

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ НАНЕСЕННЯ ВІДНО-
ВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ СПОСОБОМ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____Хорольський Максим Олегович

Керівник: _____Васильєв Дмитро Леонідович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Хорольському Максиму Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів та режимів нанесення відновлювальних покриттів електроіскровим способом

керівник роботи д.т.н. доцент Васильєв Д.Л.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
року № _____

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Вузли тертя та ступіні їх зносу. Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового господарства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Розробка технологічного процесу відновлення валу головного зчеплення трактора ПМЗ з використанням технології електроіскрової наплавки 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

№ п/п	формат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Номер Арку ша	Примі тка
			Текстові документи			
	A4	49ДР.026 000. 000 ПЗ	Пояснювальна запи- ска	82		
			Демонстраційні матеріали			
			Презентація в фор- маті <u>Microsoft</u> <u>PowerPoint</u>	12		

РЕФЕРАТ

В магістерській роботі висвітлено можливість застосування електроіскрових методів зміцнення та відновлення поверхонь деталей машин.

В дипломній роботі були проведені аналіз відмов деталей машин та встановлено ступіні їх зносу, також проаналізовано існуючі методи та способи електроіскрової обробки деталей машин.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що підтверджують правильність вибору методу відновлення валу зчеплення та підвищення його довговічності.

Також були розроблені заходи з охорони праці і розрахована техніко-економічна оцінка роботи.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку об'ємом 82 сторінки, а також 12 слайдів демонстраційного матеріалу у форматі Microsoft PowerPoint.

Ключові слова - ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ЛЕГУВАННЯ, ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ВІДНОВЛЕННЯ, ВІДНОВЛЕНИЙ ШАР, ЗНОС, МІКРОТВЕРДІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ І Т.Д.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Аналіз відмов деталей машин.....	10
1.2. Суть методу електроіскрового оброблення	12
1.2. Методи електроіскрової обробки.....	16
1.3. Устаткування для електроіскрової обробки.....	18
1.4. Досвід та проблеми використання електроіскрових технологій.....	24
1.5. Висновки та задачі роботи.....	27
2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ГОЛОВНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАКТОРА ПМЗ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЇ НАПЛАВКИ.....	29
2.1. Опис конструкції деталі та опис її дефектів.....	29
2.2. Вибір раціонального способу відновлення деталі.....	33
2.3. Складання технологічного плану операції.....	35
2.4. Вбір параметрів режимів відновлення та розрахунок норм часу.....	36
2.5. Висновки.....	48
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ.....	49
3.1. Установа, режими та методика нанесення електроіскрового покриття.....	49
3.2. Зразки для випробування.....	52
3.4. Методика дослідження шорсткості та мікротвердості поверхні	54
3.5. Результати дослідження нанесеного шару.....	58
3.5. Висновок.....	61
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	63
4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ТОВ Агрофірма "Нібас".....	63
4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці з відновлення деталей зварюванням та наплавленням.....	64

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів.....	66
4.4. Правила безпечного виконання робіт при зварювальних та наплавочних роботах.....	67
4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації (пожежі).....	69
4.6. Висновок.....	70
5. РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОЛГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ЗЧЕПЛЕННЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ МЕТОДОМ.....	71
5.1. Висовок.....	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	78
ДОДАТКИ.....	82

ВСТУП

Під технологією ремонту розуміється технічний спосіб виконання ремонту з певною послідовністю операцій. При цьому можна виділити способи відновлення, загальні для всіх деталей, і способи відновлення типових деталей і складальних одиниць. Відновлення деталей застосовується при відсутності запасних частин. Економічність такого методу полягає в тому, що відновлення може обходитися дешевше, чим виготовлення нової деталі.

Багаторічний досвід роботи ремонтних підприємств вказує на те, що близько 40...45% деталей машини (трактора, автомобіля, комбайна, верстату та інше) можна використовувати наново провівши відновлювальні роботи, що суттєво знижує вартість ремонту і підвищує конкурентоспроможність ремонтного або сервісного підприємства, до 30...35% це деталі які не мають зносів чи дефектів і не потребують ремонту, тобто можуть використовуватись повторно, і відповідно 25...30% деталей мають дефекти які не можливо відновити чи усунути – вони після проведення дефектувальних робіт відправляються в утиль [1, 2].

При цьому, придатна без ремонту деталь, потребує витрат, які складають 7...10% від вартості аналогічної запасної деталі, а затрати на відновлення деталей, як правило, не перевищують 60...70% вартості аналогічних запасних частин [3]. Повторне використання придатних і відновлених деталей дозволяє зекономити метал, електроенергію та інші матеріальні ресурси в народному господарстві.

При цьому експлуатаційні характеристики відновлених деталей часом не уступають новим, а часто й перевищують їх. Через те, що зношування основної маси деталей виражено змінами розмірів поверхні і якості поверхневого шару, а об'ємні міцнісні властивості матеріалів цих деталей зберігаються на необхідному рівні, ремонт машин з використанням якісно відновлених деталей є технічно й економічно виправданим і доцільним.

Також встановлено, що лєвова доля деталей якї пїдлягають вїдновленню мають знос 0,01 - 0,2 мм тобто їх легко вїдновити з мїнїмальними втратами металу і енергоресурсів але є і деталї якї мають знос менше 0,01 мм (прицеїїнї деталї паливної апартури або гїдроагрегатів та їнше) саме цї деталї потребуєть спеціальних методів вїдновлення.

Тим часом при використаннї сучасних вїтчизняних методів обробки материалів можливо прямо на мїсцях органїзувати ремонт машин і встаткування в деяких випадках навїть без повного розбирання механїзму [4]

Одним з таких унїверсальних методів є електроїскрове легування (ЕІЛ). Використовуючи установки ЕІЛ нового поколїння, наприклад, типу «БІГ», якї замїнили морально застарїлї установки типу «Элитрон», «Вестрон» і їн., можна без великих капїтальних вкладень органїзувати вїдновлення рїзних по призначенню деталей: валів, осей, шворнів, цапф, корпусних деталей, кришок, корїнних опор блоків цилїндрів, колїнчатих валів компресорів, золотників і корпусів гїдророзподїльників і гїдропїдсилювачів керма, лопаток турбїн і багатьох їнших деталей, що реалїзоване на практицї [5, 6].

Багато авторів присвятили свої працї розробцї та впровадженню рїзних методів вїдновлення деталей, а саме Ачкасов К. А., В. І. Черноїванов, І. Г. Голубєв, R. Gleason, А. Н. Батищєв та їнші.

Розробцї електроїскрових технологїй присвятили свою дїяльнїсть подружжя Б. Р. Лазарєнко та Н. І. Лазарєнко якї в 1943 роцї запатентували електроїскровий спосїб обробки металів. Сьогоднї цїй технологїї придїляють увагу вченнї Мордовського державного унїверситету їм. Н.П. Огарьова такї як: Бурумкулов Ф.Х., Столяров А.В., Сенїн А.П. та їнші. В Українї також дослїджують процеси електроїскрового вїдновлення деталей Иванкова О. В., Бартош В.Ю., Дїдур В.А. та їнші.

Вїдомї переваги ЕІЛ (висока унїверсальнїсть методу; вїдсутнїсть перегрїву й деформацїї деталї при обробцї; висока адгезїя нанесеного шару покриття з основним материалом; можливїсть вїдновлення деталї в розмїр без механїчної обробки; можливїсть локального нанесення покриттів; можливїсть використан-

ня будь-якого струмопровідного матеріалу як електрода; високий коефіцієнт переносу матеріалу електрода - до 80–95 %; низька енергоємність процесу (0,5–1,0 кВт); екологічність процесу й інші) є основою успішного використання його для ремонтних цілей.

В ЕІ технологіях ураховуються умови експлуатації відновлюваних поверхонь і фактори, що ініціюють руйнування робочих поверхонь [7]. Особливість цих технологій у нанесенні на зношені поверхні покриттів під номінальний розмір або з мінімальним припуском для наступної механічної обробки.

При відсутності твердих вимог по шорсткості поверхні наступна механічна обробка не виконується. У результаті обробки методом ЕІІ на поверхні деталі утворюється новий шар, якому залежно від параметрів іскрового розряду, складу електродного матеріалу й інших факторів можна додати необхідні властивості: підвищену мікротвердість, жаростійкість, зносостійкість, задиростійкість і ін.

Процес нанесення покриттів цим методом досить простий, устаткування мобільне, для організації робіт досить у більшості випадків наявності слюсарного верстата й однофазної електричної мережі. А можливість використання як електрода будь-якого струмопровідного матеріалу робить цей спосіб незамінним помічником у самих складних ситуаціях, пов'язаних з відновленням деталей.

Публікації. За результатами роботи надруковано статтю: Хорольський М.О. Електроіскрове відновлення та зміцнення деталей як спосіб економії ресурсів / Хорольський М.О., Васильєв Л.Д. // Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Київ. – 2021. – С. 90 - 94.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз відмов деталей машин

В автомобілях, тракторах, комбайнах і інших вузлах використовується багато різних деталей, які в процесі роботи зазнають дії навколишнього середовища, мастил, навантаження та інше. Внаслідок цього деталі мають різні дефекти. Авторами роботи [8, 9] встановлено, що 60 % деталей виходить з ладу внаслідок зносу, а до 40% через втому.

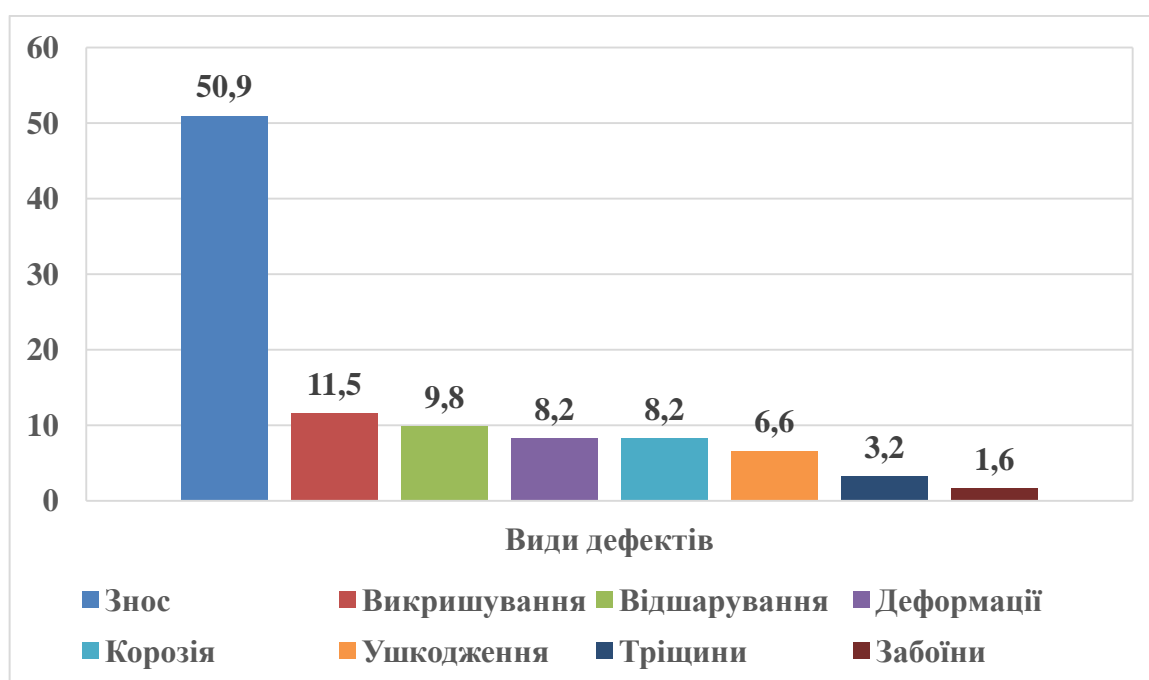


Рис. 1.1. Дефекти деталей машин

Як видно з рис. 1.1. лєвова доля відмов припадає на знос деталей, до речі згідно [10, 11] у більшості деталей знос не перевищує 0,1-0,3 мм. Зношенню піддаються різні поверхні рис. 1.2 [12, 13].

