

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження зносостійкості лап культиваторів при їх відновленні»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «магістр»
групи 208АІмз_21

Савченко Роман Павлович

Керівник: Лапенко Т. Г.

Рецензент: Шейченко В. О.

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Резервом підвищення ефективності сільськогосподарської техніки, економії матеріальних ресурсів є відновлення зношених деталей [1].

Необхідність відновлення деталей обумовлена можливістю повторного їх використання. Собівартість відновлення деталей не перевищує 15...30% вартості нових, а витрата матеріалів в 15...20 раз нижче, ніж на їх виготовлення [2, 3].

Одним із напрямків підвищення якості відновлення деталей сільськогосподарських машин є використання технологічних процесів нових присадочних матеріалів при електроконтактному приварюванні (ЕКП) (стрічки, порошкових матеріалів). Варто відмітити, що технологія успішно використовується на практиці, однак не всі її можливості поки використовуються на практиці в силу недостатньої вивченості даного технологічного процесу для підвищення якості відновлених деталей [4].

Актуальність теми обумовлена необхідністю вибору ефективного методу відновлення деталей ґрунтообробних машин приварюванням зносостійких матеріалів. Відновлення працездатності вказаних деталей даним методом забезпечує їх високу якість і економічність технології, є актуальним для агропромислового комплексу України.

Мета дослідження – підвищення довговічності стрілочастих лап культиваторів при їх відновленні приварюванням зносостійких матеріалів.

Об'єкт дослідження: технологічний процес зміцнення та відновлення культиваторних лап методом приварювання зносостійких матеріалів, його зв'язок з режимними параметрами і фізико-механічними властивостями приварюваного матеріалу.

Предмет дослідження – розробка технології відновлення стрілочастих культиваторних лап.

Методика досліджень – це оцінка роботоздатності ґрунтообробних машин з вибором методу, параметрів технологічного процесу зміцнення за

рахунок приварювання зносостійких матеріалів при відновленні стрілчастих лап культиваторів.

Теоретична та практична значимість. На основі проведених теоретичних і маючих експериментальних досліджень розроблений технологічний процес відновлення стрілчастих лап культиваторів, який передбачає підвищення їх довговічності в 1,35 рази за рахунок підвищення їх зносостійкості.

Розроблена технологія може бути використана для відновлення лап в інших марок культиваторів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Умови роботи деталей машин сільськогосподарського виробництва та види зношування їх робочих поверхонь

Багатьма дослідженнями [5, 6, 7] встановлена основна причина втрати працездатності деталей – тертя, яке приводе до відказів через процес зношування. Зношування буває трьох основних видів: механічне, корозійно-механічне і зношування при заїданні. Величина зношування складає від 0,01 до 4,0 мм. Найбільша кількість деталей (83%) мають знос 0,6 мм [8].

На процес абразивного зношування має вплив: природа і розмір абразивних частинок, агресивність середовища, властивості матеріалу зношувальної поверхні, ударна взаємодія та інші фактори. Загальним для абразивного зношування є механічний характер руйнування поверхні, який характерний для робочих органів ґрунтообробних машин.

Головним завданням технології відновлення і зміцнення деталей машин є створення поверхонь з потрібними триботехнічними характеристиками.

До зносостійких матеріалів пред'являються наступні вимоги [9]:

1. Структура матеріалу в процесі тертя не повинна суттєво змінюватися.
2. Поверхневий шар не повинен наклепуватися в процесі тертя.
3. Для отримання високої зносостійкості в умовах абразивної ерозії співвідношення твердості матеріалу повинна складати не менше 1...1,2 [10].

При роботі культиваторів розміри і форма робочих органів (лап), фізико-механічний склад ґрунту, глибина і швидкість руху агрегату мають вплив на його тяговий опір [11].

Характер зношування леза культиваторної лапи в значній мірі залежить від вологості ґрунту, зі зменшенням якої верхня грань ріжучої кромки зношується активніше [12]. Автор вказує, що при високій вологості (20...28%) загальний (ваговий) знос робочого органу значно зменшується, так як ґрунт стає більш рихлим.

На рис. 1.1 показані зношені стрілочасті лапи після різного періоду напрацювання.



Рисунок 1.1 – Зношені стрілочасті лапи

Основними видами зносу лап в результаті їх експлуатації будуть наступні:

- затушення леза;
- знос носку по довжині;
- утворення затилочної фаски;
- знос лапи по ширині зі зменшенням ширини захвату крила;
- знос лапи по товщині;

Вказані види зносів мають вплив на зниження функціональних ознак і надійності машин:

- погіршення підрізання бур'янів і підвищення тягового опору;
- зменшення глибини обробки, підвищення зносу хвостової частини лапи і головок болтів;
- зменшення міцності деталей і послаблення їх кріплення;
- прискорений знос носка лапи (знос носка на 30 мм є граничним) [13].

Можна виділити три головних фактору зносу робочих органів: склад ґрунту, її щільність, фізико-механічні властивості матеріалу.

При розробці технологічного процесу їх відновлення потрібно досягати підвищеної твердості і зносостійкості носку і ріжучої кромки леза.

1.2. Аналіз методів відновлення деталей

Відновленням зношених деталей ґрунтообробних машин можна повторно (багатократно) використовувати їх ресурс в процесі експлуатації.

Для підвищення зносостійкості, втомлюваної міцності і корозійної стійкості використовуються пластичне деформування, хіміко-термічна обробка та інші методи [14, 15].

В практиці знаходить використання при відновленні культиваторних лап відтяжка (нагрівання до температури 800...1000°C, відтягування на пневматичному молоті, заточування з наступною термообробкою) і відрізання зношеної частини лапи (замість відрізаної частини зі сталі 65Г виготовляють профільну пластину з наступним її приварюванням суцільним швом до відновленої деталі).

Вказані методи відрізняються значною трудомісткістю і не високою зносостійкістю.

Інколи використовують спосіб надання лезу шарової будови з різною зносостійкістю шарів, що забезпечує його стабільну форму за рахунок прискореного зношування одного шару при гальмуванні зношування другого шару (ефект самозагострювання) [16].

На практиці знайшла визначене використання наплавка сормайтотом леза робочого органу. Даний метод відрізняється малою продуктивністю.

В ГСКТБ ПТ «Одесапчвотмаш» разом з ІЕЗ ім. Е.О. Патона АН України розроблений метод підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин, який забезпечує точкове зміцнення матеріалу деталей.

При експлуатації відновлених цим методом робочих органів менш зносостійкі частини основного металу піддаються більш інтенсивному зношуванню. На їх місці утворюються заглиблення, що повторюються з виступами на наплавлених ділянках леза органу з утворенням пилоподібної форми леза, яка сприяє збільшенню ріжучої довжини і площі контакту з ґрунтом. Ресурс відновлених робочих органів цим методом в 1,5...2,0 рази вищий в порівнянні з серійними, наплавленими індукційним способом.

Аналіз літературних джерел дозволив виявити основні методи відновлення робочих органів сільськогосподарських машин і їх зносостійкість (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Методи відновлення культиваторних лап

Методи відновлення	Глибина зміцнення, мм	Величини зносу, мм
1. Об'ємне гартування	0,6 – 1,2	11,40
2. Індукційне наплавлення	0,6 – 1,2	3,61
3. Поверхнєве гартування леза	0,8 – 1,0	4,16
4. Плазмове суцільне наплавлення	0,6 – 0,9	8,65
5. Електроконтактне приварювання	0,4	0,56

Перші чотири методи споживають до 8,5% матеріалу від середнього об'єму відновлюваних деталей, а витрати на ремонтні матеріали в середньому складають 10,5% від собівартості відновлювальної деталі.

При розробці технологічних процесів потрібно особливу увагу приділяти обґрунтуванню величини коефіцієнту довговічності, який повинен бути не нижче показника нової деталі.

Хоч вказані способи і мають значні можливості, потрібно відмітити недостатній об'єм теоретичних і експериментальних досліджень по розробці ресурсозберігаючих технологій відновлення деталей. Все ще відсутня інженерна, організаційна, економічна і екологічна концепція вибору оптимального методу відновлення деталей для кожного конкретного випадку.

1.3. Тенденція відновлення деталей приварюванням зносостійких матеріалів

Для цілого ряду деталей досить перспективним є метод електроконтактного приварювання (ЕКП), що забезпечує високу зносостійкість відновлювальних деталей. (табл. 1.1, п.5).

При розробці процесу відновлення деталей ЕКП важливим є рішення проблемної задачі по наступним напрямкам: обґрунтування вибору даного методу; визначення основних параметрів даного технологічного процесу при відновленні робочих органів ґрунтообробних машин; розробка основ технологічного процесу відновлення деталей ґрунтообробних машин електроконтактним приварюванням матеріалів, в залежності від умов їх роботи.

Перевага методу електроконтактного приварювання обумовлена можливістю його застосування для усунення специфічних дефектів при відновленні.

