками, зміни величини істинної поверхні катоду, розряду іонів металу і водню на часточках, які мають індивідуальні електрохімічні властивості. Враховуючи, що частка струму, який переносять часточки ДФ, дуже мала то визначити її з допомогою звичайних приладів і кулонометрів практично неможливо. Тому при формуванні КЕП вихід по струму катодного осаду зазвичай вища, ніж відповідних «чистих» металів. В окремих випадках його значення перевищує 100%. Тому поняття виходу по струму ЕП є умовним і використовується для характеристики продуктивності процесу.

Спроби теоретичного опису процесів формування КЕП робили багато авторів [9, 18,20] . Автори вважають, що основну роль в утриманні часточок на катоді відіграють кулонівські сили їх взаємодії з поверхнею. Вони також експериментально довели необхідність інтенсивного перемішування електроліту в режимі розвинутої турбулентності для того, щоб забезпечити сталу концентрацію часточок розміром 1...7 мкм в електроліті і подачі їх на катод.

В теоретичних роботах закордонних авторів також не має повного опису механізму творення КЕП [18, 28] . Процес осадження розглядається як послідовність двох стадій - електрохімічної і хімічної адсорбції. Однак, фізична суть цих стадій процесу математично не описана. Модель не враховує процес перемішування електроліту.

					<i>МРТАМ 2118134. 000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В роботах Гур'янова Г.В. [22,39] розглянута взаємодія в системі часточка електрод позиції гетероадагуляції з використанням понять про розклинюваний та осмотичний тиск, що з'являється внаслідок концентраційних змін в дифузійному шарі електроду. Результати робіт корелюють з експериментальними даними по вивченню процесу додавання ДФ до КЕП.

Описані особливості формування КЕП дозволяють зробити висновок про те, що необхідною умовою отримання рівномірних властивостей осадів - забезпечення постійної і рівномірної концентрації дисперсних часточок в прикатодному шарі. При одержанні КЕП у ваннах і проточних комірках рівномірного розподілу часточок в електроліті досягають перемішуванням.

Способи перемішування класифікують за багатьма ознаками, але найчастіше - за характером взаємодії середовища з електролітом. За цією ознакою перемішування поділяють на природне, яке відбувається самочинно (дифузійне, конвективне, газовиділення під час електролізу), механічне (з допомогою перемішувачів різного типу, ультразвукових магнітострикційних перетворювачів тощо), пневматичне (стиснутим повітрям чи інертним газом), циркуляційне, яке здійснюється в трубопроводах, а також з допомогою сопел і насосів (рис.1.8,а).

Запропоновані спеціальні пристрої для осадження КЕП Підтримка часточок в зваженому стані здійснюється за рахунок циркуляції (рис.1.8,б).

Для механічного перемішування використовують перемішувачі, які обертаються від електродвигуна через передаточний пристрій чи від електромагнітного варіатора. За конструкцією перемішувачі поділяють на гвинтові, з лопатями, турбінні листові, дискові, шнекові, якірні, рамні. Ці перемішувачі в залежності від форми лопаток і способу їх кріплення можуть створювати тангенційний, радіальний, осьовий потоки ЕС. Для перемішування ЕС важливими є ступінь турбулентності і інтенсивності циркуляції, яка визначається часом, який потрібно для проходження усього розчину через отвір певного перерізу. Досягти однакового ступеня турбулентності в об'ємі

важко у стінок турбулентність значно менша, а в кутах ванни утворюються застійні зони, де поступово накопичуються дисперсні часточки. Для запобігання цьому необхідно періодично взмучувати осад в застійних зонах чи конструювати ванну таким чином, щоб виключити утворення таких зон. [34]

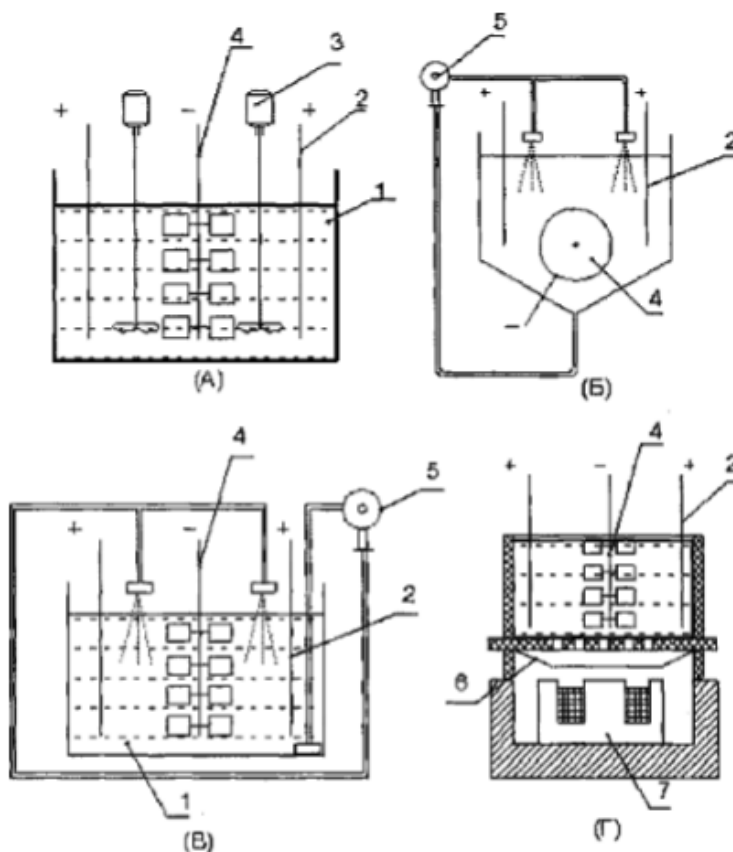


Рис.1.8. Схеми перемішування КЕП:

а – гвинтовий перемішувач; б – рециркуляція у лейкоподібному електролізері;

в – рециркуляція у стандартній ванні; г – циркуляційне перемішування; 1 – ЕС ; 2 – анод ; 3 - електродвигун ; 4 – катод ; 5 – насос; 6 – еластична мембрана ; 7 – електромагнітний вібратор.

Дослідження впливу гідродинаміки потоку і інших факторів переносу часточок ДФ і ЕС на формування КЕП і його складу потрібно виконати при контрольованому гідродинамічному режимі потоку ЕС з збереженням інших

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2118134. 000 ПЗ

Арк.

35

факторів , що визначають включення часточок в КЕП на стадії гетероадагуляції і заростання постійними. Попередні дні показали, що для цього краще використовувати електрохімічну комірку з постійними характерними розмірами, через яку проходить потік ЕС. Оскільки швидкість поперечної міграції часточок являє собою векторну суму швидкостей седиментації , електрофорезу, турбулентної міграції , змінюючи напрямок потоку в комірниці і її положення в полі сили тяжіння , можна виявити роль окремих складових швидкостей в перенесенні часточок до катоду. В конкретних умовах роль факторів, що впливають на перенесення і заростання часточок ДФ, повинна бути визначена дослідженнями з наступним відтворенням гідродинамічних умов в технологічному процесі нанесення КЕП на конкретні деталі.

1.2.4. Висновки по розділу і постановка задачі

Використання електрохімічних покриттів для підвищення ресурсу відновлених і нових деталей сільськогосподарської техніки є актуальним і має значну практичну вагу, особливо КЕП на основі заліза. Даних про зносостійкість цих покриттів в умовах абразивного зношування дуже мало. Для отримання КЕП високої якості , необхідно сформувати в процесі електролізу міцну і зносостійку основу і ввести до її складу необхідну кількість твердої дисперсної фази. Вибір технологічних параметрів нанесення КЕП з метою отримання покриттів, які відповідають заданим умовам роботи . на основі існуючих даних досить важко. Недостатня інформація про важливі механічні властивості покриттів , які визначають їх зносостійкість при абразивному зношуванні, обмежує можливість їх використання при виборі матриці КЕП і не дозволяє об'єктивно розглянути закономірності поведінки покриттів при експлуатації деталей. В літературі накопичено значну кількість даних про міцність , мікротвердість, мікроструктуру покриттів , однак залежність абразивної зносостійкості від цих властивостей не визначена.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З аналізу літературних джерел з'ясовано, що якість електролітичного заліза можна суттєво підвищити легуванням його нікелем і кобальтом. Дослідження структури і властивостей покриттів показали, що сплави на основі заліза в процесі електрокристалізації насичуються дефектами і максимально зміцнюються. Мікротвердість їх сягає 6,5 ..7,2 ГПа, величина блоків мозаїки зменшується до 120..100А.

На відміну від чистого електролітичного заліза такі покриття більш пластичні, не мають тріщин, рівень внутрішніх напружень в них значно менший. Однак при відновленні швидкозношуваних деталей вони мають обмежене використання.

Дослідження зносостійкості легованих покриттів в умовах абразивного зношування не проводились. Значна кількість швидкозношуваних деталей машин виготовляють з марганцевих сплавів, що піддають термічній обробці. Міцність зчеплення покриттів з такими сплавами практично не вивчена.

Для використання сплавів в якості основи для КЕП необхідно визначити оптимальні умови одержання зносостійких покриттів, які мають високу міцність зчеплення зі сталями, що містять марганець, як такі що використовуються для виготовлення лемешів, лап культиваторів тощо.

Процес нанесення КЕП від звичайного залізнення відрізняється тим, що при нанесенні КЕП потрібно постійно перемішувати електроліт, щоб підтримувати часточки у зваженому стані і забезпечити підвід їх до поверхні катоду. Дослідження впливу параметрів потоку електроліту на склад КЕП мають протиріччя. Виявлені залежності включень ДФ в КЕП в основному можуть бути використані для окремих специфічних умов отримання композитів. Тому для оптимізації масопередачі в ЕС необхідно провести теоретичні і експериментальні дослідження впливу швидкості потоку ЕС на включення ДФ в покритті.