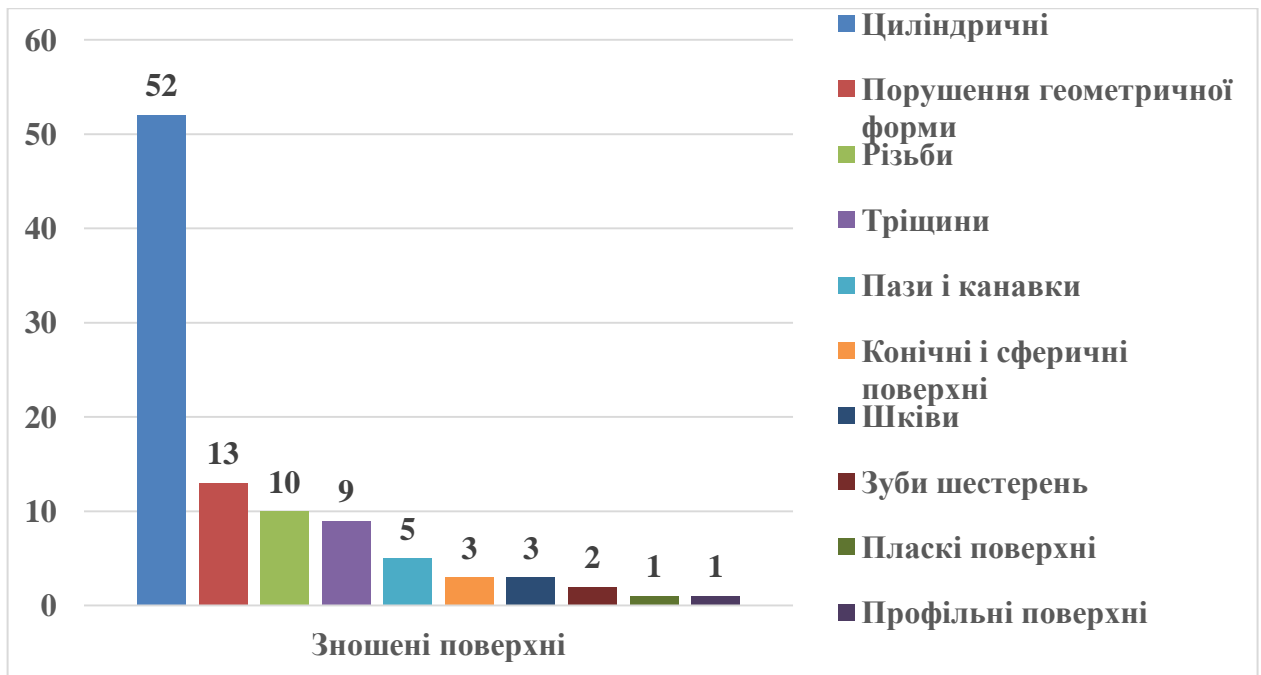


Рис. 1.2. Розподіл зносів поверхонь деталей машин

Як видно у більшості випадків зношуються циліндричні поверхні. І згідно досліджень [10, 11] їх зноси розподіляються наступним чином 46 % зношуються до 0,3 мм; 27 % – від 0,3 до 0,6 мм; 19 % – від 0,6 до 1,2 мм і 8 % – більш 1,2 мм. (рис. 1.3). У деталей типу «вал» найбільше часто дефекти з'являються на посадкових поверхнях під підшипники й різьбових поверхнях. Поверхні під підшипники відновлюють при зношуванні більш 0,017...0,060 мм; поверхні нерухливих з'єднань (місця під маточини зі шпонковими пазами й ін.) за рахунок додаткових деталей – при зношуванні більш 0,04...0,13 мм; поверхні рухливих з'єднань – при зношуванні більш 0,4...1,3 мм; під ущільнення – більш 0,15...0,20 мм. Шпонкові пази відновлюють при зношуванні по ширині більш 0,065...0,095 мм; шлицевые поверхні – при зношуванні більш 0,2...0,5 мм.

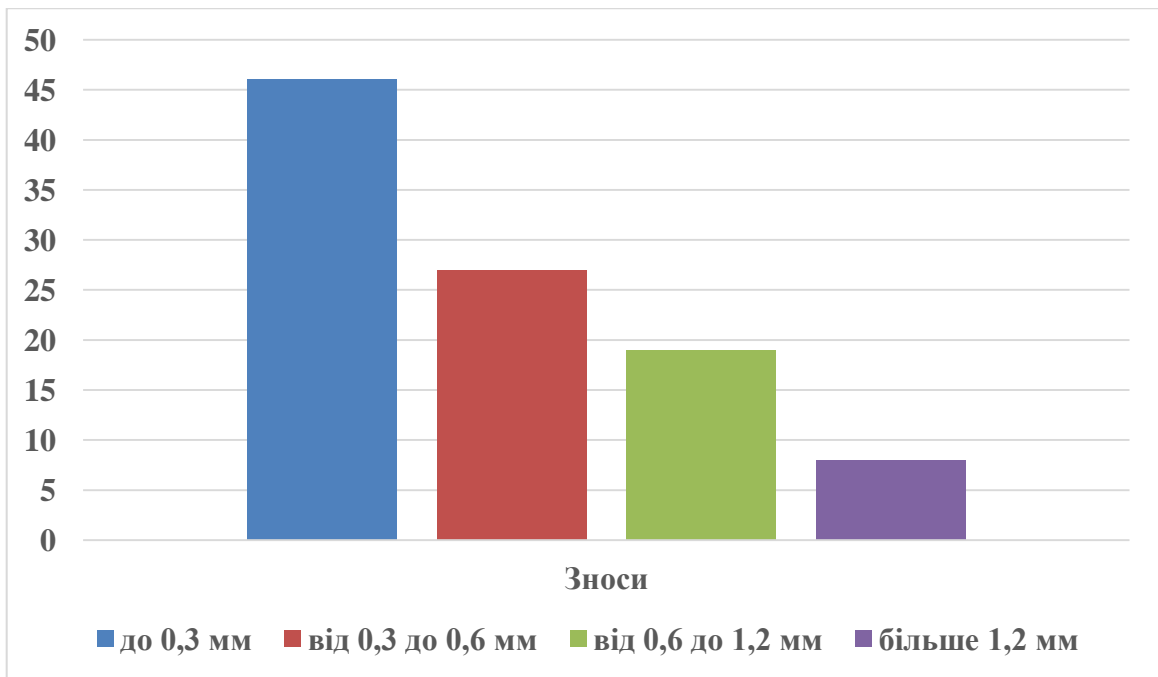


Рис. 1.3. Розподіл зносів деталі типу вал по величині

1.2. Суть методу електроіскрового оброблення

По призначенню електроіскрові покриття можна умовно розділити на два види [14] рис. 1.4.

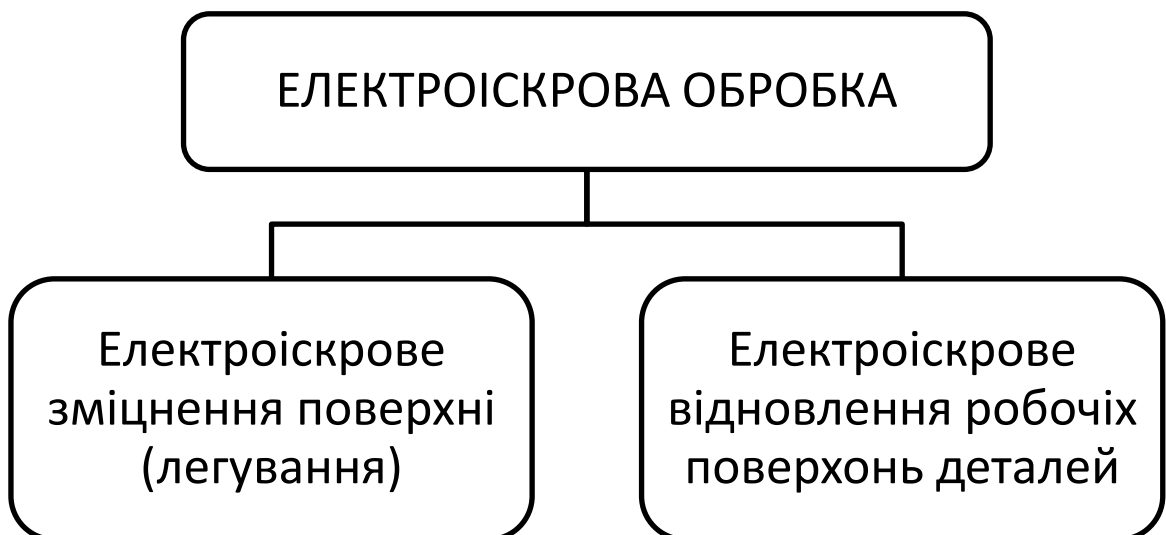


Рис. 1.4. Види електроіскрової обробки

Також процес електроіскрової обробки умовно можна розділити на дві групи.

Перша група — це функціональні шари, коли вони безпосередньо входять у контакт із зовнішнім середовищем і призначені або для протидії руйнуючим факторам, фізичному (силовому, тепловому), хімічному, тобто корозійному, або їх сукупності.

Друга група — це шари, що виконують декоративні функції, коли вони технологічно використовуються для зміни кольору й рельєфу поверхні або виконуючі функції підложки або підшару для інших покриттів, що наносяться іншими методами (газодинамічним, детонаційним, металополімерами й ін.). Крім цього, ЕІ покриття застосовуються, наприклад, для поліпшення адгезії поверхневого шару з основою, або для виконання опорних функцій, коли потрібна протидія силовому навантаженню поверхневого шару деталі.

Електроіскрова обробка була розроблена подружжям Борисом Романовичем та Наталією Іосіфовною Лазеренко у 1943 році (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Подружжя Борис Романович та Наталя Іосіфовна Лазеренко 1960 р.

Процес електроіскрового легування поверхні (ЕІЛ), ґрунтується на явищі електричної ерозії електрода при іскровому розряді в середовищі газу (в основному на повітрі), полярного переносу продуктів ерозії на деталь (катод) і формує на поверхні деталі шар зміненої структури й складу. У результаті електри-

чною пробую міжелектродного проміжку виникає іскровий розряд, у якому потік електронів приводить до локального розігріву електрода (анода) [15, 16].

Під впливом теплових навантажень на поверхні деталі (катод) відбуваються дифузійні, термомеханічні й гідродинамічні процеси, що здійснюють переміщення матеріалу електрода й деталі. ЕІЛ можна вважати методом створення нових композиційних матеріалів [17]. У першу чергу це відноситься до тугоплавких покриттів, які суттєво й принципово змінюють властивості верхнього шару матеріалу. Величина змін визначається властивостями, складом і структурою анода (електрод), а так само технологічними параметрами ЕІЛ.

Схема процесу ЕІЛ з вібруючим анодом у вигляді компактного електрода із зображенням верхнього шару наведено на рис. 1.6. Починається процес ЕІЛ зі зближення електрода (анод) з деталлю (катод). Якщо відстань між анодом і катодом буде дорівнює пробивній відстані, то починається іскровий розряд тривалістю $10^{-6} - 10^{-3}$ с і між ними потече імпульсної струм великої щільності [17]. У цьому випадку на поверхні анода метал розігрівається й частково випаровується. Розплавлені краплі з анода спрямовуються до поверхні деталі під дією електромагнітного поля.

