

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

НУБІП України

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
надійності техніки
(назва кафедри)

Новицький А.В.

(підпис) (ПІБ)

«__» _____ 20__ р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Дослідження технічного стану та підвищення довговічності
лемешів плугів при відновленні»

Спеціальність 133 - «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

НУБІП України

Магістерська програма «Технічний сервіс машин та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

(назва)

Програма підготовки освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо - наукова)

НУБІП України

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

Новицький А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівники магістерської роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Новицький А.В.

(підпис)

(ПІБ)

К.Т.Н.

(науковий ступінь та вчене звання)

Харьковський І.С.

(підпис)

(ПІБ)

НУБІП України

Виконав

Гелояд В.

(підпис)

(ПІБ студента)

НУБІП України

КМІВ – 2021

НУБІП України

Нормативи витрат ремонтних матеріалів на відновлення лемпшів та плугів.

– Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести дослідження особливості експлуатації плоских робочих органів сільськогосподарської техніки.
2. Провести теоретичні дослідження вибору оптимальних електроконтактної пайки через стрічкові аморфні припої металеві стрічки, визначення величини імпульсу струму.
3. Провести вибір обладнання для електроконтактної пайки.
4. Провести результати випробувань зносостійкості
5. Провести економічну оцінку проектних рішень

Дата видачі завдання - 25.11.2020 р.

Керівники магістерської роботи

Новицький А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Харьковський І.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Голояд В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЛОСКИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ 9

1.1 Аналіз конструкцій плугів 9

1.2 Технології продовження ресурсу деталей сільськогосподарської
техніки 17

1.3 Використання електроконтактних способів для продовження ресурсу
плоских поверхонь деталей 22

Висновки до першого розділу 25

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ
РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ПАЙКИ 27

2.1 Передумови теоретичних досліджень та вибору оптимальних режимів
..... 27

2.2 Визначення величини імпульсу струму 28

2.1.1 Визначення зварювального струму в граничних точках 29

2.1.2 Визначення витрати рідини, що охолоджує 30

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 34

3.1 Вибір обладнання для електроконтактної пайки 34

3.2 Вимірювання твердості і мікротвердості 38

3.3 Методика експлуатаційних випробувань 40

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ЗНОСОСТІЙКОСТІ 44

4.1 Розробка технології зміцнення плоских поверхонь електроконтактної
пайкою на прикладі лемеша плуга 44

4.2 Результати експлуатаційних випробувань 47

4.3. Оцінка зносостійкості зразків при випробуванні 51

Висновки до розділу 53

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ 55

ВИСНОВКИ 65

СПИСОК ЛІТЕРАТУРА 67

ДОДАТКИ 77

НУБІП України

ВСТУП

Сьогодні на Українському ринку сільськогосподарської техніки є великий попит на вітчизняні машини та обладнання, що використовуються в АПК. Це зумовлено тим, що останніми роками значно збільшено обсяги виробництва сільськогосподарської продукції. На сьогоднішній день розвиток сільського господарства в нашій країні є одним з пріоритетних напрямів.

Оскільки одним з найважливіших об'єктів діяльності в сільському господарстві є ґрунт, то й особливу увагу у цій роботі віддається ґрунтообробним машинам. У період їх використання в агрегатах та деталях, що входять до їх складу, відбуваються процеси, що залежать від умов експлуатації та напруження, що призводять до виникнення відмов та несправностей.

Дефекти деталей сільськогосподарської техніки, що виникають у процесі виконання сезонних польових робіт, пов'язаних із прибиранням та обробітком культур у нормативні терміни, що призводить до відчутних економічних втрат. Це пов'язано з витратами, багато разів перевищують витрати на відновлення працездатності технічно несправної деталі чи техніки загалом.

В даний час для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості деталей виробники сільськогосподарської техніки застосовують матеріали та способи зміцнення, які не завжди забезпечують необхідний рівень фізико-механічних властивостей виробу.

У цих роботах показано, що зміцнення та відновлення робочих органів сільгосптехніки є досить не реалізованою проблемою з наукового погляду, рішення якої сприяє виконанню важливих народногосподарських завдань.

Підвищити надійність основних агрегатів та робочих органів сільськогосподарської техніки можливо шляхом налагодження виробництва нових сучасних матеріалів з високими експлуатаційними та технологічними властивостями, екологічно безпечних та ресурсозберігаючих технологій, що істотно впливають на якість продукції сільгоспмашинобудування.

Для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин застосовуються способи наплавлення, при яких розплавляється основний і присадковий матеріал

НУВБІП УКРАЇНИ

(ручне дугове наплавлення електродами, що плавляться, дугова на плавка в захисних газах, плазмова, газова та ін.), що дозволяють отримувати наплавлені

шари з особливими властивостями. При цьому дані способи мають недоліки, які

НУВБІП УКРАЇНИ

пов'язані з сильним, а часто і неприпустимим термічним впливом на матеріал

деталі, а також з випаровуванням легуючих елементів та їх окисненням в основі

та в покритті, зі значною витратою припадоного металу, наявністю

газовиділення та інтенсивного світлового випромінювання. Крім того, в останні

роки отримали розвиток способи, такі як: лазерна на плавка, електродугова

НУВБІП УКРАЇНИ

металізація, газодинамічне, плазмове запилення та інші, що використовуються

для зміцнення деталей сільськогосподарської техніки. Однак їх використання не

завжди ефективне через досить велику ймовірність появи тріщин у присадному

матеріалі при лазерній на плавці, досить високій пористості, нерівномірної

твердості, низької міцності покриття та основи при застосуванні електродугової

металізації, газодинамічного, плазмового та детонаційного запилення.

НУВБІП УКРАЇНИ

Для робочих органів ґрунтообробної техніки необхідно створювати

покриття, що володіють комплексом властивостей (висока міцність, корозійна

стійкість, зносостійкість та ін.). Тому доцільно розробляти функціональні

покриття.

Перспективним способом є електроконтактне приварювання для

НУВБІП УКРАЇНИ

зміцнення робочих органів сільськогосподарської техніки та отримання на їх

поверхнях функціональних покриттів. Даний спосіб має переваги: незначний

термічний вплив на метал і деталі, можливість утворювати з'єднання різної

номенклатури деталей з кольорових і чорних металів, високі механічні

властивості, що з'єднуються. матеріалів, а також відсутність вигорання легуючих

елементів, безпекові та зручні робочі умови оператора-зварювальника та інші.

НУВБІП УКРАЇНИ

Вчені Д. В. Амелін, В. В. Буличов, Н. М. Дорожкін, Н. Ф. Козаков, Е. С. з

різних областей науки вирішили завдання з зміцнення та відновлення деталей

електроконтактними способами шляхом металевих порошків, приварювання

сталевих дротів та металеві стрічки. Проте, металеві стрічки застосовуються

НУВБІП УКРАЇНИ

рідше, ніж інші вказані матеріали через те, що міцності одержуваного покриття

залежать від технологічних режимів електроконтактного приварювання,

НУВІП УКРАЇНИ

структурної неоднорідності металопокриття. Заобігти дані дефекти можливе застосуванням проміжних шарів у технологічних процесах зміцнення плоских поверхонь робочих органів сільськогосподарської техніки.

НУВІП УКРАЇНИ

Особливості використання проміжних шарів у твердому стан при електроконтактному приварюванні розглянуті в роботах тому надалі у нашій роботі цей напрямок розглядатиметься не буде.

Автори вважають, що при формуванні покриття на основі, отриманої в результаті розплавлення та кристалізації матеріалу проміжного шару, називається електроконтактним паянням.

НУВІП УКРАЇНИ

Перевага цього у наступному: не надає термічного впливу на деталі, вихідна структура металу зберігається, існує можливість паяти деталі з чавуну, сталі, кольорових металів та їх сплавів.

У науковій літературі недостатньо розкрито процес отримання покриттів на плоских поверхнях робочих органів сільськогосподарської техніки шляхом електроконтактного паяння через аморфні стрічкові припої металеві стрічки.

НУВІП УКРАЇНИ

На сьогоднішній день у науковій літературі практично немає досліджень, присвячених способам підготовки матеріалів до електроконтактної пайки, а саме: вплив технологічних режимів процесу електроконтактного паяння, вивченню дефектів, що виникають у процесі паяння, вихідної структури та інших факторів, що впливають на властивості сполук. Нестача подібних даних не дає можливості вирішувати питання управління експлуатаційними характеристиками та властивостями зміцненої деталі. Причинами, що стримують застосування електроконтактного паяння в технічному сервісі, також можна назвати відсутність технологічних рекомендацій на отримання покриттів електроконтактним паянням через стрічкові аморфні припої, металеві стрічки на поверхнях робочих органів сільськогосподарської техніки.

НУВІП УКРАЇНИ

Робота спрямована на розвиток першорядних уявлень про процесі формування покриттів, отриманих електроконтактним паянням через стрічкові аморфні припої металеві стрічки, удосконалення та розроблення технологій, що здійснюються на основі прогнозування властивостей зміцнених плоских робочих органів сільськогосподарської техніки.

НУВІП УКРАЇНИ

НУБІП України

У роботі розглянуто особливості експлуатації плоских робітників органів сільськогосподарської техніки, технології продовження ресурсу деталей, що

включають електроконтактні способи зміцнення плоских поверхонь. Проведено

теоретичні дослідження вибору оптимальних режимів електроконтактного

паяння, оптимізації процесу нанесення покриття, встановлення залежностей

твердості покриття та протяжності зони термічного впливу від режимів електроконтактного паяння. Представлені матеріали, що використовуються в

роботі для отримання покриттів та методики експериментальних досліджень,

експлуатаційних випробувань зміцнених робочих органів

сільськогосподарських машин. Наведено результати експериментальних

досліджень впливу параметрів режиму електроконтактного паяння, підготовки поверхні різними способами на якість покриття, металографічних досліджень та

аналізу, зносостійкості покриттів та експлуатаційних випробувань. Подано

модернізоване обладнання та технологічні рекомендації щодо вибору,

використання покриттів, отриманих електроконтактним паянням металеві

стрічки. Показано типові технологічні процеси зміцнення плоских поверхонь

робочих органів сільськогосподарської техніки, випробувані та впроваджені в

організаціях АПК України. Зроблено економічну оцінку проектних рішень

зміцнення плоских поверхонь робочих органів сільськогосподарської техніки

електроконтактним паянням через стрічкові аморфні припої металеві стрічки.

На основі вищевикладеного робимо висновок, що розробка технологічних

основ покращення якості покриттів, отриманих на плоских робочих органах

сільськогосподарської техніки електроконтактною пайкою через стрічкові

аморфні припої металеві стрічки, та їх застосування в технічному сервісі

(ремонті) є актуальною задачею, рішення якої зробить значний внесок у

ресурсозберігаючі технології та конкурентоспроможність вітчизняної

сільгосптехніки.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЛОСКИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

1.1 Аналіз конструкцій плугів

На сьогоднішній день в Україні і в світі є величезна кількість деталей плоскої форми, які є робочими органами машин і механізмів сільськогосподарської техніки, а також технологічного обладнання. До таких деталей відносяться: робочі органи ґрунтообробних машин, ріжучого апарату збиральних машин, переробних машин транспортера і т.д.

В процесі експлуатації плоскі поверхні робочих органів піддаються різним динамічним навантаженням (розтяг, стиск, вигин або кручення), а також багато деталей працюють в постійному контакті з агресивним зовнішнім середовищем, що відрізняється як високим абразивним зносом, так і сильним корозійним впливом на деталь.

Основними видами зношування плоских поверхонь робочих органів сільськогосподарської техніки є: абразивний - 47%, корозії - 16%, при схоплюванні - 14% та інші - 23%, при цьому характерною особливістю більшості таких деталей є значна величина їх зносу, яка для багатьох деталей може доходити до 2 ... 3 мм, а в деяких випадках і до втрати форми. Це означає, що подібні деталі вимагають значного підвищення надійності і довговічності.

На сьогоднішній день розвиток сільського господарства в нашій країні є одним з пріоритетних напрямків, а так як одним з найважливіших об'єктом діяльності в сільському господарстві є ґрунт, то і особливу увагу віддається ґрунтообробних машин, а саме плугів.

Сьогодні на ринку сільськогосподарської техніки є великий попит на плуги та інші сільськогосподарські машини. Це обумовлено тим, що в останні роки значно збільшені обсяги виробництва сільськогосподарської продукції.

За даними державної бюджетної установи «Державний випробувальний центр» Міністерства сільського господарства України плуги повинні мати напрацювання на відмову не менше 100 годин. Але експлуатаційно-технологічні

НУБІП України

показники плугів не завжди відповідають заявленим виробником споживчими властивостями.

Це відбувається через те, що часто використовуються робочі органи, у яких технічний рівень їх виготовлення далекий від передових науково-технічних досягнень.

НУБІП України

Земле-оброблювальні машини працюють в умовах абразивного зношування, і їх довговічність в значній мірі визначається ресурсом робочих органів[1].

НУБІП України

Аналіз експлуатаційно-технологічних показників плугів вітчизняних і зарубіжних виробників [1] показав, що в середньому напрацювання на відмову лемешів долотоподібної форми до 20 га, а польових дощок - до 60 га. Основним напрямком підвищення ресурсу плугів є зміцнення їх робочих органів.

Основні робочі органи плуга - польові дошки, відвали, і лемеші.

НУБІП України

Знос відвалу, а також його деформація, знос польовий дошки і затуплення лемеша призводить до збільшення тягового опору плуга, яке сприяє підвищеній витраті пального, негативно впливає на якість оранки, пласта і забивання рослинних залишків [2].

НУБІП України

Лемеші виготовляють зі сталі марок 45, Л65, 65Г і термічно обробляють для підвищення стійкості проти зносу. Леміш плуга піддають ремонту тоді, коли ширина його зменшується на 10 мм в порівнянні з шириною нової деталі або коли довжина носка лемеша зменшується на 25 мм в порівнянні з довжиною носка нової деталі.

Польові дошки корпусів плуга зношуються внаслідок тертя об дно борозни і її стінки. При зменшенні товщини польовий дошки з 14 до 10 мм і ширини з 100 до 70 мм вважається гранично допустимим зносом.

НУБІП України

Відвал плуга зношується в першу чергу по сліду руху пласта землі, а саме грудей відвалу і його крила.

На даний момент в нашій країні для збільшення ресурсу лемешів плуга застосовувалися такі способи відновлення лемешів:

НУБІП України

- поверхнєве зміцнення деталей плужних корпусів з використанням зварювально-наплавочних електродів і порошкових сплавів, включаючи

нагрівання основного металу, електродугове наплавлення здійснювалася покритим електродом Т-590 по шару порошкового сплаву «Сормайт - 1» [1];

- зміцнення і відновлення лемешів пайкою металокерамічних пластин ВК-

8, припоєм Л-63[3];

- наплавлення покровою мало вуглецевої електродами Е50А-УОНИ-13/55-УО-А d = 4 мм [4];

- двошаровий наплавка, де проміжний шар отриманий наплавленням мало вуглецевої електрода марки Е42А; має підвищені пружні і пластичні властивості по порівнянню з поверхневим зносостійким покриттям, отриманого наплавленням електродом марки Т-590 [5];

- наплавлення на робочі поверхні лемеша зносостійкого покриття з порошку на основі чавуну СЧ20, легованого в певних співвідношеннях бором і марганцем (2 ... 4% бору і 1 ... 3% марганцю) [6];

- зміцнення наплавлення армуванням електродами марки Е46А, нанесенням валиків мають форму на пів еліпса в зоні освіти зносу і охолодження носка лемеша плуга в воді, відстань між валиками обумовлено величиною зони термічного впливу і становить $b = 30 \dots 40$ мм, між гілками ($a = 43$ мм) - розмірами зносу, кут нахилу до польового обрізу $\alpha = 10^\circ$ [7];

- підвищення довговічності і зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин за рахунок ефекту самозаточування отриманого в результаті електроконтактного нагріву точковими імпульсами і освіти при експлуатації зубчастого леза [8];

- індукційна наплавка ПГ - УСЧ30, пайка брусків і пластин з білого чавуну ІБЧ300Х9Ф6, кріплення болтами конусних надставок і пластин зі сталі Х12, приклеювання пластини з кераміки ТК-Г [1].

Сьогодні на ринку сільськогосподарської техніки представлені плуги різних Українських і зарубіжних виробників, які виготовляють плуги наступних марок (додаток) [9].

Експлуатаційно-технологічні показники вищевказаних плугів представлені в додатку.

В додатку видно, що у плугів марок ГНО-6 + 3 (ЗАТ «Рубцовський завод запасних частин» м Рубцовськ, Алтайський край); ПЛН 5-35 (ТОВ ВКФ «Вятка-АГРОДИЗЕЛЬ» м Кіров); ВКМП-3-40Р (РУП «Мінський завод шестерень» Республіка Білорусь); ЕМ-85-200, РГ 100-7 (Фірма «Квернеланд» Норвегія); ЛПН-5/4, ОМПС-5,6 (ТОВ «Южжелдормаш» спільно з ВАТ «ВЕМЗ» м Волгоград), ДПП-6,0К (ВАТ «Светлоградагромаш» м Светлоград, Ставропольський край), EuroDiamant 7 + 1 ТОВ «Лемкен-Рус» (с. Дістична, Калузька область); HEROS (Фірма Vogel & Noot Австрія) з напрацюванням на відмову менше 100 ч роботи.

Випробування серійних плугів показують, що в середньому напрацювання на відмову лемеші типу П-702 з огляду на типи ґрунтів і їх фізичні властивості коливається від 5 до 20 га., крила відвалу - від 40 до 270 га, грудей відвалу - від 10 до 100 га, польовий дошки - від 20 до 60 га. Також зношуються і інші робочі органи, ґрунтообробних машин: лапи культиваторів - 7 ... 18 га, дискові борони та диски лушпильників - 8 ... 20 га, [1]

У плугів застосовують два типи лемешів: трапецеїдальні - з прямолінійною ріжучою кромкою (рис. 1.1, а) і долотоподібні з потовщеним і загнутим вниз носком (рис. 1.1, б).