З великої кількості способів перемішування розчинів більшість не придатна для використання при залізненні, так як електроліт під час

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

відновлення деталей може окислюватись. Для підвищення продуктивності праці електроосадження потрібно проводити в електролізері ванного типу при одночасному завантаженні в нього кількох деталей. Оптимальною схемою перемішування електроліту є струмінне з допомогою перемішувача пропелерного типу, який встановлено в окремій секції, він створює потік ЕС, який надходить через перфороване днище - заспокоювач в робочу частину ванни. Відповідно, потрібно визначити параметри ванни, перевірити вплив схем і режими механічного перемішування на рівномірність розподілу ДФ в об'ємі електроліту. Визначити оптимальну швидкість потоку суспензії відносно катоду і методи її контролю.

На основі літературного огляду визначено доцільність використання в якості дисперсної фази електрокорунду білого. Порошки електрокорунду мають широкий діапазон розмірів від 1 мкм до 48 мкм. З електролітів суспензій можна отримувати покриття з об'ємним вмістом ДФ до 40%. На сьогодні ще не визначені критерії їх вибору за фізико-механічними властивостями, розмірами і вмістом часточок з метою підвищення абразивної зносостійкості. Тому необхідно перевірити вплив розміру і вмісту ДФ на зносостійкість КЕП в умовах абразивного зношування.

Вивчення впливу вмісту ДФ на працездатність КЕП при абразивному зношенні і вибір оптимальних умов кристалізації матриці дозволить розробити технологічний процес нанесення покриттів на деталі машин. Кінцевим критерієм вибору технологічних параметрів процесу можуть бути тільки експлуатаційні випробування деталей з покриттями. Доцільним для цього використовувати такі деталі як плужні лепехи, лапи культиваторів, зубці екскаваторів тощо

Проведений огляд літературних джерел дозволив визначити мету роботи :

Експериментально перевірити передумови отримання зносостійких КЕП на основі електролітичних сплавів заліза, розробити технологічний процес

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ					38

нанесення композиційних покриттів на швидкозношувані деталі сільськогосподарської техніки та інших машин.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ :

1. Науково обґрунтувати використання ефективної технології нанесення КЕП на основі електролітичних залізних покриттів .

2. Дослідити вплив дисперсної фази, що є складовою електролітичних покритті на властивості відновлених деталей.

3.Встановити зв'язок властивостей нанесених покриттів з експлуатаційними властивостями відновлених деталей.

4. Запропонувати технологію нанесення КЕП для відновлення та підвищення абразивної зносостійкості оброблюваних деталей.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. МЕТОДИКА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Вибір обладнання для досліджень

Поставлені задачі можна вирішити проведенням наступних досліджень. Першочерговим потрібно дослідити вплив легуючих добавок нікелю і кобальту, умов електролізу на фізико-механічні властивості і структуру залізних покриттів. Доцільним є дослідження складу електроліту, густини струму, температури і кислотності на формування структури електролітичних сплавів заліза і зміну їх фізико-механічних властивостей. Встановити взаємозв'язок властивостей і структури сплавів, яка дозволяє визначити оптимальну структуру матриці КЕП, що має одночасно високу міцність зчеплення з основою, твердість і зносостійкість. Вивчити вплив умов нанесення КЕП на структуру і властивості покриттів. Вибрати оптимальний розмір ДФ в розчині і покритті за результатами випробувань КЕП на абразивну зносостійкість. Розробити на основі цих даних технологічний процес підвищення ресурсу відновлених і нових деталей машин, перевірити стендовими випробуваннями.

Установка для нанесення покриття на зразки має містити електролізери, джерело струму, термостат, прилади для регулювання і контролю параметрів електролізу. Джерелом струму можна вибрати випрямляч типу ВСА-6А і ВАК- 600/12-6.

Зразки для дослідження впливу складу електроліту на механічні властивості отримували в ванні об'ємом 3дм³. При нанесенні композиційних покриттів використовують спеціальну ванну ємкістю 5дм³ (рис.2.1). конструкція ванни з вгнутим дном і перегородкою, яка відділяє пропелерний перемішувач від зони розміщення електродів, дозволяє створювати висхідний потік з рівномірним розподілом часточок по всьому об'єму електроліту.

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

вибрані такі режими: витримка без струму - (30 ± 2) с ; початкова густина струму -

1 А/дм^2 протягом 4...5 хв ; плавний вихід на робочу густина струму з швидкістю $3...4 \text{ А / (дм}^2\text{хв.)}$.

В якості базового електроліту залізнення вибрано розчин хлористого заліза - $(\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 500 \text{ кг/м}^3)$, який є поширеним на практиці. Визначення впливу легуючих і буферних добавок на міцність зчеплення покриттів проводили шляхом введення в базовий електроліт солей нікелю ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) та кобальту ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) та алюмінію ($\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) і натрію виннокислового ($\text{Na}_2\text{H}_4\text{C}_4\text{O}_6 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$).

Кислотність розчинів підтримували додаванням розбавленої дистильованої води (1: 5) до соляної кислоти.

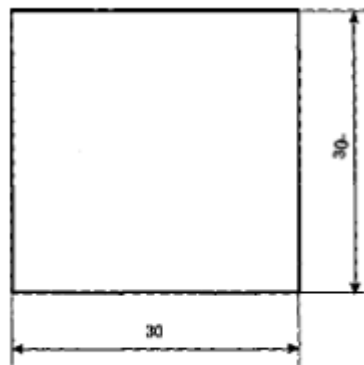


Рис. 2.2 Зразки для визначення міцності зчеплення (а) та абразивного зносу (б) та інших механічних властивостей.

Електроліт - суспензію готували введенням в електроліти електрокорунда білого (Al_2O_3) марок М2, М10, М14, М20, М40 . Вміст порошку змінювали в межах $25..150 \text{ кг/м}^3$

Міцність зчеплення покриттів з основою визначали методом кільцевого зсуву на циліндричних зразках із сталі 65Г загартованих на твердість НРС 52..56 (рис.2.2). Схема нарізання кілець і випробування зразків на міцність зчеплення показана на рис.2.3.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напрямні частини зразків ізолювали фторопластовими ковпачками, які насаджували з невеликим натягом на довжину 2 мм. Площа під покриттям дорівнювала $0,09 \text{ дм}^2$. Після нанесення покриття товщиною 0,4 ..0,6 мм, на зразку вирізали кільця по 5 шт.(висотою 1...1,25 мм і шириною 0,8...1,0 мм. Нарізання виконували відрізним кругом на вулканітовій основі, товщиною 1 м. Для цієї мети використовували токарний верстат 16У04П. в патрон якого вставляли зразок, а на супорті кріпили електродвигун, оснащений цим кругом. Нарізання кілець відрізним кругом, діаметром 100...150 мм з частотою обертання 2700 об/хв. з використанням струменя СОЖ, що виключало нагрівання та деформацію покриття на зразку. Для запобігання явища заклинювання зразка в матриці внаслідок утворення галтелей проводили врізання відрізного круга в підшар на величину, яка дорівнює радіусу затуплення кромки відрізного круга ($R= 0,3.0,5$ товщини круга), що утворюється під час різання. Відстань між кільцями 3..5 мм виключає при випробуваннях пошкодження наступного кільця. Посадка спряження зразка з матрицею (H7/ h6), а також напрямна зразка, яка дорівнює двом діаметрам, дозволили виключити перекіс зразків матриці під час випробувань.

Визначення міцності зчеплення проводили на машині Р-10 продавлюванням зразка через загартовану матрицю із сталі Р9 з твердістю HRC 60..62. Силу зсуву визначали з точністю +/- 1кгс. Міцність зчеплення вимірювали [$\text{кгс}/\text{мм}^2$] для зручності порівняння з літературними даними.

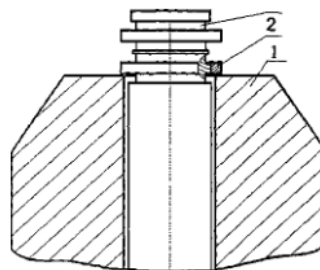


Рис 2.3 Схема нарізання кілець і випробування зразків на міцність зчеплення: 1- матриця; 2 - покриття; 3- зразок.

										Арк.
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ					

Висоту кільця вимірювали після зсуву по сліду на підшару з допомогою мікроскопу МБС-9, з точністю до 0,05 мм. Підложку в місці зсуву кільця ретельно шліфували з метою виключення додаткового тертя. Зразок змащували і виконували зсув наступного кільця. Напруження зсуву кожного кільця розраховували за формулою:

$$\sigma_{зч} = P / (dh) \quad (1.3)$$

де P - зусилля зсуву, кгс;

d - діаметр зразка, мм;

h - висота кільця, мм.

Міцність зчеплення визначали як середнє з п'яти вимірювань. Дослідження відносної зносостійкості при абразивному зношуванні проводили на спеціально розробленій установці (рис.2.4). Дослідження проведені таким чином, що а однакових умов піддають тертю зрази досліджувані та еталон абразивними часточками, які подають в зону тертя і притискаються до зразка гумовим роликом. Вимірюють знос зразків досліджуваного та еталонного. Відносну зносостійкість досліджуваного зразка визначають порівнянням його зносу з зносом еталонного зразка.

Для випробувань зразків використана установка на базі фрезерного верстату 6М82. Діаметр ролика 48..50 мм, ширина (15+0,1 мм), твердість гуми 78..85 один. За ГОСТ 263-75. кут нахилу напрямного лотка (45+2)°. Для фіксації зразка була розроблена державка, торцеві зазори між його стінками і роликом не менше 5,0 мм.