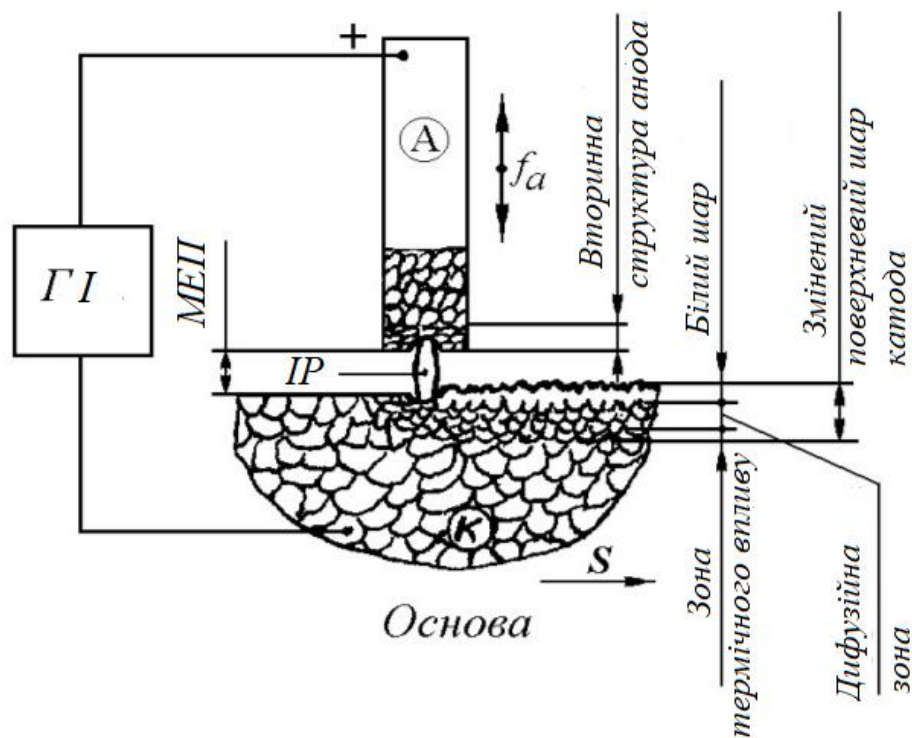


Рис. 1.6. Загальна схема процесу ЕІЛ

Г.І. – генератор імпульсів; МЕР – міжелектродний проміжок; ІР – іскровий розряд; А – анод (компактний електрод); К – катод (деталь); f_a – частота вібрації анода; S – напрямок подачі деталі

По досягненню поверхні деталі, частки електрода впроваджуються в розплавлену лунку на поверхні деталі й змішуються з металом деталі. При переміщенні анода по певній траєкторії, виходить ряд лунок зі зміненою структурою металу. Для одержання гладкої зміцненої поверхні, електрод переміщують щодо деталі не більше ніж на $\frac{1}{4}$ діаметра лунки. Так відбувається необхідне перемішування й взаємне проникнення розплавленого металу катода й анода друг у друга й підвищення якості обробленої поверхні.

У процесі електроіскрового легування крім механічного перемішування часток розплавленого металу катода й анода, у поверхневому шарі електродів відбувається й дифузійні процеси. Так як процес ЕІЛ проходить у газоподібному середовищі, те розплавлені частки на своєму шляху починають взаємодіяти із цим середовищем і утворюють зміцнений шар, який по властивостях відрізняється від властивостей катода й анода.

Найголовніша якість ЕІЛ є те, що даний процес забезпечує досить міцний зв'язок зміцненого шару з легуючим матеріалом. Проведені дослідження показували, що зміцнений шар не відшаровується навіть у випадку нанесення покриття карбідними матеріалами. Це пояснюється тем що між легуємою деталлю й зміцненим шаром є дифузійний зв'язок. Дифузія це процес проникнення або перемішування однієї речовини з іншою за рахунок теплового руху молекул контактуємих речовин.

Причини по яких процес ЕІЛ не одержав широкого поширення є: невелика продуктивність ($0,5-3 \text{ см}^2/\text{хв}$) і мала товщина шару покриття 15 – 60 мкм. Збільшення товщини зміцненого шару можливо тільки при підвищенні енергії імпульсів і кількості проходів, що приводить до зростання витрат і пористості захисного шару.

1.2. Методи електроіскрової обробки

1.2.1. Електроіскрове легування порошковими матеріалами

Даний процес дозволяє розширити спектр матеріалів, що наносяться, підвищити товщину зміцненого шару й збільшити продуктивність процесу, а так само спростити його автоматизацію (рис. 1.7). Порошок подається з живильника в міжелектродний проміжок, утворений анодом і катодом. У результаті взаємодії плазми іскрового каналу й дисперсного матеріалу, порошок розплавляється, частково випаровується й осаджується на оброблювану поверхню [18]. У якості порошків можуть виступати як струмопровідні, так і діелектрики. Даним методом можна одержати товщину покриття рівною 200-300 мкм.

У процесі напилювання покриття відбувається розкладання вихідних компонентів порошку з утворенням продуктів взаємодії їх з матеріалом підложки. Однієї зі складових фаз зміцненого шару є матеріал підложки (Fe). Це пояснює невисокі значення мікротвердості поверхні деталі в порівнянні із твердістю вихідних порошків.

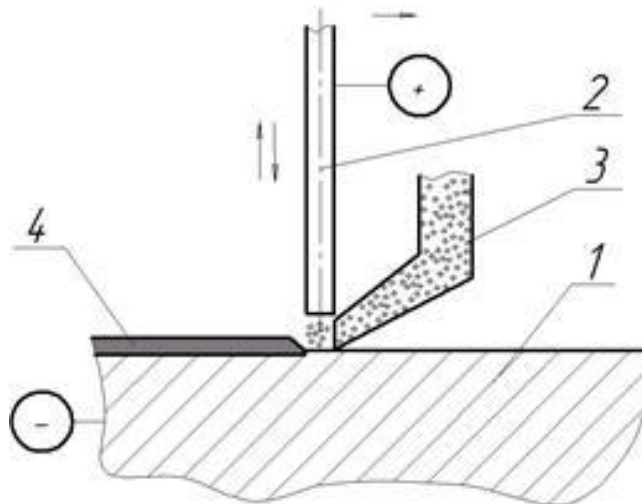


Рис. 1.7. Схема нанесення електроіскрових покриттів порошковими матеріалами

1 – деталь, 2 – електрод, 3 – порошковий живильник, 4 – шар покриття

1.2.2. Метод анодно-іскрового осадження

Анодно-іскрове осадження (плазмово-електролітична обробка, мікродугове окисдування) забезпечує формування на металах і сплавах шарів, що містять оксиди й з'єднання на основі елементів електроліту (рис. 1.8) [18]. Хімічний склад покриттів, утворений цим методом, визначається природою оброблюваної деталі, параметрами процесу й елементами електроліту, що потрапили в зону дії електричного пробою, тобто його складом. Недоліком процесу є необхідність занурення деталі в розчин електроліту, що для габаритних деталей приводить до збільшення обсягу ванни й кількості електроліту.

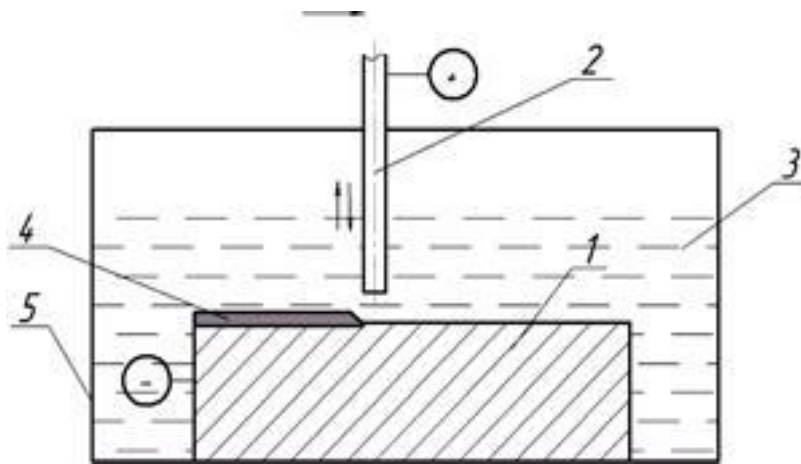


Рис. 1.8. Схема нанесення електроіскрових покриттів в електроліті
(анодно-іскрове осадження)

1 – деталь; 2 – електрод; 3 – електроліт; 4 – шар покриття; 5 – ванна

Технологія ЕІЛ має рядом істотних переваг, до яких відносяться:

- надійність і порівняльна простота встаткування й технологічного процесу;
- відносно невеликі габарити й вага встаткування й оснащення;
- мобільність устаткування й застосовність його в умовах будь-якого виробництва;
- можливість локального нанесення покриття на деталі;
- висока міцність зчеплення покриття з підложкою (деталлю);
- незначність нагрівання поверхні деталі, як правило, що не перевищує 300°C;

- можливість формування покриттів з будь-яких струмопровідних матеріалів на будь-які струмопровідні деталі;
- екологічність процесу.

Володіючи рядом позитивних властивостей, технологія ЕІЛ не позбавлена деяких недоліків:

- низька продуктивність процесу ($0,5-2 \text{ см}^2/\text{хв}$);
- невелика товщина шару покриття (15-60 мкм).

1.3. Устаткування для електроіскрової обробки

На рис. 1.9 наведена схема установки для ручного електроіскрового легування; вона містить у собі: генератор імпульсів 1, електромагнітний вібратор 3, електрод 2 і деталь 4.

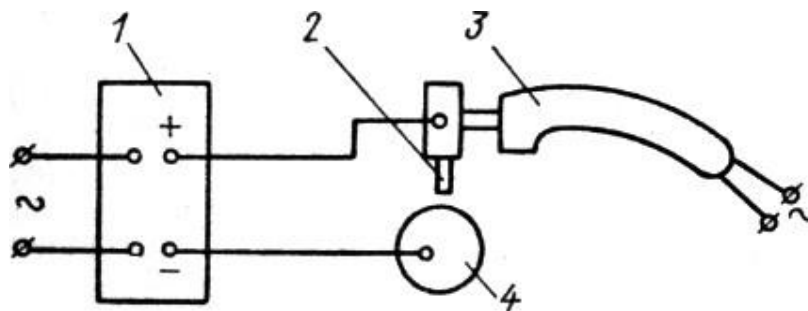


Рис. 1.9. Схема установки для ЕІЛ

1 – генератор імпульсів; 2 – легуючий електрод; 3 – електромагнітний вібратор;
4 – деталь

Для стійкого здійснення процесу легування необхідно періодичне контактування з певною частотою легуючого електрода 2 з деталлю 4. Таке контактування забезпечує електромагнітний вібратор 3, є й інші конструкції вібраторів [13, 18]. Експериментально отримані найкращі результати в діапазоні частот контактування від 100 до 400 Гц. Збільшення частоти в цьому діапазоні дозволяє збільшити продуктивність процесу. Подальше підвищення частоти помітно

погіршує якість поверхні. Технічні характеристики установок для електроіскрового легування наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики установок для ЕІЛ

Найменування характеристики	ЭФИ-10М	ЭФИ-25	ЭФИ-54
Кількість режимів обробки	6	6	3
Напруга холостого ходу, В	15–200	20–49	18–38
Робочий струм, А	2,5–5,0	50–120	14–54
Шорсткість обробленої поверхні Rz, мкм	6,3	80	20
Споживана потужність, кВт	0,5	1,6	1,5
Габаритні розміри, мм	546×360×318	510×570×1000	564×360×318
Маса, кг	63	120	39

Установка настільного типу ЭФИ-54 оснащено двома електромагнітними ручними вібраторами (великим і малим) та багатоелектродною обертовою головкою ручного виконання. Установка призначена для нанесення цінних металів на поверхні деталей електричних апаратів з метою поліпшення їх комутаційних властивостей.

В установці ЭФИ-25 є ручний електромагнітний вібратор; вона застосовується для легування великих деталей машин, а також для відновлення розмірів зношених деталей.