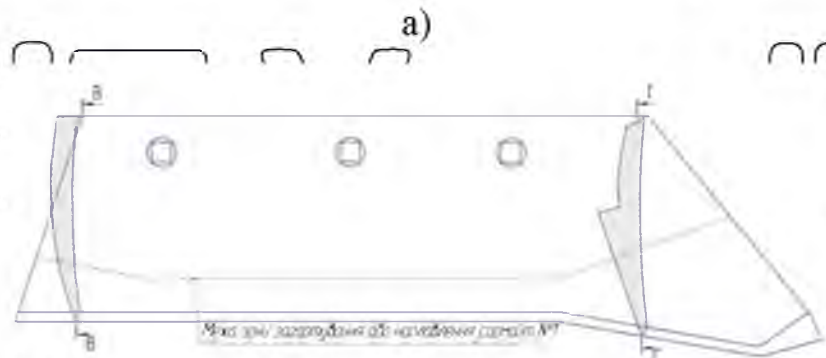


Рис. 1.1. Лемеші плугів: а) трапецеїдальний, б) долотоподібний

НУБІП України

Лемеші виготовляють з сталей марок: 45, Л65, 65Г і термічно обробляють для підвищення стійкості проти зносу.

Для виготовлення лемешів сталь поставляється у вигляді спеціальної смуги постійного і періодичного профілю твердістю не більше 255 НВ.

Технологічний процес виготовлення включає:

- 1) вирубку заготовки;
- 2) штампування;
- 3) виготовлення отворів;
- 4) термічну обробку або на плавку сормайт № 1.

Термічна обробка включає в себе загартування з боку леза лемеш на ширину 20...45 мм до твердості до 60 HRCe, шляхом нагрівання до температури 780 ... 820 °С і різкого охолодження в воді. після гарту виробляється відпустку при температурі 350 °С з наступним охолодженням на повітрі [1].

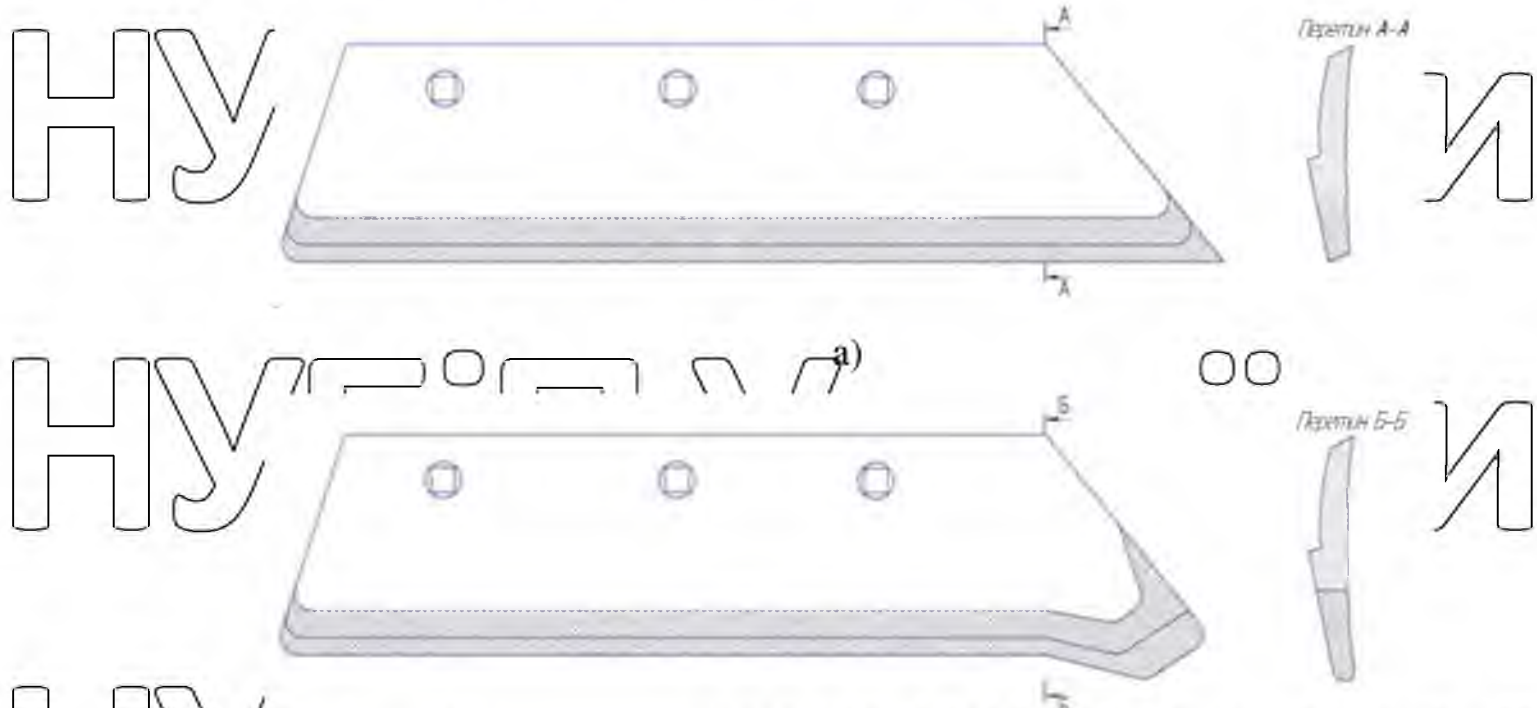
Для підвищення зносостійкості лемеші на його верхню чи нижню поверхню наноситься шар зносостійкого сплаву сормайт № 1 (ГОСТ 10051-75) товщиною до 1,7 мм. Ширина наплавлення смуги на прямолінійній ділянці дорівнює 25...30 мм, а у носка - 55...65 мм. Твердість шару сормайт не перевищує 46 HRCe. В процесі експлуатації шар металу на робочій стороні лемеші зношується швидше, а на тильній - більш зносостійкого - повільніше. При цьому гострота леза лемеша зберігається, тим самим реалізується ефект самозаточування [1,10].

При зносі лемеші затупляє лезо і змінюється форма носка. На рис. 1.2 перехресними лініями заштриховані кромки лез зношених лемешів і долотоподібної форми. При затуплення леза збільшується його товщина, а на зворотному його боці утворюється фаска (потилицю). При зносі лемешів погіршується робота плуга, т. Е. Лемеші втрачають здатність заглиблюватися в ґрунт, а у плуга порушується стійкість ходу і зростає тягове зусилля, що призводить до збільшення витрати палива. Лемеш плуга підлягає ремонту в тих випадках, коли ширина його зменшується на 10 мм в порівнянні з шириною нового лемеша або коли довжина носка зменшується на 25 мм в порівнянні з довжиною носка нового лемеша долотоподібної форми [10].

НУБІП України

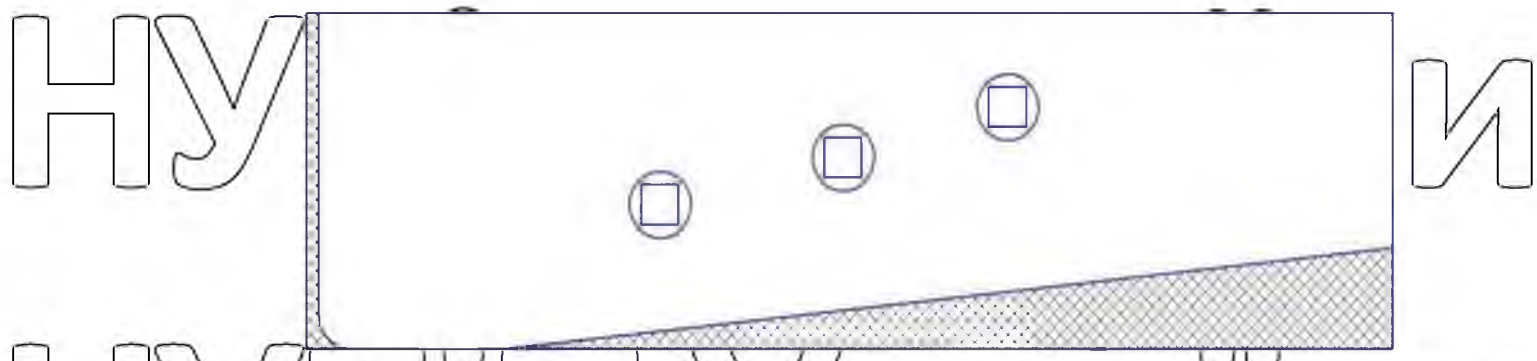
НУБІП України

Польові дошки передніх корпусів зношуються від тертя об стінки і дно борозни. На рисунку 1.3 показана величина зносу (знос умовно заштрихованого перехресними лініями) польової дошки.



НУВШ України

Рис. 1.2 - Характерні ділянки зносу лемешів. а) трапецієподібного, б) долотоподібні



НУБІП України

Рис. 1.3 -я ділянка зносу польової дошки плуга
Зменшення товщини дошки з 14 до 10 мм і ширини на її кінці з 100 до 70 мм вважається гранично допустимим.

НУБІП України

Польові дошки передніх корпусів виготовляють зі сталі марки Ст.6. Робочий кінець польової дошки піддається загартовуванню та відпуску на довжині

100-120 мм. Твердість у термічно обробленій зоні дошки повинна бути в межах 415-555 НВ, а в термічно необроблюваній зоні - не більше 302 НВ.

При односторонньому зносі польову дошку можна перевернути на 180° і використовувати знову. Для цього треба оброблені на квадрат отвору під болти кріплення із зворотного боку польової дошки, потім закріпити дошку на стійці плуга так, щоб до стінки і дно борозни були звернені її незношені сторона і ребро.

На польових дошках плугів останніх випусків передбачені отвори під болти кріплення, що розташовуються симетрично раніше виготовленим, що дозволяє використовувати дошки значно довше.

Знос відвалів плугів спостерігається головним чином по сліду руху пласта землі в основному на грудях відвалу і у крила. Спостереженнями встановлено, що груди (рис. 1.4) спрацьовується приблизно в два рази швидше, ніж крило відвалу.

Відвали плугів виготовляють або з листової вуглецевої сталі з подальшою цементацією, або зі спеціальної тришарової сталі. Для виготовлення цементованих відвалів застосовується сталь марки Ст2. Товщина шару на робочій поверхні цементованого відвалу становить не менше 22% товщини відвалу [10].

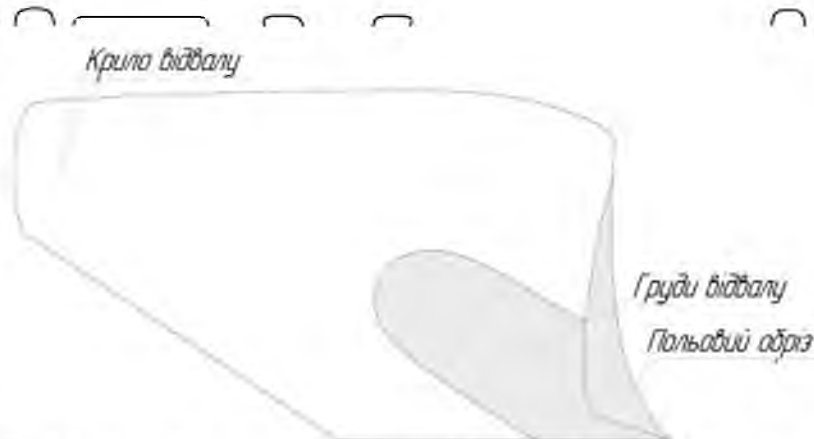


Рис. 1.4 Характерні ділянки зносу полиці плуга

Відвали виготовляють з тришарової сталі (ГОСТ 6765-75) шляхом прокату злитків. Відвал складається з м'якого середнього шару завтовічки 6 мм,

НУБІП України

виготовленого зі сталі марки Ст2 і двох твердих зовнішніх шарів товщиною 5 і 7 мм, виготовлених зі сталі марки 65Г [10]. Товщина м'якого середнього шару в відвалі повинна бути не менше однієї третини товщини відвалу [10].

НУБІП України

Плуги і робочі органи ґрунтообробних машин працюють в ґрунті, яка представляє собою трифазну дисперсну середу, що складається з твердих, рідких і газоподібних частинок, роздроблених і переміщаних між собою.

Рідка фаза складається з води з розчиненими в ній солями і газами, їх кількість залежить від складу ґрунту.

НУБІП України

Газоподібна фаза ґрунту складається в більшій частині з вуглекислого газу до 10% виділяється при розкладанні органічних частинок, кисню до 8%, азоту та інших газів включаючи пар.

Агрегатний стан, склад, і фізико-механічні властивості ґрунту визначають зношується здатність. Так механічний склад ґрунту має найбільший вплив на знос робочих органів плуга.

НУБІП України

Механічні елементи різних ґрунтів відрізняються не тільки за розмірами, процентним вмістом, але і по мінералогічному складу, що визначає їх відмінність по різноманітним властивостям.

Та на знос деталей плуга надають найбільшою мірою тверді (HV 7...11 ГПа) частки граніту і кварцу, які становлять приблизно 36,6...70,8% ґрунту. Далі йде слюда, польовий шпат, і інші мінеральні речовини (HV 6...7,2 ГПа) [11].

НУБІП України

В основному частинок мінералів має округлу форму, але також є, мінерали з гострими гранями і виступами, які здатні деформувати і зношувати поверхні робочих органів ґрунтообробних машин. Ці мінерали, а саме кварц, становить основну частину піщаних ґрунтів, цим пояснюється їхня підвищена зношується здатність. Глинисті ґрунти, в свою чергу мають менше твердих мінеральних часток, за рахунок цього у глинистих і суглинних зношується здатність значно нижче.

НУБІП України

Потреба в робочих органах складає: в Лемешах - 5 млн. шт. в рік, в польових дошках - 3 млн. шт. в рік, у відвалах - 2,4 млн. шт. в рік [1].

НУБІП України

Тому одним з основних завдань, що стоять перед сільськогосподарським машинобудуванням, є підвищення технічного рівня сільгоспмашин до показників, відповідних передовим науково-технічним досягнень [12].

1.2 Технології продовження ресурсу деталей сільськогосподарської техніки

В даний час виробники сільськогосподарської техніки застосовують технології і методи, що формують покриття на робочих поверхнях, які досить успішно, забезпечують працездатність технологічного обладнання та машин в різних умовах експлуатації [12,13].

Ефективними методами отримання покриттів є наплавлення, осадження і на (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Методи отримання покриттів

Однак вище представлені методи мають наступні недоліки: сильне нагрівання, деформація деталі, вигорання легуючих елементів - дугова на плавка під шаром флюсу, електрошлакове та плазмова на плавка [2, 14-15]; велике розбризування металу (5...10%) і відкрите сильне світлове випромінювання зварювальної дуги - на плавка в середовищі захисних газів [16, 18]; появу

дефектів у вигляді неметалічних включень, пор, тріщин в наплавленому шарі, різке зниження втомної міцності відновлених деталей, наявність розтягують

залишкових напружень в поверхневих шарах - газова, лазерне наплавлення [2, 19-21, 22]; недостатня міцність покриття з основою - електродугове, плазмове і

газодинамічне напилення [13, 23, 24-28]; невелика величина покриття, що наноситься - фінішне плазмове зміцнення, Електроіскрове і гальванічне нарощування [29-37].

В останні роки значна увага віддається застосуванню в різних галузях виробництва, також і в сільськогосподарському машинобудування, технічної кераміки. Так застосування технічної кераміки для зміцнення деталей по представленими даними NIAE - Національного інституту сільськогосподарської техніки (Великобританія) - має велику ефективність, ніж нанесення твердих сплавів наплавленням. Учення NIAE вивчали зносостійкість деталей зміцнених керамікою, а також техніко-економічні показники. З результатів досліджень, що зносостійкість різних деталей ґрунтообробних машин підвищилася в 3... 11 разів [7].

Відомі роботи вчених присвятили дослідження продовженню ресурсу лемешів, таких як В. С. Новікова, А. М. Міхальченкова, С. А. Сидорова та інших.

В роботі показана технологія поверхневого зміцнення деталей плужних корпусів з використанням зварювально-наплавочних електродів і порошкових сплавів з оцінкою показників якості наплавлення швидкозношуваних поверхонь, включаючи нагрівання основного металу. Електродугова наплавка здійснювалася покритим електродом Т-590 по шару порошкового сплаву «Сормайт - 1».

Автор [3] представив технологію зміцнення і відновлення лемеші плуга пайкою пластин з металокераміки. При пайку використовувалися припій Л-63 і металокерамічні пластини зі сплаву ВК-8. Так само в роботі [3] наведені результати експериментальних і теоретичних досліджень міцності з'єднань отриманих пайкою металокераміки до лемеш, результати дослідження корозійної стійкості і зносостійкості.

В роботі [4] на плавка здійснювалася покорова електродами. При напавленні використовувався електрод марки E50A-УОНИ-13/55-УО-А $d = 4$ мм (рис. 1.6).

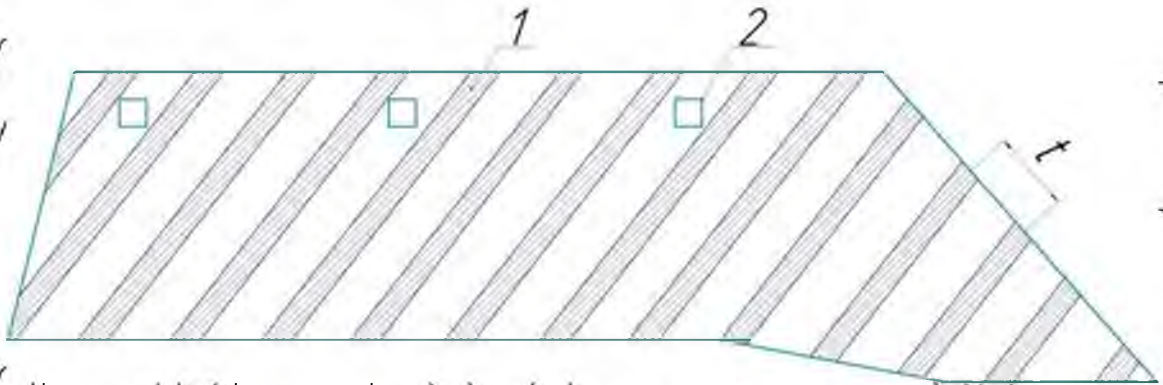


Рис. 1.6 Схема напавлення плугового лемеша: 1 - напавлений валик, 2 - кріпильні отвори, t - крок напавлення

Автор [5] в роботі використовувала технологію двошарової напавки, де проміжний шар має підвищені пружні і пластичні властивості по порівнянню з поверхневим зносостійким покриттям. Для створення проміжного шару використовувалися мало вуглецеві електроди марки E42A, а для створення зносостійкого поверхневого покриття застосовували напавочні електроди марки T-590.

В роботі [6] представлена технологія напавлення на робочі поверхні лемеша зносостійкого покриття з порошку на основі чавуну, легованого в певних співвідношеннях бором і марганцем. При напавленні використовувався порошок на основі чавуну СЧ20 з додаванням 2 ... 4% бору і 1 ... 3% марганцю.