Перед випробуваннями проводили припрацювання ролика тертям його поверхні по поверхні шліфувального паперу типу 2 ГОСТ 6456-75 з зернистістю 8П за ГОСТ 3647-7, який закріплено в державці зразка на пласкій сталевій пластині при навантаженні на ролик (22+1) Н до повного прилягання

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до поверхні по всій довжині ролика. Після припрацювання ролик промивали ацетоном .

В якості абразивного матеріалу вибирали річковий пісок. Пісок просували в шафі протягом 1,0 ..1,5 годин при температурі 105 -110°C і просіювали через сито з діаметром отворів 1 мм. Для кожного експерименту готували нову порцію піску. Подачу піску здійснювали з допомогою спеціально розробленого дозуючого пристрою, який забезпечував стабільне дозування абразиву .

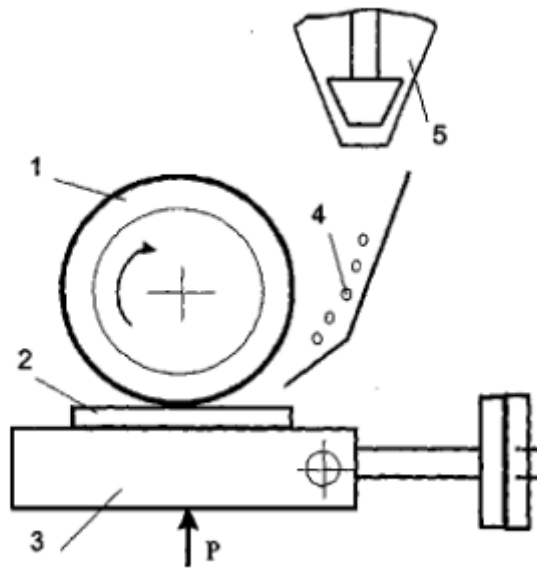


Рис. 2.4. Установа для випробувань на абразивну зносостійкість: 1 - гумовий ролик; 2 - зразок; 3 - державка зразка; 4 - абразив; 5 - дозуючий пристрій.

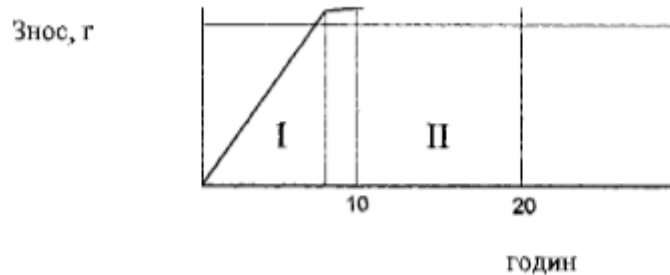


Рис. 2.5. Залежність зносу від тривалості випробувань:
I- зона припрацювання; II- зона сталого зносу.

При дослідженнях абразивної зносостійкості основи і КЕП використані пластини довжиною 30...50 мм, шириною 30 мм, товщиною 1 мм, які виготовлені із сталі Ст3 з нанесеним покриттям товщиною (0,5± 0,1) мм. Еталонні зразки виготовляли із сталі 35 (після відпалу, з твердістю НВ 180 - 190) та сталі 65Г з твердістю HRC 52...56. Знос визначали зважуванням зразків на аналітичних вагах ВЛР - 200 з точністю до $5,0 \cdot 10^{-5}$ г. Тривалість випробувань вибиралась в межах від 5 до 40 хвилин, для одержання величини зносу не менше 5 мг.

При визначенні відносної зносостійкості зразок притискали до ролика зусиллям (44± 0,25 Н), яке визначали і тарували за допомогою зразкового переносного динамометра ДОРМ-3-0,1 за ГОСТ 9500-84 (Рис.2.6). Ролик приводили в обертвий стан в напрямку, що показано на рис. 2.5 з частотою $n = 60 \pm 2$ об/хв. Одночасно вмикали дозуючий пристрій, який забезпечував неперервну подачу піску в зону тертя по всій ширині ролика.



Рис.2.6 . Загальний вигляд динамометра розтягування ДОРМ – 3 (переносного).

При проведенні експерименту положення зразка фіксувалось в одному положенні з допомогою державки. Для видалення з поверхні зразків жирових

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та оксидних плівок, перед початком випробувань їх очищали дворазовим промиванням в бензині та ацетоні, зразки на машину тертя подавали з допомогою пінцету.

Після знежирення зразки висушували до постійної ваги при 398К. Однак під час випробувань на поверхні зразків накопичувались продукти зносу, які перед кожним дослідом видаляли розчином СМС «Універсал» з наступним промиванням в гарячій проточній воді протягом 1 хв. і висушуванням при 130°C протягом 20 хв. Зважування виконували після охолодження зразків до кімнатної температури. Попередні досліди показали, що після такої обробки досягається постійна вага зразків.

Після кожних 10 випробувань перевіряли зовнішній діаметр ролика і при діаметрі менше 48 мм його замінювали на новий.

Відносну зносостійкість зразків визначали при досягненні парою тертя сталого зносу. Для визначення моменту настання сталого зносу будували для кожного зразка залежність зносу від часу і з неї визначали кінець припрацювання (рис.2.5).

Мікротвердість покриття визначали з допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 за ГОСТ 9450-76 (Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников) (рис.2.7).



Рис. 2.7. Мікротвердомір ПМТ-3

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення дефектів структури основи і перехідного шару проводили аналізом дифракційних ліній, отриманих на дифрактометрі ГУР в кобальтовому випромінюванні від площин (110), (211) (Рис.2.8). Розмір блоків і мікрвикривлення визначали за методом моментів другого порядку [40]. Густина дислокацій визначали за формулою П.Б. Хірша [41]. Дослідження морфології і мікроструктури основи покриттів проводили допомогою мікроскопів МБС-9, МИМ-10. (рис.2.9, 2.10).



Рис.2.8. Дифрактометр марки ГУР



Рис.2.9. Мікроскоп МБС- 9

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Отримання достовірних експериментальних даних забезпечувалось використанням повірених контрольно-вимірювальних приладів, достатньою кількістю дослідів, обробкою результатів статистичними методами з використанням теорії вірогідності. Досліди проводили з використанням планування експериментів [44, 45].

2.2. Вибір зносостійкої основи для формування (КЕП)

Накопичений досвід з використання електrolітичних сплавів для відновлення і підвищення зносостійкості деталей машин свідчить, про високі експлуатаційні властивості цих покриттів в порівнянні з покриттями «чистого» електrolітичного заліза.

Для відновлення деталей з легованих сталей, які працюють у важких умовах з урахуванням літературних джерел вибрано склад електrolітів з добавками нікелю та кобальту. Склад електrolітів, кг/м³: - FeCl₂*4H₂O -500, NiSO₄*7H₂O -40, Na₂H₄C₄O₆*18H₂O -3, CoSO₄*7H₂O, Al(SO₄)₃*18H₂O - 80 [41, 20].

Не визначено оптимальну кількість легуючих добавок в електrolіті і режимів електrolізу, що потрібно для забезпечення найвищої зносостійкості і міцності зчеплення покриттів. Окремо залізо-нікелеві та залізо-кобальтові покриття досить повно досліджені, однак дослідження по їх використанню для відновлення деталей машин, які працюють в умовах абразивного зношування не проводились. Потрібно визначити режими електrolізу, які забезпечать найбільшу міцність зчеплення сплавів зі сталями легованими марганцем, які переважно використовують для виготовлення швидко зношуваних деталей машин.

Враховуючи, що зміна складу електrolіту і режимів нанесення покриттів викликає зміну їх структури і характеристик міцності, розробку рекомендацій з використання сплавів в якості основи КЕП не можливе без перевірки міцності

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

зчеплення, мікротвердості і зносостійкості покриттів в умовах абразивного зношування.

В ході досліджень вирішувались наступні задачі:

1. Визначення структури та міцності сплавів і їх зчеплення з основою.
2. Дослідження впливу режимів електролізу на структуру і механічні властивості покриттів для вибору найбільш зносостійкої основи для формування КЕП.

Вплив іонів Co^{2+} , Al^{3+} , SO_4^{2-} , а також натрію виннокислого на міцність зчеплення з марганцевими сталями визначали шляхом механічних випробувань покриттів, отриманих з електролітів з різним вмістом добавок.

При плануванні досліджень впливу легуючих добавок на мікротвердість і міцність зчеплення покриттів з основою використовували план ЦКР2 [44].

Для розчину Fe - Ni факторами слугували: вміст Ni^{2+} - X_1 , SO_4^{2-} - X_2 , $\text{Na}_2\text{H}_4\text{C}_4\text{O}_6$ - X_3 .

Для розчину Fe - Co факторами слугували вміст: Co^{2+} - X_1 ; Al^{3+} - X_2 ; SO_4^{2-} - X_3 .

Параметрами оптимізації слугували для залізо-нікелевого і залізо-кобальтового покриття відповідно міцність зчеплення (кгс/мм²) - Y'_1 - Y'_2 і мікротвердість (ГПа) - Y''_1 - Y''_2 .

Дослідження абразивної зносостійкості проводили за планом ЦКР 2³. Факторами слугували: температура електроліту (°C) - X_1 , густина струму (А/дм²) - X_2 , кислотність рН розчину - X_3 (табл.3).

Параметрами оптимізації слугували знос залізо-нікелевих і залізо-кобальтових покриттів, відповідно (мг) : J_1 , J_2 .

Випробування проводили на стабілізованих зразках, які витримували попередньо в ексикаторі при кімнатній температурі не менше 48 годин.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				51

Таблиця 2.3. Інтервали варіювання незалежних змінних при дослідженні впливу режимів електролізу.