Теоретичні основи електроконтактного приварювання передбачають відновлення деталей, різних як по конструкції, так і по величині зносу.

На основі проведеного аналізу, всі дефекти поверхонь, усунення яких найбільш раціонально електроконтактним приварюванням матеріалів, класифікуються на наступні групи:

1. Гладкі циліндричні поверхні деталей виготовленні з вуглецевої конструкційної сталі поверхнево зміцнених термічною обробкою.
2. Гладкі циліндричні поверхні деталей з конструкційних сталей, працюючих в парах «вал-підшипник ковзання», при граничному терті або без мащення.

3. Плоскі робочі органи ґрунтообробних машин (леміші плугів, лапи культиваторів, диски сошників та ін.).

З вищевикладеного витікає, що значна частина деталей сільськогосподарської техніки може бути відновлена для подальшої роботи методом електроконтактного приварювання і забезпечувати при цьому високу зносостійкість.

Висновки і завдання досліджень

Проведений аналіз літературних джерел дозволив зробити наступні висновки:

1. Відновлення деталей є важливим резервом при рішенні проблеми забезпечення сільськогосподарського виробництва запасними частинами, в підвищенні довговічності машин і обладнання, в зниженні коефіцієнту перевантаження через застарілий парк машин.
2. Близько 80% деталей вибраковуються при зносі, що не перевищує 0,6 мм і 10% - при зносі близько 1,6 мм. Значна частина таких деталей може бути відновлена електроконтактним приварюванням матеріалів в умовах ремонтних підприємств.
3. Підвищення ефективності відновлення деталей ЕКП матеріалів за рахунок зниження сировинних і енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності технологій і покращення екологічних умов є важливим актуальним завданням.

Для реалізації поставленої мети в даній роботі поставлені наступні завдання:

1. Провести аналіз та виявити причини відмови стрілчастих культиваторних лап та оцінити їх довговічність.
2. Виконати оцінку зносостійкості лап при різних технологічних процесах їх відновлення.

3. Обґрунтувати оптимальні параметри технологічного процесу відновлення стрічастих лап електроконтактним приварюванням матеріалів.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика визначення фізико-механічних властивостей покритть

Для аналізу механізму приварювання стрічки до поверхні деталі необхідно становити взаємозв'язки між основними факторами технологічного процесу і їх кількісними показниками.

На сьогодні мається декілька методів планування експериментів. Статистичні методи планування експериментів дозволяють зменшити терміни і знизити затрати на проведення експериментів, а також підвищити достовірність досліджень [17,18].

Аналіз літературних даних і теоретичні дослідження показали, що фактори, які мають найбільший вплив на процес приварювання можна розділити на три групи:

1. Неконтролюючі і нерегулюючі в процесі експерименту $Z_1 \dots Z_i$ (вологість повітря, температура навколишнього середовища, окислюваність поверхні деталі і стрічки, перекис електроду, коливання напруги в мережі).

2. Нерегулюючі, але контролюючі фактори типу $W_1 \dots W_i$ (товщина і хімічний склад стрічки, матеріал і розмір відновлювальної деталі, діаметр електродів-роликів).

3. Регульовані фактори типу $X_1 \dots X_i$. До них відносяться ті, про які попередньо відомо, що вони мають найбільший вплив на вихідні параметри $Y_1 \dots Y_i$. Їх можна замірити і відновити на будь-якому рівні. Вони повинні бути незалежними один від одного.

Теорія багатфакторного експерименту шляхом планування і проведення досліджень дозволяють отримати залежності вихідних параметрів від діючих факторів.

Одною із основних характеристик працездатності деталей, відновлюваних контактним приварюванням, є кількість зчеплення металевої стрічки з основним металом. Для цього, як правило, використовується метод перевірки на зріз. Суть даного методу в тому, що на зразки приварюються стрічки шириною 10 мм і довжиною 150 мм. Зразок встановлюється в оправку, яка затискається в притискний пристрій розривної машини. При її навантаженні відбувається при певному зусиллі зріз. Потім визначається питоме зусилля зрізу приведеної на 1 мм².

2.2. Методика вимірювання твердості і мікротвердості покрить

Для оцінки механічних властивостей основного металу границі з'єднання і привареного шару основного металу вимірюється твердість і мікротвердість.

Твердість визначалась по методу Роквела на приладі ТК-2М ГОСТ 23677 при навантаженні 49Н в точках, які розміщені рівномірно в одній площині, а показники твердості підраховувались по залежності:

$$HRC = 100 - \frac{h}{0,002}, \quad (2.1)$$

де 100 – число поділок по шкалі приладу;

h – глибина проникнення алмазної піраміди з кутом 136°;

0,002 – точність відліку вимірювальної шкали.

Дані, що отримані при вимірюванні твердості, оброблялись для отримання статистичних характеристик: середньої арифметичної величини твердості \overline{HV} , середнього квадратичного відхилення $\overline{\sigma^2}$, дисперсії σ і коефіцієнту варіації.

Вимірювання мікротвердості виконувалось на мікротвердомірі ПМТ-3 по методиці [19].

Навантаження на алмазну піраміду при вимірюваннях складала 200г.

Вимірювання мікротвердості по довжині леза і по глибині лап культиваторів виконувалось згідно схеми (рис. 2.1).

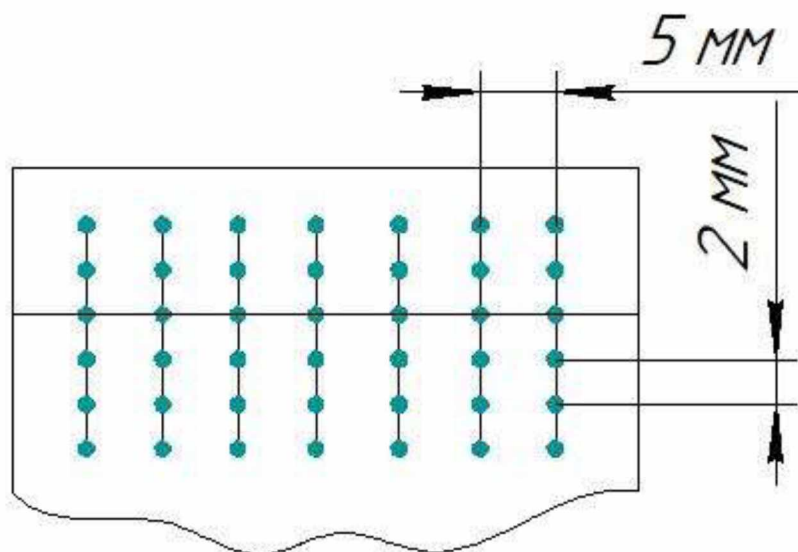


Рисунок 2.1 – Схема вимірювання мікротвердості лап культиваторів

2.3. Визначення залишкових напружень в поверхневих шарах

Електроконтактне приварювання матеріалів на поверхні деталей викликає виникнення залишкових напружень через нерівномірності температурного поля і пластичних деформацій [20].

В процесі експлуатації машин залишкові напруги можуть значно впливати на довговічність деталей, їх міцність (статичну і динамічну), корозійну стійкість і зносостійкість. В зниженні терміну експлуатації (ресурсу) суттєву роль мають розтягуючі залишкові напруги, що виникають в поверхневих шарах матеріалу деталей [21].

Мета вимірювання залишкових напруг в поверхневих шарах відновлених деталей – отримання інформації про їх розподіл в певному

виробі. Остання може бути використана для визначення працездатності деталі і розробці технологічного процесу її відновлення.

Залишкові напруги в зразках з привареними покриттями визначалися методом пружнопластичної контактної взаємодії. Суть методу заключається в використанні встановлених тарувальним шляхом залежностей, які зв'язують величини головних залишкових напруг в поверхневих шарах деталі з нормальними деформаціями, що виникають при точковій пружнопластичній взаємодії на поверхню [22].

В початковий момент при силовому контакті інструменту з поверхнею пружнопластичного тіла (деталі) виникає тільки пружна деформація. З підвищенням навантаження виникає пластична деформація, яка далі поступово розподіляється як на глибину, так і по поверхні тіла, з утворенням суцільного заглиблення (відбитку). Після зняття навантаження навколо відбитку деформується зона випучування матеріалу (рис. 2.2).