Автор [7] розробила технологію зміцнення лемеші напавлення армуванням з безперервним нанесенням валиків в формі напів еліпса в зоні освіти зносу і з подальшим охолодженням носка лемеша в воді. Відстань між вершинами валиків лімітовано зонами термічного впливу і становить $b = 30 \dots 40$ мм, між гілками ($a = 43$ мм) - розмірами зносу, кут нахилу до польового обрізу $\alpha = 10^\circ$, ширина валиків 3 ... 4 мм. Як напавочного матеріалу використовувалися мало вуглецеві електроди марки E46A (рис. 1.7)



Рис. 1.7 - Схема наплавлення при зміцненні лемеші

В роботі [8] представлена технологія підвищення довговічності і зносостійкості робочих органів шляхом забезпечення самозаточування (на прикладі лемеша для відвальних плугів). Даного явища автор [8] досяг в результаті точкового імпульсного електроконтактного нагріву і освіти при експлуатації зубчастого леза. Для проведення випробувань використовувався леміш зі сталі марки І53 (рис. 1.8).

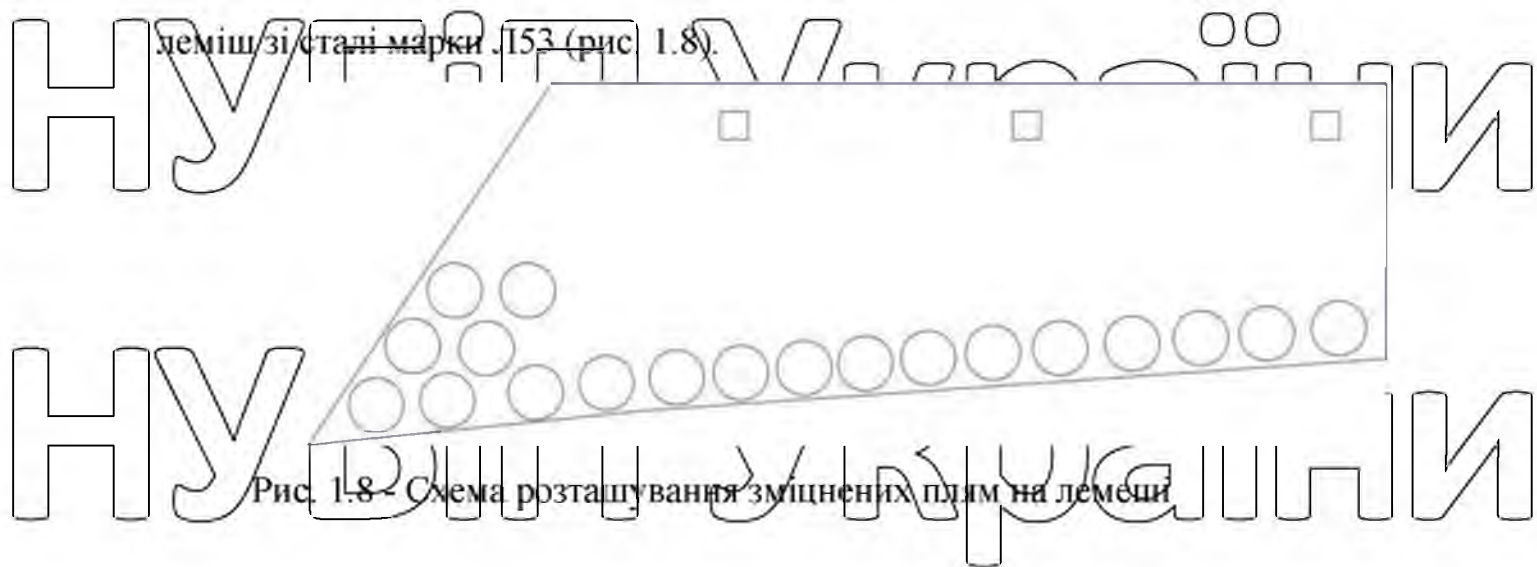


Рис. 1.8 - Схема розташування зміцнених плім на лемеші

Автор [10] в роботі застосовував методи наплавлення (ручного дугового, плазмового, індукційного), пайка припоєм пластин і брусків з зносостійкого білого чавуну марки ІБЧ300Х9Ф6; механічне кріплення пластин і конусних надставки з зносостійкої сталі; приклеювання клеєм пластини з корундовою кераміки.

НУБІП України



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 19 - Лемеші, зміщені методами

а - на плавка; б - пайка пластин зносостійкого білого чавуну;

НУБІП України

в - приклеювання пластин з корундовою керамікою; г - механічне закріплення пластини з зносостійкої сталі; д - механічне закріплення конусної надставки з зносостійке стали

При наплавленні (дугового, індукційної, плазмової) використовувалися наплавочні матеріали марок Т-590, ОЗН-6-2, ПГ-УСН-30 (рисунку 1.9).

Електроконтактні способи наварки (приварювання), які використовуються для відновлення і зміцнення деталей, в порівнянні з розглянутими вище способами мають переваги пов'язані зі збереженням первинних властивостей матеріалу деталі при високій міцності одержуваного покриття з основним металом і інші [40].

1.3 Використання електроконтактних способів для продовження ресурсу плоских поверхонь деталей

Процес електроконтактного приварювання відноситься до термомеханічної класу способів зварювання [40]. Активізація утворення зварного з'єднання протікає за допомогою введення термічного і механічного видів енергії. Освіта покриття і з'єднання його з основним металом здійснюється в результаті нагрівання приварювання металу і поверхневого шару деталі короткими імпульсами проходить електричного струму і їх спільного пластичного деформування. Ступінь пластичного деформування приварюється матеріалу в значній мірі визначається його видом: дріт, металева стрічка або порошок.

Відомі роботи вчених А. В. Поляченко, Р. А. Латипова і інших присвятили дослідження збільшення ресурсу плоских поверхонь деталей електроконтактного приварювання [41-44]

Автором [45] розроблена технологія, заснована на електроконтактні ножі зносостійкими стрічками. Таким способом зміцнюючи: ножі Підрізний кореневищ хмелю, самохідної і картоплезбирального комбайнів, протиріжучими пластин і інші деталі. В роботі [45] застосовувалися стрічки отримані перетином

порошків типу ЛС-70ХЗНМ (А), а також спечені стрічки засновані на Fe-Cr3C7-Si, які забезпечують високу зносостійкість покриття і міцність з'єднання.

Автор [46] займався зміцненням дискових робочих органів ґрунтообробних машин електроконтактного приварювання. Для зміцнення використовував шлам ШХ15. Даний матеріал є відходами виробництва шарикопідшипників, і за своїм хімічним складом практично не відрізняється від сталі ШХ15, але при цьому вміст вуглецю збільшується на 40%. Дискові робочі органи сільгосптехніки зміцнені електроконтактного приварювання шламу ШХ15 зношуються в першу чергу по внутрішній стороні в той час як покриття нанесене по ріжучій кромці значно повільніше, при цьому забезпечується ефект самозаточування. Знос зміцнених дискових робочих органів був в межах 0,05...0,1 мм по діаметру з напрацюванням 140 ... 151 га [46].

Автор [47] запропонував технологію зміцнення ріжучих робочих органів (хрестові ножі) промислових м'ясорубок електроконтактного приварювання дифузійно-хромованою стрічки. В роботі [47] зміцнюючі сталеві стрічки марок 45, 65Г, У8А, і ХВГ на товщину 0,012-0,030 мм, шляхом паро фазного хромування у вакуумі при температурі 1200 °С з подальшою електроконтактного приварювання. Ресурс досвідчених хрестових ножів, які пройшли через зміцнення електроконтактного приварювання дифузійно хромованих стрічок, за отриманими даними автора [47], зростає між переточуваннями з 6,8 ... 8 до 13 18 год.

Автор [8] розробив технологію підвищення ресурсу лемешів шляхом імпульсного електроконтактного нагріву. Автор [8] встановив, що зміцнені імпульсним електроконтактним нагріванням лемеші плуга, виготовлені зі сталі Л53 мають структуру мартенситу і зношуються з тією ж швидкістю що і зразки пройшли термообробку до твердості 50 ... 52 HRCB і на 28% нижче зразків зі сталі Л53 нормалізованому стані. У лемешів з напрацюванням 10 га знос на суглинистий ґрунт становить 15,83 мм і 10,7 мм відповідно для не зміцненого і зміцненого лемешів, на пісковиках - для не зміцненого 16,67 мм і для зміцненого 12,6 мм; на суглинистих ґрунтах - 8,61 мм і 8,3 мм, відповідно для не зміцненого і зміцненого лемешів.

На суглинках швидкість зношування не зміщеного лемешів на 17,41% вище, ніж лемешів пройшли через зміцнення електроімпульсним точковим нагрівом, на пісковиках на 13,11%, на суглинних - на 9,8%. У лемеші зміщеного електроімпульсним точковим нагрівом, спостерігається ефект самозаточування за рахунок утворення зубчастого леза і різної твердості ділянок леза [8].

Аналіз показав, що електроконтактні способи, а також матеріали, що застосовуються в наведених роботах, дозволяють реалізувати покриття з необхідними експлуатаційними властивостями на робочих органах сільськогосподарської техніки. При цьому в якості матеріалу можливе використання металевих порошків, однак при їх застосуванні можливі труднощі з нездатністю отримання шару зі стабільними властивостями, якщо застосовувати суміші порошків, закріпленням порошків на поверхні деталей. На підставі цього доцільно використовувати металеві стрічки.

Електроконтактна приварка металевої стрічки дозволяє уникнути перерахованих вище недоліків порошків, а так само є можливість отримувати покриття із заданою твердістю, зносостійкістю і іншими необхідними експлуатаційними властивостями [40, 41, 43].

З метою підвищення якості формованого покриття із сталевих стрічок авторами [40, 41, 43, 47] пропонується проводити її термічну обробку (середньо температурна відпустку) перед приваркою або використовувати проміжні шари.

На підставі вище викладеного в роботі пропонується спосіб зміцнення плоских робочих органів сільськогосподарської техніки, що включає нанесення зносостійкого матеріалу в місцях, що піддаються найбільшому абразивного зносу шляхом отримання металевих шарів покриття електроконтактної пайкою через стрічкові аморфні припої металевих стрічок [48].

Аналіз стану проблеми став основою для формулювання цілей і завдань дослідження.

Цілі роботи: підвищити довговічність зміцнених плоских робочих органів сільськогосподарської техніки електроконтактної пайкою через стрічкові аморфні припої металевої стрічки і модернізувати технологічне обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

НУБІП України

- проаналізувати існуючі технології, способи зміцнення деталей сільськогосподарської техніки та теоретичні дослідження формування покриття на плоскій поверхні шляхом електроконтактної пайки через стрічкові аморфні припої металеві стрічки;

НУБІП України

- модернізувати обладнання для нанесення покриттів на плоскі поверхні, вивчити фізико-механічні властивості сформованих металопокриттів з урахуванням особливостей електроконтактної пайки через стрічкові аморфні припої металеві стрічки, розробити типові технологічні процеси зміцнення плоских робочих органів сільськогосподарської техніки;

НУБІП України

- провести експлуатаційні випробування зміцнених робочих органів сільськогосподарської техніки, отриманих з використанням розроблених технологій і визначити їх техніко-економічні показники.

Висновки до першого розділу

НУБІП України

1. Проведено аналіз деталей плоскої ферми, які є робочими органами машин і механізмів сільськогосподарської техніки, а також технологічного обладнання. На прикладі плуга розглянуті конструктивні особливості плоских поверхонь робочих органів, технології їх виготовлення, умови експлуатації і можливі дефекти, що впливають на надійність роботи агрегатів. При цьому встановлено, що деякі виробники сільськогосподарської техніки випускають плуги, мають напрацювання на відмову менше 100 годии.

НУБІП України

2. Розглянуто особливості нанесення покриттів методами наплавлення, осадження, їх переваги та недоліки. На прикладі лемеша плуга показані способи продовження його ресурсу механічним кріпленням пластини, дугового наплавленням, паянням, імпульсним електроконтактна нагріванням. Останній відноситься до способів електроконтактного приварювання (наварки), що дозволяють отримувати покриття володіють високою міцністю, зносостійкістю і іншими якісними характеристиками.

НУБІП України

3. Розглянуто матеріали, що застосовуються для отримання покриттів електроконтактного приварювання. Показано, що для зміцнення плоских

НУБІП України

НУБІП України

поверхонь доцільно використовувати металеві порошки та стрічки. Однак при використанні порошків (суміші) є технологічні складнощі з подачею,

закріпленням матеріалу на виробі, формуванням стабільних властивостей

одержуваного покриття. У процесі використання металевої стрічки покриття

НУБІП України

виходять із заданою твердістю, зносостійкістю і іншими необхідними експлуатаційними властивостями.

4. Для забезпечення якісного покриття на плоских поверхнях робочих

органів сільськогосподарської техніки в роботі пропонується використовувати

спосіб електроконтактні пайки через стрічкові аморфні припої металевої стрічки.

НУБІП України

Припої знизять хімічну неоднорідність в зоні з'єднання, знизять термомеханічне вплив процесу на сполучаються поверхні.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ПАЙКИ

2.1 Передумови теоретичних досліджень та вибору оптимальних режимів

Високу якість паяних з'єднань можна отримати за дотримання наступних умов: розплавлений припой повинен добре змонувати основний метал і розтікатися поверхнею деталей, заповнюючи сполучні зазори. Температура плавлення припоїв має бути нижчою на 50...100 °С температури плавлення металів, що з'єднуються. З паяними металами припой повинен утворювати міцне з'єднання [50].

За температурою плавлення припої класифікують наступним чином: особливо легкі, легкоплавкі, середньо плавкі, високо плавкі і тугоплавкі.

Припої на основі алюмінію, магнію, срібла, міді та деякі титанові, нікелеві (температура плавлення до 1100°С) відносять до середньо плавкі сплави.

Відомі різні способи паяння [51], з яких необхідно виділити «паяння опором». Даний спосіб відбувається за рахунок проходження електричного струму через деталі, що паяються, при цьому відбувається виділення тепла, рахунок якого відбувається паяння. При цьому паяються деталі є складовою електричної ланцюга. У свою чергу нагрівання опором відбувається на контактних машинах, аналогічних зварювальних.

Паяння опором на контактних установках типу зварювальних або у контактних точкових кліщах мають значне поширення, та застосовується при виготовленні тонкостінних виробів або при з'єднанні тонкостінних елементів з товстостінними елементами.

На процес електроконтактного паяння впливає безліч різних факторів. Автори умовно поділяють всі фактори, що впливають на: регульовані; нерегульовані та неконтрольовані; нерегульовані, але контрольовані. До нерегульованих факторів автори [52-54] відносять: вологість повітря, атмосферний тиск, температуру навколишнього середовища, коливання напруги в мережі, стан обладнання (знос, жорсткість та точність встановлення) і т.д. До нерегульованих, але контрольованих (відомим) факторам відносять: матеріал

(теплопровідність, питома) електричний опір, пружність, твердість, пластичність та міцність), геометричні розміри та шорсткість деталі матеріалу та електродів.

До регульованих факторів – режими процесу.

Правильний вибір режимів електроконтактного паяння є визначальним для отримання покриттів необхідної якості. До режимів електроконтактного паяння можна віднести [42, 49, 55-57]:

- величину зварювального струму $I_{св}$, яка регулюється зміною кута управління α тиристорного контактора (регулятора);

- тривалість зварювального імпульсу t_i (час, протягом якого джерело струму подає імпульси напруги на первинну обмотку трансформатора) та тривалість паузи t_n (час між двома послідовними імпульсами, протягом якого струм на первинну обмотку трансформатора не подається) які також задаються регулятором зварювального струму;

- швидкість зварювання $V_{св}$ для плоских деталей – це швидкість лінійного переміщення електродів [57] щодо деталі (задається подачею електродів), для тіл обертання – окружна швидкість деталі (регульована зміною частоти обертання деталі n).

2.2 Визначення величини імпульсу струму

Час тривалості імпульсу струму в граничних точках визначається за такою формулою [58-60]:

$$t_i = \frac{F_0 S^2}{\alpha}, \quad (2.1)$$

де F_0 – число Фур'є;

S – визначальний розмір деталі, м;

α – швидкість зміни температури речовини, m^2/c

Відомо [58-59], що $\alpha = \frac{\gamma}{c\rho}$ і підставивши це значення (2.1) отримаємо:

$$t_i = \frac{F_0 \rho c h^2}{\gamma}, \quad (2.2)$$

де h – товщина деталі, що змінюється, м;

t_i - час тривалості імпульсу струму, с.

c – питома теплоємність речовини, Дж/(кг · град);

ρ – густина речовини, кг/м³

λ – теплопровідність речовини, Вт/(м · град);

Для сталі У12А значення $F_0 = 0,425$ відповідає м'якому режиму, а

$F_0 = 1,68$ – жорсткому режиму.)

За формулою (2.2) визначимо величину імпульсу при жорсткому і м'якому режимі, електроконтактного паяння через стрічкові аморфні. припої металевої стрічки завтовшки 0,5 мм.

Для жорсткого режиму $F_0 = 0,425$:

$$t_i = 0,425 \times \frac{7810 \times 0,649 \times (0,5 \times 10^{-3})^2}{27} \approx 0,02 \text{ с}$$

Таким чином, збільшення сили зварювального струму не надасть суттєвого впливу на збільшення зони термічного впливу, але вимагатиме великої потужності установки. Через те, що швидкість зміни температури речовини обмежена, зниження часу імпульсу струму нижче розрахованого та підвищення його сили призведе до внутрішніх виплесків.

Для м'якого режиму $F_0 = 1,68$:

$$t_i = 1,68 \times \frac{7810 \times 0,649 \times (0,5 \times 10^{-3})^2}{27} \approx 0,08 \text{ с}$$

Збільшення тривалості імпульсу струму вище за розрахований не вплине на з'єднання, але при цьому час, необхідний для відновлення деталі значно збільшиться. Це відбувається через те що зона в якій відбувається процес електроконтактного паяння у стані теплової рівноваги, а саме кількість виділеної теплоти дорівнює кількості тепла, що розсіюється.