Установка ЭФИ-10М виготовлена в настільному виконанні й оснащена ручним електромагнітним вібратором. Вона використовується для легування й відновлення розмірів зношених деталей машин.

Устаткування марки «Alier-Metal» (рис. 1.10), успішно застосовується для розв'язку різних інженерно-технічних завдань, таких як зміцнення й відновлення прокатних валків, штампового оснащення (штампи молоткові, ізотермічні, для гарячого й холодного штампування, видавлювання і т.д.), різального інструменту (мітчики, фрези, протягання, ножі, пилки і т.д.), інші деталі машин, що працюють в екстремальних умовах експлуатації. Технічні характеристики установки зазначено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики установки «Alier-Metal»

Показники	Значення
Кількість робочих режимів	7
Робочий струм (залежно від режиму), А	200
Тип інструмента	
- ручний низькочастотний, Гц	100
Товщина покриття (зміцнення), мкм	10-450
Продуктивність, см ² /хв	До 6
Живлення	220В, 50Гц
Споживана потужність, не більш, Вт	500
Габаритні розміри, не більш, мм	170 × 250 × 430
Маса, кг	15

Відмінною рисою даної установки є її малі габаритні розміри й вага, а також можливість оптимізації режиму нанесення покриттів для будь-якого типу електродного матеріалу, шляхом зміни режимів роботи генератора.



Рис. 1.10. Загальний вид установки «Alier-Metal»

Установка електроіскрового легування ВІГ-1, призначена для електроіскрової обробки металевих поверхонь деталей і інструментів з метою поліпшення їх експлуатаційних характеристик (підвищення їх зносостійкості, жаростійкості, корозійної, ерозійної стійкості й ін.), а також відновлення розмірів зношених поверхонь різних деталей, нанесення покриттів зі спеціальними властивості й декоративних робіт [17].



а



б



в

Рис. 1.11 – Установки електроіскрового легування ВІГ

а – ВІГ – 1, б – ВІГ – 4, в – ВІГ - 5

Живлення установки здійснюється від однофазної мережі змінного струму напругою (220 ± 22) В і частотою (50 ± 1) Гц. Споживана потужність при но-

мінальній напрузі мережі - не більш 0.25 кВт. Габаритні розміри: генератора, - 130x300x210 мм; Маса: генератора, не більше -7 кг, вібробудника, не більш - 0,25 кг.

Процес роботи з установкою UR-121 (рис. 1.12) настільки простий, що не вимагає навчання працівника, досить прочитати інструкцію із застосування установки UR-121 і, таким чином, будь-який інструмент виготовлений з інструментальної або вуглецевої сталі стає твердосплавним і працює в три й більш раз довше не уступаючи дорогому твердосплавному інструменту.



Рис. 1.12. Загальний вид установки UR-121

Технічні характеристики: Габарити й вага - 246x236x125 мм; вага 7,8 кг. Енергоспоживання - 0,11 кВт; напруга 220 В або 110 В.

Витрата одного електрода на 400-800 см² поверхні при товщині шару 20 мкм і глибині дифузійного шару до 50 мкм. Мікротвердість поверхневого зміцненого шару 1200-1400 HV, що відповідає твердості 82-84 HRC.

Процес обробки інструмента займає кілька хвилин, після цього інструмент дає більш якісну продукцію зі збільшенням часу між переточуваннями інструмента від трьох і більш раз. Установка UR -121 відрізняється від попередників ("Елітрон" – Молдавія, "Ельфа" - Болгарія, "Карбидор" - Швейцарія, "Тугодур" - Японія) низькою ціною, 100% сплошністю, більш низьким ступенем шорсткості обробленої поверхні й високою продуктивністю.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики установок типу Елітрон

Тип установки	Країна – виробник	Товщина покриття, мм	Продуктивність см ² /хв	Кількість режимів	Висота мікронерівностей, мкм	Маса, кг
ЭИЛ-8А	Україна	0,01-0,08	2-6	18	10-50	14
Элитрон-22	Молдова	0,01-0,12	До 5	6	16-80	22
Элитрон-52	Молдова	0,01-0,2	До 9,9	15	8,5-155	120
Tucadur 2000	Італія	0,002-0,04	1-3	Нема даних	До 20	14,4



Рис. 1.13. Електроіскрова установка "Элитрон 22"



Рис. 1.14. Електроіскрова установка "ЭИЛ – 8А"

На рис. 1.13. наведено процес розвитку установок ЕІЛ 1 класу

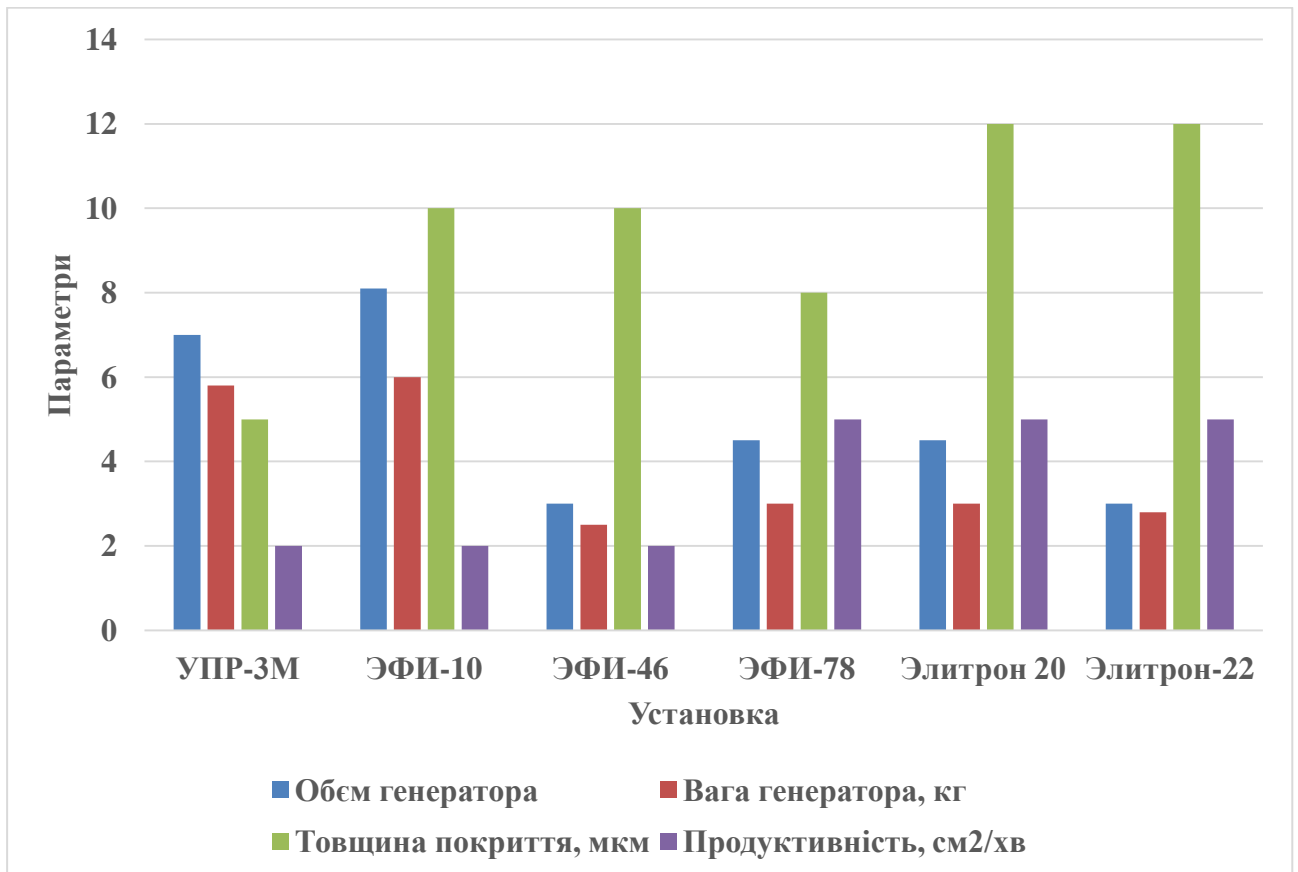


Рис. 1.13. Характеристика установок електроіскрової обробки 1 го класу

1.4. Досвід та проблеми використання електроіскрових технологій

Викликає інтерес досвід відновлення блоку й головки блоку циліндрів дизельного двигуна Dxi 11 вантажного автомобіля «VOLVO».

У двигуні ці деталі найбільш навантажені, вони сприймають багаторазові термічні і динамічні навантаження, крім того, це досить дорогі деталі. Після зняття головки із блоку циліндрів виявилось, що внаслідок неправильної експлуатації на площині рознімання цих деталей утворювався свищ загальною висотою більш 3 мм (рис. 1.14).



а)



б)

Рис. 1.14. Дефекти на площині рознімання головки (а) і блоку (б) циліндрів

Як видно на світлинах, дефект має дзеркальне відображення, тому відновлення площин було проведено по одній технологічній схемі. Робота проводилася безпосередньо на вантажівці без зняття блоку з машини, використовувалася установка «БИГ- 4». Для заповнення на площині рознімання дефектної порожнини площею близько 6 см^2 і глибиною близько $1,5 \text{ мм}$ використовували в якості електрода прутки з ніхромом Х20 Н80 діаметром 2 мм .

Відновлення площини здійснювали операціями, що чергуються, нанесення покриття ніхромом і осіданням цього покриття міддю на електричних режимах, наведених у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Електричні режими установки «БИГ- 4» при відновленні площини рознімання головки й блоку циліндрів

Найменування параметра	Значення параметра при обробці	
	ніхромом	міддю
Умовний номер електричного режиму	10	30
Енергія імпульсів, Дж	0,09	2,52
Тривалість імпульсів, мс	40	700
Частота імпульсів, Гц	1500	120
Амплітудний струм, А	125	200

Першим проходом ЕІЛ, використовуючи мідний електрод, оплавляли крайки дефекту, що утворювався, на максимальному енергетичному режимі, тобто здійснювали оброблення дефекту. При цьому за рахунок високої температури в зоні іскрового розряду (до 10000°C) з відновлюваної поверхні віддаляються всі масляні забруднення, і, крім того, поверхня покривається мідною плівкою, яка надалі є підложкою для якісного нанесення наступного шару ніхром.

Це ще одна цінна якість методу ЕІЛ: обробка можлива без попередньої підготовки й очищення, досить вилучити металевою щіткою пухку іржу. У процесі обробки ЕІЛ електрод-інструмент переміщали по дефектній поверхні, роблячи кругові рухи, не виходячи за межі дефекту. Повного усунення дефекту домагалися за 5–6 циклів обробки. При цьому останній цикл завершувався обробкою мідним електродом, за рахунок чого відбувалося згладжування ніхромового покриття. Цією останньою операцією ЕІЛ досягали одержання достатньо щільного покриття з мінімальним припуском на механічну обробку в межах 0,02...0,03 мм (рис. 1.15).