Рівні факторів	Код змінних	Значення змінних , г – екв /л		
		X_1	X_2	X_3
Основний рівень	0	54	32	0,68
Інтервал варіювання		15	10,2	0,38
Верхній рівень	+1	68	40	1,0
Нижній рівень	-1	40,54	20	0,4
Зіркова точка (+)	+ 1,69	80,97	46,02	0,2
Зіркова точка (-)	-1,69	28,7	13,2	1,2

Мікротвердість покриттів визначали на зразках без додаткової обробки поверхні перед проведенням випробувань на зчеплення і знос.

Мікроструктуру вивчали на мікрошліфах, виготовлених за визначеними методиками [46].

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 . Вплив складу електроліту на механічні властивості покриття

Проведені дослідження показали, що міцність зчеплення залізо-нікелевих і залізо-кобальтових покриттів з легованою сталлю залежить від зміни вмісту іонів легуючих добавок в електролітах і в покритті. При розрахунках матриці планування визначені коефіцієнти регресії і отримані адекватні рівняння, які моделюють залежність зчеплення від складу електролітів. Перевірка по F - критерію Фішера показала, що рівняння адекватно описує поверхню відгуку . Після виявлення найбільш значимих коефіцієнтів по t - критерію Стьюдента, отримані рівняння регресії, які описують залежність міцності зчеплення від факторів оптимізації і для залізо - нікелевих і залізо-кобальтових покриттів.

$$Y'_1 = 46,23 + 2,40 X_1 - 0,27 X_2 - 1,79 X_3 + 2,29 X_1^2 - 0,48 X_2^2 - 1,81 X_3^2 + 0,68 X_1 X_2 \quad (8)$$

$$Y'_2 = 42,82 + 2,36 X_1 - 1,32 X_2 - 1,95 X_3 + 0,73 X_1^2 - 0,86 X_2^2 - 0,85 X_3^2 + 0,5 X_1 X_2 \quad (9)$$

Найбільший вплив на міцність зчеплення залізо-нікелевих покриттів мають іони нікелю.

Максимальна міцність зчеплення залізо-нікелевих покриттів 48..50кс/мм² при кількості Ni²⁺ - 33,6 г- іон/л. Збільшення міцності зчеплення при підвищенні вмісту іонів нікелю в проведених дослідах відповідає літературним даним [41] . Оскільки електроосадження нікелю відбувається з меншим перенапруженням відносно заліза, при потенціалах, які відповідають початковому періоду електроосадження покриттів, відносний вміст нікелю в сплаві в прилеглих до основи шарах більший, ніж в основній масі електроосадженого металу. Тому можна припустити, що підвищення міцності

									Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

зменшує залуження прикатодного проміжку, що перешкоджає утворенню і осадженню на катод гідрооксидів заліза, що негативно впливають на зчеплення та якість осадів [29].



а)

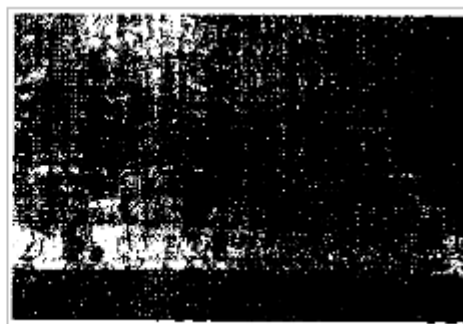


б)

Рис.3.1. Структура покриттів залізо – нікель.



а)



б)

Рис.3.2. Структура покриттів залізо – кобальт.

Твердість є одним з важливих показників, за яким можна визначати експлуатаційні властивості покриття. Результати досліджень показали, що мікротвердість залізо-нікелевих і залізо-кобальтових покриттів при зміні концентрації легуючих добавок в електроліті змінювалась в межах 4,45 ...7,20 ГПа, що вище найбільшої величини твердості максимально зміцненого чистого електролітичного заліза (5,0...5,5 ГПа).

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Властивості електролітичних сплавів визначаються їх хімічним складом і фазовою будовою, які залежать від природи і концентрації іонів, які розряджаються, від перенапруження розряду кожного з компонентів. Додавання солі нікелю в електроліт залізнення сприяє стабілізації концентрації заліза Fe^{2+} , що сприяє отриманню осадів високої якості. Подібним чином впливають на кінетику електродних процесів і на структуру осадів іони Co^{2+} .

Для отримання якісних залізо-нікелевих осадів міцністю зчеплення 4,7..5,0 ГПа рекомендовано електроліт такого складу, (кг/м³) : залізо хлористе 500; нікель сірчаноокислий - 90..100; натрій виннокислий - 1...1,5 . Такий розчин дозволяє отримувати покриття з високою міцністю, які мають високе зчеплення покриття та високі механічні властивості, які забезпечать високу надійність та працездатність деталям.

Для отримання залізо-кобальтових покриттів рекомендовано електроліт такого складу: залізо хлорне - 500; кобальт сірчаноокислий 100..110; алюміній сірчаноокислий - 80 ...100.(кг/м³).

Початкові режими електролізу потрібно підтримувати в таких межах: витримка без струму - (30+-2) с ; початкова густина струму - 1 А/ дм² протягом 4..5 хв.; поступовий вихід на робочу густину струму з швидкістю 3...4 А/ (дм²·хв.).

Для вибору зносостійкої основи КЕП потрібно дослідити вплив режимів електролізу на властивості покриттів.

3.2. Вплив параметрів електролізу на структуру і властивості покриттів

Дослідження проведені з метою вивчення впливу параметрів електролізу на абразивну зносостійкість покриттів, які отримані з розчинів оптимального складу. Результати показали, що зносостійкість залізо-нікелевих і залізо-кобальтових покриттів суттєво залежить від параметрів електролізу, які визначають структуру осадів. Під час розрахунку матриць планування були

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначені коефіцієнти регресії, які адекватно описують залежність зносу покриттів від параметрів електролізу. Після виключення незначущих коефіцієнтів рівняння набуло такого вигляду:

$$J_1 = 8,8 + 0,95 X_1 - 0,6X_3 + 0,69 X_3^2 + 0,5 X_1X_2 + 0,94 X_1X_3 + 0,66 X_2X_3 \quad (12)$$

$$J_2 = 8,04 + 0,72X_1 - 0,44 X_2 - 0,63X_3 + 0,45X_2^2 + 0,35X_3^2 + 0,3 X_2X_3 \quad (13)$$

З рівняння (12) видно, що на знос покриттів, які отримані з залізо-нікелевого електроліту, найбільший вплив має температура електроліту. Підвищення температури електроліту збільшує знос покриття. При підвищенні густини струму зносостійкість покриттів збільшувалась і проходила через максимум біля нульового значення плану експерименту. Підвищення кислотності розчину до рН = 0,7..0,9 зменшує знос, після чого зносостійкість покриттів падала. Зразки, які одержані із залізо-нікелевого розчину за різних умов електролізу, відрізнялись один від одного зовнішнім виглядом. Колір покриттів змінювався від світло-сірого до темно-сірого. При великих значеннях густини струму отримували блискучі гладенькі осад з сіткою тріщин. При високій температурі і низькій густині струму покриття були гладенькими з рідкими мікро тріщинами

Поверхня відгуку для залізо-нікелевого електроліту (яка описується рівнянням (12)) мала складний характер і є гіперболічним параболоїдом. Аналіз її перерізів показав, що збільшення зносостійкості покриттів проявляється при русі вдовж змінної X_1 в області -1 і змінної X_2 в області +1. Мінімальний розрахунковий знос, який отримано в області плану експерименту, був $J_{\min} = 6,3$ мг. Для перевірки правильності теоретичних розрахунків проведена серія дослідів в точці мінімуму, які показали, що за даних умов знос складає (6,0 +/- 0,5) мг.

Збільшення густини струму сприяє збільшенню щільності дислокацій і мікронапружень, подрібненню блоків, що зменшує знос покриттів. Визначено,

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вища, ніж у еталонних зразків із сталі 35, це дозволяє рекомендувати їх в якості основи для КЕП і відновлення деталей машин.

Дослідження тонкої структур покриттів показало, що зміцнення матеріалу при електролізі відбувається внаслідок подрібнення блоків, збільшення щільності дислокацій і мікро викривлень кристалічної решітки, як і під час пластичної деформації.

Найбільш зносостійкі зміцнені осадки мали щільність дислокацій $2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$, що відповідає граничному зміцненню чистих металів. Збільшення параметрів режиму електролізу викликає знеміцнення покриттів і зниження їх характеристик міцності. Тому подальше підвищення зносостійкості покриттів можливе за рахунок введення в них твердих часточок.

Висновки

1. Визначені склад електролітів і параметри електролізу, які дозволяють отримати електролітичні сплави заліза з нікелем і кобальтом, які мають високу зносостійкість при терті об абразивні часточки, і здатні слугувати матрицею при формуванні КЕП:

а) залізо хлористе - 500 кг/м^3 , нікель сірчаноокислий - $90..100 \text{ кг/м}^3$; натрій винноокислий - $1...1,5 \text{ кг/м}^3$; катодна густина струму $35...40 \text{ А/дм}^2$, температура електроліту $30...35 \text{ }^\circ\text{C}$; $\text{pH} = 0,7..0,9$;

б) залізо хлористе - 500 кг/м^3 ; кобальт сірчаноокислий $100..110 \text{ кг/м}^3$; алюміній сірчаноокислий - $80 \dots 100.(\text{ кг/м}^3)$; катодна густина струму $30... 35 \text{ А/дм}^2$, температура електроліту $30....35 \text{ }^\circ\text{C}$; $\text{pH} = 0,7..0,9$;

2. Перевірені режими нанесення сплавів залізо - нікель та залізо - кобальт на леговані сталі, виявлена можливість досягнення високої міцності зчеплення з марганцевими сталями, яка майже дорівнює міцності матеріалу основи на зсув ($50... 55 \text{ кг/мм}^2$), яка досягається при таких початкових умовах електролізу: витримка без струму - $(30+-2) \text{ с}$, початкова густина струму - 1 А/дм^2 протягом $4..5 \text{ хв.}$; поступовий вихід на робочу густину струму з швидкістю $3...4 \text{ А/ (дм}^2 \cdot \text{ хв.)}$ При виконанні цих режимів можна отримати покриття із залізо -

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нікелевого і залізо - кобальтового електролітів з міцністю зчеплення біля 400..500 МПа.