2.1.1 Визначення зварювального струму в граничних точках

При розрахунку сили зварювального струму можна застосувати: число

Фур'є $F_0 = \frac{\alpha t}{l^2} =$ критерій тепловиділення $K_y = J^2 \rho t_u / (\lambda T d_e^4)$ та

співвідношенням $\frac{K_y}{F_0} = \eta_m^{-1}$ при діаметрі точки від електрода $d_e = 3s$, тоді:

НУБІП України

$$J_{cp} = 4,6 d_e \sqrt{\frac{T_k \lambda}{\eta_m \rho}} \quad (2.3)$$

де d_e - Діаметр зварювальної точки, м;

λ – теплопровідність речовини, Вт/(м · К);

T_k – температура паяння, К;

η_m – термічний коефіцієнт корисної дії;

ρ – питомий електричний опір, Ом·м.

При електроконтактному паянні металеві стрічки через стрічкові аморфні

припой $\eta_m = 0,26$ – для м'якого режиму, $\eta_m = 0,45$ для жорсткого режиму. Тоді J у

точках 3 та 4 при електроконтактному паянні через стрічковий аморфний припой

«Стемет 1301» металеві стрічки У12А завтовірки 0,5 мм $d_{emax} = 5$ мм, $d_{emin} =$

3 мм, $T_{kmin} = 980$ °С, $T_{kmax} = 1050$ °С, $\lambda_{max} = 0,045$ кВт/(м·К), $\lambda_{min} = 0,024$

кВт/(м · К), $\rho_{max} = 1,19 \times 10^{-6}$ Ом·м, $\rho_{min} = 1,15 \cdot 10^{-6}$ Ом·м визначатиметься:

для J_k при максимальних значеннях

$$J_k = 4,2 \times 5 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{(1057 + 273) \times 0,045 \times 10^3}{0,45 \times 1,19 \times 10^{-6}}} \approx 7,0 \text{ кА.}$$

для J_k за мінімальних значень

$$J_k = 4,2 \times 5 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{(1057 + 273) \times 0,045 \times 10^3}{0,45 \times 1,19 \times 10^{-6}}} \approx 7,0 \text{ кА.}$$

2.1.2 Визначення витрати рідини, що охолоджує

Витрата рідини, що охолоджує, впливає на швидкість охолодження матеріалів, що з'єднуються електроконтактною пайкою, відповідно і на процеси фазових перетворень у деталях. Недостатня витрата охолоджуючої рідини призведе до перегріву деталі та електрода. При надмірну витрату охолоджуючої рідини, підвищується споживання тепла, необхідного для утворення з'єднання.

Витрату охолоджуючої рідини можна знайти, застосувавши рівняння теплового балансу [61-63]:

$$Q = aF(t_c - t_{oc}) = aGc(t_k - t_n) + (1 - a)Gn \quad (2.4)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі;

F – площа поверхні теплопередачі, m^2 ;

c – питома теплоємність речовини, $Dж/(кг \cdot K)$;

t_k – температура охолоджуючої рідини, $^{\circ}C$;

t_1 – температура охолоджуючої рідини початкова, $^{\circ}C$;

$t_{жк}$ – температура рідини, $^{\circ}C$;

G – масова витрата рідини, що охолоджує, $кг/с$;

t_c – температура стінки деталі, $^{\circ}C$;

αG – кількість охолоджуючої рідини, що нагрівається;

r – теплота пароутворення при t_c , $Dж/кг$;

a – частка не випаровується охолоджуючої рідини;

$(1 - a)G$ – кількість охолоджуючої рідини, що випаровується, при $a < 1$

$$\alpha = \frac{Nu\lambda}{d}, \quad (2.5)$$

де Mu - Число Нуссельта;

λ – коефіцієнт теплопровідності охолоджуючої рідини (для води = 0,6),
 $Вт/(м \cdot K)$.

d – визначальний розмір, $м$;

При електроконтактному паянні на плоску поверхню деталі охолодна рідини подається під тиском мережі. Для визначення α застосуємо окремий випадок, представлений для процесу тепловіддачі при поперечному рівномірному обтіканні деталі. У свою чергу особливості, пов'язані з рухом рідини на поверхні деталі, що визначаються числом Re (рис. 2.1).

$$Re = \frac{w2R_2}{\nu}, \quad (2.6)$$

де D – площа деталі, що омивається охолоджувальною рідиною, $м$;

ν – кінематична в'язкість, $м^2/с$;

R_2 – гідравлічний радіус, $R_2 = \frac{S}{X}$

w – середня швидкість потоку, $w = V/f$;

Якщо швидкість потоку рідини невелика ($Re < 5$), то в такому випадку обтікання деталі відбувається плавно і без відривів, зі збільшенням швидкості потоку відбудеться відрив ламінарного прикордонного шару від поверхні. Якщо

число $Re > 5 \times 10^5$ то в такому разі ламінарний перебіг змінюється турбулентним. Прикордонний шар (ламінарний) має менше можливу товщину у будь-якій точці деталі. Прикордонний шар збільшується доти, доки не відбудеться його відрив

від деталі

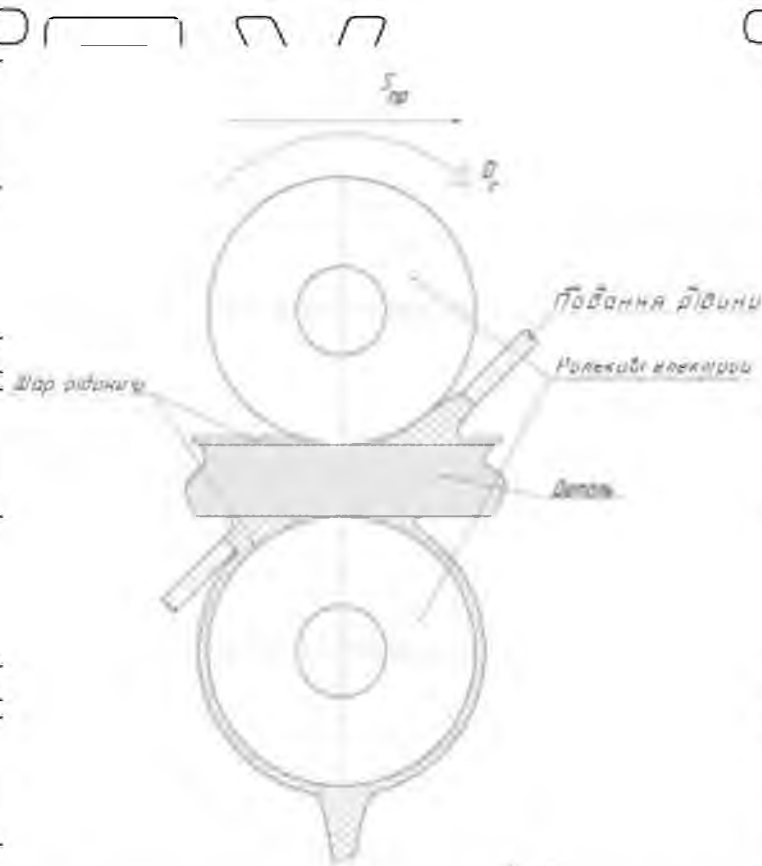


Рис. 2.1 – Схема охолодження деталі при електроконтактному паянні

Для розрахунку усередненого коефіцієнта тепловіддачі по периметру деталі при електроконтактній пайці з ламінарним рухом рідини та частковим відривом прикордонного шару скористаємося формулою:

$$Nu_{\text{ср}} = 0,664 Re_{\text{жс}}^{0,5} Pr_{\text{жс}}^{0,333} \left(\frac{Pr_{\text{жс}}}{Pr_c} \right)^{0,25}, \quad 5 < Re < 5 \cdot 10^5 \quad (2.7)$$

де $Nu_{\text{ср}}$ – Число Нуссельта;
 $Pr_{\text{жс}}$ і Pr_c – число Прандтля, відповідно для рідини та стінки робочого органу.

Для розрахунку необхідної кількості охолоджувальної рідини вираз (2.7) підставляємо у вираз (2.5), а отриманий вираз підставляємо в рівняння (2.4) тоді:

$$G = \frac{aF(t_c - t_{жс})}{aGc(t_{\kappa} - t_{\kappa}) + (1 - a)Gr} = \frac{0,664 R_{e_{жсd}}^{0,5} Pr_{жс}^{0,333} \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_c}\right)^{0,25} \lambda (t_c - t_{жс}) \pi l}{aGc(t_{\kappa} - t_{\kappa}) + (1 - a)Gr}$$

Зробимо розрахунок для випадку електроконтактного паяння через

стрічковий аморфний приній Стемет 1301 (товщина 40 мкм) вуглецевий стрічки із сталі У12А (товщина 0,5 мм) до плоского сталевого зразка товщиною 12 мм ($J = 6,8$ кА, $t_i = 0,06$ с, $P = 1,5$ кН, $\lambda = 0,6$ Вт/(м·К); $R_{e_{жсd}}^{0,5} = 500$; $Pr_{жс} = 9,97$ (при $t_{жс} = 11^\circ\text{C}$); $Pr_c = 4,31$ (при $t_c = 40^\circ\text{C}$); $d = 0,05$ м; $t_{\kappa} = 30^\circ\text{C}$; $t_{\kappa} = 11^\circ\text{C}$; $r = 2258$ кДж/кг (при $t_c = 980^\circ\text{C}$); $c = 4187$ Дж/(кг·К); $a = 0,9$:

$$Nu_{жсd} = 0,664 \times 500^{0,5} \times 9,97^{0,333} \times \left(\frac{9,97}{4,31}\right)^{0,25} = 39,38$$

$$\alpha = \frac{Nu \lambda}{d} = \frac{39,38 \times 0,6}{0,05} = 472,56 \text{ Г} = \frac{aF(t_c - t_{жс})}{aGc(t_{\kappa} - t_{\kappa}) + (1 - a)Gr}$$

$$\frac{472,56 \times 0,0045 \times (980 - 11)}{0,9 \times 4187 \times (30 - 11) + (1 - 0,9) \times 2,258} = 0,029 \text{ г/с} \approx 1,8 \text{ л/хв (2.8)}$$

На підставі вище викладеного отримано оптимальні режими електроконтактного паяння через стрічковий аморфний приній Стемет 1301 вуглецевої стрічки із сталі У12А до плоского сталевого зразка: $J_{\max} = 6,9$ кА; $t_{i\min} = 0,04$ с; $J_{\min} = 4,0$ кА; $t_{i\max} = 0,1$; $P = 1500$ кН; $G = 1,8$ л/хв.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

3.1 Вибір обладнання для електроконтактної пайки

Однією з найважливіших завдань дослідження, вибір експериментальної установки, яка дозволить використовувати процес електроконтактної пайки з можливістю зміни технологічних параметрів має найбільше значення, таких як сила зварювального струму J , зусилля стиснення електродів P , тривалість зварювального імпульсу t_1 , тривалість паузи t_n , і інших в досить широкому діапазонів якості такого обладнання використовувалася модернізована в даній роботі установка [64] «011-1-10» «Ремдеталь» (рис 3.1).

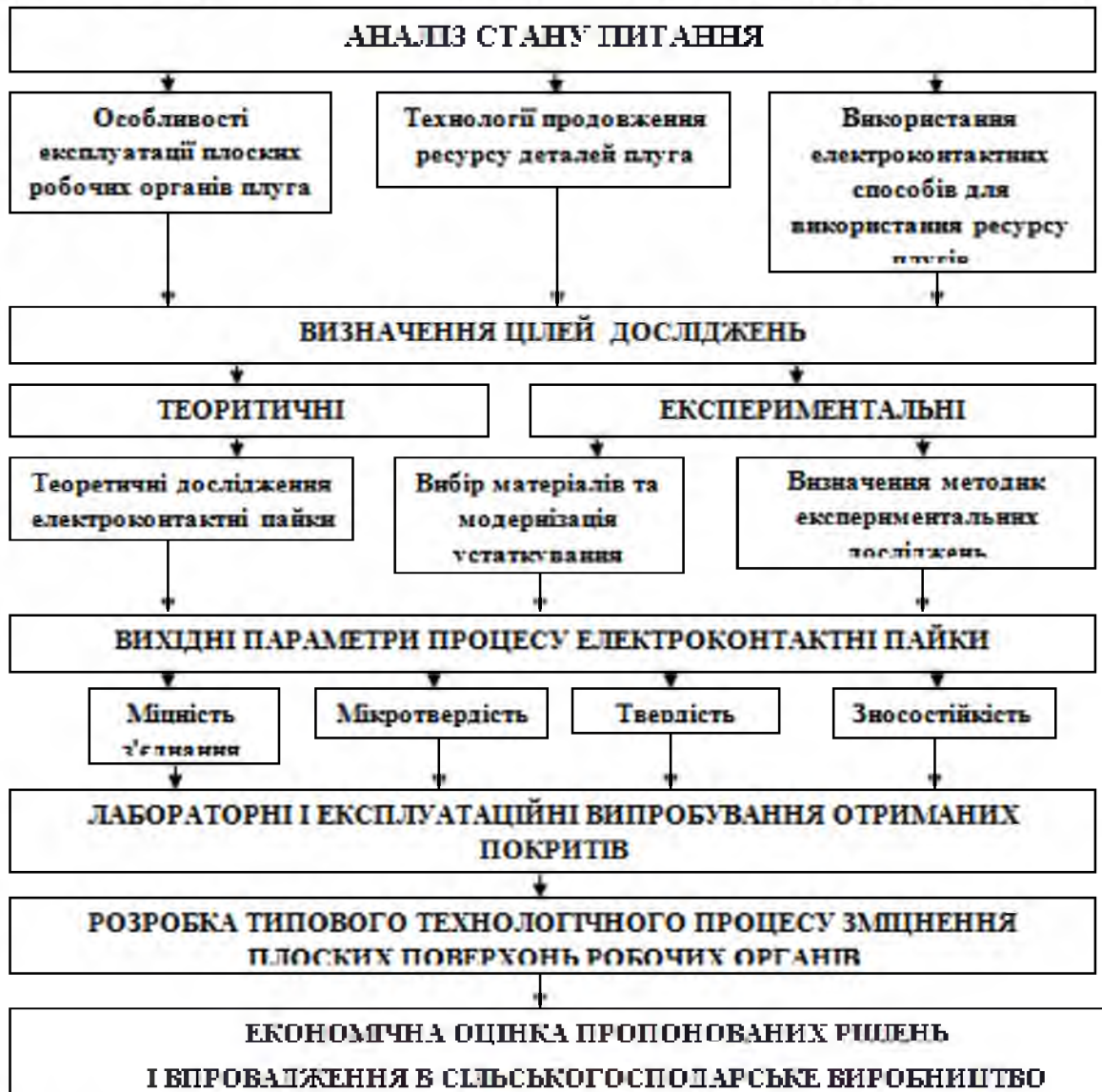


Рис. 3.1 Загальна схема структури дослідження

Технічні характеристики	
Напруга живильної мережі, В	380
Продуктивність, см ² /хв.	до 60
Товщина приварюється шару, мм	0,15 ... 1,5
Відстань між центрами, мм	до 1250
Споживана потужність, кВт	50
Зварювальний струм, кА	3 ... 10
Зусилля притиснення електродів, кН	1,0 ... 3,0
Швидкість переміщення зварювальної головки, мм / хв.	9 ... 45



Рис. 3.2 - Модернізована установка «011-1-10» «Ремдеталь»

Гарування величини зварювального струму установки «011-1-10» «Ремдеталь» проводили за допомогою приладу ІСТ-02 (вимірювача зварювального струму), виробництва ЗАТ «КБ АСТ» (м. Псков), який призначений для використання в якості інструменту при проведенні робіт по діагностиці, ремонту і контролю параметрів машин контактного зварювання [65]. Прилад здійснює відображення форми імпульсу зварювального струму, вимір його діючого значення і тривалості. Вимірювання проводяться як для зварювальних машин змінного струму, так і з випрямленням у вторинному контурі (рис. 3.3).

Тривалість протікання паузи і зварювального імпульсу задавали за допомогою регулятора циклу зварювання РВИ-501 (складова частина установки «011-1-10» «Ремдеталь») призначеного для управління циклом зварювання,

НУБІП України

контролю і стабілізації значення зварювального струму, машин контактного зварювання змінного струму.

Технічні характеристики:	
Діапазон вимірювання струму, кА	1 ... 50
Діапазон вимірювання часу проікання струму, періодів мережі	1 ... 99
Похибка вимірювання струму, %	не більше 5
Харчування вимірювача: автономне від мережі, через блок живлення	елемент типу «Крона» ~ 220В, 50Гц
Напруга живлення постійного струму, В	9
Струм, МА	не більше 50



Рис. 3.3 - Вимірювач зварювального струму ТЕТ-02

Зусилля стиснення зварювальних електродів регулювалося за допомогою манометра ТМ-310 (ГОСТ 2405-88), розташованого на установці «011-1-10» «Ремдеталь», а його контроль здійснювали манометром МП3-У (рис. 3.4) (ГОСТ 2405-88) призначеного для вимірювання тиску і розрядження, пара, газу, в тому числі кисню, ацетилену, хладонів.

Технічні характеристики:	
Клас точності	1,5
Температура навколишнього середовища:	-50 ... +60 °С
Ціна поділу	0,2 кгс / см ³



Рис. 3.4 – Манометр МПЗ-У

Тарування зусилля стиснення проводилася за допомогою динамометра (рис. 3.5) ДОСМ-3-10У (ISO 376: 2011), призначеного для вимірювання статичної сили стиснення при періодичній повірці випробувальних машин і стендів[66].

Динамометри представляють собою пружне сталеве циліндричне тіло з механічним вимірювальним індикатором годинникового типу і перехідними елементами – різьбовими шпильками, з'єднаними з пружним елементом при підготовці до роботи і фіксуються контргайками при навантаженні, що перевищує найбільшу границю вимірювання на 10%.

Технічні характеристики:	
Межі зважування	10 ... 1000 кг
Клас розряду	3
Ціна поділу	0,01 мм



Рис. 3.5 - Динамометр стиснення механічний ДОСМ-3-1

НУБІП України

Графік тарування зусилля стиснення динамометра ДОСМ-3-10У представлений на рис. 3.6.