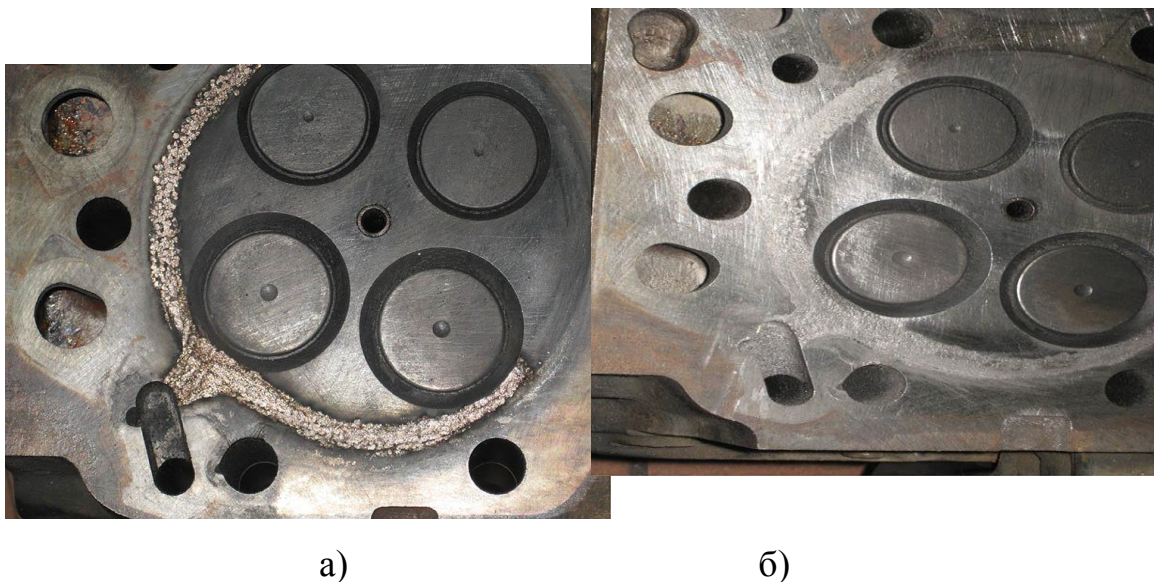


Рис. 1.15. Відновлена поверхня рознімання головки блоку:
а — після ЕІЛ; б — після локальної ручної механічної обробки

Тому що дефект мав відносно невеликі розміри (площа близько 6 см²), то наступна мехобробка звелася до локального зачищення нанесеного шару ручною шліфувальною машинкою. Якість відновлення площини рознімання перевірялася перевіркою лінійкою. Час повного відновлення головки й блоку методом ЕІЛ становило не більш 3-х годин.

Для порівняння: за стандартною технологією для такого дефекту довелося б зняти блок циліндрів з машини й шліфуванням вилучити дефекти площини рознімання деталей на спеціалізованому верстаті, крім того, придбати ущільнювальну прокладку, що компенсує по загальній товщині рівні величині знімання металу із площини рознімання. Очевидно, це значно більш витратна за часом і фінансам технологія.

1.5. Висновки та задачі роботи

Аналіз дефектів у деталях типу «вал» показав, що 70 % основних дефектів це зношування деталей, які працюють у сполученнях типу вал – підшипник. Також найбільша частина зносів припадає на розмір до 0,3 мм, а це дуже мале значення. Більшість методів відновлення починає працювати з шару 0,5 мм.

Аналіз методів відновлення показав, що в кожному розглянутому методі є позитивні якості і недоліки, а так само одним з перспективних методів відновлення деталей типу «вал» є електроіскрова обробка.

Проведений аналіз матеріалів, використовуваних для електроіскрової обробки деталей як електродів для нанесення покриттів. Установлено, що зміст нанорозмірних часток в електродному матеріалі приводить до поліпшення фізико-механічних властивостей відновлених покриттів.

Із представленого огляду випливає, що для сучасного ремонтного виробництва, із усіх розглянутих методів, електроіскрова обробка є найбільш перспективною. Однією з важливих особливостей ЕІО є можливість формувати покриття з більшим діапазоном фізико - хімічних і механічних властивостей. Варіюючи електричними й кінематичними режимами, матеріалом електродів, між

електродним середовищем, можна керувати експлуатаційними характеристиками робочих поверхонь деталей. Однак представлені в науковій літературі результати досліджень властивостей ЕІО, призначених для відновлення зношених поверхонь, вивчені недостатньо. Особливо це стосується режимів роботи.

Враховуючи вище зазначене метою роботи є - розробка технології відновлення деталей електроіскровою обробкою та обґрунтування режимів роботи електроіскрової установки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз відмов деталей машин та обґрунтувати раціональний спосіб відновлення зношених поверхонь;
- розробити технологічний процес відновлення типової деталі, валу головної муфти трактора ПМЗ з використанням електроіскрової технології;
- розробити методику експериментальних досліджень покриттів отриманих електроіскровим методом;
- обґрунтувати режими відновлення та зміцнення поверхонь деталей електроіскровою обробкою;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- провести техніко-економічну оцінку роботи.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ГОЛОВНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАКТОРА ПМЗ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЇ НАПЛАВКИ

2.1. Опис конструкції деталі та опис її дефектів

Вал головної муфти зчеплення трактора ПМЗ служить для передачі обертотого руху.

- деталь класу – вал.
- номер за каталогом – 45-1604113.
- маса деталі – 2,6 кг.
- сталь 18 ХГТ ДСТУ 4738:007.
- твердість HRC 56-63.
- шорсткість робочих поверхонь – Ra = 0,32.
- характер зношування деталі (рівномірний), (по відновлюваних поверхнях)
- характер навантажень (постійні).
- характер деформації (вигин, скручування, облом).



Рис.2.1. Вал головного зчеплення (новий)

Під час роботи було провертання підшипника 62205 вала зчеплення, дефекти якого та процес розбирання наведено на рис 2.2 – 2.5.



Рис. 2.2. Зняття підшипника, що провернувся



Рис. 2.3. Зняття вала головного зчеплення



Рис. 2.4. Зношений вал



Рис. 2.5. Вал після відновлення та шліфування

Ремонтне креслення валу головного зчеплення наведено на рис. 2.5.

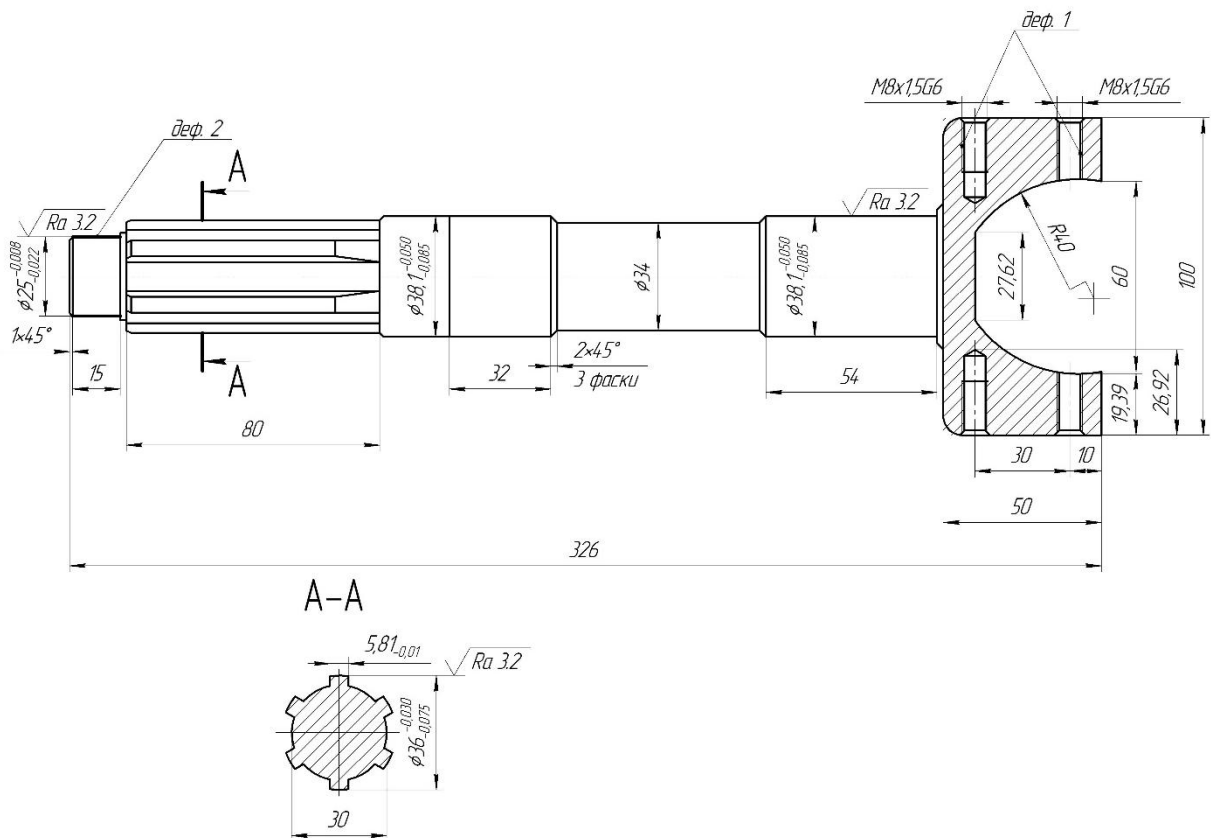


Рис. 2.5. Вал головного зчеплення

Дефекти валу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Дефекти валу

№	Назва дефекту	Розміри, мм		
		номінальний	допустимий без ремонту	допустимий для ремонту
1	Знос різьби	8	Знос більше 2х ниток не допускається	
2	Знос шийки під кульковий підшипник 62205	$25_{-0,022}^{-0,008}$	24,94	Менше 24,92

Згідно досліджень встановлено, що близько 65-70 % відмов, це знос поверхні під підшипник 62205. Знос поверхні у більшості випадків не перевищує 0,1 мм, що вимагає використання досить сецефічних методів відновлення.

2.2. Вибір раціонального способу відновлення деталі

На вибір раціонального способу відновлення деталі впливають матеріал деталі, її знос, характер навантаження, вартість відновлення і т. п. В зв'язку з цим В.А. Шандричевим була розроблена методика такого вибору, що базується на послідовному застосуванні трьох критеріїв,

1. Технологічний критерій (застосовності), що дає можливість застосовувати той чи інший метод відновлення в залежності від можливості застосування цих методів з технологічної точки зору.

2. Критерій довговічності (технічний), що характеризується коефіцієнтом довговічності K_d , який являє собою відношення технічних ресурсів відновленої – T_v та нової T_n деталі

$$K_d = T_v/T_n \quad (2.1)$$

або

$$K_d = K_i \cdot K_v \cdot K_c \cdot K_n, \quad (2.2)$$

де K_i , K_v , K_c – коефіцієнти зносостійкості витривалості та зчеплюємості, відповідно;

K_n – поправочний коефіцієнт, що враховує практичну роботу здатність відновленої деталі в результаті експлуатації, $K_n=0,8...0,9$.

3. Техніко-економічний критерій (узагальнюючий), що пов'язує довговічність деталі з собівартістю її відновлення і виражається наступною залежністю:

$$C_v = K_d \cdot C_n, \quad (2.3)$$

де C_v , C_n – вартість виготовлення нової та відновленої деталі.

Якщо вартість нової деталі невідома, критерій оцінюють по формулі В.А. Шандричева

$$K_T = C_B / K_d, \quad (2.4)$$

де K_T - коефіцієнт техніко-економічної ефективності.

Ефективним вважають спосіб, у якого $K_T \rightarrow \min$.

Знос поверхні під підшипник:

Технологічний критерій.

- Вібродугове наплавлення.

- ЕЮ.

- Залізнення.

- Хромування.

Технічний критерій.

$$K_o^{ВДН} = 0,85 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,47$$

$$K_o^{HCO_2} = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,77$$

$$K_o^{зал} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 0,5$$

$$K_o^{хром} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 0,54$$

Таким чином найбільш довговічним способом буде наплавлення в середовищі CO_2 .

Знос різьби відновлюємо заварюванням згідно з технологічним процесом заводу виробника.

Способи відновлення наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Способи відновлення валу

№ деф	Дефект	Спосіб усунення	
		Основний	Допустимий
1	Знос різьби	Зварювання з наступним нарізанням нової	Постановка ДРД
2	Знос поверхні під підшипник менше	Наплавлення в середовищі вуглекислого газу	Електроіскрова обробка

2.3. Складання технологічного плану операції

005 Зварювальна

Зварювання 4х зношених різьбових отворів (дефект 1) М8х1,5 на довжині 26 мм.

Стіл для електрозварник робіт ОРС-1549А, зварний випрямлювач ВС-600.

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80, маска захисна № 1; металева щітка, молоток.