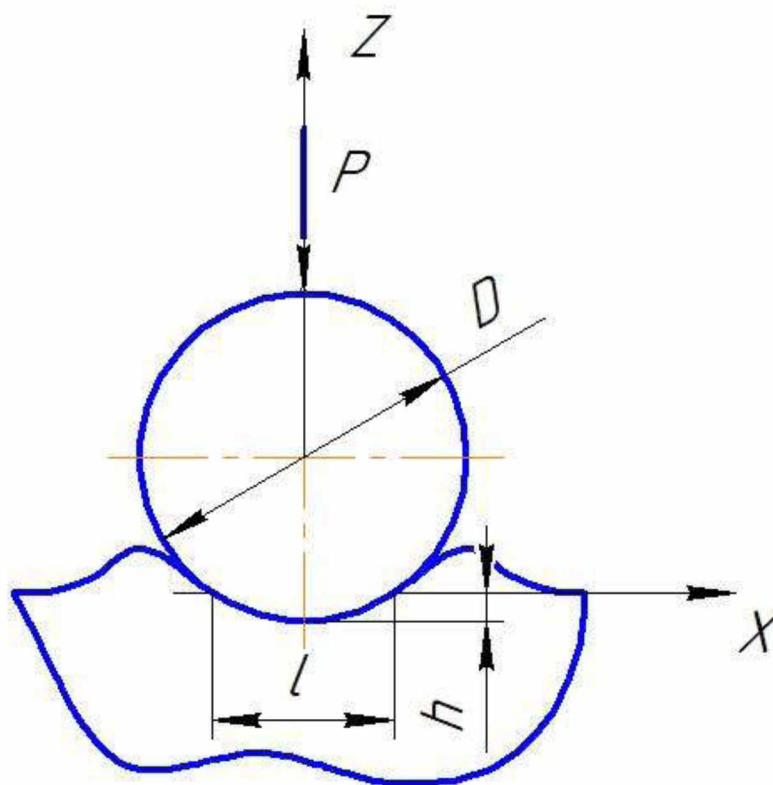


Рисунок 2.2 – Утворення відбитку і напливу при пружнопластичному втисканні робочого органу

Напруги в матеріалі деталі викликають зміни як при утворенні пластичних деформацій, так і кінетиці розвитку.

Зміни залишкових напруг в деталях, відновлених нанесенням покриття, мають ряд особливостей:

- а) локалізація залишкових напруг в поверхневому шарі деталі;
- б) суттєва різниця механічних властивостей основного металу і покриття;

Методика визначення напруг при втисканні шарового робочого органу в пружнопластичне тіло складається з наступних етапів:

- 1) Експериментальне визначення для основного матеріалу залежності діаметра відбитку d від зусилля втискання P (при шаровому робочому органі $D=10\text{мм}$) в вигляді залежності:

$$d = d_0 \cdot P^{0,43}, \quad (2.2)$$

де d_0 – базове значення діаметру відбитку ($d_0=1$).

- 2) По отриманій залежності визначається межа текучості основного матеріалу зразка:

$$\sigma_T = \frac{0,016}{d^{3,3}} \cdot P^{1,43}, \quad (2.3)$$

- 3) Визначення зміни межі текучості покриття по відношенню до основного металу по зміні діаметру відбитку d_1/d_2 :

$$\frac{\sigma_{T_2}}{\sigma_{T_1}} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^{3,3}, \quad (2.4)$$

де індекс 1 відноситься до основного матеріалу, індекс 2 – до матеріалу покриття.

- 4) На основі триманої межі текучості основного матеріалу σ_{T_1} визначається величина межі текучості σ_{T_2} матеріалу покриття, а потім значення залишкових напруг.

2.4. Методика випробувань на зносостійкість

Зносостійкість культиваторних лап оцінювалась визначенням швидкості зношування в перерізах, що найбільш підлягають зношуванню носка, лез і кінців крил.

Визначення ресурсу культиваторних лап проводилося дослідженням зносостійкості різних елементів лап з одночасною перевіркою дотримання агротехнічних вимог до якості обробки ґрунту і подрізання бур'янів.

Зносостійкість оцінювали таким параметром, як швидкість зношування U в мм/га:

$$U = \frac{b_i - b_{i+1}}{T_{i+1} - T_i}, \quad (2.5)$$

де b_i, b_{i+1} - ширина леза (умовна довжина носка, ширина лапи) при i і $i+1$ вимірюваннях, мм;

T_{i+1}, T_i - наробіток лапи в моменти i і $i+1$ вимірюваннях, га.

Оцінка відновлених лап електроконтактним приварюванням робилась в порівнянні з серійними по коефіцієнту відносної зносостійкості, що визначається відношенням швидкості зношування серійних і експериментальних лап.

Схема замірів при допомозі спеціального шаблону показана на рис. 2.3.

Мікрометраж товщини ріжучої кромки культиваторних лап виконувався мікрометром МКЦ-25 з цифровим відліковим пристроєм з точністю 0,001 мм (ГОСТ 6507-90), а вимірювання основних кутів лапи виконували цифровим кутоміром з точністю - 5' (ГОСТ 5378-88).

Конструктивні параметри культиваторних лап заміряли штангенциркулем ШЦЦ-500 з цифровим відліковим пристроєм з точністю – 0,001 мм (ГОСТ 166-89).

Статистичну обробку отриманих даних при вимірюваннях виконували за допомогою програми Microsoft Excel.

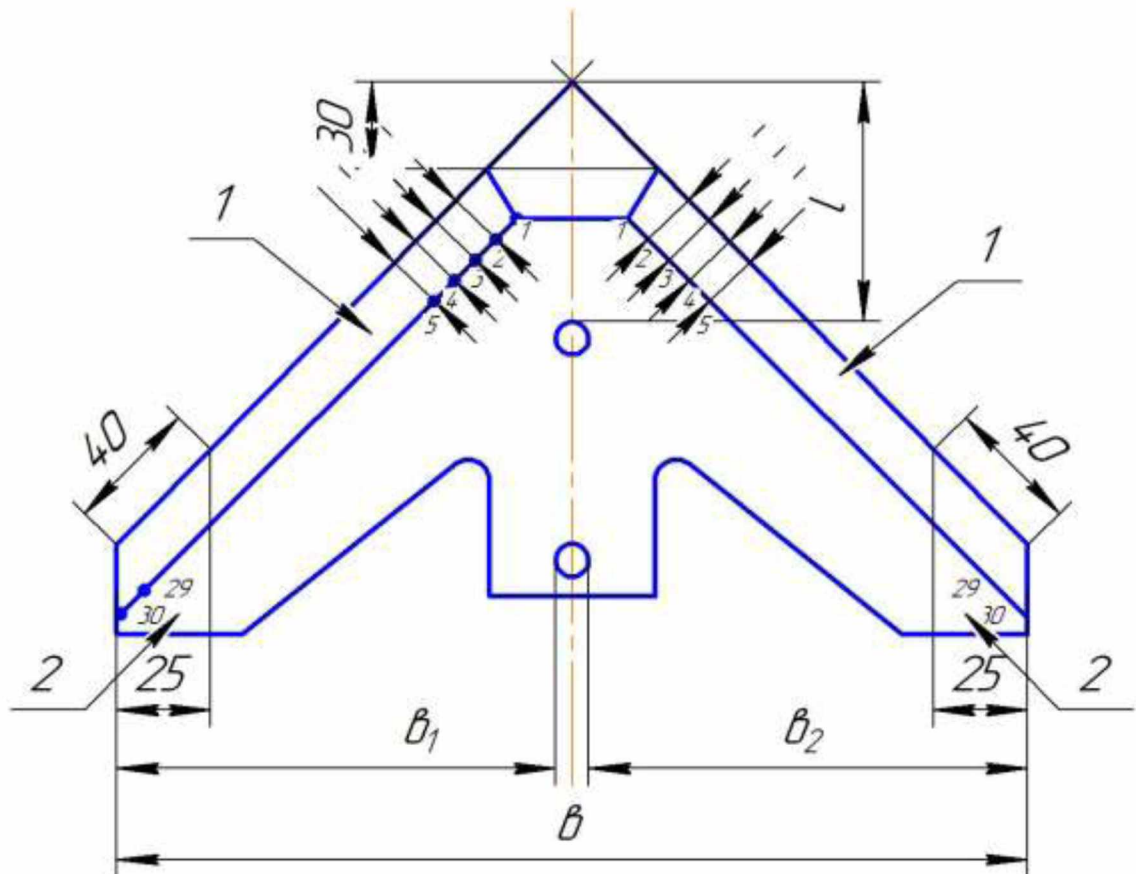


Рисунок 2.3 – Зони вимірювання лінійного зносу стрілочастих лап: 1 – зона леза; 2 – зона кінця крила

Основними критеріями досягання граничного стану були:

- а) знос по ширині лапи, що дорівнює 50 мм;
- б) знос носка, що досягає 30 мм;
- в) знос леза по ширині рівний 15 мм;

г) знос хвостовика, що виключає можливість установки кріпильних болтів.

Висновки

1. Запропонована методика визначення фізико-механічних властивостей покриття з врахуванням факторів, що мають найбільш суттєвий вплив на процес електроконтактного приварювання.
2. Розроблена методика вимірювання твердості і мікротвердості покриття і запропонована схема вимірювання вказаних параметрів.
3. Представлена методика визначення залишкових напружень в поверхневих шарах металу деталі та викладені особливості їх вимірювань.
4. Розроблена методика випробувань на зносостійкість культиваторних лап.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Дослідження характеру роботи деталей

Головним фактором зниження довговічності робочих органів ґрунтообробних машин є абразивне зношування, тобто руйнування поверхні металу деталей в результаті дії твердих частинок ґрунту.