3. Визначені залежності впливу складу електроліту на міцність зчеплення покриття з основою, що легована марганцем. З'ясовано, що найбільший вплив на зчеплення покриття з основою мають іони нікелю і кобальту. Міцність зчеплення досягає максимуму при вмісті Ni^{2+} 33,6 г-іон /л (в Fe - Ni електроліті) і Co^{2+} 20,97 г-іон /л (в Fe -Co електроліті). Збільшення вмісту SO_4^{2-} в присутності натрію виннокислого також сприяє збільшенню міцності зчеплення покриття з основою. Збільшення вмісту натрію виннокислого більш ніж 2 кг/м^3 в залізо - кобальтовому розчині значно зменшує міцність зчеплення покриттів. Вплив іонів алюмінію в залізо-кобальтовому розчині не суттєве. Визначено, що зміна концентрації легуючих елементів і добавок не тільки погіршує міцність зчеплення, але й змінює фізико-механічні властивості і структуру покриттів.

4. Виявлено, що добавки нікелю і кобальту в електроліті залізнення підвищують міцність осадів, отриманих при підвищених значеннях густини струму, порівняно з чистим електролітичним залізом. З'ясовано, що мікротвердість сплавів, які мають найвищу абразивну стійкість має бути в межах 5, 0.. .6,5 ГПа .

Дослідження тонкої структури сплавів підтвердили, що зміцнення матеріалу відбувається за рахунок подрібнення блоків, збільшення щільності дислокацій і мікро викривлень кристалічної решітки.

Визначено, що щільність дислокацій в межах $2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ відповідає граничному зміцненню покриттів. Подальше зміцнення покриттів можливе введенням в них твердих часточок.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Дослідження технологічних режимів формування зносостійких КЕП на основі заліза

Для формування зносостійких композиційних електрохімічних покриттів потрібно в тверду зносостійку основу ввести тверді дисперсні часточки. З'ясовано, що в якості дисперсної фази (ДФ) доцільно використовувати електрокорунд білий. Важливим параметром, що визначає зносостійкість покриття, є розмір часточок ДФ. Часточки малих розмірів не можуть відігравати роль виступів шорсткої поверхні, по якій відбувається контакт тіл тертя, а великі часточки мають дефектну структуру і руйнуються при невисоких навантаженнях. Зносостійкість КЕП буде найбільшою в тому випадку, коли часточок буде достатньо для того, щоб витримати навантаження, а матриця буде утримувати часточки від викришування. Доцільно визначити оптимальний склад КЕП, коли покриття буде мати неперервний каркас, що надійно утримує тверді часточки і рівномірно розподіляє зусилля від зовнішніх навантажень. В літературі [22] показано, що для формування зносостійких КЕП вміст часточок дисперсної фази в покритті має бути в межах 26..28 % (об.). Підвищення вмісту наповнювача в покритті викликає безпосередній контакт часточок, що зменшує міцність композиції.

Процес нанесення КЕП відрізняється від звичайного залізнення тим, що потребує постійного перемішування електроліт суспензії (ЕС) при нанесенні покриття для підтримання часточок у зваженому стані і подачі їх до поверхні катоду. Досліджень про вплив параметрів потоку електроліту на склад КЕП небагато і вони мають протиріччя.

Тому для оптимізації масопереносу в ЕС потрібно було провести теоретичні і експериментальні дослідження впливу швидкості потоку ЕС на включення ДФ в покритті.

Дослідження впливу гідродинаміки потоку і інших факторів переносу часточок ДФ і ЕС на формування КЕП і його склад виконувалось при

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контрольованому гідродинамічному режимі потоку ЕС. Попередні дані показали, що для цих цілей краще підходить електрохімічна комірка з постійними характерними розмірами, через яку проходить потік ЕС . Тому визначали оптимальні гідродинамічні параметри, за яких формується КЕП з заданою кількістю включень, вибрано оптимальні розміри і вміст ДФ в матриці, за яких вона добре чинить опір абразивному зносу. Відновлені деталі можуть працювати при різних швидкостях і навантаженнях.

Досліджено вплив швидкості потоку ЕС на розподіл ДФ в електроліті і покритті. Вибрано розмір і вміст часточок ДФ електрокорунду в покриттях, що відповідають найбільшій абразивній стійкості. Досліджено вплив умов тертя на зносостійкість КЕП при абразивному зношуванні.

Покриття отримували за режимами електролізу, які забезпечують найвищу зносостійкість і міцність зчеплення матриці КЕП. Порядок підготовки зразків перед нанесенням покриттів описано в розділі 2. При вивченні механічних властивостей КЕП отримували в ванні об'ємом 5 дм³ при контрольованому перемішуванні ЕС. Покриття осаджували на пластини довжиною 30 мм, товщиною 1 мм, товщина нанесеного шару 0,4..,6 мм (рис. 2.2). Мікропорошки електрокорунду білого перед введенням в електроліт попередньо не обробляли, наважку потрібної маси порошку змішували з невеликою кількістю розчину в окремій ємкості до повного змочування часточок і доводили рН до робочого значення, після чого невеликими порціями вводили в електроліт при постійному перемішуванні. Робочий розчин перемішували 30 хвилин, потім контролювали склад і корегували рН. Режим перемішування для всіх дослідів був однаковим. Положення катодів відносно анодів і стінок електролізера фіксували спеціальним пристроєм.

Вплив ДФ на склад та структуру КЕП проводили на прикладі залізо - нікелевого сплаву. Порядок підготовки ЕС виконувався. Вміст електрокорунду білого марки М14 підтримували постійним (100 ± 2) кг/м³ . Для вивчення

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливу швидкості перемішування на включення ДФ в осаді покриття отримували в комірці на спеціально розробленій установці (Рис.3.7).

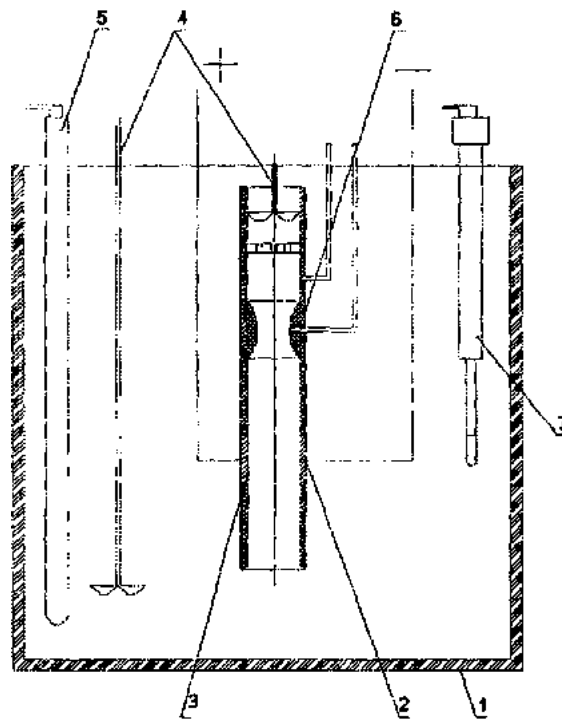


Рис.3.7. Схема електрохімічної комірки для дослідження впливу швидкості потоку ЕС на включення ДФ : 1 – ванна з ЕС ; 2 – зразок; 3 – анод; 4 – перемішувач; 5 – нагрівач; 6 - електрохімічна комірка з витратоміром; 7 – контактний термометр.

Електрохімічну комірку виготовляли з органічного скла. Перед проведенням досліджень обробляли 30 % розчином сірчаної кислоти протягом 2 годин для виключення виділення компонентів матеріалу в електроліт. Електроди і зразок встановлювали «врівень» з внутрішньою поверхнею комірки. Покриття наносили на прямокутні пластини (2) із сталі Ст3 (Рис. 2.2), товщина нанесеного шару 0,2...0,3 мм. В якості анодів (3) вибрані прямокутні пластини із сталі Ст3 таких самих розмірів. Анодне травлення виконували в 30 % розчині сірчаної кислоти за режимами, описаними в розділі 2. Контроль витрат ЕС при нанесенні покриттів здійснювали а допомогою витратоміру Вентурі (6). Вміст ДФ в КЕП визначали в п'яти точках

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ						69

по осі зразка вздовж напрямку потоку ЕС за методикою описаною в розділі 2. Об'ємний вміст розраховували як середнє з п'яти вимірювань

Вимірювання мікротвердості і параметрів субмікроструктури виконували на зразках (Рис. 2.2) до і після випробувань в області плями зносу відповідно до методики, що викладена в розділі 2.

Так як під час оранки навантаження на леміш з боку ґрунту і швидкість його ковзання змінюється в залежності від типу ґрунту, потужності трактора та інших факторів, під час випробувань навантаження і швидкість відносного ковзання пари тертя змінювали в межах, близьких до умов роботи реальних деталей.

3.3.1. Вплив гідродинамічних процесів в електролітах – суспензіях на формування КЕП

Аналіз впливу гідродинаміки ЕС на формування КЕП показав, що основну роль відіграє перемішування. Теоретичні розрахунки показали, що найбільш активне формування КЕП відбувається при швидкості потоку 0,1...3 м/с. Вміст часточок ДФ в покритті 20...40%. Отже теоретичні дані показують, що для отримання покриття з об'ємним вмістом 28..30 %, що відповідає максимальній зносостійкості, оптимальна швидкість потоку ЕС відносно поверхні катоду має бути 0,15... 0,25 м/с.