010 Наплавлювальна

Обробити поверхню 2 під підшипник з Ø 24,9 мм до Ø 27 мм на довжині 15 мм. Наплавити шар товщиною 1 мм.

Верстат токарно-гвинторізний 1К62, установка Елітрон 22, електрод зі сталі 65Г, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1.

015 Свердлильна

Свердлити 4 отвори (дефект 1) до Ø 7,5 мм на довжині 26 мм, нарізати різьбу М 8х1,5.

Верстат вертикально свердлильний 2Н125,

Лещата механічні спеціальні ГОСТ 16518-96, свердло Р9 середня серія 7,5х109 ГОСТ 10902-77, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80, шаблон різьбовий.

020 Токарна

Точити поверхню 2 з $\varnothing 2$ мм до $\varnothing 25,1$ мм на довжині 15 мм.

Верстат токарно-гвинторізний 16К20Г, патрон повідковий, центр упорний, різець прохідний Р 9 - 2101-0038, гак металевий, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.

025 Шліфувальна

Шліфувати поверхню 2 з $\varnothing 25,1$ мм до $\varnothing 25^{+0,008}_{-0,022}$ мм на довжині 15 мм.

Круглошліфувальний верстат ЗУ12УА.

Шліфувальне коло ПП 100 Г - 20 Г - 32 ЕК36-60 СМ1, мікрометр МК 0-25 ГОСТ 4381-68, центри, хомутик.

030 Контрольна

Контролювати розміри та якість відновлених поверхонь.

Комплект обладнання "Ремдеталь", Твердомір ТК 600, штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1, мікрометр МК 0-25-0,01 ГОСТ 4381-68.

2.4. Вбір параметрів режимів відновлення та розрахунок норм часу

005 Зварювальна

Заварювання 4х зношених різьбових отворів (дефект 1) М8х1,5 на довжині 26 мм.

Основний час ручного дугового зварювання визначається за формулою:

$$T_0 = G/V_H, \quad (2.5)$$

де G – вага наплавленого металу, г;

V_n – швидкість наплавлення, г/год;

Вагу наплавленого металу визначаємо з виразу:

$$G = L \cdot F \cdot \gamma, \quad (2.6)$$

де L – довжина, см;

F – площа повздовжнього перерізу, см^2 ;

γ - густина металу, г/см^3 .

Тоді:

$$G = (26 \times 4) \cdot 0,8 \cdot 7,8 = 374,4 \text{ г.}$$

Швидкість наплавлення визначаємо з виразу:

$$V_n = \alpha \cdot I, \quad (2.7)$$

де α - коефіцієнт наплавки, ($\alpha=10$) г/а·год;

I – сила струму, А ($I=160\text{А}$).

$$V_n = 10 \cdot 160 = 1600 \text{ г/год.}$$

Основний час для зварної операції буде

$$T_o = \frac{G}{V_n} = \frac{374,4}{1600} = 0,23 \text{ хв} \quad (2.8)$$

Допоміжний час, що пов'язаний з зварюванням складає $T_{в1}=1,5$ хв. Допоміжний час, що пов'язаний з встановленням та знаттям деталі вагою до 15 кг дорівнює $T_{в2}=0,6$ хв.

Повний допоміжний час

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ хв.} \quad (2.9)$$

Знаходимо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 0,23 + 2,1 = 2,33 \text{ хв.} \quad (2.10)$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{дод} = \frac{T_{оп} \cdot K}{100} = \frac{2,33 \cdot 8}{100} = 0,02 \text{ хв.} \quad (2.11)$$

де K – коефіцієнт, що враховує долю додаткового часу від оперативного, $K=8$.

Підготовчо заключний час складає $T_{пз} = 10 \text{ хв.}$

Норма часу на операцію:

$$T_n = T_o + T_{дон} + T_{дод} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,23 + 2,1 + 0,02 + \frac{10}{1} = 12,35 \text{ хв}$$

де n – кількість деталей в партії.

010 Наплавлювальна

Наплавити поверхню 2 під підшипник з $\varnothing 24,9$ мм до $\varnothing 27$ мм на довжині 15 мм. Наплавити шар товщиною 1 мм.

Режими наплавлювання:

1. Товщина наплавлюємого шара – не більше 1 мм;
2. Діаметр електродного дроту – 1,6 мм;
3. Сила струму - 140 ... 150А;
4. Напруга - 24В;

5. Крок наплавлювання – 1,8 мм/об;
6. Швидкість подачі дроту – 1,5 м/хв.;
7. Швидкість наплавлювання – 1,5 м/хв.;
8. Витрата CO₂ – 20 л/хв.

Основний час для наплавлення визначасмо з виразу:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad (2.12)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

i – кількість проходів;

n – кількість обертів деталі, хв⁻¹;

S – подача, мм/об.

Кількість проходів визначають за формулою:

$$i = \frac{D - d}{2t}, \quad (2.13)$$

де D, d – діаметр деталі до і після наплавлення, відповідно;

t – наплавлений шар металу за 1 прохід, мм ($t = 1$ мм);

$$i = \frac{27 - 24,9}{2 \cdot 1} = 1$$

Кількість обертів деталі визначасмо за формулою:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{1,5}{24,9} = 19,1 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.14)$$

де V – колова швидкість деталі, м/хв;

Розраховуємо основний час:

$$T_o = \frac{15 \cdot 1}{19 \cdot 1,8} = 0,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Для деталі, що встановлена в центрах, час на встановлення та зняття складає $T_{д1}=0,5$ хв., допоміжний час, який пов'язаний з наплавленням складає $T_{д2}=0,9$ хв на один прохід [20, 21].

Тоді загальний допоміжний час складає

$$T_d = T_{д1} + T_{д2} = 0,5 + 0,9 = 1,4 \text{ хв.} \quad (2.15)$$

Оперативний час на операцію

$$T_{оп} = 0,4 + 1,4 = 1,8 \text{ хв.}$$

Додатковий час на операцію розраховуємо як

$$T_{доо} = \frac{1,8 \cdot 15}{100} = 0,27 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає $T_{пз} = 16$ хв.

Тоді норма часу на проведення операції:

$$T_n = 0,4 + 1,4 + 0,27 + 16/1 = 18,07 \text{ хв.}$$

015 Свердлильна

Перехід 1. Встановити деталь, закріпити.

Перехід 2. Свердлити 4 отвори (дефект 1) до $\varnothing 7,5$ мм на довжині 26 мм, нарізати різьбу М 8х1,5.

Швидкість різання дорівнює $V = 12,9$ м/хв., а число обертів $n=137$ об/хв.

Основний час на виконання даного проходу дорівнює:

Основний час (T_o) при свердлінні отвору визначається за формулою:

$$T_o = \frac{26}{137 \cdot 0,58} = 0,5 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний з проходом, буде дорівнювати $T_{доп} = 0,75$ хв. Так як у нас 2 отвори то допоміжний час становитиме $T_{доп} = 1,5$ хв.

Перехід 3. Нарізати різьбу М 8 x 1,5 в двох отворах на довжині 26 мм.

Частота обертання інструменту

$$n = \frac{318 \cdot V}{D} = \frac{318 \cdot 4,5}{7,5} = 190,8 \text{ об/хв}$$

Основний час (T_o) при нарізанні різьби визначається за формулою:

$$T_o = \frac{26}{190 \cdot 0,18} = 1,1 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний з проходом, буде дорівнювати $T_{доп} = 0,75$ хв. Так як у нас 2 отвори то допоміжний час становитиме $T_{доп} = 1,5$ хв.

Перехід 4. Переустановити деталь в лещатах.

Перехід 5. Свердлити два отвори 1, діаметром $\varnothing 7,5$ мм на довжині 26 мм.

Швидкість різання дорівнює $V = 12,9$ м/хв., а число обертів $n=137$ об/хв.

Основний час на виконання даного проходу дорівнює:

Основний час (T_o) при свердлінні отвору визначається за формулою:

$$T_o = \frac{26}{137 \cdot 0,58} = 0,5 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний з проходом, буде дорівнювати $T_{\text{доп}} = 0,75$ хв. Так як у нас 2 отвори то допоміжний час становитиме $T_{\text{доп}} = 1,5$ хв.

Перехід 6. Нарізати різьбу М 8 x 1,5 в двох отворах на довжині 26 мм.

Частота обертання інструменту

$$n = \frac{318 \cdot V}{D} = \frac{318 \cdot 4,5}{7,5} = 190,8 \text{ об/хв}$$

Основний час (T_o) при нарізанні різьби визначається за формулою:

$$T_o = \frac{26}{190 \cdot 0,18} = 1,1 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний з проходом, буде дорівнювати $T_{\text{доп}} = 0,75$ хв. Так як у нас 2 отвори то допоміжний час становитиме $T_{\text{доп}} = 1,5$ хв.

Визначимо загальний основний час.

$$T_o = 3,2 \text{ хв}$$

Загальний допоміжний час

$$T_{\text{доп}} = 6 \text{ хв.}$$

Визначимо оперативний час за формулою:

$$T_{\text{оп}} = 3,2 + 6 = 9,2 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$T_{\text{доо}} = \frac{9,2 \cdot 9}{100} = 0,8 \text{ хв}$$

Із табл. 103 [21] при закріпленні деталі в лещатах підготовчо-заключний час $T_{\text{п.з}} = 6$ хв.

Тоді норма часу на операцію буде дорівнювати:

$$T_{\text{н}} = 3,2 + 6 + 0,8 + \frac{6}{1} = 16 \text{ хв}$$

020 Токарна

Точити поверхню 2 з $\text{Ø} 27$ мм до $\text{Ø} 25,1$ мм на довжині 15 мм.

Визначаємо припуск на токарну обробку

$$h = \frac{D-d}{2} = \frac{27-25,1}{2} = 0,95 \text{ мм.}$$

Призначаємо глибину різання 0,95 мм, тобто знімаємо весь припуск за один прохід, тоді $i = 1$.

По прийнятій глибині різання та діаметру заготовки, вибираємо повздовжню подачу $S = 0,3$ мм/об [21].

Швидкість різання вибираємо по прийнятій повздовжній подачі та глибині різання, вона становитиме $V = 75$ м/хв [21].

Збільшуємо швидкість різання, враховуючи поправочний коефіцієнт, що залежить від марки сталі $K_{\text{м}} = 1,7$ [21].

$$V = V \cdot K_{\text{м}} = 75 \cdot 1,7 = 127,5 \text{ м/хв.} \quad (2.16)$$

Розраховуємо кількість обертів деталі за формулою

$$n = 318 \frac{127,5}{27} = 1501 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення частоти обертання верстата $n = 1250$ об/хв.

Розрахунок основного часу:

Визначаємо довжину поверхні, що обробляється з врахуванням врізання та перебігу різця:

$$L = l + y, \quad (2.17)$$

де l – довжина поверхні деталі, що обробляється;
 y – величина врізання, мм ($y=3,5$).

$$L = 15 + 3,5 = 18,5 \text{ мм.}$$

Основний час розраховуємо по формулі;

$$T_o = \frac{18,5 \cdot 1}{1250 \cdot 0,3} = 0,22 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Допоміжний час на встановлення зняття деталі становить 0,33. Згідно [21] при роботі на верстаті з висотою центрів 200 мм, допоміжний час, пов'язаний з проходом, складає $T_d = 0,5$ хв.

$$T_d = 0,33 + 0,5 = 0,83 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = 0,22 + 0,83 = 1,05 \text{ хв.}$$

Додатковий час на операцію

$$T_{\text{дод}} = \frac{1,05 \cdot 8}{100} = 0,08 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає $T_{\text{пз}} = 9$ хв.

Норма часу на операцію складає:

$$T_{\text{н}} = 0,22 + 0,83 + 0,08 + 9/1 = 10,13 \text{ хв.}$$

025 Шліфувальна

Перехід 1. Шліфувати поверхню 2 з $\varnothing 25,1$ мм до $\varnothing 25_{-0,022}^{-0,008}$ мм на довжині 15 мм.