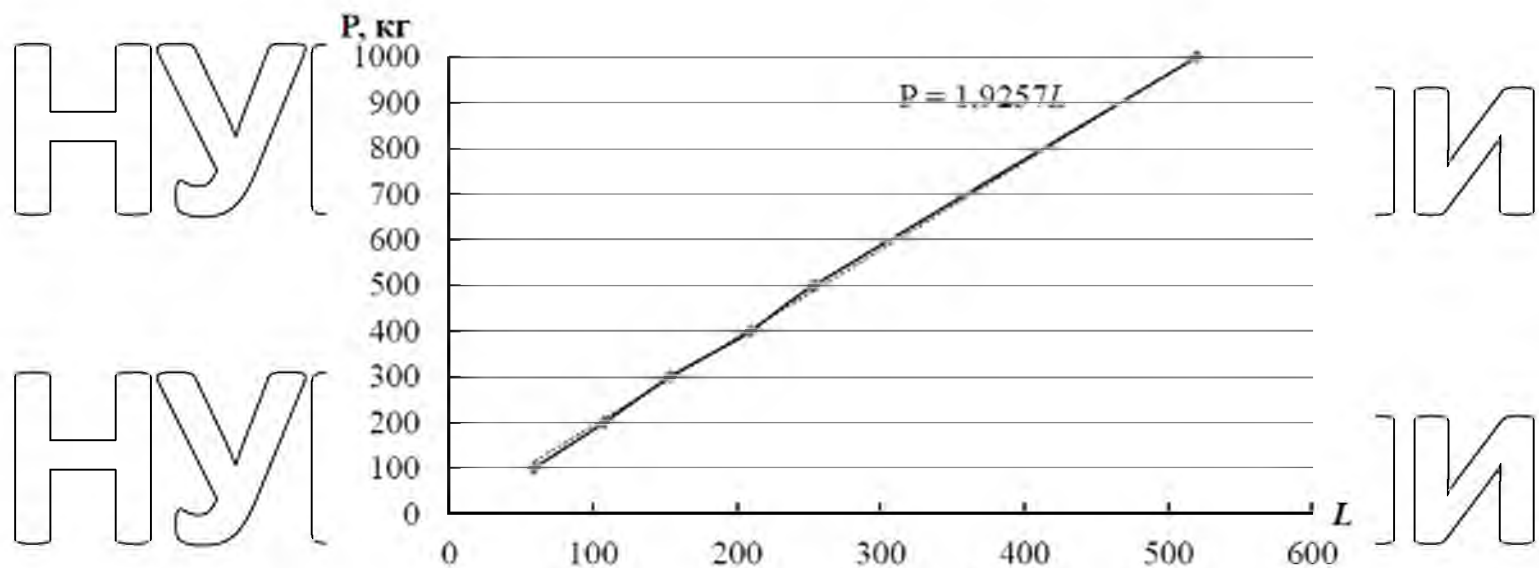


Рис. 3.6 - Графік тарування динамометра ДОСМ-3-1

3.2 Вимірювання твердості і мікротвердості

Випробування на твердість і мікротвердість призначені для вимірювання сили опору деформації металу за допомогою вдавнення індентора (наконечника) на поверхні металу, з'єднання з основою або по їх перетину [67, 68].

Твердість зразків отриманих в роботі вимірювали за методом Роквелла призначеного для вимірювання твердості. Даний метод обраний з метою визначення твердості у тонкостінних покриттів.

Для вимірювання твердості поверхню зразка повинна мати шорсткість Ra не більше 1,25 мкм по ГОСТ 2789-73 або відповідати вимогам нормативно-технічної документації на шорсткість поверхні металопродукції, повинна бути очищена від сторонніх речовин (мастила та ін.) [68].

Шкала для проведення випробувань вибиралася в залежності від товщини зразка і очікуваної твердості. На підставі цього для покриттів товщиною 0,5 ... 0,6 мм обрана шкала N малих навантажень супер Роквелла (рис. 3.6). Для проведення випробування обрана навантаження 147 Н (15 кгс).



Рис. 3.7 - Твердомер TPC 5009-01

Для вимірювання мікротвердості використовувався метод Віккерса і Мікротвердоміри КМТ-1 (рис. 3.7). Діапазон навантажень даного приладу варіюється від 0,049 до 1,96 Н в точках, розташованих рівномірно в одній площині, перпендикулярній осі зразка [68].



Рис. 3.8 - Мікротвердоміри КМТ-1

Вимірювання відбитків проводиться за допомогою відеотехніка, підключеного до персонального комп'ютера і спеціалізованого програмного забезпечення з можливістю статистичної обробки та автоматичного аналізу зображення відповідно до стандартів вимірювання твердості [68].

На один зразок доводилося 50 замірів. Відстань між уколами становить 3 мкм.

Виміри проводилися відповідно до ГОСТ Р ІСО 7507-1-2007 «Метали і сплави. Вимірювання твердості по Віккерсу. Частина 1. Метод вимірювання».

Час притиску наконечника індентора до поверхні зразка складо 10 с.

Розраховували мікротвердість з урахуванням нормального навантаження, прикладеної до алмазному наконечнику, давлі на зразок, і середніх арифметичних значень довжин обох діагоналей відбитка.

Значення мікротвердості визначали за формулою:

$$H = \frac{1,854P}{d^2} \quad (3.1)$$

де d^2 - середнє арифметичне значення довжини двох діагоналей відбитка, мм

P - нормальне навантаження, прикладена до алмазному наконечнику, кг/с;

3.3 Методика експлуатаційних випробувань

Експлуатаційні випробування лемешів плуга ПЛЖ Р33 31-702 проводилися відповідно до вимог ГОСТ 33736-2016. Леміш ПЛЖ Р33 31-702 призначений для роботи на 3, 4, 5, 8 корпусних плугів з шириною захвату корпусу 35 см.

Лемеші ПЛЖ Р33 31-702 встановлювалися на плуг навісний FINIST ПЛН 3-35, призначений для відвальної обробки ґрунту, не замічений камінню, плитняком і іншими перешкодами на глибину до 30 см, з питомим опором до 0,12 МПа (1,2 кг / см²), твердістю 4 МПа (40 кг / см²) і вологістю до 22% (таблиця 3.4)[69].

НУБІП України

Плуг навісний FINIST ПЛН 3-35 (рис. 3.9) агрегується з тракторами сільськогосподарського призначення, що мають трих точкову навішення, тягового класу до 1,4 (потужністю двигуна 80 ... 100 к. с., в тому числі МТЗ-80, МТЗ-82).

Для експлуатаційних випробувань береться порівняння зміцнених лемешів ПЛЖ РЗЗ 31-702. При установці лемешів на плуги леміш є контрольним, за яким оцінюється підвищення зносостійкості зміцнених лемешів.

Технічна характеристика	
Робоча швидкість, км / год.	до 9
Ширинна захоплення, м	1,05
Маса, кг	454 ± 3
Глибина обробки, см	до 30



Рис. 3.9 - Плуг навісний FINIST ПЛН 3-35

Таблиця 3.1

Умови випробувань і режими роботи плуга FINIST ПЛН 3-35

Показник	Значення показника по	
	Нормативні	Досвідчені
Вид праці	Оранка	Оранка ґрунту по стерньових фону
Умови випробувань:		00

Продовження таблиці 3.1

Тип ґрунту і назва за механічним складом	Всі типи ґрунтів, крім кам'янистих суглинкових ґрунтів	Сірі лісові та суглинкові ґрунти
Рельєф, град.	До 8	До 5
Мікрорельєф, см	До 5*	3,5
Вологість ґрунту, %, в шарах, см:		
0"0 до 10" вкл.	До 22	18,7
св. 10"20"	До 22	19,3
"20"30"	До 22	20,7
Твердість ґрунту, МПа, в шарах, см:		
0"0 до 10" вкл.	До 4,0	0,8
св. 10"20"	До 4,0	2,3
"20"30"	До 4,0	3,9
Маса рослинних і пожнивних залишків на 1м ² , т	Немає даних	220,5
Висота (довжина) рослинних і пожнивних залишків, см	До 25	20,8
Попередня обробка ґрунту	Стерня зернових, овочевих, технічних культур	Стерня зернових, овочевих культур
Режим роботи:		
- швидкість руху, км/год	До 9,0	8,20
- робоча ширина захвату, м	1,05	1,05
- глибина оранки, см	До 30	22...25

Перед установкою лемешів на плуг заміряються геометричні параметри: довжина, ширина і товщина, а також їх маса. Це робиться для того щоб після випробувань оцінити їх напрацювання і зносостійкість зміцнених лемешів щодо.

Маса дослідчених лемешів вимірювалася на вагах МАСА ТВ-S-32.2-A1; розміри, товщина за допомогою штангенциркуля Filetta, а довжина і ширина за допомогою точної лінійки.

Найбільша границя зважування, кг	до 32
Найменша границя зважування, г	від 100
Точність, г	0,5
Розмір платформи, мм	510x400



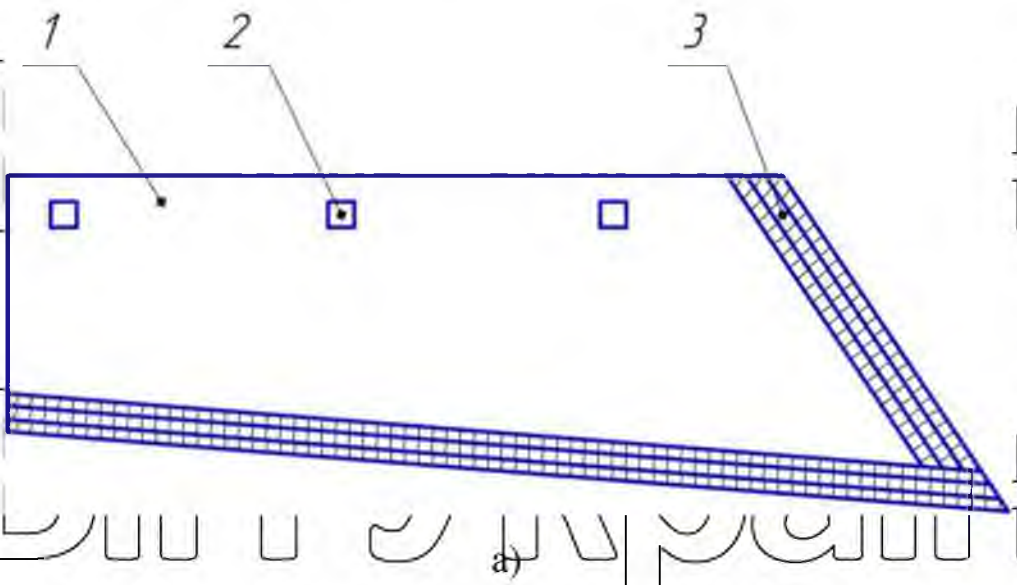
Рис. 3.10 - Ваги МАСА ТВ-S-32.2-A1

Після випробувань досвідчені лемеші відчищаються від забруднень (грунту і рослинних залишків), а потім піддаються повторним вимірам. Далі отримані дані порівнюються з вихідними для визначення величини зносу на 1 га ріллі.

4.1 Розробка технології зміцнення плоских поверхонь

електроконтактної пайкою на прикладі демеша плуга

Перед електроконтактною пайкою контактні боки деталі і напоює стрічки піддають обробці, наприклад, газодинамічної, дрібноструменевої або інших обробок, в процесі якої на з'єднуються поверхнях створюється шорсткість $Ra = 2,5 \dots 8,0$ мкм. На одну з оброблених поверхонь (деталь або стрічку) поміщається стрічковий аморфний припій (товщиною від 0,04 до 0,06 мм). Далі з'єднуються деталі/промивають для видалення з поверхні масла та інших забруднень, знежирюють в органічних розчинниках. Підготовлена для зміцнення деталь і напоює стрічка повинні бути сухими і мати металевий блиск. Потім деталь закріплюють на установці, а роликівий електрод встановлюють в середній частині зміцнюваної ділянки і включають зварювання, тим самим закріплюють стрічку до деталі, щоб стрічка в процесі зварювання НЕ перекошувалася. Потім підводять роликівий електрод в крайнє положення ділянки деталі, і зміцнюють всю ділянку деталі (рис. 4.1) [47].





в)

Рис. 4.1 - Спосіб зміцнення плужних лемешів електроконтактною

пайкою:

а - Малюнок зміцненого лемеші за технологією; 1 - леміш; 2 - кріпильні отвори; 3 - припаяна вуглецева стрічка б - Фото зміцненого носка лемеша в - Фото зміцнених лемешів.

Зварювальний струм 6,8 кА проходить через контакт «стрічка-стрічковий аморфний принцип-деталь» імпульсами. При переміщенні деталі під час електроконтактною пайки на її поверхні утворюється ряд точок, причому кожна імпульсна точка перекриває попередню, тим самим утворюється безперервне паяні з'єднання. Слід зазначити, що електроконтактна пайка характеризується короткочасним перебігом процесу за малий проміжок часу в припаював точці виділяється така кількість тепла, яке досить для пайки металу.

НУБІП УКРАЇНИ

Апробацію вищевказаного способу здійснювали на прикладі зміцнення серійних лемешів плуга в місцях що піддаються найбільшому зношуванню.

Склад покриття: сталевий вуглецевий стрічка У8А (ГОСТ 103-76) товщиною 0,5 мм і шириною 30 мм; припій - стрічковий аморфний припій Стемет 1301.

НУБІП УКРАЇНИ

припаював сторону металевої стрічки і деталі піддавали газодинамічної обробці окисом алюмінію марки К-00-04-16, формуючи на поверхні стрічки мікрорельєф в межах 2,5...8,0 мкм. Припаювали стрічку через стрічковий аморфний припій до

НУБІП УКРАЇНИ

поверхні деталі на наступних режимах: тривалість імпульсу струму від 0,1 с, сила струму в імпульсі 6,8 кА, тривалість паузи між імпульсами 0,10 с, кількість охолоджуючої рідини, яка подається в зону пайки, 1,8 л / хв., тиск на електродах 1,6 ат.

У разі отримання товстостінного покриття електроконтактні пайкою через стрічкові аморфні припої металевих стрічок можливі варіанти багат шарової

електроконтактні пайки в місцях, що піддаються найбільшому абразивного

НУБІП УКРАЇНИ

зносу. Технологічний процес пайки багат шарового покриття при зміцненні деталей механізмів і машин полягає у виготовленні додаткових ремонтних деталей у вигляді стрічок, нанесенні на їх поверхню стрічкового аморфного

матеріалу, з'єднання стрічок з зміцнюючи поверхнею шляхом крокової-шовного нагріву імпульсним струмом величиною 6,8 кА і напругою 5 В з одночасним

НУБІП УКРАЇНИ

додатком тиску і охолодженням зони з'єднання. Перед паянням другого шару напоює стрічки і наступних шарів необхідно провести проковку припаюваного шару стрічки, для створення сприятливих стискають напруг і необхідної

шорсткості, позитивно впливають на процес пайки «стрічки-стрічковий аморфний припій-деталь» або наступних шарів «стрічки-стрічковий аморфний

НУБІП УКРАЇНИ

припій-стрічки». При пайку другого шару напоює стрічки температурний режим не впливає на твердість першого привареного шару і, отже, не викликає зміни його фізико-механічних властивостей. При необхідності відновлення і зміцнення

деталей до номінального розміру електроконтактні пайку стрічки з стрічковим аморфним припоєм виробляють в кілька шарів в тій же послідовності і при тих

НУБІП УКРАЇНИ

же оптимальних режимах. При цьому внаслідок виникає перехідного опору «стрічки-стрічковий аморфний припій-деталь» протягом імпульсу струму

НУБІП України

відбувається локальне нагрівання основної деталі, напоює стрічки і стрічкового аморфного припою. Під дією прикладеного зусилля (стиснення) утворюється нероз'ємне з'єднання.

НУБІП України

Крім вищезазгаданих способів, електроконтактною пайкою ще можна одержувати покриття з відходів машинобудівного та інструментального виробництва, при цьому підвищується ресурс відновлюваних і (або) змінюючи деталей і знижується їх вартість [70].

НУБІП України

Матеріалами, які застосовуються в якості присадних, є відходи машинобудівного або інструментального виробництва - широкий спектр конструкційних, інструментальних вуглецевих, легованих або швидкорізальних сталей різної товщини (діаметрів).

Присадні матеріали для здійснення запропонованого способу беруться у вигляді стрічок, причому товщину стрічок підбирають необхідної величини, не виконуючи багат шарову при варення.

НУБІП України

Апробування запропонованого способу здійснювали на прикладі зміцнення лемеші плуга в місцях найбільшого зносу. Матеріал покриття: металорізальні ножівкові полотна ручні Р9 (ГОСТ 19265-73), Х6ВФ або В2Ф (ГОСТ 5950-2000) товщиною 0,65 мм; металорізальні ножівкові полотна машинні Р6М5 або Р9М3 (ГОСТ 19265-73), а також HSS стали М2 або М3 товщиною від 0,63 до 2,5 мм. Зазначені полотна (удамки) відрізали в розмір (вирівнюючи кромки), після чого укладали на поверхню деталі з фіксацією зварювальними точками, після покриття необхідної площі деталі виробляли суцільну пайку по всій поверхні, при цьому твердість отриманого покриття становила 58 ... 65 HRCe.

НУБІП України

Пропонований спосіб дозволяє підвищити екологічність утилізації відходів машинобудівного та інструментального виробництва підлягають утилізації, оскільки не вимагає їх переробки (переплавлення) в спеціальних металургійних агрегатах, а також в 2-2,5 збільшити ресурс деталей машин, що працюють в умовах інтенсивного зношування.

НУБІП України

4.2 Результати експлуатаційних випробувань

Метою експлуатаційних випробувань розробленої технології зміцнення

плоских поверхонь електроконтактні пайкою металевої стрічки була перевірка працездатності і зносостійкості досвідчених лемешів в порівнянні з серійними, шляхом визначення агротехнічних показників надійності.

Досвідчені лемеші виготовлені зі сталі 30ХГСА з ріжучою кромкою, наплавленої плазмовим способом матеріалом, що містить 40% карбиду вольфраму і 60% хром марганцевий БОРИСТЕН сплав на основі заліза. Як аналог для порівняння використовувалися серійні лемеші вітчизняного виробництва РЗЗ ПЛЖ.31-702, виготовлені зі сталі 65Г з наплавленим шаром сормайт-№1 (рис. 4.2).