Експериментальні дані досліджень впливу потоку електроліту на включення ДФ в покритті, отримані в електрохімічній комірці, підтвердили висновки теорії про характер залежності вмісту часточок в покритті від середньої швидкості потоку ЕС. Покриття з об'ємним вмістом електрокорунду М14 26...28% отримані при швидкості потоку 0,15..0,25 м/с. При збільшенні швидкості потоку до 1 м/с і більше часточки практично не надходили в осад. Для отримання КЕП з високим об'ємним вмістом ДФ в покритті (26...30%) потрібно забезпечити схему перемішування електроліту з контрольованою

										Арк.
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ					

надходження гідрооксидів в осад і порушення структури сплавів. Перелічені фактори сприяють підвищенню пластичності і міцності зчеплення між шарами металу, отриманого в умовах випадання гідроксиду, що покращує механічні властивості покриття, яке цементує тверді часточки.

Однак збільшення вмісту ДФ в ЕС і надходження часточок в осад, зменшує активну поверхню катоду за рахунок включень і екранування часточками, утруднює процес електро кристалізації сплаву і викликає відповідні зміни структури і механічних властивостей осаду.

Підвищення мікротвердості до 8,0. 12, 0 ГПа сприяє значному підвищенню зносостійкості КЕП в умовах абразивного зношування. Однак великий вміст ДФ в покритті викликає порушення щільності каркасу матриці і викришування часточок при прикладанні навантаження.

Додавання в покриття дисперсних часточок стримує розтріскування осаду в процесі нанесення при зберіганні високої мікротвердості, що сприяє підвищенню зносостійкості основи і композиції в цілому.

Набуття високої твердості покриттям внаслідок введення твердих часточок і підвищення тріщиностійкості матриці дозволяє проводити осадження КЕП при більш жорстких умовах електролізу. Густина струму можна збільшити до 35..40 А/дм², при температурі 35...40 °С і кислотності розчину рН = 0,7.. 1,0. За цими режимами можна отримати осади з мікротвердістю матриці із залізо - нікелевих розчинів 5,0...5,5 ГПа, залізо-кобальтових розчинів 5,5...6,5 ГПа.

Для отримання зносостійких КЕП потрібно визначити вплив розміру і концентрації дисперсної фази в розчині і покритті. Для цього проведені лабораторні випробування по визначенню абразивної зносостійкості КЕП.

3.3.3 Вплив структури КЕП на абразивну зносостійкість

Дослідженнями доведено, що знос покриттів в контакті з не жорстко закріпленим абразивом переважно залежить від розмірів і вмісту дисперсних

									Арк.
									73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

часточок в покритті, як на стадії припрацювання так і під час сталого зношування. Знос КЕП на основі залізо-нікелевих і залізо-кобальтових сплавів при збільшенні ДФ в розчині зменшується в 4...5 разів і проходить через мінімум при вмісті порошоків в межах 75...100 кг/м³ (Рис.3.10). При збільшенні вмісту ДФ в електроліті більше за 100 кг/м³, а в покритті більше ніж 30...35% (об.) зносостійкість покриттів зменшується. Зниження зносостійкості КЕП при збільшенні концентрації ДФ викликане зменшенням міцності зв'язування і її здатністю утримувати тверді зносостійкі часточки, як є ділянками контакту покриття і контртіла. Виявлено на поперечних шліфах, що порушується неперервність матричного каркасу КЕП з утворенням між часточками безпосередніх контактів. КЕП з включеннями мікро порошку 2..3 мкм при збільшенні концентрації більше ніж 50 кг/м³ мали зносостійкість більш низьку, ніж «чисті» покриття. Причиною цього можливо є коагуляція часточок в електроліті, які потім у вигляді досить великих рихлих агрегатів включались в осад. В такому стані часточки не зцементовані в'язучим і не можуть створювати ефект зміцнення.

Аналіз результатів показав, що при збільшенні розмірів твердих часточок наповнювача зносостійкість КЕП підвищувалась і проходила через максимум при розмірі зерен 14...18 мкм.

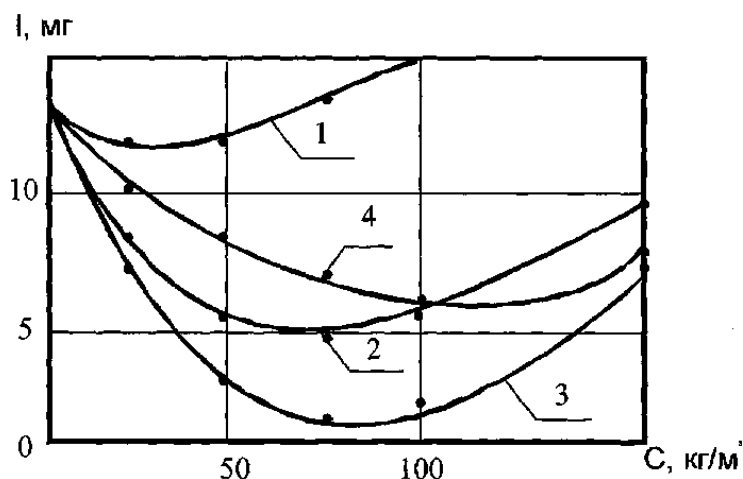


Рис.3.10 . Вплив розміру і концентрації ДФ на знос КЕП залізо-нікель-електрокорунд: 1 - M2; 2 – M10; 3 – M14; 4 – M20.

										Арк.
										74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ					

Залізо - нікелеві і залізо-кобальтові покриття, які мають найвищу зносостійкість, містять ДФ в ЕС близько 80...90 кг/м³, що відповідає 28...30 % об'ємної концентрації часточок в покритті. Найменший знос мають КЕП на основі сплавів, які містять часточки електрокорунду білого розміром 14...18мкм, які мали зносостійкість в 4..5 разів вищу, ніж залізонікелеві та залізо - кобальтові покриття без наповнювача і в 8...10 разів, ніж еталон із загартованої сталі 65 Г. (рис.3.10). Найвищу зносостійкість мають КЕП, які отримані з розчинів, що містять мікро порошок оксиду алюмінію марки М14 в розчині 80. 100 кг/м³ і в покритті 28...30% (об.).

Реальні умови роботи експлуатації поверхонь деталей машин сприймають різні навантаження і різання ґрунтів відбувається з різними швидкостями виникла потреба дослідити працездатність КЕП за різних умов тертя в порівнянні з еталоном, виготовленим із серійних лемешів і електролітичним залізом без добавок.

3.3.4. Вплив умов тертя на стійкість КЕП до абразивного зносу.

Для дослідження впливу швидкості відносного ковзання пари тертя і навантаження на знос КЕП використані покриття, які отримані за режимами електролізу, що відповідають найбільшій зносостійкості. Аналіз результатів показав, що при збільшенні навантаження та швидкості відносного ковзання пари тертя інтенсивність зношування еталона і зразків з покриттям КЕП, зростала (Рис.3,12; 3,13). Швидкість зносу композиції, яка містить мікро порошок М14 збільшується лінійно навантаженню, залишається в 4 рази меншою ніж у покриття без ДФ і у 8 разів меншою, ніж у еталона.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

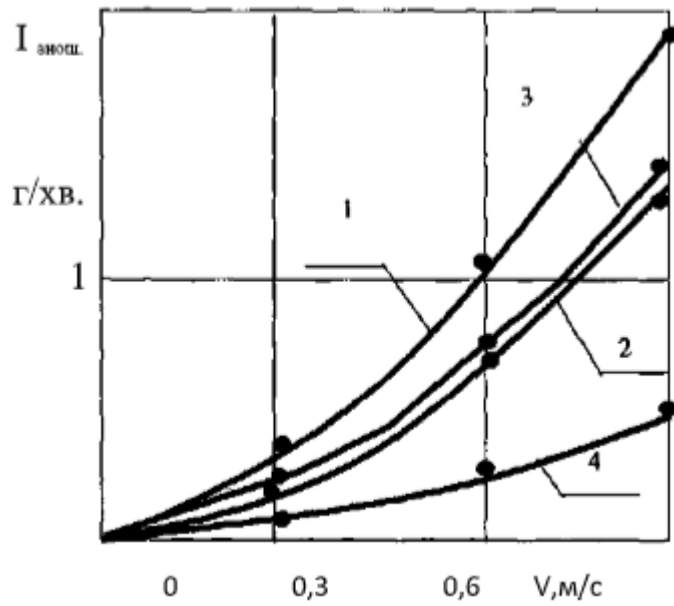


Рис.3.12. Вплив швидкості ковзання на зносостійкість зразків в контактi з не закріпленим абразивом:

1 - серійний леміш; 2- покриття залізо - нікель; 3 - покриття залізо - кобальт; 4 - покриття залізо - електрокорунд М1.

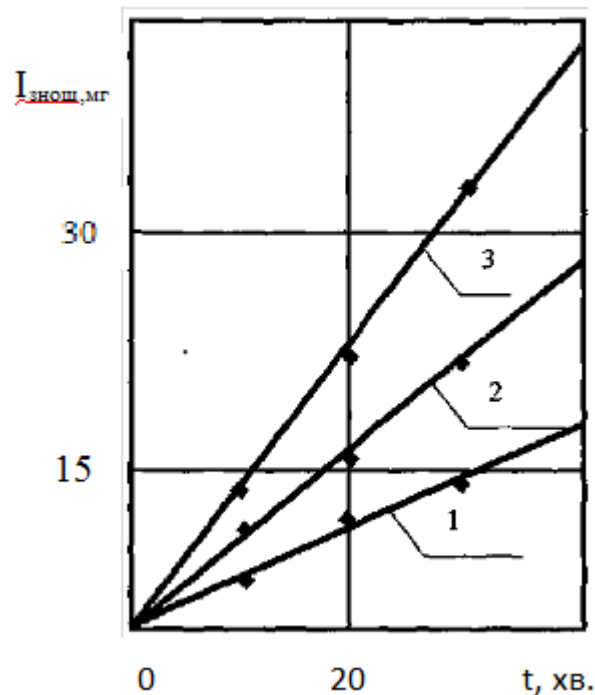


Рис. 3.13. Вплив навантаження на знос зразків із серійного лемеша при контактi з не жорстко закріпленим абразивом (при 1- P= 44 Н; 2 - P= 65 Н)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2118134. 000 ПЗ

Арк.