Для шліфування даної поверхні приймаємо поперечну подачу $s_{\text{поп}} = 0,01$ мм/об, повздовжня подача в долях ширини круга $\beta = 0,2$ та швидкість різання $V = 20$ м/хв.

Приймаємо ширину шліфувального круга $b = 20$ мм.

Визначаємо повздовжню подачу за виразом:

$$S_{\text{п}} = \beta \cdot b = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мм/об.} \quad (2.18)$$

Визначаємо припуск на обробку

$$h = \frac{25,1 - 25}{2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Розраховуємо кількість проходів в залежності від прийнятої глибини шліфування:

$$i = \frac{0,05}{0,05} = 1 .$$

Приймаємо 1 прохід.

Визначаємо частоту обертання за формулою

$$n = 318 \frac{20}{25,01} = 253 \text{ хв}^{-1} .$$

Приймаємо значення обертів з паспортних даних верстата $n = 253 \text{ хв}^{-1}$ так як у верстата безступінчасте регулювання обертів.

Розраховуємо основний час без виходу кола за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} \cdot k_3 , \quad (2.19)$$

де k_3 – коефіцієнт зачисних ходів ($k_3 = 1,2..1,7$).

$$T_o = \frac{(15 + 3) \cdot 1}{253 \cdot 4} \cdot 1,2 = 0,02 \text{ хв} .$$

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі складає $T_{д1} = 0,5 \text{ хв}$, а допоміжний час пов'язаний з проходом $T_{д2} = 1 \text{ хв}$. (на першій поверхні однієї деталі). Таким чином допоміжний час складе:

$$T_d = 0,5 + 1 = 1,5 \text{ хв} .$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = 0,02 + 1,5 = 1,52 \text{ хв} .$$

Доля додаткового часу від оперативного при шліфуванні складає 9%.

$$T_{\text{дод}} = \frac{1,52 \cdot 9}{100} = 0,14 \text{ хв.}$$

При обробці деталі в центрах підготовчо-заклучний час буде дорівнювати $T_{\text{пз}} = 7 \text{ хв.}$

Норма часу на операцію складає:

$$T_{\text{н}} = 0,02 + 1,5 + 0,14 + 7/1 = 8,66 \text{ хв.}$$

030 Контрольна

Контролювати розміри та якість відновлених поверхонь.

Таким чином загальна норма часу на відновлення деталі складе

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{н1}} + T_{\text{н2}} + T_{\text{н3}} + T_{\text{н4}}, \text{ хв.} \quad (2.20)$$

$$T_{\text{нз}} = 12,35 + 18,52 + 16 + 10,13 + 8,66 = 65,66 \text{ хв.}$$

Враховуючи альтернативний вид відновлення електроіскровою обробкою, можна виключити токарну операцію таким чином відбудеться економія часу, матеріалів, а враховуючи те, що даним способом можна відновити деталь не знімаючи з машини він взагалі є дуже перспективним.

Порівняльні данні наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння методів відновлення валу

Операція	Технологія	
	Базова з використанням CO ₂	Розроблена з використанням ЕІО
	Час операцій, хв	
005 Зварювальна	12,35	12,35

010 Наплавлювальна	18,52	16,2
015 Свердлильна	16	16
020 Токарна	10,13	-
025 Шліфувальна	8,66	8,66
Всього	65,66	53,21

Таким чином час відновлення деталі із застосуванням електроіскрового метода відновлення скоротиться на 19 %, що є непоганим показником.

2.5. Висновки

Проведений аналіз дефектів валу головного зчеплення вказує на те, що близько 65-70 % відмов припадають на знос поверхні під підшипник 62205 і знос поверхні не перевищує 0,1 мм, а це дуже малий знос і потребує використання спеціальних способів відновлення, які не можливо реалізувати у більшості ремонтних підприємств. Також встановлено що найбільш економічно вигідним методом який використовується більшістю ремонтних підприємств є наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Заміна способу відновлення поверхні під підшипник з наплавлення в середовищі вуглекислого газу на відновлення електроіскровою обробкою дає можливість знизити час відновлення на 19 %, а при наявності тільки одного дефекту (знос посадкової поверхні під підшипник 62205) його можливо усунути не знімаючи вал з трактора.

Також відновлення поверхні сталлю 65Г дає можливість суттєво поліпшити міцність поверхні деталі.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Установка, режими та методика нанесення електроіскрового покриття

Одним зі способів легування та наплавлення поверхні деталі або її елементів є електроіскрове легування, яке супроводжується різними фізико-хімічними перетвореннями поверхневого зміцненого шару деталі. Воно дозволяє підвищити зносостійкість і твердість, жаростійкість, корозійну стійкість поверхонь деталей і знизити їхній коефіцієнт тертя, а також зробити ремонт і відновити розміри зламані деталі, надавши їй поверхневому шару нові властивості.

Важною технологічною характеристикою процесу ЕІЛ є інтенсивність формування поверхневого шару, яка залежить від величини енергії розряду, що виділяється в межелектродний проміжок й середнього струму джерела робочих імпульсів. У процесі обробки виникає необхідність управляти даними параметрами, що здійснюється за допомогою зміни режимів.

Різні режими обробки застосовують залежно від вимог, пропонованих до формованої поверхні, її чистоти, сплошності, товщині, пористості, а також припустимій величині перехідного шару. Енергія розряду звичайно варіюється в діапазоні від частоти до 8 Дж, а середній струм – від 0,2-0,5 до 50-80 А і більше.

Умовно режими ЕІЛ (табл. 3.1) підрозділяють на «м'які» (№ 1, 2) і «грубі» (№ 8, 9). Чим м'якше застосований режим обробки, тобто чим менше енергія розряду, тем менше товщина нанесеного шару і його шорсткість. У цьому випадку має місце досить невелика товщина перехідного шару, а сам нанесений шар найбільш щільний і поверхня його найбільш чиста.

Таблиця 3.1 Характеристика режимів ЕІЛ установки «Елітрон-20»

Умовні номери режимів легування	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	М'які			Грубі					
Положення перемикача «Ємність»	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Положення перемикача «Напруга»	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Ємність батарей накопичувачних конденсаторів, мкФ	210	420	630	210	420	630	210	420	630
Амплітуда імпульсів напруги на накопичувальних конденсаторах, В	40	40	40	60	60	60	80	80	80
Робочий струм, А	0,5	1,3	2,2	1,0	2,4	4,2	1,8	4,0	5,0

Склад шару, що утворюється на оброблюваній деталі, і його фізико-хімічні властивості найчастіше суттєво відрізняються від властивостей матеріалів. Варіюючи матеріал електродів і спосіб нанесення легованого шару, можна змінювати фізико-механічні властивості поверхні оброблюваної деталі.

В основному на структурі покриття, сформованого ЕІЛ, можна виділити дві ділянки: «білий» шар взаємної кристалізації і зони термічного впливу. У свою чергу зона термічного впливу містить у собі: дифузійний шар і перехідний. Білий шар має найвищу твердість і складається з різного роду нітридів і карбідів.

Склад білого шару залежить від матеріалу електрода. Наприклад, білий шар, що утворювався в результаті електроіскрового легування сталі 45 твердим сплавом Т15 К6, має мікротвердість 27-28 Гпа, складається в основному з карбідів вольфраму й титану. Ділянка зони термічного впливу має аустенітно-мартенсітно-карбідну структуру. Перехідний шар має аустенітно-сорбітно-мартенсітну структуру.

Аустенітна структура формується при охолодженні через дифузійне насичення сталі азотом. Чим менше проникає азоту в зону, тим більше при охолодженні буде мартенситної структури.

Схема та загальний вигляд установки наведено на рис. 3.1 та 3.2.

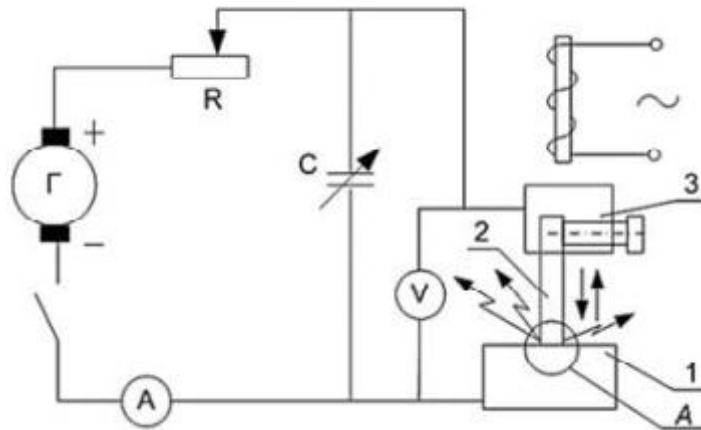


Рис. 3.1. Принципова схема електроіскрової установки ЕІЛ Елітрон 20
1 – деталь; 2 – електрод; 3 – електромагнітний вібратор;



Рис. 3.2. Установка электроіскрового легування «Елітрон-20»:
1 – генератор; 2 – вібробудник; 3 – експериментальний зразок; 4 – електроди.

Генератор складається із блоку живлення, зарядно-розрядного блоку й блоку керування. Живлення генератора здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 ± 11 В при частоті 50 Гц. Споживана потужність не більш 0,4 кВт. Зарядно - розрядний блок конденсаторів залежно від положення перемикача «Ємність» розташований на задній стороні панелі генератора, регулює величину ємності накопичувальних конденсаторів 200 мкФ і 360 мкФ. Амплітудне ж значення напруги на накопичувальних конденсаторах плавно регулюється від 15 до 90 В . Генератор створює імпульси технологічного струму в діапазоні від 0,5 до 2,8 А, живить обмотки вібратора, здійснює контроль установлених режимів обробки виробу й управляє технологічним процесом ЕІЛ.

Генератор виконаний у вигляді переносного приладу.

Вібратор змонтовано в діелектричному пластмасовому корпусі у якому закріплений сердечник електромагніту з котушкою. На якорі розташований механічний електродотримач. Вібратор призначений для комутування розрядного ланцюга вібруючим електродом із частотою 100 Гц, який періодично вступає в контакт із оброблюваним виробом. Розмір вібропересувань вібруючого електрода регулюється від 0,2 до 1,0 мм. Маса вібратора 0,26 кг.

Процес електроіскрового легування на установці «Елітрон-20» здійснюється при безпосередньому контакті електродом вручну. Процес ЕІЛ дозволяє одержати товщину шару, що наноситься по найбільш виступаючих частинах рельєфу до 0,12 мм, висоту мікронерівностей профілю покриття від 16 до 80 мкм із продуктивністю нанесення покриття до $5,0 \text{ см}^2/\text{хв}$.

3.2. Зразки для випробування

Досліджувалися два типи зразків прямокутного і круглого перетинів зі сталі 18 ХГТ. Сталь 18 ХГТ обрано тому, що з неї виготовлено ремонтуємий вал зчеплення. Покриття на бічну основну поверхню зразка наносили методом електроіскрового легування електродом, виготовленим із сталі 65Г на установці «Елітрон 20» [23] (рис. 3.2.).



Рис. 3.3. Зразки для проведення дослідження

3.3. Методика нанесення покриття

Провести легування зразків зі сталі 18 ХГТ легуючим електродом зі сталі 65Г на «м'якому» і «грубому» режимах згідно з технологічною інструкцією при роботі на установці «Елітрон-20» згідно рис. 3.4.