Багатьма дослідженнями отримані залежності зносостійкості матеріалу від його твердості в умовах руйнування поверхневого шару під дією твердих абразивних частинок. Результати досліджень показують, що твердість не може однозначно характеризувати зносостійкість матеріалів. З другої сторони твердість матеріалу є фактором регулювання процесу зношування, тобто визначає рівень контактних напруг в мікрооб'ємі поверхневого шару [23].

Багато деталей сільськогосподарських машин по характеру виконання функцій безпосередньо пов'язані з матеріалами, що можуть викликати абразивне зношування, при якому внаслідок локалізації і високого ступеню концентрації контактних напруг відбувається інтенсивне руйнування поверхневого шару навіть при малій кількості абразивних частинок.

На нашу думку інтенсивність зношування залежить не тільки від твердості матеріалу деталі, фізико-механічних властивостей ґрунтів, режимів (умов) роботи, але і від структури матеріалу деталі.

Потрібно відмітити, що довговічність робочих органів ґрунтообробних машин залишається досить низькою (табл. 3.1).

Аналіз даних табл. 3.1 показує, що через низьку зносостійкість лез потрібно виконувати часто ремонт або заміну зношених деталей.

Таблиця 3.1 – Основні конструктивні характеристики ріжучих робочих органів сільськогосподарських машин

Назва деталі	Гранична товщина леза, мм	Товщина деталі, мм	Кут загострення леза, градус	Розмір деталі, мм	Стійкість (наробіток на одну деталь), га	Використання
1. Плужний леміш	3	7	35	300	1...2	При обробці твердих ґрунтів
2. Культиваторна лапа	0,8	4,5	25	-	0,5...1	При обробці твердих ґрунтів
3. Диск сошника	0,7	2,5	13	350	3...4	Посів зернових

3.2. Теоретичне обґрунтування вибору порошкової композиції і схеми технологічного процесу електроконтактного приварювання для відновлення і зміцнення деталей

Аналіз роботи самозагострюючих культиваторних лап наплавлених сормайтом, показує, що вони в основному задовільно підрізають бур'яни. Однак, бувають випадки, коли їх ріжуча властивість недостатня [24].

Існує два шляхи підвищення ріжучої здатності самозагострюючих лез:

- зменшення товщини ріжучого шару за рахунок використання найбільш зносостійких матеріалів;
- надання самозагострюючому лезу пилоподібну форму.

Перший шлях більш простий, але підвищення зносостійкості сприяє збільшенню крихкості, що характерно при наплавленні тонким шаром, який сприяє викришуванню матеріалу леза. Крім того виготовлення тонких двохшарових лез викликає значні технологічні складності.

Різання пилоподібним лезом в багатьох випадках більш ефективніше, ніж гладким. Аналіз показує, що різання органічних матеріалів відбувається в багатьох випадках пилоподібними лезами. Тому така форма ріжучого елемента робочого органу для багатьох сільськогосподарських машин найбільш перспективна.

Така форма леза може бути досягнута в тому випадку, якщо на ньому зносостійкий шар буде не суцільним, а в виді полос з визначеним кроком і під деяким кутом до напрямку руху ріжучого органу. Менш зносостійкий матеріал буде зношуватися швидше між полосами, утворюючи самозагострююче пилоподібне лезо. Однак технологічно таке лезо отримати досить складно.

Забезпечити пилоподібну форму леза можна за рахунок внесення зносостійких матеріалів в виді зерен з характерними властивостями.

Велике значення для процесу пилоутворення самозагострюючого леза має співвідношення зносостійкої зв'язки і зерен твердих сплавів, які повинні забезпечити найменше зношування по ширині леза.

Зубці пилоподібного лемішу, призначеного для підрізання рослин, мають невеликі розміри в порівнянні з ґрунтовими частинками, і невідомо як розподіляється на них тиск. В випадку однакового тиску на зубцях і між ними зв'язка буде зношуватися швидше зерен, які при роботі леза будуть зламуватися по границі зі зв'язкою. Пилоутворення і темп зношування такого леза будуть визначатися зносостійкістю зв'язки.

В випадку різного тиску на зубцях і в впадинах раціональне співвідношення зносостійкості зерен і зв'язки можуть забезпечити хороше пилоутворення ріжучого шару. На відміну від попереднього випадку таке лезо може працювати довше, а викришування зерен буде мати менше

значення. Така схема утворення пилоподібної форми дозволяє зробити висновок про доцільність підбору зносостійкої зв'язки, такої як у несучої частини.

При нанесенні на робочі поверхні лап культиватора твердосплавні зерна не повинні створювати монолітний шар, а розташовуватися хаотично. В такому випадку в процесі роботи такого леза зв'язуючий сплав зношується швидше, ніж метал, утворюючи пилоподібну ріжучу кромку.

Для довговічної роботи леза необхідно виконання наступної умови:

$$t \cos \gamma \leq d, \quad (3.1)$$

де t - крок між центрами зерен;

γ - кут між твірною леза і лінією, перпендикулярної до напрямку руху;

d - діаметр зерна.

Тоді відстань між зернами повинна бути:

$$l \leq d \left(\frac{l}{\cos \gamma} - 1 \right), \quad (3.2)$$

де l – відстань між зернами.

Зменшення цієї відстані з однієї сторони призводить до більшої довговічності зерен, а іншої через затуплення зерен погіршується їх підрізаюча здатність. З врахуванням цього можна записати:

$$t = \frac{d}{\cos \gamma}. \quad (3.3)$$

Знаючи крок між зернами, можна визначити кількість зерен n на ділянці площею F :

$$n = \frac{F}{0,87t^2}. \quad (3.4)$$

Переважно краще мати на лезі лапи один шар зерен. Загальна товщина нанесеного шару (рис.3.1) буде дорівнювати:

$$h = c_1 + d + c_2, \quad (3.5)$$

де c_1 – товщина зв'язуючого шару від основного металу до зерен, мм;

c_2 – товщина зв'язуючого шару від зерен до межі шару, мм.

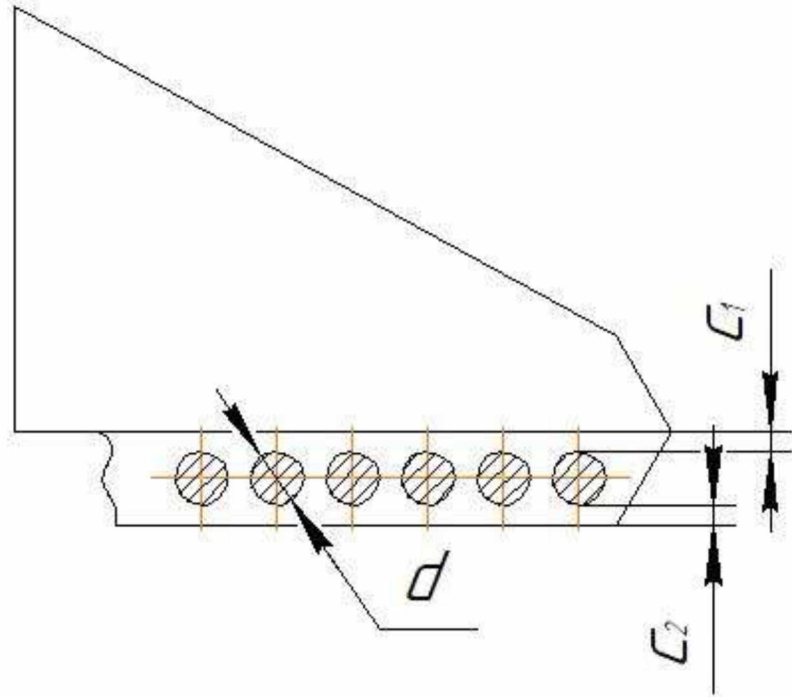


Рисунок 3.1 – Схема визначення співвідношення мас зерен карбідів і зв'язки

Основна вимога для лез лап культиваторів по агротехнічним вимогам – підрізання всіх рослин, а не обволокування ними.

Розмір d може бути визначений по залежності:

$$d \leq D \frac{\sin(\gamma - \varphi)}{\cos \gamma - \sin(\gamma - \varphi)}, \quad (3.6)$$

де D – діаметр рослини;

γ - кут між твірною леза і лінією, що перпендикулярна до напрямку руху;

φ - кут тертя.

Залежність співвідношення d/D від кута тертя φ для різних кутів γ , що використовуються в сучасних культиваторних лапах, можна записати:

$$\frac{d}{D} = \frac{\sin(\gamma - \varphi)}{\cos \gamma - \sin(\gamma - \varphi)}. \quad (3.7)$$

Аналіз даної залежності показує, що при можливих максимальних кутах тертя φ , що дорівнює 49° величина $\frac{d}{D}$ повинна знаходитися в межах 0,05 – 0,13 для $\gamma = 50 - 53^\circ$. В середньому можна прийняти $\frac{d}{D} = 0,09$, або при діаметрі рослини $D = 1$ мм (польовий в'юнок) середній діаметр зерна повинен складати $d = 90$ мкм.