77

ВИСНОВКИ

1. Надійним контрольованим параметром гідродинаміки ЕС є середня швидкість потоку, зміною якої можна регулювати поставку ДФ на катод і попадання часточок в покриття. Теоретично знайдена і експериментально підтверджена область середніх швидкостей потоку ЕС, яка дорівнює 0,15...0,25 м/с і забезпечує включення часточок в межах 26...30 % (об.).

2. З'ясовано, що часточки в осаді розподіляються рівномірно. Виявлено відсутність включень в початкових шарах покриття. Додавання твердої дисперсної фази в електролітичне залізо зменшує тріщинуватість, шаруватість мікроструктури покриття. Доведено, що тверді часточки при осадженні з металом не суттєво змінюють тонку структуру покриття.

3. Виявлено, що введення твердих часточок електрокорунду білого в електролітичне залізо - нікелеві і залізо - кобальтові сплави дозволяє підвищити зносостійкість КЕП при абразивному зношуванні до 8..12 разів у порівнянні зі сталлю 65Г загартованою.

Найвищу зносостійкість мають КЕП, які містять часточки електрокорунду розміром 14...16 мкм в покритті 28..30 % (об.) і в розчині 80...100 кг/м³.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НАНЕСЕННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОІМЧНИХ ПОКРИТТІВ

Технологічний процес нанесення зносостійких покриттів на основі заліза складається з деяких обов'язкових операцій: механічна обробка, знежирення, електрохімічна підготовка, нанесення покриття, нейтралізація, фінішна механічна обробка і контроль.

Очищення, мийку і дефектування деталей можна виконувати за стандартними методиками. Електрохімічне знежирення доцільно проводити в стандартному електроліті при 1,0..2,0 А/ дм² або віденським вапном.

Відміна процесу нанесення КЕП від звичайного залізнення полягає в тім, що при нанесенні КЕП потрібно постійно перемішувати електроліт для утримання часточок у зваженому стані і подачі їх до поверхні катоду. Швидкість потоку ЕС потрібно підтримувати в межах 0,1...0,2 м/с.

Перемішування розчинів здійснюють або покачуванням анодних штанг, або осадженням в полі сили тяжіння, або барботування суспензії стиснутим повітрям чи газом, обертанням деталі, механічним перемішуванням, у відцентровому, акустичному полі тощо. Більшість з перелічених способів неможливо використовувати для осадження сплавів на основі заліза, так як електроліт під час відновлення деталей може окислюватись. Найбільш доцільним є струминне перемішування перемішувачем, який встановлено в окремій секції.

Для підвищення продуктивності процесу КЕП доцільно наносити в електролізерах ванного типу з одночасним завантаженням декількох деталей.

Для нанесення на деталі рівномірних покриттів потрібно використовувати пристосування для підвішування деталей та захисні екрани для поверхонь, що не відновлюються.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При нанесенні КЕП на плужні лемеші і зубці екскаваторів фінішну обробку можна не виконувати, так як покриття досить рівномірні з високим класом шорсткості і не потребують додаткової обробки

Вибрана схема ванни з витратним пристроєм забезпечує рівномірний розподіл часточок електрокорунду і дозволяє контролювати параметри потоку при нанесенні покриттів. При швидкості потоку більше за 0,2 м/с, дисперсну фазу повністю забирає потік і рівномірно розподіляє по всьому об'єму електроліту (Рис.4.2). Використання в конструкції ванни для осадження КЕП витратоміра Вен турі з звужуючими трубами, та вгнутих дном з перфорованим заспокоювачем створювали потік, який повністю змивав часточки, не створюючи зон застою і випадіння ДФ в осад.

Використання перфорованого дна - перегородки забезпечувало рівномірний розподіл часточок по всьому об'єму ванни. Така схема перемішування не допускає утворення застійних зон в ванні і заглибинах деталей, які обробляють, крім того підвищується точність регулювання кількості включень та фізико-механічні властивості КЕП.

4.1. Розробка схем ТП та оснащення для нанесення КЕП.

Схема виконання операцій технологічного процесу для нанесення КЕП на деталі сільськогосподарської техніки, які працюють в умовах абразивного зношування.

Польові випробування плужних лемешів з КЕП залізо - нікель - електрокорунд проводили в польових умовах.

Покриття наносили на ріжучу частину лемешу з ліцевої сторони при режимах електролізу, які відповідають найбільшій зносостійкості покриттів. : густина струму = 35 А/дм², температура = 30°C, кислотність рН = 0,7...0,9. Вміст мікро порошку електрокорунду білого марки М14 ЕС було в межах 80...90 кг/ м³. Лемеші, які досліджували та серійні піддавали технічній

									Арк.
									81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

експертизі. Знос лемешів визначали ваговим методом і за зміною основних лінійних розмірів лемеша після випробувань (рис. 4.1).

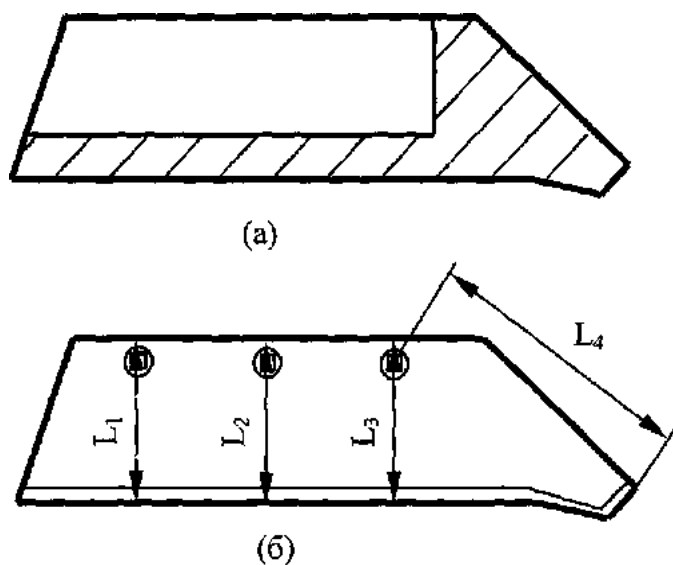


Рис 4.1. Схема нанесення КЕП (а) і контролю лінійних розмірів (б) лемеша під час експлуатації.

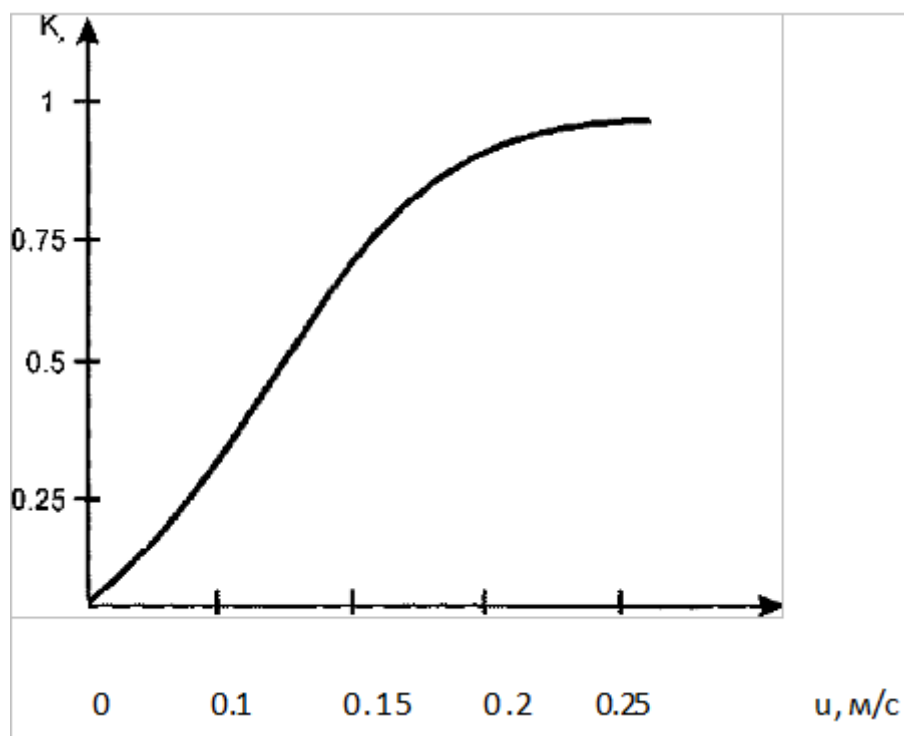


Рис.4.2 Залежність рівномірності розподілу ДФ (K) від швидкості потоку ЕС (u).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ 2118134. 000 ПЗ

Арк.

82

4.2 Технологічний процес і оснащення для нанесення КЕП

Схема виконання операцій технологічного процесу для нанесення КЕП на деталі сільськогосподарської техніки, які працюють в умовах абразивного зношування.

1. Очистка.
2. Механічна обробка.
3. Монтування деталей на підвіску.
4. Електрохімічне знежирення в розчині ПАР.
5. Промивання гарячою водою
6. Промивання холодною проточною водою.
7. Анодне декапірування.
8. Промивання холодною проточною водою.
9. Нанесення КЕП.
10. Промивання гарячою водою
11. Нейтралізація в розчині лугу.
12. Промивання в гарячій проточній воді.
13. Сушка.
14. Демонтаж деталей.
15. Контроль якості.
16. Механічна обробка і зберігання.