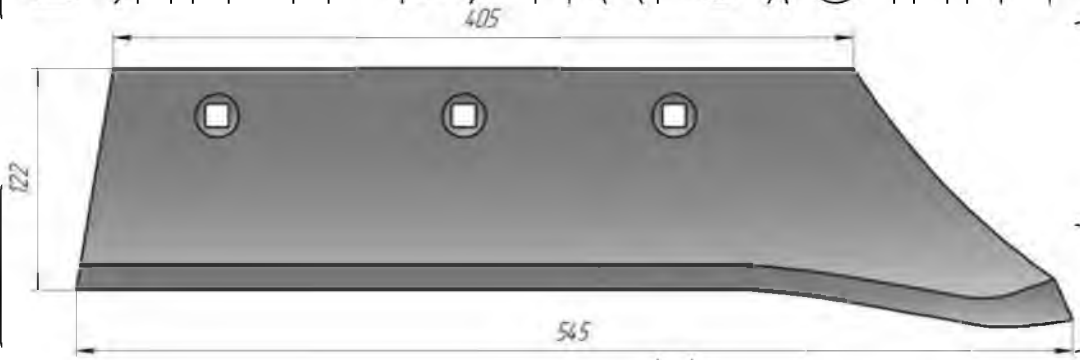


Рис. 4.2 - Серійний леміш РЗЗ ПЛЖ.31-702

Коротка технічна характеристика виробів приведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Технічна характеристика виробів

Найменування лемеші	Маса, г	Товщина, м	Довжина польового обрізу, мм	Ширина наплавленого шару леза, мм	Твердість НRCE наплавленого шару, од.
Зміцнений електроконтактні пайкою стрічки У12	5100±125	10	178±2	90±5	62±2
леміш серійний	5055±125	10,0	178±2	17±3	54±2

НУВБІП України

Визначення функціональних показників роботи експериментальних лемешів здійснювалося на оранці легких і середньосуглинних ґрунтів плугом ПЛН-3-35, укомплектованим культурними корпусами. Робота плуга виконувалася в агрегаті з трактором МТЗ-82 на оптимальній для зони глибині оранки 20 см.

НУВБІП України

Агрегат з плугом, укомплектований зміцненим електроконтактні-найкою стрічки У12А і серійними лемеші, на ґрунті вологістю 22,4% забезпечував виконання технологічного процесу з робочими швидкостями до 9,5 км / год. На вологості 14...15% швидкісний режим для вище зазначених лемешів знижувався на 16...18% (до 8 км / год.).

НУВБІП України

Встановлено, що на всіх режимах в наведених умовах якість виконання технологічного процесу як для плугів з експериментальними лемеші, так і з серійними відповідають пропонованим вимогам нормативної документації - СТО АІСТ 1.12-2006 і СТО АІСТ 4.6-2010.

НУВБІП України

У всіх лемешів фактичне значення глибини оранки отримано в межах настановної. Відхилення знаходилися в межах 2 см.

НУВБІП України

Після проходження агрегату гребенястого поверхні поля становила 2,4...3,9 см, що відповідає нормативу - не більше 5 см. Розрив ґрунту (75,0...87,5%) для всіх видів лемешів вкладалося в нормативні межі і зростала зі збільшенням робочих швидкостей (нормативне подрібнення за розміром фракції ґрунту до 50 мм - не менше 71...75%). Закладення рослинних залишків першої ліпшої нагоді отримана не менше 98,5% при нормативних вимогах $95 \pm 5\%$.

НУВБІП України

Випробування на надійність з визначенням інтенсивності зношування лемешів проводили на полях «Польовий дослідної станції» ФГБОУ ВО «Російського державного аграрного університету - МСХА імені К.А. Тімірязєва» міста Москви і в «ФГБНУ Калузький НІСХ» с. Калузька доєвідчена сільськогосподарська станція Калузької області.

НУВБІП України

Через сезонності сільськогосподарських робіт випробування, започатковані восени 2016 року у полях «Польовий дослідної станції» ФГБОУ ВО «Російського державного аграрного університету - МСХА імені К.А. Тімірязєва» були припинені і продовжилися навесні 2017 року (Додаток 2).

НУБІП України

У 2016 році робота виконувалася з лемеші, зміцненій електроконтактній пайкою через стрічковий аморфний припій Стемет +1301 вуглецевої сталеві стрічки У12А в порівнянні з серійними на плугів ПЛН-5-35 в агрегаті з трактором Т-150К на оранці супіщаних, легких і середньосуглинних ґрунтів.

НУБІП України

У 2017 році оранка проходила на полях «ФІБНУ Калузький НІСХ» з лемеші, зміцненій електроконтактною пайкою через стрічковий аморфний припій Стемет 1 301 вуглецевої сталеві стрічки У12А в порівнянні з серійними на плугів ПЛН-3-35 в агрегаті з трактором МТЗ-82 на оранці супіщаних, середньосуглинних і суглинних ґрунтах ґрунтів.

НУБІП України

У силу сформованих погодних умов перша половина сезонної напрацювання здійснювалась на ґрунтах вологістю до 15%, друга - більше 20%.

У 2016 році випробування цих лемешів продовжилися з ЛМД-004 на оранці легких і середніх суглинків вологістю 22 - 25%. Для дотримання однакових умов випробувань, всі лемеша працювали на плузі ПЛН 8-35. Встановлено, що зі зменшенням вологості ґрунту інтенсивність зносу зростає (значення наведені у таблиці 4.2).

НУБІП України

Таблиця 4.2

Знос серійних і зміцнених лемешів

Вид лемеші	Умови	Напрацювання, га	Інтенсивність зносу		
			по довжині, мм / га Леза	Полевої дошки пре обріза	В зоні першого кріпильного отвори, мм / га
Зміцнений	вологість ґрунту понад 20% вологість до 15% вологість ґрунту	65	0,9-0,114	0,03-0,06	0,20-0,46
Серійний	вологість ґрунту понад 20% вологість до 15%	65	0,153-1,42	0,09-0,1	0,63-1,38

НУБІП України

НУБІП України

За граничний знос виробів приймалося повне стирання припаяного шару, лемешів - по ширині. Заміри по ширині лемешів здійснювалися на рівні трьох кріпильних отворів. Встановлено, що найбільш інтенсивний знос трапецієподібних лемешів по ширині відбувається в їх лобовій частині - в зоні першого кріпильного отвори, далі зменшуючись на рівні другого і третього отворів. Знос у лемешів, зміцнених електроконтактні пайкою вуглецевої стрічки У12А, був практично однаковим по всій довжині леза, тобто на рівні всіх кріпильних отворів.

НУБІП України

Для визначення зносу носка у серійних лемешів проводилися виміри по довжині леза і довжині польового обрізу. В процесі випробувань у міру зносу або втрати лемешів, вони замінялися на нові.

НУБІП України

Періодичні виміри кожного лемеші проводилися періодично в процесі напрацювання: експериментальний леміш 10,0...20,0 га і серійний леміш П-702 - 7,5...11,3 га. Причому серійні лемеші при зазначеній напрацювання доводилися до граничного зносу, а експериментальні лемеші знаходилися в працездатному стані.

НУБІП України

Слід зазначити, що вибракування серійних лемешів відбувалася через граничного зносу носка по довжині леза рівнозначно польового обрізу на 4,7... 5,5 см, що приводить до виглиблення плуга під час роботи. При цьому, по суті працездатне лезо мало в залишку по ширині 7,5...9,4 мм, тобто 44...55% наплавлення.

НУБІП України

За результатами випробувань, мінімальна швидкість зносу по ширині на рівні першого кріпильного отвору в залежності від умов отримана 0,20 і 0,46 мм/га у лемешів, зміцнених електроконтактні пайкою через стрічковий аморфний припій Стемет 1301 вуглецевої стрічки У12А. Найбільше значення показника отримано для серійних лемешів 0,63...1,38 мм/га.

НУБІП України

Порівняльними випробуваннями експериментальних лемешів з серійними встановлено, що зносостійкість нових лемешів дозволяє в 1,8...2 рази збільшити ресурс плугів на обробці землі.

НУБІП України

4.3. Оцінка зносостійкості зразків при випробуванні

Були проведені випробування на зносостійкість. Результати відображені в таблиці 4.3 і на рис. 4.3.

Таблиця 4.1

Результати випробувань на зносостійкість на установці ІМ-01

Матеріал	Час, хв.	$m_{до}, Г$	$m_{після}, Г$	$\Delta m_{уд}$	$\Delta v_{уд}$	ϵ	ϵv
У12А	30	172,20620	171,75930	0,002995	0,00038482	4,07	4,05
	30	172,20800	172,12170				
50ХФА	30	123,72892	123,60542	0,004450	0,00056183	2,74	2,77
	30	123,58760	123,44410				
65Г (термозміцненнь)	30	172,03750	171,85450	0,006100	0,00077707	2,0	2,0
	30	171,85450	171,67150				
65Г	30	64,273300	64,056900	0,009150	0,0011656	1,33	1,34
	30	64,056900	63,840500				
Сталь 45 (еталон)	–	–	–	0,012200	0,0015581	1	1

Аналіз даних, отриманих за підсумками випробувань на зносостійкість, показав, що покриття із сталевого вуглецевої стрічки У12А, отримане електроконтактні пайкою через стручковий аморфний припій Стемент1301 на основі зі сталі 65 Г, має велику зносостійкість, ніж сталь 45 в 4 рази, при цьому її зносостійкість в 1,48 рази вище покриття зі стрічки 50ХФА, а зносостійкість сталі 65Г поле електроконтактного зміцнення вище сталі 45 в 2 рази і вище сталі 65Г в 1,5 рази (рис. 4.3)

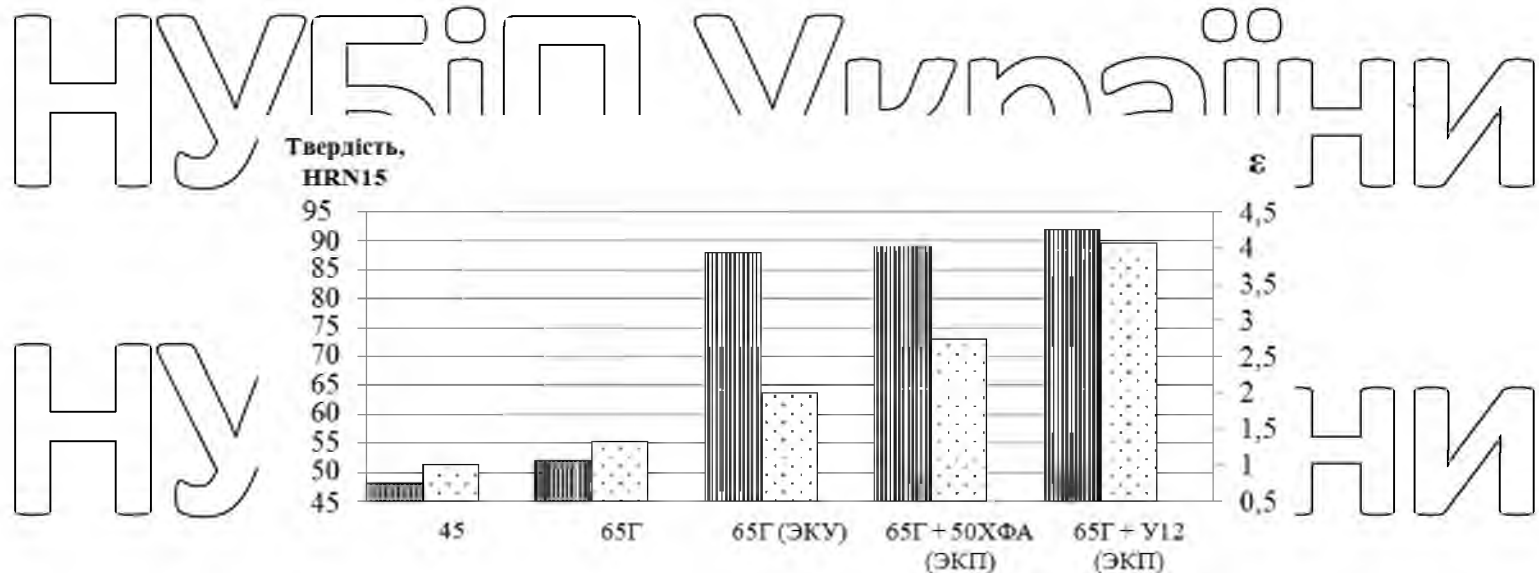


Рис. 4.3 - Відносна зносостійкість зразків в залежності від твердості: (□ - відносна зносостійкість, ● - твердість HRN15)

Це пов'язано з високою твердістю поверхні із сталеві стрічки У12А, а також за термомеханічного впливу на оброблювані поверхні електроконтактні пайки.

Висновки до розділу

1. На підставі експериментальних досліджень встановлено вплив режимів електроконтактної пайки (тиск роликів електродів P , сила струму J , час імпульсу t_i і паузи t_n , витрата охолоджуючої рідини G), а також способу підготовки поверхонь, що з'єднуються товщини стрічкового аморфного припою на міцність з'єднання металопокриття. Так, найбільша міцність (630 МПа) з'єднання покриття зі сталі У12А отриманого електроконтактні пайкою через стрічковий аморфний припій Стемет 1301 на сталі 65 Г складала при $P = 1,5$ кН, $J = 6,8$ кА, $t_i = 0,06$ с, $t_n = 0,1$ с, $G = 1,8$ л / хв, при обробці поверхонь, що з'єднуються металеві стрічки і основи, і товщині стрічкового аморфного припою 20 ... 60 мкм. Також було встановлено, що застосування стрічкових аморфних припоїв при з'єднанні металеві стрічки електроконтактні пайкою з плоскою поверхнею деталі дає можливість знизити силу зварювального струму на 10%.

2. Результати металографічних досліджень показали, що оптимальним стрічковим аморфним припоєм є Стемет 1301 при з'єднанні покриття зі сталеві стрічки У12А електроконтактні пайкою з пластиною зі сталі 65Г. При цьому в зоні з'єднання спостерігається біла переривчаста смуга шириною 0,25 ... 10 мкм, практично не впливає на міцність з'єднання, і відносно невелика глибина зони термічного впливу 0,5 ... 0,8 мм. Мікротвердість покриття становить: $H_{0,005} = 8835 \dots 9152 \text{ Н/мм}^2$, структура мартенсит і цементит; зона термічного впливу - $H_{0,005} = 7153 \dots 5122 \text{ Н/мм}^2$; основний метал за областю зони термічного впливу - $H_{0,005} = 4489 \dots 5102 \text{ Н/мм}^2$, структура феритної-перлітною.

Рентгеноспектральний аналіз показав, що в зоні з'єднання і на відстані 20 мкм від неї в покритті і основі спостерігається наявність елементів стрічкового аморфного припою Стемет 1301 - Si, Cr, Mn, Ni. Також встановлено, що при використанні стрічкових аморфних припоїв Стемет 1108 і +1202 існує велика ймовірність окислення міді, що входить в його склад, що може привести до порушення нормальної роботи в зоні з'єднання.

3. Дослідженнями зносостійкості встановлено: покриття, отримане електроконтактні пайкою через стрічковий аморфний припій 1301 вуглецевої сталеві стрічки У12А, має зносостійкість в 1,48 рази вище покриття зі стрічки 50ХФА, а також в 4 рази більшу зносостійкість, ніж сталь 45, при цьому зносостійкість сталі 65Г після електроконтактного зміцнення вище сталі 45 в 2 рази і вище сталі 65Г в 1,5 рази.

4. Експлуатаційні випробування, проведені в «Польовий дослідної станції» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА імені К.А. Тімірязєва (Україна) і «ФГБНУ Калузький НПСХ» с. Калузька досвідчена сільськогосподарська станція (Калузька обл.) Плугів ПЛЖ Р33 31-702 із зміцненим лемеші електроконтактні пайкою сталі У12А показали, що напрацювання плугів складала не менше 100 ч, при цьому ресурс зміцнених робочих органів екав в 1,8 ... 2,0 рази вище нових серійно випускаються.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

На сьогоднішній день склалися такі умови забезпечення ремонтного фонду, що розглядати одну номенклатуру деталей важко, в зв'язку з цим для електроконтактного пайки доцільно оцінити економічну ефективність за вартістю зміцнення поверхні площею $S = 1 \text{ дм}^2$ умовної плоскою деталі (рисунок 5.1).

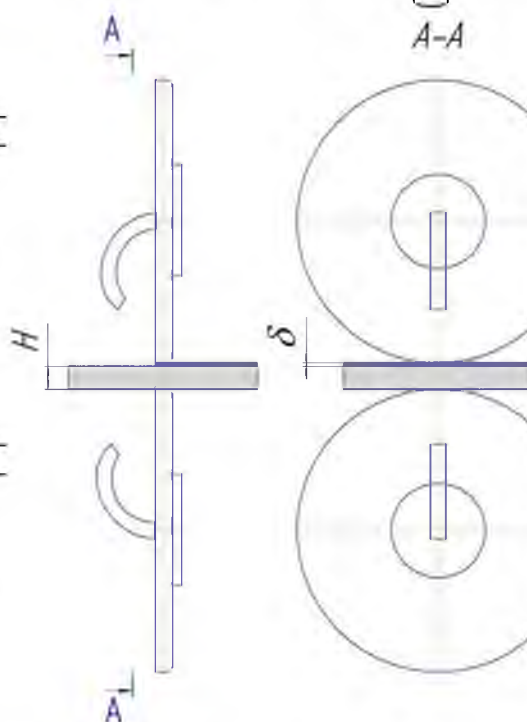


Рис. 5.1 - Ескіз зміцнення умовної плоскою деталі:

L - довжина змцнюючи поверхні; H - товщина змцнюючи деталі; δ - товщина покриття

За базовим (діючим) варіантом маємо нову деталь, а за нового (проектваного) варіанта - технологічний процес зміцнення умовної плоскої деталі методами електроконтактного приварювання вуглецевої сталеві стрічки та електроконтактного паяння через стрічковий аморфний припій вуглецевої сталеві стрічки [71]. В якості приварюваного матеріалу використовували сталеву вуглецеву стрічку та аморфний стрічковий припій.

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту за базовим та запланованим варіантам наведено у таблиці 5.1.

НУБІП України

У випадку собівартість Су зміщення деталей для підприємства можна визначити за формулою [72]:

$$C_i^y = M_i + P_v + E_i + 3_{П_i} + 3_{Д_i} + C_{O_i} + A_i + P_i + Ц_i + O_{P_i} + C_{Б_i}$$

(5.1)

НУБІП України

де C_i^y - собівартість зміщення за і-ю технологією, грн.;

P_v - витрати на охолоджувальну рідину

$3_{П_i}$ - основна заробітна плата виробничих робітників при і-й технології,

грн.;

НУБІП України

M_i - вартість матеріалів при і-й технології та охолоджувальній рідини P_v , грн.;

P_i - витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування технологічного обладнання при і-й технології, грн.;

E_i - Витрати на енергію при і-й технології, грн.;

НУБІП України

$Ц_i$ - цехові витрати при і-й технології, грн.;

$C_{Б_i}$ - вартість втрат від шлюбу, грн.;

A_i - амортизація основного технологічного обладнання при технології, грн.;

$3_{Д_i}$ - додаткова заробітна плата виробничих робітників при технології, руб.;

НУБІП України

C_{O_i} - відрахування на соціальні потреби при і-й технології, грн.;

O_{P_i} - загальнозаводські витрати, грн.