Знайдений розмір d із рівняння (3.6) забезпечує схід рослин з робочого органу.

3.3. Дослідження властивостей покрить на міцність зчеплення з основним матеріалом

Одним з шляхів підвищення міцності зчеплення покрить ЕКП є оптимізація щільності струму в зоні контакту. Іншим кроком є зміна параметрів режиму технологічного процесу ЕКП, зокрема підвищення зварювального струму або тривалість його проходження.

В табл. 3.2 представлені оптимальні технологічні режими приварювання стрічки на вказані розміри деталей зі сталі 20X13.

Таблиця 3.2 – Оптимальні технологічні режими ЕКП

Діаметр деталі, мм	Технологічні фактори		
	Величина струму, кА	Тривалість імпульсу зварювання, с	Тиск на ролики- електроди, кН
40	5,7...6,0	0,04	1,4... 1,6
50	6,0...6,3	0,06	1,4... 1,6

Для підвищення зчеплення стрічки з основним металом деталі є також отримання рельєфу на поверхні деталі. Таким чином можна підвищити міцність зчеплення стрічки з деталлю із сталі 20X13 в 1,21... 1,37 рази.

Оптимальні режими ЕКП визначаються по критерію міцності зчеплення. Для деталі з діаметром 50 мм пропонуються наступні параметри:

- величина зварювального струму 7,5... 8,0 кА;
- тривалість імпульсу зварювання 0,04 с;
- тиск на ролики-електроди 1,5... 1,8 кН.

Для культиваторів відповідно: 4,5... 5,0 кА; 0,04с; 1,5... 1,7 кН.

Встановлено, що спосіб подачі порошку також впливає на міцність зчеплення шару з основою.

Було виявлено [25] вплив магнітного поля на міцність зчеплення покриття з основним металом тільки на процес подачі присадочного матеріалу в зону зварювання. На міцність зчеплення впливають: спосіб подачі порошку, склад присадочного матеріалу і його грануляція.

Можна зробити висновок, що для отримання необхідної міцності зчеплення по всій довжині покриття потрібно змінювати режими в процесі ЕКП (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Оптимальні параметри ЕКП

Діаметр деталі, мм	Оберти шпинделя, хв ⁻¹	Повздовжня подача, мм/об	Величина струму, кА	Струм обмотки збудження, А	Тривалість, с	
					імпульсу	паузи
40	3...4	5,35	6...7	2,5	0,04	0,06
50	2...3	5,35	8...9	2,5	0,04	0,06

Проведений аналіз показує, що корозійностійку сталь мартенситного класу 12X13 можна використовувати для відновлення деталей машин в процесі експлуатації.

3.4. Твердість і мікротвердість покрить електроконтактного приварювання

Зміна твердості покрить проводилася після контактного приварювання стрічки товщиною 0,5 мм з корозійностійкої сталі 12X13. За допомогою комп'ютерної техніки знаходились статистичні характеристики твердості: середнє значення твердості \overline{HV} , дисперсія σ^2 , середнє квадратичне відхилення σ і коефіцієнт варіації V (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Твердість стрічки із корозійностійкої сталі до і після ЕКП

Марка сталі	Клас сталі	Твердість, HV		Статичні характеристики твердості		
		до приварювання	після приварювання	σ^2	σ	V
		HV	\overline{HV}			
12X13	мартенситно-феритна	116...179	412	135,9	11,6	0,33

Однією з переваг способу відновлення зношених деталей електроконтактним приварюванням стрічки є гартування шару в процесі обробки. В результаті отримана твердість відповідає вимогам, що пред'являються до деталей.

В табл. 3.4 представлені статистичні характеристики твердості, що характеризують розсіювання значень твердості.

Покриття мають більш однорідну структуру оскільки вони піддаються гартуванню в процесі приварювання.

Електроконтактне приварювання дає неоднакову глибину і твердість термозміцненої зони з корозійностійкої сталі (рис. 3.2).

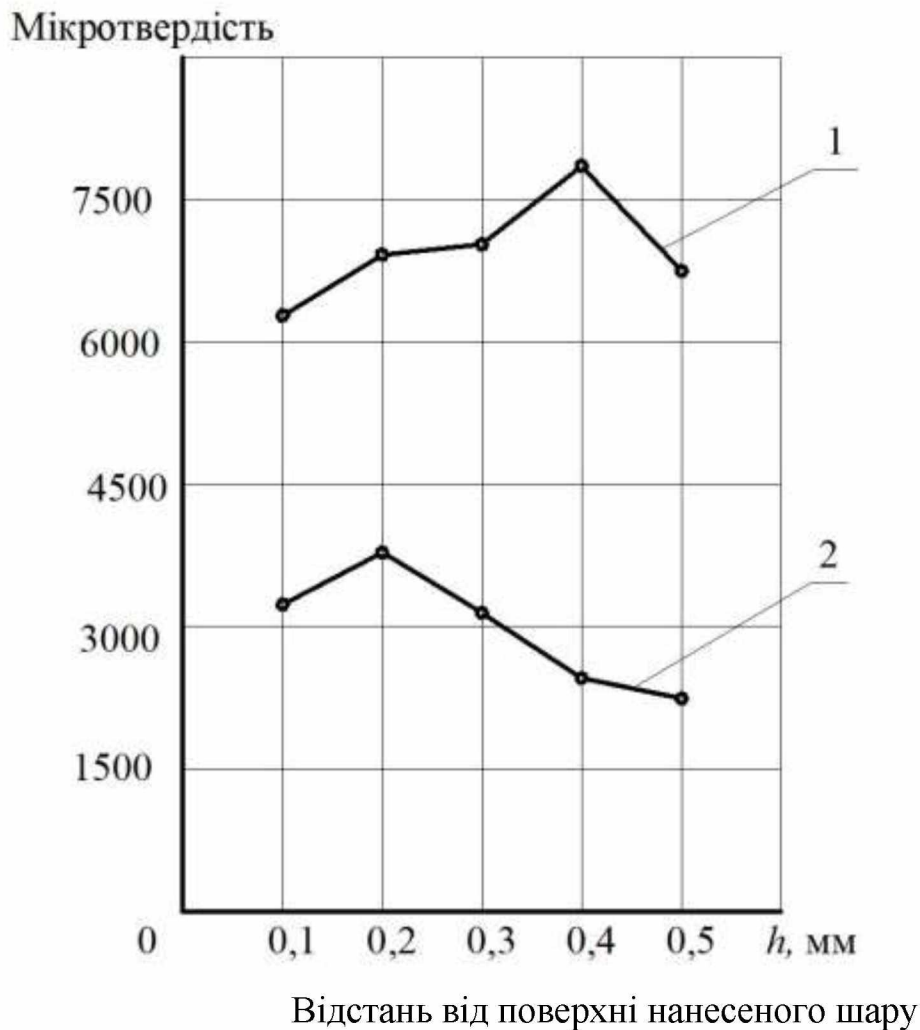


Рисунок 3.2 – Середнє значення мікротвердості і її відхилення по глибині привареного шару:

- 1 – стрічка зі сталі 45;
- 2 – стрічка зі сталі 12X13.

Дані рис. 3.2 показують, що у вказаних сталей відбувається зниження мікротвердості за рахунок відпуску раніше загартованих ділянок стрічки. Твердість і мікротвердість корозійних сталей змінюється в процесі, як по глибині, так і вздовж поверхні покриття.

Дані проведеного аналізу дозволяють зробити висновок, що вибором відповідної марки стрічки, можна забезпечити необхідну твердість робочих

поверхонь відновлюваних деталей. ЕКП дозволяє загартовувати в процесі приварювання стрічки з мартенситного класу сталі. Глибина загартованого шару забезпечує нормальну роботу на весь термін експлуатації відновлюваних деталей, тобто до граничного зносу.

3.5. Металографічний аналіз покрить

Мікроструктурний аналіз поверхневого шару показує, що в верхній області він складається із зерен більшого розміру, ніж в середній зоні і біля сплавлення з основою. Це можна пояснити різним термічним впливом на стрічку при ЕКП (рис. 3.3).