КЕП мають високу зносостійкість, їх можна використовувати для відновлення деталей, які працюють в умовах абразивного зношування та наносити на нові відновлені іншими способами деталі. Зміцнювані поверхні деталей мають бути доведені до номінальних розмірів і шорсткості не нижче $Ra\ 0,63\ \mu\text{m}$ при нанесенні КЕП на лицеву сторону лемеша рекомендовано загострити його лезо зі зворотної сторони і навпаки. Очищення деталей від бруду, окалини, іржі і різних технологічних речовин потрібно проводити

									Арк.
									83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2118134. 000 ПЗ				

металевими щітками з наступним промиванням їх у гарячій воді. Попередня механічна обробка потрібна для відновлення початкової форми деталі, видалення верхнього окисленого та зруйнованого шару. Виконується згідно технічних вимог на виготовлення деталі.

Знежирювання деталей краще проводити електрохімічне в розчині (кг/м³): тринатрійфосфат - 30..40; сода кальцинована 30..40; їдкий натрій - 30...40 ; рідке скло - 3...5. при анодній густині струму, яка дорівнює 7..8 А/ дм² при температурі 50...60 °С протягом 10 хв. пристосування розробляється для одночасної обробки 20 -30 лемешів. Після знежирення пристосування для підвішування подають на промивання гарячою водою ,демонтують з підвісок для знежирення і встановлюють в робоче пристосування.

Поверхні, на які покриття не наносять, мають бути ізольовані від агресивного середовища кислотостійкими лаками чи захисними чохлами з вініпласту чи гуми. Анодну обробку рекомендовано проводити в 30 % розчині сірчаної кислоти при густині струму 60..80 А/ дм² протягом 30..50 с. Можна також використовувати розчин алюмінію сірчаноокислого (Al₂ (SO₄)₃ *18H₂O - 350 кг/м³), який містить 20 кг/ м³ сірчаної кислоти [30].

Композиційні покриття наносять з залізо - нікелевого електроліт такого складу, кг/м³:

FeCl₂ *4H₂O - 500... 550 ; NiSO₄*7H₂O - 90...100 ; Na₂H₄C₄O₆*18H₂O -1, 5 2; електрокорунд білий марки М14 - 80...90; рН = 0,7...1,0 при температурі 40°С.

Залізо - кобальтовий електроліт має такий склад в (кг/м³):

FeCl₂*H₂O 500...550; CoSO₄· 7H₂O - 100...110; Al₂(SO₄)₃ * 18 H₂O - 80...90; електрокорунд білий марки М14 - 80..90; кислотність розчину рН = 0,7...1,0 при температурі 40 °С. Нанесення покриттів починають з витримки деталей в електроліті без струму 30...45 с, що є достатнім для вирівнювання температур розчину і деталі та активування анодно обробленої поверхні. Осадження КЕП виконують при початковій густині струму 3...4 А/ дм³

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Натурні випробування проведені на партії лемешів, на ріжучу поверхню яких нанесене покриття КЕП на основі залізо-нікелевого сплаву, що містить в ЕС 80 % кг/м³ електрокорунду білого марки М14.

На зубці екскаваторів композиційні покриття наносили на передню частину ріжучої крайки. Вміст твердих часточок до 25..27 % (об.).

Усі деталі з нанесеними покриттями були випробувані в польових умовах. Результати експерименту показали, що нанесення покриття на ріжучу частину лемешу дозволяє підвищити зносостійкість в 2...2,5 рази. Після оранки майже 35 га на лезі лемешів зберігались окремі фрагменти покриття.

Розроблений технологічний процес нанесення КЕП для підвищення абразивної зносостійкості лемешів дозволяє скоротити витрати часу на відновлення цих деталей (порівняно з наплавленням) так як одночасно покриття наноситься на 30...60 деталей.

Впровадження процесу нанесення КЕП на гальванічних ділянках спеціальних ремонтних виробництвах не є складним: використовується стандартне обладнання, таке яке використовується і при залізненні і при хромуванні.

Для нанесення КЕП на основі заліза потрібно до звичайної серійної лінії додати спеціальну ванну, оснащену установкою для струминного перемішування електроліту.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Отримані КЕП на основі сплавів заліза з включеннями електрокорунду білого в якості наповнювача, які мають підвищену зносостійкість в умовах абразивного зношування.

Виявлено, що введення твердих часточок марки М14 в розчин 80 ...90 кг/м³ в покритті (28..30 % об.) в сплави електролітичного заліза дозволяє підвищити їх абразивну зносостійкість у 8..10 разів порівняно з загартованими легованими сталями і у 4..5 разів у порівнянні з покриттями без ДФ.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Диха О.В. Розрахунки і випробування на надійність машин і конструкцій: навч. посібник / О.В.Диха, Р.В. Сорокатиий , О.П. Бабак . - Хмельницький: ХНУ, 2011. - 151с.

13. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга / Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. - №6. - С.39

14. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. М.: Машиностроение , 1976. 276с.

15. Ачкасов К.А. Прогрессивные способы ремонта сельскохозяйственной техники . М.: Колос, 1975. 375 с.

Повышение износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин. М.: 1986 52с.

16. Сайфулин Р.С. Композиционные покрытия и материалы. М.: Химия, 1977. 272 с.

17. Бородин И.Н. Упрочнение деталей композиционными покрытиями. М.: Машиностроение , 1982. 141 с.

18. Мошкович Ю.Д. , Ваксман Б.Н., Гурьянов Г.В. Структура и физико-механические свойства композиционных электрохимических покрытий на основе железа и хрома // Восстановление изношенных деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями . Кишинев: КСХИ, 1982. с. 40-44.

19. Петров Ю.Н., Душевский И.В. Электролиты железнения // Прогрессивные способы восстановления изношенных деталей машин. КСХИ, Кишинев, 1983. С. 4-9.

20. Алимов В.И., Уманская И.А., Георгиаду М.В. Структура и свойства железного слоя на стальных изделиях // Научные труды Донецького национального технического университета, 2011. С.89-96

21. Гальванические покрытия в машиностроении / Шлугер М.А. - М.: Машиностроение , 1985. - Т.1 -240 с.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Гурьянов Г.В. Восстановление деталей электролитическим железом . - Кишинев: «ШТИИНЦА» , 1987 . – 116 с.
23. Відновлення деталей автомобілів : Навчальний посібник .- Чернігів: ЧНТУ, 2013. -192 с.
24. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. - М б. : Колос, 1981, -35.
25. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
26. Вишенков С.А. Химические и электротермохимические способы осаждения металлопокрытий. М., Машиностроение, 1975.- 312 с.
27. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении.-М.: Машиностроение, 1991.- 384 с.
28. Norbert Marks. Maszyny rolnicze. Cz.1. Maszyny do uprawy pielęgnacji , nawożenia, siewu, sadzenia i ochrony roślin. - Krakow : Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie. 1997. - ISBN 8386524189.
29. Карпенко Н. А. , Зеленев А.А. Сельськохозяйственные машины .- М. 1968. 286 с.
30. Кальченко В.В., Кальченко В.І. , Венжега В.І. Відновлення деталей автомобілів : навч. посібник. Чернігів, 2013.- 143с.
31. Патент на корисну модель № 107045 Україна, МПК (2016) С25Д 3/20. Електроліт для електроосадження твердих покриттів на основі заліза / Данилов Ф.Й., Проценко В.С. , Васильєва О.О., Цуркан А.В., Власник: Держ. вищий навч. заклад «Український державний хіміко-технологічний університет» - № 201507866; заявл. 07.08.2015, опубл. 25.05. 2016. Бюл. № 10.
32. Молодик Н.В. , Лангрет Б.А., Бредун А.К. Восстановление деталей машин. К.: Урожай, 1985. – 160с.
33. Чередников О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей. :Навч. пос. – Чернігів: ЧДТУ, 2008.- 212 с.

					<i>МРТАМ 2118134. 000 ПЗ</i>	Арк.
						91
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

34. Дасоян М.А. , Пальмская И.Я., Сахарова Е.В. Технология электрохимических покрытий. – Л.: Машиностроение, 1989.- 391 с.

35. Антропов Л.И. Теоретична електрохімія. Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 544с.

36. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин . /Ткачев В.Н. – М.: Машиностроение. 1971. -264 с.

37. Ткачев В. К. Высокочастотная наплавка сплавом сормайт самозатачиваю щихся лемехов. /В.Н. Ткачев, Н.В. Козинцев. – Сварочное производство. – 1963. №1 с.12.

38. Гурьянов Г.В. Электроосаждение износостойких покрытий. Кишинев.: Штиитца, 1985. – 237 с.

39. Гурьянов Г.В. Сафронов В.И. Исследование износостойкости электролитических сплавов железо-окись алюминия // Повышение срока службы машин электролитическими способами. Труды КСХИ. т.54. Кишинев, 1968. С.87 -92.

40. Уманский Я.С. Рентгенография металлов и полупроводников. М.: Металлургия. 1960, 495 с.

41. Хирш П.Б.//ТУспехи физики металлов. №3 с.283. М.: Металлургиздат, 1960.

42.Салтыков С.А. Стереометрическая металлография./ Стереология металлических материалов. М.: Металлургия. 1976 , 272 с.

43. Салтыков С.А. Стереология металлических материалов. М.: Металлургия. 1970 , 375 с.

44. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1967, 157 с.

45. Налимов В.В , Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука. 1965. 286 с.

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46. *Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд.- 3- изд. перераб. и доп. В -3-х т. Т.1. Методы испытаний и исследования / Под. Бернштейна М.Л., Рахштадта А.Г. М.: Металлургия . 1983. 362 с.*

					<i>МРТАМ 2118134. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		93

ДОДАТКИ

					МРТАМ 2118134. 000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		