Так що визначити вартість матеріалів застосовуваних у роботі РМ (сталеву вуглецева стрічка та аморфний стрічковий припій) виходили з норми витрати на них, які розраховувалися з урахуванням технологічних втрат. Ціни на матеріали брали фірм-виробників, також враховувалася 20% надбавка постачальницьких організацій.

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 5.1
Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Показник	Базовий варіант – не зміцнений леміш	Металева стрічка та аморфний стрічковий припій	Проектований варіант - припаявання, приварювання нових матеріалів: поєднання
			Металева стрічка
Середньоринкова та балансова вартість технологічного обладнання, тис. грн.: Установка абразивнострумува СД-6 установка для електроконтактної приварювання, паяння 011-І-02	-	17,3	17,3
«Ремдеталь»(7,0 кВт) ремінний компресор АВАС В 3800В/200 СТ 4 (3,0 кВт)	-	300	300
	-	53	53
Вартість присадного матеріалу, грн./кг/норма витрати, г/1 дм ² сталева стрічка У12А	-	120/60	120/60
стрічковий аморфний припій «Стемет 1301»	-	1600/9	-
оксид алюмінію «К-00-04-16»	-	232/20	232/20
Вартість електроенергії, грн./кВт·год	-	6,2	6,2
Вартість водопровідної води, грн./м ³	-	40	40
Вартість дизельного палива грн.	36	36	36

* - поєднання стрічковий аморфний припій та сталева вуглецева стрічка;

** – сталева вуглецева стрічка

Витрата охолоджуючої рідини (воду) P_v визначали, враховуючи норми витрати $Q = 1,8 \dots 2,0$ л/хв.:

$$P_v = Q T_{шт.к} C_v \quad (5.2)$$

де $T_{шт.к}$ – тривалість зварювальної операції, хв;

C_v – ціна води, грн./л.

Для визначення режимів операцій електроконтактного паяння та приварювання металеві стрічки користувалися літературними джерелами [104,

73], а для електроконтактного паяння через стрічкові аморфні припої металеві стрічки – за результатами проведених досліджень [74].

У свою чергу режими механічної обробки приймалися в відповідно до робіт [75, 76]. Час операцій ставили з урахуванням додаткового, підготовчо-заключного та допоміжного часу.

Паливо, витрачене на доставку нових деталей до трактора, знаходили за формулою:

$$C_T = Q_T N_T M_T P_T, \quad (5.3)$$

де Q_m - тарифна вартість дизельного палива, грн.;

Q_m - кількість замін зношених деталей, три.;

M_m - середній час доставки нової деталі, $M_m = 0,5$ год.;

P_m - середня витрата техніки л/год, $P_m = 10$ л/год.

Вартість електроенергії, витраченої на операції, визначали за наступною формулою:

$$C_e = Q_e \times T_e, \quad (5.4)$$

де Q_e - обсяг споживаної електроенергії, кВт/год.;

T_e - тариф на електроенергію, грн./кВт/год. - обсяг споживаної електроенергії, кВт/год.;

T_e - тариф на електроенергію, грн./кВт/год.

Електроенергію, споживану двигунами знаходили, кВт/год.:

$$Q_{eed} = \frac{P_n}{\eta_n} K_3 t_c D_T = \frac{P_n}{\eta_n} K_e T_3, \quad (5.5)$$

де P_n - номінальна потужність споживача, кВт.;

D_T - річна тривалість роботи, днів.;

T_3 - річна тривалість роботи, год.;

K_3 - коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю ($K_3 = 0,8 \dots 0,9$);

η_n - Коефіцієнт корисної дії системи електроприладу

($\eta_n = 0,7 \dots 0,93$);

НУБІП України

t_c – середньодобове завантаження обладнання, год.

Основну заробітну плату виробничих робітників визначали за виразу:

$$T_{zi} = \sum_{j=i}^n (T_{ши} m K_i)_j, \quad (5.6)$$

де K_i – тарифний коефіцієнт відповідного розряду для i -ї операції (1,2 – для третього; 1,35 – для четвертого; 1,53 для п'ятого розряду);

m – тарифна ставка для першого розряду;

$T_{ши}$ – норма часу для i -ї операції, хв;

T_{zi} – тарифна заробітна плата при i -й технології, грн. / Хв.

НУБІП України

$$m = \frac{1,4 M_3}{P_M} 60, \quad (5.7)$$

де M_3 – місячна заробітна плата для робітника першого розряду, грн.;

P_M – тривалість роботи в 1 міс., Год (184 год).

Приймаємо $M_3 = 7000$ нар. Тоді:

$$m = \frac{1,4 \cdot 7000}{184 \cdot 60} = 0,88 \text{ грн/мін}$$

У свою чергу, амортизаційні витрати визначали за формулою:

$$A_0 = \sum_{i=1}^{m_1} K_{отm} \frac{a_i}{100 Q_{гз}} \quad (5.8)$$

де m_1 – кількість видів технологічного обладнання, прим.;

$Q_{гз}$ – річна кількість виробів, шт./г;

$K_{отm}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн.;

a_i – річна норма амортизаційних відрахувань по технологічного обладнання, %.

Річна норма амортизаційних відрахувань знаходиться за наступною

формулі:

НУБІП України

$$a_i = \frac{1}{TC} 100, \quad (5.9)$$

де TC – термін служби технологічного обладнання, років.

Тоді витрати на поточний ремонт та ТО технологічного обладнання

знаходили за формулою:

$$P_i = \sum_{m=1}^n \frac{K_{отm} O_{mp}}{100 Q_{гз}}, \quad (5.10)$$

де O_m – кількість технологічного обладнання, прим.;

НУБІП України

p – річна норма ремонтних відрахувань 6%.

Втрати шлюбу C_6 приймалися за даними підприємств у вигляді 10% від заводської собівартості для зміщеної деталі та 20% для нової деталей. До повної собівартості додавали прибуток у вигляді 10%. Також додали фактичну вартість Φ_k деталі з урахуванням витрат на паливо та заміну зношеної деталі. Результати підрахунків наведено у таблиці 5.2.

Найменші витрати виходять при купівлі нової деталі, а не при використанні зміщеної деталі, отриманої електроконтактною приварюванням вуглецевої сталевий стрічки або електроконтактним паянням через стрічковий аморфний припій сталевий вуглецевої стрічки. У свою чергу, збільшена вартість проєктованих варіантів електроконтактного приварювання вуглецевої сталевий стрічки та електроконтактного паяння, через аморфний стрічковий припій вуглецевий сталевий стрічки відбувається від 25 до 28%, що обумовлюється вартістю припадочних матеріалів, а також попередньою підготовкою поверхні, що припадає, стрічки, яка надає позитивне вплив на якість покриття деталі, що зміцнюється, а також капітальних вкладень.

При визначенні техніко-економічної ефективності застосування різних способів зміцнення враховують і надійність зміцнюваних деталей.

Розрахунки, проведені в роботі зразкові, пов'язано з тим, що тарифи на електроенергію, воду та т.п. немає постійного значення. Також вартість матеріалів та обладнання може змінюватись в залежності від виробника та постачальника. Це може надавати суттєво впливає на ціну. Але співвідношення вартості зміцнення деталей у різних способів залишається приблизно постійним.

При розрахунках собівартість зміцнення деталей можна визначати залежно [77]:

$$C_y = \sum_{i=1}^n C_i S_i \frac{K_i}{K_n} + C_H, \quad (5.11)$$

де S_i - площа поверхні, дм²;

K_n - коефіцієнт, що враховує витрати на підготовчі роботи (при зміцненні деталей для потреб $K_n = 1,03$; при централізованому зміцненні $K_n = 1,1$);

K_i - коефіцієнт повторюваності дефекту i -ої поверхні

НУБІП України

C_i - питома собівартість зміцнення одиниці площі, грн./Дм²;

C_H - ціна нової деталі, $C_H = 528$ грн.

n - число зміцнених деталей, прим;

Таблиця 5.2

Калькуляція на зміцнення 1 дм² поверхні умовної деталі у різних спосіб, грн.

Показник	Базовий-варіант – не зміцнений леміш	Проектований варіант - паяння, приварювання нового матеріалу: поєднання	
		Металева стрічка та аморфний стрічковий проміш	Металева стрічка
Вартість: матеріалів, C_M	-	26,24	11,84
охолоджуючої рідини, P_B	-	20	20
електроенергії, C_E	-	23,26	23,26
пального, C_T	360	180	180
Заробітна плата виготовлення деталі: основна, $Z_{п.}$, у тому числі:			
підготовчі операції	-	43,92	31,97
абразивна операція	-	19,30	7,65
зварювальні операції	-	7,65	7,65
додаткова (50% від $Z_{п.}$), Z_d	-	16,97	16,97
відрахування на соціальні потреби (26% від $Z_{п.} + Z_d$), Z_s	-	21,62	15,98
Заробітна плата на заміну деталі: основна, $Z_{п.}$, у тому числі:		17,064	12,47
доставка деталей	124,488	62,244	62,244
заміна деталей	54,72	27,36	27,36
додаткова (50% від $Z_{п.}$), Z_d	69,768	34,884	34,884
відрахування на соціальні потреби (26% від $Z_{п.} + Z_d$), Z_s	62,244	31,122	31,122
Витрати на амортизацію технологічного обладнання, A_0	-	39,63	39,63
Витрати на ремонт та технічне обслуговування при річній програмі (1000 шт.) 1000 дм ² , P	-	0,667	0,667

НУБІП України

Продовження таблиці 5.2

Цехові витрати (62,8% від $Z_{п} + Z_{д}$), Ц	-	41,16	30,11
Загальнозаводські витрати, O_p (71,2% від $Z_{п} + Z_{д}$)	-	46,66	34,14
Заводська собівартість, Z_c	400	578,34	518,21
Вартість втрат від шлюбу, C_6	8	57,83	51,82
Повна вартість, Z	480	636,17	570,03
Плановий прибуток, П	48	63,62	57,0
Оптова ціна, $O_{ц}$	528	699,79	627,03
Фактична ціна з урахуванням доп. витрат, Φ_2	1122,8	997,43	924,7

Порівняльний економічний ефект за розрахунковий період визначається за формулою, грн.:

$$E_{фт} = \frac{\Delta m - K N_H}{E_H + R_t} \quad (5.12)$$

де $E_{фт}$ - порівняльний економічний ефект за розрахунковий період;

E_H - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень (для сучасних умов: = 0,2);

R_t - норма реновації технічних засобів з урахуванням фактора часу;

Δm - додатковий прибуток, грн.;

K - капіталовкладення забезпечення технології, крб.

Норму реновації технічних засобів знайдемо за такою формулою:

$$R_t = \frac{E_H}{(1 + E_H)^{T_c} - 1} \quad (5.13)$$

де T_c - термін служби коштів та знарядь праці довготривалого застосування, (139) років.

Капіталовкладення у забезпечення технології за базовим та проектованому варіантам такі:

$$K_{об} = C_{oi} + Z_{мі} + Z_{ті} \quad (5.15)$$

де C_{oi} - ціна придбання технологічного обладнання, грн.;

$Z_{мі}$ - витрати на монтаж та налагодження, грн.;

$Z_{ті}$ - транспортно-складські витрати та націнка постачальних організацій, грн.

НУБІП України

$$Z_{мі} = C_0 K_M, \quad (5.16)$$

де K_M - коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж ($K_M = 0,25 \dots 0,30$).

$$Z_T = C_0 K_T, \quad (5.17)$$

де K_T - коефіцієнт враховує витрати на транспортно-складські витрати з націнками ($K_T = 0,12 \dots 0,17$).

Таким чином:

$$\Delta m = \left(\frac{\Phi_H - C_{ост}^H}{P_H} - \frac{\Phi_Y - C_{ост}^B}{P_Y} \right), \quad (5.18)$$

де Φ_H, Φ_Y - ціни фактичні з урахуванням витрат на заміну та доставку деталі, відповідно до нової та зміщеної, грн.;

$C_{ост}^H, C_{ост}^B$ - залишкова вартість деталі після експлуатації нової та зміщеної деталі відповідно, грн.;

P_H, P_Y - ресурси нової та зміщеної деталі відповідно, га.

Коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень:

$$E_{\phi} = \frac{\Delta m}{K} \geq E_H \quad (5.19)$$

Термін окупності капіталовкладень:

$$T_K = \frac{K}{\Delta m} \leq T_H \quad (5.20)$$

де T_H - нормативний термін окупності капіталовкладень, років ($T_H = 5$).

Порівняльний економічний ефект від наведених технологій за розрахунковий період, а також коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень та терміну окупності наведено у таблиці 5.3.

Висновки

1. Розрахунок порівняльного економічного ефекту від використання технологічного процесу зміцнення демешів плуга електроконтактного паянням через стрічковий аморфний припій вуглецевої сталеві стрічки встановив, що термін окупності капітальних вкладень за річної програми зміцнення 1000 деталей складе 0,9 та річна додаткова прибуток дорівнюватиме 570,65 тис.

рублів, що відповідає економічному ефекту від використання електроконтактної приварки вуглецевої сталевий стрічки.

Таблиця 5.3

Розрахунок порівняльного економічного ефекту від використання технологічного процесу зміцнення плоских деталей базовим та проєктованим варіантами

Показники	Базовий варіант – не зміцнений леміш	Проєктований варіант - паяння, приварювання нових матеріалів, поєднання	
		1*	2**
Деталь – леміш плуга «ПДК/Р33-31-702», дефект - знос поверхні			
Програма зміцнення деталей П, на рік	1000	1000	1000
Капіталовкладення До, тис. грн.	0	507,31	507,31
Норма реновації технічних засобів з урахуванням фактора часу R_t			
Додатковий прибуток Δm , тис. грн.	0	0,061	0,061
Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень E_ϕ	0	570,65	570,65
Термін окупності капітальних вкладень T_k , років	0	1,13	1,14
	0	0,9	0,88

1* – поєднання стрічковий аморфний припіп та сталевий вуглецева стрічка;

2** – сталевий вуглецева стрічка

НУБІП України

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі Проведено аналіз деталей плоскої форми, які є робітниками, органами машин та механізмів сільськогосподарської техніки, а також технологічне обладнання. При цьому встановлено, що деякі виробники сільськогосподарської техніки випускають плуги, що мають напрацювання на відмову менше 100 годин. На прикладі лемеша плуга показано способи продовження його ресурсу механічним кріпленням пластини, дуговим наплавленням, паянням, імпульсним електроконтактним нагріванням. Розглянуто матеріали, які застосовуються для отримання покриттів електроконтактним приварюванням, при цьому зазначено, що використання металевих стрічок як покриття дозволить отримати поверхню з заданою твердістю, зносостійкістю та іншими необхідними експлуатаційними властивостями. Проте працездатність таких покриттів залежить від якості сформованого металопокриття.

У другому розділі проведено математичним моделюванням визначено оптимальні значення режимів величина зварювального струму ($I = 6,9$ кА), час імпульсу ($t_i = 0,1$ с), витрата охолоджуючої рідини ($G = 1,8$ л/хв.) електроконтактного паяння через стрічкові аморфні припої металеві стрічки до плоских поверхонь робочих органів сільськогосподарської техніки.

У третьому розділі на підставі літературних даних проаналізовано методики міцних випробувань, у тому числі встановлено, що з визначенні міцності з'єднання на зріз покриття товщиною $\leq 0,3...0,4$ мм можливо заклинювання покриття у ріжучому інструменті. Для усунення даного недоліку в роботі вдосконалено методику визначення міцності на зріз плоского фіксованого майданчика та розроблено спеціальне пристрій дозволяє усувати ефект заклинювання. Розроблена методика експлуатаційних випробувань лемешів плуга ПЛЖ РЗЗ 31-702, мають покриття із сталеві стрічки У12А, нанесеної електроконтактною паянням через стрічкові аморфні припої; методика заснована на порівнянні втрат у масі та зміні геометричних розмірів із заводськими лемешами

НУБІП України

У четвертому розділі на підставі експериментальних досліджень встановлено, що найбільша міцність (630 МПа) з'єднання покриття зі сталі У12А,

отриманого електроконтактним паянням через стрічковий аморфний припій

Стемет 1301 на сталі 65 Г складала при $P = 1,5 \text{ кН}$, $J = 6,8 \text{ кА}$, $t_i = 0,06 \text{ с}$, $t_{\text{п}} = 0,1 \text{ с}$,

$G = 1,8 \text{ л/кв.}$, при абразивно-струминній обробці споичних поверхонь металеві стрічки та основи та товщини стрічкового аморфного припою 20...60 мкм. Також було встановлено, що застосування стрічкових аморфних припоїв при з'єднанні

металевої стрічки електроконтактним паянням з плоскою поверхнею деталі дає

можливість зменшити силу зварювального струму 10 %. Дослідженнями

зносоустійкості встановлено, що покриття отримане електроконтактного пайкою через стрічковий аморфний припій 1301 вуглецевої сталеві стрічки У12А має зносоустійкість у 1,48 рази вище покриття зі стрічки 50ХФА, а також у 4 рази

більшу зносоустійкість ніж сталь 45, при цьому зносоустійкість сталі 65Г після

електроконтактного зміцнення вище сталі 45 в 2 рази вище сталі 65Г в 1,5 рази.

У п'ятому розділі розрахунок порівняльного економічного ефекту від використання технологічного процесу зміцнення демешів плуга електроконтактного паянням через стрічковий аморфний припій вуглецевої

сталеві стрічки встановив, що термін окупності капітальних вкладень за річний

програмі зміцнення 1000 деталей складе 0,9 та річний додатковий прибуток

дорівнюватиме 570,65 тис. грн., що відповідає економічному ефекту від використання електроконтактної приварки вуглецевої сталеві стрічки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков, В. С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореферат дис. ... доктора технических наук:

05.20.03 / В. С. Новиков; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина]. - Москва, 2008. - 38 с.10

2. Надежность и ремонт машин [Текст] В. В. Курчаткин ; под [и др.] ред.

В. В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 776 с.

3. Гончаренко, В. В. Технология восстановления и упрочнения лемехов плугов металлокерамическими пластинами : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Гончаренко Владимир Владимирович; [Место защиты: Рос. гос. аграр. заоч. ун-т]. - Москва, 2007. - 15 с.