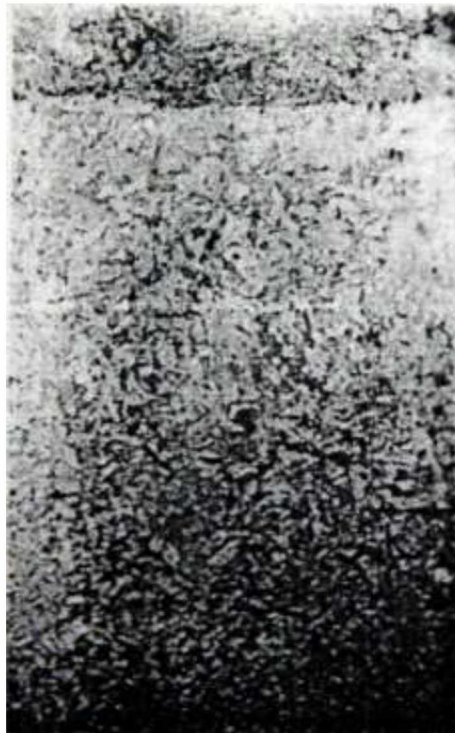


Рисунок 3.3 – Мікроструктура привареного шару і зони сплавлення з основою

Електроконтактне приварювання також суттєво впливає на структуру привареної стрічки зі сталі різного класу. Так в шарі отриманому ЕКП

стрічки зі сталі мартенситного класу 20X13 переважає легований ферит і карбіди $M_{23}C_6$. Це сприяє опору привареного шару міжкристалічній корозії.

Розподіл елементів в привареному шарі на лапі культиватора показує, що зміцнений елемент зберігається в тому об'ємі, як і в стані поставки (тобто в новій лапі).

При ЕКП вигорання хімічних елементів незначне і витрати при цьому суттєво не впливають на механічні і експлуатаційні властивості покриття.

3.6. Визначення залишкових напруг в покриттях

Аналіз розподілу залишкових напруг показує високу напруженість поверхневого шару.

Залишкові напруги в поверхневому шарі покриття зі сталі 20X13 одного знаку, розтягуючі, по величині близькі до границі текучості металу покриття. В центральній області покриття виділяється розвантаження до рівня 0...0,2 від границі текучості. В крайніх ділянках покриття залишкові напруги досягають 0,5...0,7 від границі текучості металу покриття. На вільному краї зразка в поверхневому шарі покриття залишкові напруги знижуються до нуля [21].

Розподіл залишкових напруг в привареному шарі і в основному металі представлені на рис. 3.4 і 3.5.

Як видно з рис. 3.4, деталі відновленні ЕКП стрічки мають по товщині високі розтягуючі напруги.

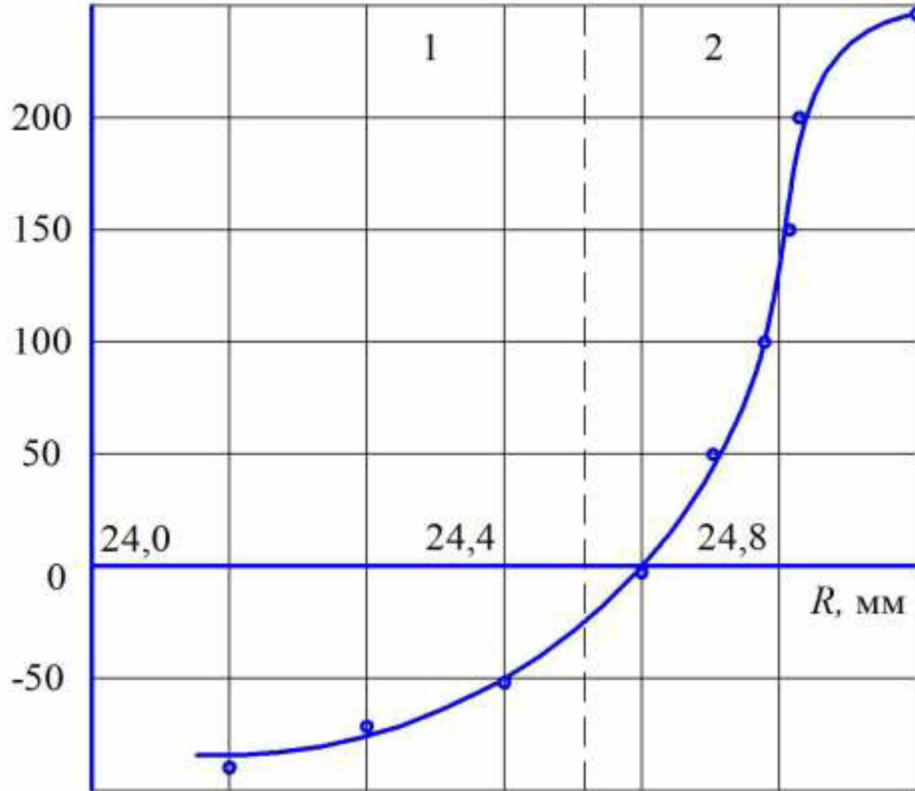
$\sigma_{\theta}, \text{Мпа}$


Рис. 3.4 – Залишкові напруги в покритті і в зоні з'єднання з основою: 1 – основний метал 20X13; 2 – покриття

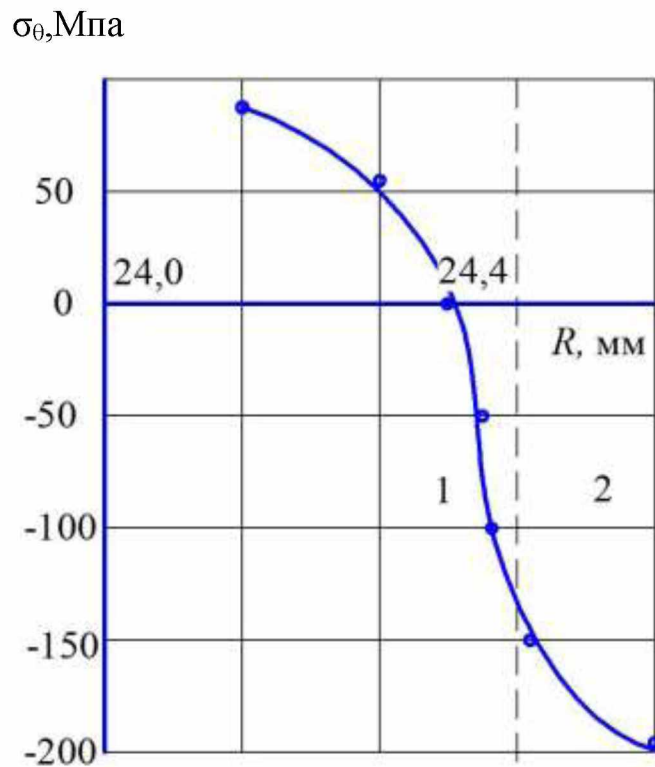


Рис. 3.5 – Залишкові напруги в покриттях, отриманими ЕКП стрічки зі сталі 20x13: 1 – основний метал; 2 – покриття

Формування в привареному шарі в зоні з'єднання його з основою стискаючих залишкових напруг можна за рахунок використання поверхнево-пластичного деформування (ППД).

В процесі електроконтактного приварювання в поверхневому шарі виникають нерівномірні по напрямку нормалі до поверхні температурне поле. Найбільша температура при використанні контактного зварювання в області контакту основного металу і привареного покриття. Оскільки товщина привареного покриття досить мала, то можна рахувати, що по товщині покриття температура постійна, рівна максимальному значенню.

Внаслідок нерівномірності температури в процесі приварювання покриття в поверхневому шарі і в напрямку товщини деталі виникає об'ємний залишковий напружений стан.

При електроконтактному приварюванні в поверхневому шарі деталі з'являються пластичні деформації стиснення, при охолодженні якого в ньому виникають розтягуючі залишкові напруги. По даним [26] при точковому зварюванні в зварній точці радіальні і колові залишкові напруги є розтягуючі, що дорівнюють по величині границі текучості матеріалу. На периферії зварної точки радіальні напруги розтягуючі, а колові – стискаючі.

Таким чином, аналіз процесу деформування залишкових напруг при електроконтактному приварюванні покриття дозволяє зробити висновок:

- а) вісьові і колові залишкові напруги в поверхневому шарі після закінчення зварювання досягають границі текучості;
- б) при віддаленні від місця початку зварювання вісьові і колові залишкові напруги збільшуються.

При приварюванні інших присадочних матеріалів-порошків технологію можна розцінювати як напікання порошку. При цьому тепловкладення по величині і концентрації значно нижче, ніж при приварюванні металеві стрічки. Тому при приварюванні порошкових матеріалів забезпечується більш низький рівень в порівнянні з приварюванням стрічки рівень залишкових напруг. Матеріал основи при цьому за рахунок більшої маси в порівнянні з розмірами нанесеного покриття і значного тепловідводу не має суттєвого впливу на деформуючі залишкові напруги [27].

При приварюванні стрічки зі сталі У8А на зразок, що представляє собою колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання, середній рівень залишкових напруг складає 0,7 від границі текучості матеріалу покриття. Для аналогічного зразку, після приварювання з використанням дроту 70С2ХА, середні залишкові напруги не перевищують 0,2 границі текучості. Отримані результати можна обґрунтувати технологічними відмінностями – концентрацією тепловкладення [28].

Висновки

1. Представлений аналіз характеру роботи двигунів сільськогосподарської техніки. Інтенсивність їх зношування залежить від цілого ряду факторів: від твердості матеріалу деталі, їх фізико-механічних властивостей, умов експлуатації та ін.

2. Подано обґрунтування вибору порошкової композиції і схеми технологічного процесу електроконтактного приварювання відновлення деталі. Представлений розрахунок визначення основних параметрів технологічного процесу підрізання бур'янів лезами культиваторних лап.

3. Зроблений аналіз властивостей покриття на міцність зчеплення з основним металом. Оптимальні режими електроконтактного приварювання визначаються по критерію міцності зчеплення. На міцність зчеплення впливають: спосіб подачі порошку, склад присадочного матеріалу і його грануляція.

4. Встановлено, що твердість і мікротвердість покриттів матеріалів ЕКП корозійних сталей змінюється в процесі приварювання, як по глибині, так і вздовж поверхні покриттів.

5. Мікроструктурний аналіз привареного шару показує, що розміри різні: в верхній частині він складається із зерен більшого розміру, ніж в середній зоні і поблизу зони сплавлення з основою.

6. Залишкові напруги в поверхневому шарі покриттів із сталі 20х13 розтягуючі, а в центральній частині покриття виділяється розвантажена зона поверхні до рівня 0...0,2 від границі текучості. В крайніх ділянках покриття залишкові напруги досягають 0,5...0,7 від границі текучості металі покриття.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна експертиза є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Оскільки технологічний процес відновлення деталей є джерелами забруднення в тій чи іншій мірі забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, наводять дані про виконання й охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Повинна бути встановлена категорія екологічної небезпеки розробленої технології відновлення деталей. Для цього встановлюють структуру забруднених речовин при цьому. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок їх викиду.

Викид шкідливих речовин, що виникають від технологічного процесу при виконанні технологічних операції, знайдемо за формулою [29]:

$$M_i = 10^{-6} q_i \cdot B, \quad (4.1)$$

де M_i – валовий викид шкідливої речовини, т/рік.;

q_i – питомий показник викидів i -ї речовини, г/кг (табл. 4.1);

B – кількість матеріалу, витраченого за рік, кг.

Технологія вважається такою, що не надає шкідливої дії на атмосферне повітря, якщо жодне з джерел викидів не потрапляє до небезпечних:

$$M / ПДК \geq \Phi, \quad (4.2)$$

де M – максимальна величина викиду шкідливої речовини в атмосферу, кг/с;

$ПДК$ – гранично допустима максимальна-разова концентрація, $мг/м^3$ (табл. 4.2);

Φ – величина, що характеризує умовну витрату повітря, необхідного для розбавлення шкідливої речовини, що надходить в атмосферу, до ГДК, $м^3/с$.

Таблиця 4.1 – Питомі виділення шкідливих речовин при зварюванні (наплавленні) металів (г на 1 кг електродів)

Марка електроду	Тверді частинки				Шкідливі гази		
	Зварювальні аерозолі	Зокрема			Фтористи й водень	Оксиди азоту	Оксид вуглецю
		оксиди марганцю	оксиди хрому	фториди			
1. 70С2ХА	11,0	0,68	0,6	-	0,004	1,3	1,4
2. Т-590	45,5	-	3,70	-	-	-	-

Таблиця 4.2 - Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі

Найменування речовини	Клас небезпеки	ГДК, $мг/м^3$	ГДК _{м.р.} , $мг/м^3$	ГДК _{с.д.} , $мг/м^3$	Агрегатний стан
Аерозоль зварювальний	3		0,5	0,15	<i>a</i>
Оксид азоту	2	5,0	0,085	0,04	<i>n</i>
Марганець і його	2	0,05	0,01	0,001	<i>a</i>
Оксид азоту	4	20	5,0	30	<i>n</i>
Фтористий водень	1	0,5	0,5	-	<i>n</i>
Уайт-спирит	4	300	-	-	<i>n</i>
Оксид вуглецю	4	20	5,0	30	<i>n</i>
Фтористий водень	1	0,5	0,5	-	<i>n</i>
Етилацетат	4	200	0,1	0,1	<i>n</i>

Для визначення категорії небезпеки підприємства (КНП), яке відновлює деталі по даній технології, використовують дані про викиди в атмосферу забруднюючих речовин:

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}, \quad (4.3)$$

де M_i – маса викиду i -ї речовини, т/рік;

$ПДК_i$ – середньодобова граничнодопустима концентрація i -ї речовини, мг/м³ (табл. 4.3);

n – кількість забруднюючих речовин;

a_i – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести ступінь шкідливості i -ї речовини зі шкідливістю сірчистого газу (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Значення a_i для шкідливих речовин

Константа	Клас небезпеки речовини			
	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

За величиною $КНП$ всі ремонтні підприємства, що відновлюють деталі, поділяють на чотири категорії небезпеки (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 - Граничні умови для визначення категорії небезпеки підприємства

Категорія небезпеки	Значення $КНП$
1	$КНП \geq 106$
2	$104 \leq КНП < 106$
3	$103 \leq КНП < 104$
4	$КНП < 103$

Залежно від категорії небезпеки вводиться періодичність звітності в системі обліку викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Ефективність в захисті повітряного середовища від забруднюючих викидів забезпечується при поєднанні заходів щодо вдосконалення технологічних процесів, газоочищення, забезпечення санітарно-гігієнічних вимог і правильних планувальних рішень.

4.1.1. Правова відповідальність за екологічні порушення

Екологічні порушення караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням середовища.

До екологічних порушень відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Екологічні порушення природних властивостей, джерел питної води можуть завдавати шкоди сільському господарству. Оцінка збитку здійснюється з урахуванням вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію вчинених наслідків.

Порушення правил викиду забруднюючих речовин в атмосферу може завдавати шкоди людині.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Що може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи, будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва та експлуатації споруд тощо.

За скоєні екологічні порушення винні несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це є штрафи, заборона обіймати певні посади на певний термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

4.1.2. Екологічний менеджмент та експертиза

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища [29]. Державний екологічний менеджмент включає чотири функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій:

- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системних функцій екологічної політики, визначення цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці проектних та інших матеріалів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я робітників.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;

- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загально-державного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи Мінекоресурсів України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

4.2. Охорона праці

Охорона праці на підприємстві, що відновлює деталі сільськогосподарської техніки включає техніку безпеки, що запобігає травматизму і перешкоджає виникненню захворювань від дії шкідливих чинників, виробничу санітарію. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на покращення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20% [30]. Структура комплексу заходів наступна:

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу в підприємстві.
2. Розробка організаційних, санітарно-гігієнічних, технічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.
3. Розробка вимог з охорони праці при роботі на технологічному обладнанні або при використанні запропонованого технологічного процесу.

4.2.1. Аналіз стану охорони праці

Його проводять щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтних робіт враховують таке:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;
- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;
- динаміку травматизму і захворюваності;
- санітарно-побутові умови працівників;
- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів з пожежної безпеки).

4.2.2. Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці

Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу.

Заходи передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;
- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;
- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;
- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;
- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;
- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;
- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;
- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;

- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для робітників.

Для розробки інструкцій з охорони праці при експлуатації існуючого, проєктованого устаткування необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи. Необхідно обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

При необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

4.2.3. Визначення кількості шкідливих викидів

Технологічний процес відновлення деталей електроконтактним приварюванням (ЕКП), що виконується на ремонтному підприємстві, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому в приміщенні повинна бути природна, механічна або змішана вентиляція. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в ньому газів, шкідливих виділень у межах, що не перевищують допустимі норми.

При виділенні забруднень на окремому технологічному обладнанні для зварювальних і наплавлювальних робіт встановлюють місцеву вентиляцію. При розсіяному виділенні забруднень у приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в приміщенні, визначають по кожному джерелу.

Для виробничих приміщень до основних забруднень відносять: відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання; гази та аерозолі, що утворюються в процесі зварювання та наплавлення.

Кількість повітря, яке необхідне для розбавлення газових і аерозольних забруднень, визначають за формулою [30]:

$$W_v = 10^6 Q_c / (C_{p.z} - C_n) , \quad (4.5)$$

де W_v – продуктивність вентиляційної установки, м³/рік.;

Q_c – сумарна кількість забруднень, що виділяються, кг/рік.;

$C_{p.z}$ – гранично допустима концентрація даного забруднення в робочій зоні, мг/м³;

C_n – концентрація даного забруднення у повітрі, що поступає, мг/м³.

У випадках, коли зовнішнє повітря, що надходить у приміщення, не містить шкідливих домішок, величину C_n приймають рівною нулю. У ремонтно-монтажному відділенні кількість шкідливих виділень від працюючого дизельного двигуна визначають за формулою:

$$Q_d = (160 + 13,5V_u) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60} , \quad (4.6)$$

де Q_d – кількість шкідливих виділень від працюючого дизельного двигуна, кг/рік.;

V_u – робочий об'єм двигуна, л;

P – вміст забруднень у відпрацьованих газах, %;

T – час роботи двигуна, хв.