4. Капошко, Д. А. Термоупрочнение поверхности плужных лемехов методом шаговой наплавки с применением электродов для сварки углеродистых сталей : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Капошко Дмитрий Александрович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. аграр. ун-т]. - Санкт-Петербург-Пушкин, 2007. - 48 с.

5. Козарез, И. В. Упрочняющее восстановление плужных лемехов двухслойной наплавкой : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Козарез Ирина Владимировна; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина]. - Москва, 2008. - 18 с.

6. Магомедов, Р. А. Повышение ресурса плужных лемехов формированием износостойкого покрытия на основе чугуна : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Магомедов Рабазан Алиевич; [Место защиты: Азово-Черноморс. гос. агроинженер. акад.]. - Зерноград, 2013. - 18 с.

7. Тюрева, А. А. Повышение долговечности плужных лемехов наплавочным армированием в условиях песчаных и супесчаных почв : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Тюрева Анна Анатольевна; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина]. - Москва, 2008. - 18 с.

8. Шитов, А. Н. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин с применением импульсного электроконтактного нагрева : На примере лемеха плуга : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина. – Москва, 2005.

- 16 с.

9. Серов, Н.В. Технологические аспекты повышения / Н.В. Серов, А.В. Серов, П.И. Бурак //]Текст[работоспособности плугов Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 4. – С. 81–90. – ISSN 1995-4646.

10. Беликов, И. А. Повышение долговечности рабочих органов плуга керамическими материалами: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.03 / Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина. – Москва, 2002. – 20 с.

11. Гаркунов, Д. Н. Виды трения и износа. Эксплуатационные / Д. Н. Гаркунов, П. И. Корник. – М. : [Текст] повреждения деталей машин Издательство МСХА, 2003. – 343 с.

12. Кряжков, В. М. Научные основы восстановления работоспособности сопряжений деталей и сельскохозяйственных тракторов с :]Текст[применением металлопокрытий и упрочняющей технологии автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Кряжков Валентин Митрофанович. – Л., 1973. – 50 с.

13. Газотермическое напыление [Текст] : учеб. пособие / кол. авторов; под общей ред. Л. Х. Балдаева. – М. : Маркет ДС, 2007. – 344 с. – ISBN 978-5-7958-0146-9.

14. Тепляшин, М. В. Исследование и разработка технологии электрошлаковой наплавки в водоохлаждаемом медном кокиле для восстановления и повышения износостойкости БИЛ молотковых мельниц : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.04 / Тепляшин Михаил [Текст] Вячеславович. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольск-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2009. – 22 с.

15. Шевченко, О. Г. Управление структурой, составом и свойствами покрытий при плазменной наплавке за счет технологических воздействий :

НУБІП України
автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.01 / Шевченко Олег [Текст] Игоревич.
Екатеринбург : Ур. гос. техн. ун-т, 2006. – 36 с.

16. Шиповалов, А. Н. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Шиповалов Александр Николаевич. – М. : Рос. гос. аграр. заоч. ун-т, 2010. – 19 с.

17. Воловик, Е. Л. Справочник по восстановлению деталей [Текст] / Е. Л. Воловик. – М. : Колос, 1981. – 354 с.

18. Молодык, Н. В. Восстановление деталей машин [Текст] : справочник / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 479 с.

19. Ачкасов, К. А. Прогрессивные способы ремонта / К. А. Ачкасов. – М. : Колос, 1980. – [Текст] сельскохозяйственной техники 42 с.

20. Пацкевич, И. Р. Вибродуговая наплавка в среде водяного пара / И. Р. Пацкевич, А. К. Окороков // Сварочное производство. – 1963. – [Текст] № 3. – С. 13–15. – ISSN 0491-6441.

21. Калашников, А. И. Исследование автоматической наплавки в Ииселдование и [Текст] среде углекислого газа с направленным охлаждением применение вибродуговой наплавки / А. И. Калашников, В. А. Наливкин; под ред. А. М. Попкова. – Челябинск, 1968. – С. 18–19.

22. Чжан Цинь Разработка и исследование процесса наплавки присадочного порошка импульсно-периодическим лазерным излучением : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Чжан Цинь. – М. : Моск. [Текст] гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана, 2008. – 16 с.

23. Барабаш, В. В. Разработка технологии восстановления валов газопламенным напылением с использованием водородно-кислородного : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Барабаш [Текст] пламени Виталий Витальевич. – Орел : Орлов. гос. техн. ун-т, 2008. – 16 с.

24. Лиджи-Горяев, Р. А. Исследование и совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов судовых двигателей плазменным напылением проволокой из марганцовистой стали [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.08.04 / Лиджи-Горячев Роман Анатольевич. – Астрахань, 2006. – 138 с.

25. Яковлев, В. И. Экспериментально-диагностический комплекс для физических исследований порошковых СВС-материалов при детонационном напылении [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 01.04.01 / Яковлев Владимир Иванович. – Барнаул, 2003. – 162 с.

26. Сова, А. А. Исследование процесса нанесения многокомпонентных покрытий методом холодного газодинамического напыления [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.02.05 / Сова Алексей Александрович. – Новосибирск : Институт теоретической и прикладной механики Сибирского отделения РАН, 2010. – 19 с.

27. Алхимов, А. П. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика [Текст] / А. П. Алхимов [и др.] , под ред. В. М. Фомина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 536 с. – ISBN 978-5-9221-1210-9.

28. Бурак, П.И. Обзор исследований в области холодного газодинамического напыления / П.И. Бурак, А.В. Серов, Н.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. П14 – № 1. – С. 169 – 174.

29. Соснин, Н. А. Плазменные технологии [Текст] : руководство для инженеров / Н. А. Соснин, С. А. Ермаков, П. А. Тополянский. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политехнического университета, . 2008. – 406 с.

30. Логинов, Н. Ю. Увеличение ресурса режущего инструмента методом электроискрового легирования [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Логинов Николай Юрьевич. – М.: Моск. гос. технол. ун-т «Станкин», 2005. – 19 с.

31. Бурумкулов, Ф. Х. Повышение межремонтного ресурса агрегатов с использованием нанoeлектротехнологий [Текст] / Ф. Х. Бурумкулов, В. П. Лялякин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 3. – С. 8-13. ISSN 0131-7105.

32. Смольков, С. В. Совершенствование технологии восстановления корпусных деталей автомобилей железнением [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Смольков Сергей Владимирович. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 15 с.

33. Борисов, Г. А. Гальваногазофазное хромирование как способ восстановления и упрочнения поверхностей деталей прецизионных пар гидроагрегатов [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Борисов

Геннадий Александрович. – Рязань : Рязан. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 1997. – 48 с.

34. Морозов, И. С. Технология восстановления и упрочнения поверхностей деталей типа «вал» двигателей внутреннего сгорания гальваногазофазным хромированием : на примере валика водяного насоса [Текст] : автореф. дис. ...

канд. техн. наук : 05.20.03 / Морозов Илья Сергеевич. – Рязань : Рязан. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 2006. – 21 с.

35. Семенова, Е. Е. Технология восстановления и упрочнения поверхностей золотников гидроусилителей рулевого управления гальваногазофазным хромированием [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук :

05.20.03 / Семенова Елена Евгеньевна. – Пенза : Пенз. гос. с.-х. акад., 2004. – 18 с.

36. Бузуев, А. Н. Разработка и исследование системы индукционного нагрева для пайки многослойных изделий [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.09.10 / Бузуев Алексей Николаевич. – Самара : Сам. гос. техн. ун-т, 2006. – 19 с.

37. Пономарев, Г. И. Исследование процесса восстановления деталей тракторов и сельскохозяйственных машин наращиванием стальной ленты [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Пономарев Г. И. – М., 1996. – 191 с.

38. Серов Н. В. Применение электроконтактной приварки углеродистой стальной ленты для повышения ресурса деталей сельскохозяйственных машин / Н. В. Серов, А. В. Серов, Н. И. Бурак // Труды ГОСНИТИ. – 2016. Том 125. – С. 243-248.

39. Будко, С. И. Методы повышения эффективности упрочнения деталей лемешно-отвальных плугов дуговой наплавкой твердыми сплавами: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.20.03 / Будко Сергей Иванович; [Место защиты: С.-Петербург. гос. аграр. ун-т]. - Санкт-ПетербургПушкин, 2009. - 20 с.

40. Латыпов, Р. А. Электроконтактная приварка. Теория и практика / Латыпов Р. А., Булычев В. В., Бурак П. И., Агеев Е. В. / Под ред. Р. А. Латыпова. – К.: 2016. 392 с.

41. Поляченко, А. В. Увеличение долговечности восстановленных деталей контактной приваркой износостойких покрытий в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03, 05.04.05 / Поляченко Анатолий Васильевич. – М.: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина, 1984. – 467 с.

42. Поляченко, А. В. Технологические процессы восстановления деталей контактной приваркой металлического слоя [Текст] / А. В. Поляченко [и др.]. – М.: ГОСНИТИ, 1982. – 100 с.

43. Латыпов, Р. Выбор компактных и порошковых металлических материалов и управление качеством покрытий при упрочнении и восстановлении деталей электроконтактной приваркой [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.01 / Латыпов Рашид. – М.: Моск. гос. вечер. металлург. ин-т, 2007. – 48 с.

44. Каба, Амаду. Восстановление плоских поверхностей деталей мелиоративных и сельскохозяйственных машин металлическими порошками методом электроконтактного напекания: диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Моск. гидромелиоративный ин-т. – Москва, 1992. – 150 с.

45. Бахмудкадиев, Н. Д. Технология упрочнения дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин электроконтактной приваркой [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / Бахмудкадиев Нухкади Джалалович. – М.: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина, 1998. – 21 с.

46. Бугаев, А. В. Разработка технологии упрочнения режущих рабочих органов промышленных мясорубок [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Бугаев Александр Вячеславович. – М.: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина, 2005. – 18 с.

47. Фархшатов, М. Н. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники и оборудования электроконтактной приваркой коррозионноустойчивых и износостойких материалов [Текст]: дис. ... д-

ра техн. наук : 05.20.03 / Фархшатов Марс Нуруллович. – Саранск : Морд. гос. ун-т им. Н. П. Огарева, 2007. – 527 с.

48. Пат. 2605259 Российская Федерация, МПК В 23Р 6/00, А 01В 15/04.

Способ восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин [Текст] / Серов Н. В. Серов А. В., Бурак П. И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет -МСХА имени К.А. Тимирязева». – № 2015113931/02; заявл. 15.04.15; опубл. 28.11.16, Бюл. № 6. – 4 с.: ил.

49. Серов, А.В. Совершенствование технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой металлической ленты : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Серов Антон Вячеславович; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина]. - Москва, 2011. - 16 с

50. Ракин Я.Ф., Магомедов Б.Р. Пайка металлов при ремонте сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1979. – 143 с. ил.

51. С.Н. Лощманов, И.Е. Петрунин. Пайка металлов. – М.: Издательство «Машиностроение», 1966. – 251с.

52. Бурак, П. И. Интенсификация электроконтактной приварки лент при восстановлении деталей : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.20.03 / Бурак Павел Иванович; [Место защиты: Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина]. - Москва, 2012. - 36 с.

53. Латыпов Р. А., Булычев В. В. О модели формирования соединения при электроконтактной приварке//Современные авто-мобильные материалы и технологии (саммит-2010): Сборник статей II Международной научно-технической конференции. -Курск, 2010. С.103-115

54. Латыпов Р. А., Бурак П. И. Восстановление и упрочнение сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой биметаллических покрытий//Ремонт, восстановление, модернизация. 2004, №7. С.26-27.

55. Серов, Н. В. Определение технологических параметров электроконтактной приварки при восстановлении и упрочнении плоских

поверхностей / Н.В. Серов, П.И. Бурак, А.В. Серов // Вестник ФГОУ-ВПО
МГАУ, 2017. – № 1 (77). – С. 35-40.

56. Серов, А.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном
машиностроении / А.В. Серов, Н.В. Серов, П.И. Бурак, Р.А. Латыпов //
Международный научный журнал. – 2014. – № 6. – С. 71 – 77.

57. Беречикидзе, А. В. Оптимизация сроков службы чайных машин и
усовершенствование технологических процессов восстановления и упрочнения
их деталей [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Беречикидзе
Автандил Венедиктович. – Тбилиси : Грузин. гос. аграр. ун-т, 1997. – 60 с.

58. Банов, М. Д. Технология и оборудование контактной сварки [Текст]
М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 224 с.

59. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования (применительно к
задачам электроэнергетики) [Текст] : учебник для вузов / В.А. Веников, Г.В.
Веников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984. – 240 с.

60. Свидетельство № 2012615912 от 28 июня 2012 г. о государственной
регистрации программы для ЭВМ. Параметризация / А.В. Серов, П.И. Бурак,
Н.В. [Текст] процесса электроконтактной приварки Серов, заявители и
патентообладатели А.В. Серов, П.И. Бурак, Н.В. Серов – № 2011619999; заявл.
15.04.15; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 28.06.12. – 1 с

61. Исаченко, В. П. Теплопередача / Осипова, А. С. Сукомел. – М. :
ЭНЕРГИЯ, 1965. – 424 с.

62. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический справочник
/ под общ. ред. В. А. Григорьева, [Текст] эксперимент В. А. Зорина. – 2-е изд.,
перераб. – ISBN 5-283-00112-1. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 560 с.

63. ГОСТ 297-80. Машины контактные. Общие технические условия.
Технические условия [Текст]. – Введ. 1983-01-01. – М. : Минчермет СССР : Изд-
во стандартов, 1983. – 34 с.

64. ГОСТ 14014-91. Приборы и преобразователи измерительные цифровые
напряжения, тока, сопротивления. Общие технические требования и методы
испытаний [Текст]. – Введ. 1993-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 14 с.

65. ГОСТ 2405-88. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры. Общие технические условия [Текст].

– Введ. 1989-01-01. – М.: Академия наук СССР: Стандартиформ, 2008. – 32 с.

66. ГОСТ Р 55223-2012. Динамометры. Общие метрологические и технические требования. Технические условия [Текст]. – Введ. 2014-01-07. –

М.: Стандартиформ РФ 2014. – 34 с.

67. Оськин, В. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. А. Оськин, В. В. Евсиков. – М. : КолосС, 2008. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 978-5-

9532-0207-7 Кн. 1 : . – , 2008. – 447 с. : ил. – Библиогр.: с. 441. – ISBN 978-5-9532-0369-2.

68. ГОСТ 9450-76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М.: Академия наук СССР : Изд-во стандартов, 1992. – 35 с.

69. Ерохин, М. Н. Прогнозирование ресурса рабочих органов / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков, Д.И. [Текст] почвообрабатывающих машин Петровский // Сельский механизатор . – 2015. – № 11. – С. 6-9. – ISSN 0131- 7393.

70. Заявка № 2016147719 Российская Федерация, МКИ В 23 К 19/04 (С21D 1/06). Способ утилизации отходов машинного и инструментального производства // Серов Н. В., Серов А. В., Бурак П. И., Латышов Р. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ -МСХА имени К. А. Тимирязева. - Заявл.

06.12.2016

71. Бурак, П. И. Экономическая оценка проектных решений восстановления деталей электроконтактной приваркой биметаллических / П. И. Бурак // Вестник Федерального государственного [Текст] материалов образовательного учреждения высшего профессионального образования

«Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2011. – Вып. 5 (50) : Экономика и организация производства в АПК. – С. 63-68. – ISSN 1728-7936.

НУБІП України

72. Водяников, В. Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК [Текст] / В. Т. Водяников. – М. : КолосС, 2008. – 263 с. – ISBN 978-5-9532-0659-4.

НУБІП України

73. Рекомендации по восстановлению деталей типа «вад» контактной приваркой металлической ленты [Текст]. – М. : ГОСИИТИ, 1977. – 28 с.

74. Бурак, П. И. Электроконтактная приварка материалов через : монография / П. И. Бурак. – М. : Изд-ий центр [Текст] [промежуточный слой Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина, 2008. – 98 с. – ISBN 978-5- 86785-

НУБІП України

219-1.

75. Справочник металлиста [Текст]. в 5-ти т. / Под ред. А. Г. Рахштадта и В. А. Бростерема. – М. : Машиностроение, 1976. – Т. 2. – 716 с.

76. Матвеев, В. А. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве [Текст] / В. А. Матвеев. – М. : Колос, 1979. – 288 с.

НУБІП України

77. Схиртладзе, А. Г. Расчет эффективности восстановления изношенных деталей [Текст] / А. Г. Схиртладзе // Ремонт, восстановление, 4. ISSN 1684-2561. – модернизация. – 2004. – № 2. – С. 2

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

Марка плуга	Агрегативан ня, марка трактора	Вид роботи	Маса експлуата ційна, кг	Робоча швидкість руху км/год.	Питома витрата налива, кг/га.	Напрацювання на відмова, ч, НД не менше 100, год.
1	2	3	4	5	6	7
ПП-9-35	К-701	Оранка стерні кокосових	2370	7,79	18,70	Більше 157
ПОН-4/5-35	ХТЗ 17221-09		1480	8,13	15,80	157
ППО-5/6-35	ХТХ 215 «КАМАЗ»		2815	8,28	17,73	Більше 151
ППО-5/7-35	К-744 Р2	Оранка дисковано ю стерні кокосових	3010	9,11	17,67	Більше 153
ППО-6+3	К-744 Р3		5950	6,98	18,59	92,5
45П×ПНР- (4+1)	АТМ-3180М		1060	5,7...7,2	17,1	139
ППО- 40П×(5+1+1)	АТМ 7360		4010	8,5...8,9	18,7	209
ПСК-6	АТМ-3180М		1210	6,0...7,3	13,0	171
ПСК-8	Джон Дір 8420		1760	6,1...6,5	18,2	177
ПСКу-3	Т-150К		630	6,5...9,1	33,8	153
ЕвроТитан 10 8+3+1	Джон Дір 9420		6030	6,2	16,3	Більше 155
ПБС-12П	«Challenger» MT 865В		4792	9,1	15,58	158
ПО-8/45К	К-744Р		4800	7,4	15,09	154
ПБС-8М	Беларусь- 3522	1708	8,5	13,59	154	
ПБС-8М	К-744Р1	1740	6,0	28,06	Більше 151	
ПБС-8М	ХТЗ-200	2735	8,4	14,99	Більше 154	
ПБС-5М	Беларусь- 1523	1020	6,8	11,1	Більше 151	
ПЛН 5-35	Т150К	910	8,1	16,04	76	
ПБС-4М	Беларусь- 1523	870	7,6	12,09	Більше 152	

НУБІП України

НУБІП України