На ділянці зварювання та наплавлення роботи супроводжуються виділенням зварювальних аерозолів і шкідливих газоподібних речовин (фтористого водню, оксидів азоту, оксиду вуглецю і ін.).

Кількість шкідливих виділень визначають за формулою:

$$Q_a = 10^{-3} G_e q_a , \quad (4.7)$$

де Q_a – кількість зварювального аерозолу, кг/рік.;

G_e – максимальна витрата електродів, кг/рік.;

q_a – питома виділення аерозолу, г/кг.

Аналогічно визначають кількість шкідливих газів, що виділяються при напавленні поверхонь деталей.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Розрахунок річного економічного ефекту виконується згідно ДСТУ 4397:2005 «Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі впровадження».

Оцінка економічної ефективності розробленої технології відновлення деталей електроконтактним приварюванням визначають за формулою [31]:

$$E = \left(\left[\frac{C_{B_1} + EK_1}{V_1 + T_{cl_1}} \right] - \left[\frac{C_{B_2} + EK_2}{V_2 + T_{cl_2}} \right] \right) \cdot V_2 \cdot T_{cl_2}, \quad (4.8)$$

де C_{B_1} і C_{B_2} – відповідно собівартість відновлення деталей по базовому і новому варіантах, грн;

K_1 і K_2 – капітальні вкладення на придбання, установку і модернізацію обладнання по базовому і новому варіантах, грн;

T_{cl_1} і T_{cl_2} – терміни служби деталі, відновленої по базовому і новому варіантах, год.;

V_1 і V_2 – річні обсяги (кількість) відновлених деталей по базовому і новому варіантах, шт.;

$E_n = 0,15$ – коефіцієнт капіталовкладень для ремонтних підприємств.

собівартість відновлення C_B будь-якої деталі на конкретному підприємстві визначається за формулою [32, 33]:

$$C_B = C_{з.д.} + C_M + C_{ек} + C_n + C_{зн}, \quad (4.9)$$

де $C_{з.д.}$ і C_M – вартість відповідно зношеної деталі і матеріалів (порошку), що використовуються для відновлення, грн;

$C_{ек}$ – витрати на утримання і експлуатацію установки для ЕКП, грн;

$C_{од}$ – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.;

$C_{нд}$ – ціна великих покупних деталей і вузлів, грн.;

C_n – накладні витрати, грн;

$C_{зн}$ – витрати на заробітну плату, грн..

Вартість зношеної деталі визначається по ціні металевого лома. Вартість матеріалів включає витрати на всі матеріали, які використовуються в технологічному процесі відновлення деталі:

$$C_m = \sum_{i=1}^n G_n C_n, \quad (4.10)$$

де G_n - маса присадочного порошку, що використовується на одну відновлювану деталь, кг;

C_n – вартість 1 кг порошку або стрічки, визначається в залежності від способу отримання порошку по прайс-листам фірм виробників, звідки був отриманий порошок тієї чи іншої марки;

n – число найменувань матеріалів.

Заробітна плата виробничих робітників визначається за формулою:

$$C_{zn} = T \cdot C_{сер} \cdot K_n \cdot K_o \cdot K_c, \quad (4.11)$$

де T – трудомісткість відновлення деталі, люд-год;

$C_{сер}$ – середня годинна ставка по виконуваним роботам, грн;

K_n – коефіцієнт, що враховує премії та інші доплати, що збільшують фактичний заробіток працюючого в порівнянні з тарифною ставкою, грн;

K_o - коефіцієнт додаткової заробітної плати (оплата відпусток, чергувань), грн;

K_c - коефіцієнт відрахувань у фонд соціального страхування.

Витрати на утримання і експлуатацію установки для ЕКП в розрахунку на одну відновлювальну деталь складає:

$$C_e = C_{p.o.} + C_{елект} + C_{ст.н} + C_v + C_a, \quad (4.12)$$

де $C_{p.o.}$ – витрати на ремонт і обслуговування для ЕКП, грн;

$C_{елект}$, $C_{ст.н}$ і C_v – відповідно витрати на електроенергію, стиснуте повітря і воду, грн;

C_a – витрати на амортизацію частини приміщення, що відноситься до даної установки, грн.

Витрати на ремонт і обслуговування установки для ЕКП складають близько 10...11% від вартості установки.

Витрати на електроенергію визначаються по формулі [31]:

$$C_{\text{елект}} = \frac{N_e \cdot t_{\text{ум}} \cdot K_{II} \cdot C_{\text{ел}}}{100 \cdot 60}, \quad (4.13)$$

де N_e – встановлена потужність всіх електродвигунів, кВт;

$t_{\text{ум}}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

$C_{\text{ел}}$ – вартість одного кВт год електроенергії, грн.

Витрати на утримання і амортизацію частини приміщення, що відноситься до даної установки для ЕКП:

$$C_a = \sum \left[\frac{F_{\text{пр}} \cdot H \cdot C_{\text{м}} \cdot a_1 \cdot t}{\Phi \cdot 60 \cdot 100} \right], \quad (4.14)$$

де $F_{\text{пр}}$ – площа приміщення, що займає установка, м²;

H – висота приміщення, м;

$C_{\text{м}}$ – вартість 1 м³ приміщення, грн;

a_1 – відсоток амортизації;

t – час, що витрачається на операцію, хв;

Φ – ефективний річний фонд роботи обладнання, год.

Важливим показником економічної ефективності відновлення при впровадженні нової технології відновлення замість існуючої є окупність капітальних вкладень K_2 .

Всі капітальні вкладення на установку при ЕКП порошкових матеріалів з сіткою і магнітному полі можна визначити виходячи із розрахунку витрат на закупівлю матеріалів і виготовлення електроконтактного і дозуючого пристрою.

Річний економічний ефект від впровадження методу електроконтактного приварювання при відновленні культиваторних лап на ПАТ «Спецісмаш» (м. Лубни, Полтавська область) склала 157 405 грн.

Висновки

1. Проведена екологічна експертиза використання технології електроконтактного приварювання при відновленні деталей сільськогосподарської техніки. Показані категорії екологічної небезпеки розробленої технології відновлення деталей.
2. Дана правова відповідальність за екологічні порушення.
3. Розглянуті основні принципи екологічної експертизи об'єктів загально-державного і міжобласного значення.
4. Виконаний аналіз стану охорони праці при роботі на технологічному обладнанні при використанні запропонованого пристосування.
5. Розроблені заходи щодо поліпшення стану охорони праці на основі аналізу. Обґрунтовані санітарно-гігієнічні умови праці на використовуваному обладнанні. Визначено кількість шкідливих викидів, що виділяються при наплавленні поверхонь деталей методом електроконтактного приварювання.
6. Зроблено техніко-економічне обґрунтування відновлення деталей сільськогосподарської техніки методом електроконтактного приварювання на прикладі культиваторних лап.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Показано, що підвищення ефективності відновлення деталей електроконтактним приварюванням матеріалів за рахунок зниження сировинних і енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності технологій і покращення екологічних умов є важливим і актуальним завданням.

2. Встановлена можливість використання метода відновлення деталей машин електроконтактним приварювання корозійностійких і нових зносостійких матеріалів на основі літературних джерел.

3. Запропонована методика визначення фізико-механічних властивостей покриттів за рахунок факторів, які мають суттєвий вплив на процес електроконтактного приварювання.

4. Представлена методика визначення залишкових напружень в поверхневих шарах металу деталей і викладені особливості їх вимірювань.

5. Розроблена методика випробувань на зносостійкість культиваторних лап.

6. Дане обґрунтування вибору порошкової композиції і схеми технологічного процесу електроконтактного приварювання для відновлення деталей. Приведений розрахунок визначення основних параметрів технологічного процесу підрізання бур'янів лезом культиваторних лап.

7. Зроблений аналіз властивостей покриттів на міцність зчеплення з основним металом. Показано, що оптимальні режими ЕКП визначаються по критерію міцності зчеплення. Показано, що на міцність зчеплення впливає спосіб подачі порошку, склад присадочного матеріалу і його грануляція.

8. Встановлено, що твердість і мікротвердість матеріалів ЕКП корозійних сталей змінюється в процесі приварювання як по глибині, так і вздовж поверхні покриття.

9. Залишкові напруги в поверхневих шарах покриттів зі сталі 20X13 розтягуючі, а в центральній частині покриття виділяється розвантажувальна зона до рівня 0...0,2 від границі текучості, а в крайніх ділянках покриття вони досягають 0,5...0,7 від границі текучості метала покриття.

10. Проведена екологічна експертиза використання технології електроконтактного приварювання при відновленні деталей сільськогосподарської техніки, а також дана правова відповідальність за екологічні порушення.

11. Виконаний аналіз стану охорони праці при роботі на технологічному обладнанні при використанні запропонованого методу відновлення деталей; наведені заходи щодо поліпшення стану охорони праці.

12. Зроблено техніко-економічне обґрунтування відновлення деталей сільськогосподарської техніки методом електроконтактного приварювання на прикладі культиваторних лап.