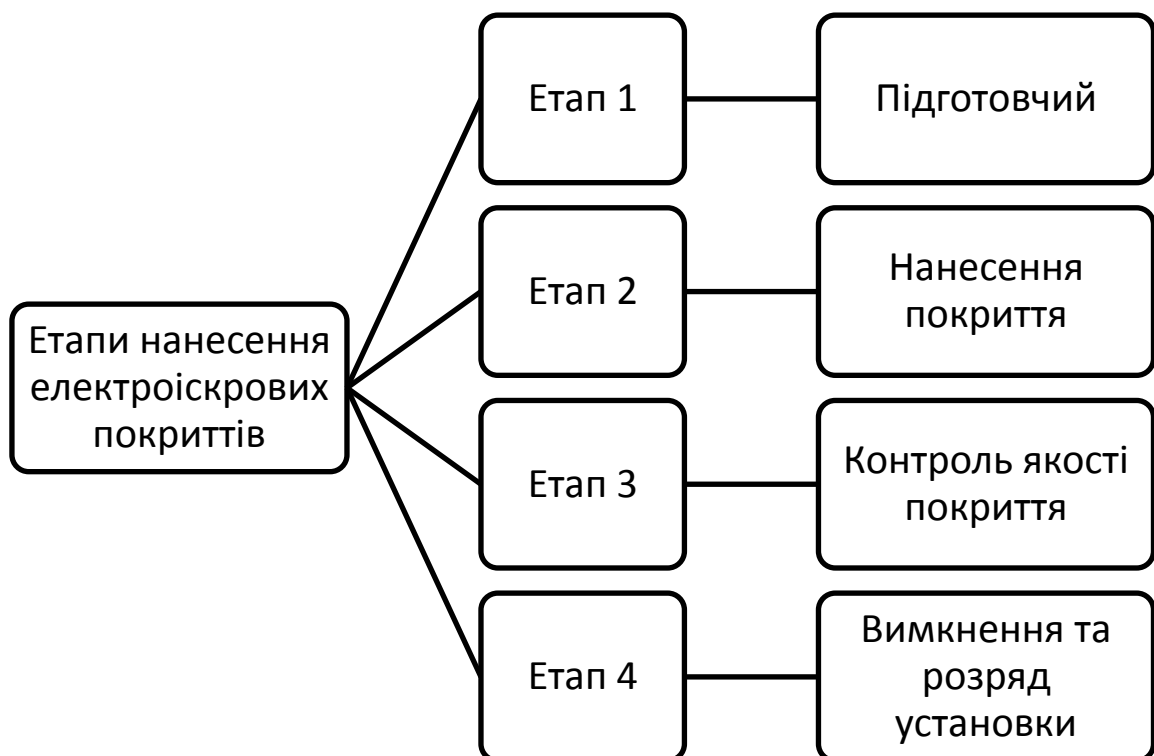


Рис. 3.4. Етапи нанесення електроіскрового покриття

Підготовка установки до роботи й порядок роботи виконується в наступній послідовності:

1. Розташувати генератор на робочому столі.
2. Приєднати до генератора вібратор.
3. Закріпити в електродотримачу обраний по перетину й марці електрод.
4. Приєднати кабель до генератора. Другий кінець кабелю приєднаєте до пристосування для кріплення оброблюваного зразка.
5. Підключити установку до мережі 220 В.
6. Установити робочий струм потенціометром «Струм» згідно з технологічною інструкцією по електроіскровому легуванню на установці «Елітрон-20».
7. Закріпити зразок у пристосуванні.
8. Включити установку. Взяти у руку вібратор.
9. Торкнутися електродом зразка (при контакті почне вібрувати електрод);
10. Відрегулювати амплітуду вібрації потенціометром «Амплітуда».
11. Почати легування зразку. Повільним переміщенням електроду по зразку.
12. Провести контроль обробленого зразка через 4-х кратну збільшувальну лінзу. Неопрацьовані місця на поверхні виробу обробити додатково.
13. Вийняти зразок із пристосування.
14. Після закінчення роботи виключити установку і дотиком до робочого столу розрядити ємності.

3.4. Методика дослідження шорсткості та мікротвердості поверхні

За результатами вимірів визначаємо поверхневий профіль уздовж прямої лінії й за допомогою програмного забезпечення розраховуємо параметри шорсткості поверхні (таблиця 3.3). вимірювання шорсткості проводимо на профілометрі моделі 170621 (рис. 3.5).

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика профілометра 170621

Параметри	Значення
Вимірюваний параметр шорсткості поверхні за ГОСТ 2789-73	Ra
Ступінь точності профілометра 170621	2
Верхня межа піддіапазона, мкм	0,1; 1; 10
Межа основної погрішності, що допускається, профілометра	0,03Ra _{вп} + 0,6Ra
Мінімальний крок шорсткості вимірюваної поверхні, мм	0,004
Рівень шуму й внутрішніх вібрацій по Ra, мкм, не більш	0,01
Відлік кроку, мм	0,25; 0,8; 2,5
Швидкість трасування датчика, мм/с	1
Довжина траси обмацування при вимірі, мм	1,5; 3; 6
Найменша дискретність відліку, мкм	0,0001
Мінімальний діаметр отвору, що перевіряється, мм: - на глибині до 20 мм - на глибині до 130 мм	6 16
Радіус кривизни щупа, мм	10+2,5
Радіус кривизни робочої частини опори датчика в площині виміру, мм, не менш	125
Габаритні розміри, мм, не більш: - привод - датчики - блок електронний - стійка	210x60x75 170x15,5x15,8 340x320x180 410x200x300
Маса, кг, не більш: - привод - датчики - блок електронний - стійка	1,2 0,2 7,0 16,2



Рис. 3.5. Профілометр 170621

Шорсткість вимірювалась контактним методом.

Мікротвердість вимірювали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Мікротвердомір ПМТ-3

Мікротвердомір ПМТ-3 являє собою прилад, призначений для вимірювання мікротвердості металів, сплавів, скла, абразивів, кераміки й мінералів вдавленням алмазних наконечників.

Оптична схема. Принцип дії мікротвердоміра заснований на вдавненні діамантового наконечника (піраміди) у досліджуваний матеріал під певним навантаженням і вимірі лінійної величини діагоналі отриманого відбитка. Число мікротвердості визначається розподілом нормального навантаження, прикладеному до діамантового наконечника, на умовну площу бічної поверхні отриманого відбитка.

При вимірі мікротвердості досліджуваний зразок установлюють на предметний столик і спостерігаючи в мікроскоп підбирають ділянку для відбитка, поміщаючи його в центрі поля зору мікроскопа. Потім, повертаючи предметний столик навколо осі на 180° упором, підводять зразок під наконечник з алмазною пірамідою. При цьому забезпечується точне сполучення місця, наміченого для випробування, з місцем фактичного відбитка.

Вдавнення виконують, обертаючи ручку арретира, що звільняє шток з навантажем. Після вдавнення пірамідки з певним навантаженням обертанням ручки арретира пірамідка піднімається.

Далі зразок обертанням предметного столика знову підводять під об'єктив мікроскопа й за допомогою окулярного мікрометра вимірюють довжину діагоналі відбитка при 200-кратному збільшенні.

Відлікове пристосування мікрометра складається з відлікового барабана й каретки з рухомою сіткою. На сітці є перехрестя для наведення на відбиток. Для виміру діагоналі відбитка спочатку підводять відбиток до перехрестя так, щоб лівий кут відбитка збігся з вершиною перехрестя, потім, обертаючи мікрометричний барабан мікрометра, підводять вершину перехрестя до протилежного кута відбитка.

Далі відзначають кількість розподілів, на яку був зміщений лімб барабана мікрометра при вимірі діагоналі відбитка. Виходячи зі знайденої кількості розподілів по таблиці [25], визначають довжину діагоналі в міліметрах і мікротвердість HV (кгс/мм²). Для підвищення точності виміру окуляр повертають на 90° й аналогічним чином вимірюють довжину другої діагоналі. По знайдених вели-

чинах обчислюють середнє арифметичне довжин діагоналей і визначають середнє значення мікротвердості.

Мікротвердість також може бути розрахована з урахуванням застосовуваного навантаження й середньої довжини діагоналі відбитка по формулі

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

де P – навантаження, прикладене до діамантового наконечника, кгс;

d – середнє арифметичне довжин діагоналей відбитка, мм;

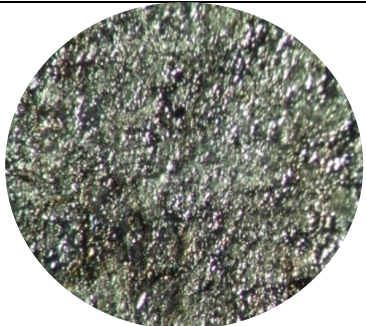
1,854 – коефіцієнт, що дозволяє перейти від довжини діагоналі відбитка до площі відбитка.

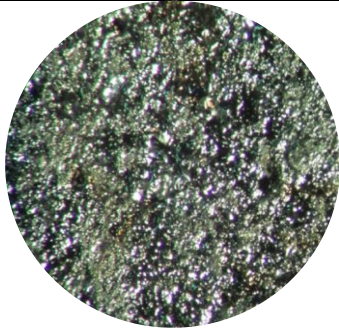
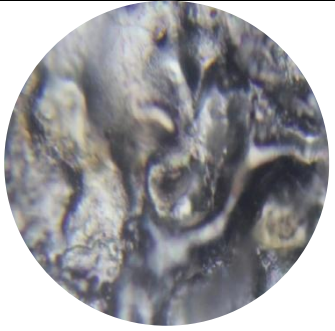
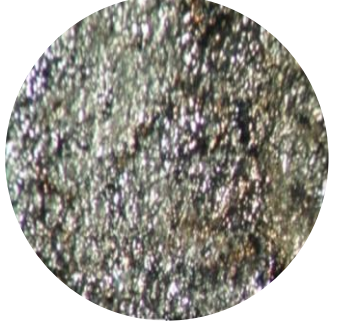
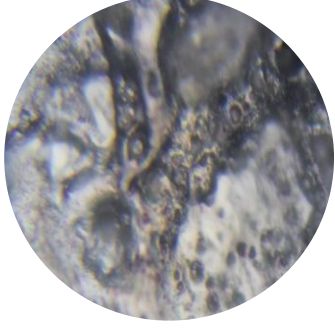
Вимірювання мікротвердості на кожному зразку повторювали не менш трьох раз.

3.5. Результати дослідження нанесеного шару

На поверхневий шар зразків зі сталі 18ХГТ було нанесено покриття зі сталі 65Г на різних режимах, результати занесено в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Мікро і макро фото зразків

Сила струму, А	Щільність струму, А/мм ²	Структура зразка під мікроскопом	
		X50	X200
0,8 – 1,0	0,04 – 0,51		

1,0 – 1,2	0,076 – 0,102		
2,5 – 2,6	0,127 – 0,132		

Твердості зразків з покриття й контрольного зразка без покриття були виміряні за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3М з навантаженням 0,98 Н відповідно до ДСТУ ISO 6507-1:2007 [25]. Контрольний зразок загартували при температурі 960 °С и відпустили при температурі 540 °С на протязі 2 годин. Результати по твердості наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Твердість поверхні зразків з покриттям при різній щільності струму й контрольного зразка без покриття

№ випробування	Твердість поверхні зразка, ГПа			
	Контрольний після термообробки	Покриття при щільності струму 0,04–0,51 А/мм ²	Покриття при щільності струму 0,076–0,102 А/мм ²	Покриття при щільності струму 0,127–0,132 А/мм ²
1	13,8	19,6	22,3	17,2
2	8,9	14,7	25,21	24
3	12,6	19,6	19,7	19,6
4	13,8	19	18	18,6
5	10,9	19	16,8	20,59
6	13,7	17,05	16,3	22,3

7	13,1	15,3	18,94	19,98
8	15,4	13,9	17,65	18,9
Сере- дне	12,77	17,25	19,44	20,14

На основі проведених випробувань було встановлено, що зразки сталі з нанесеним покриттям шляхом електроіскрового легування мають, більшу твердість у порівнянні зі зразками які піддали термообробці.

Товщину нанесеного шару вимірювали мікрометром рис. 3.7.



Рис. 3.7. Вимірювання товщини наплавленого шару

Результати виміру товщини та шорсткості наведені на рис. 3.8, 3,9.

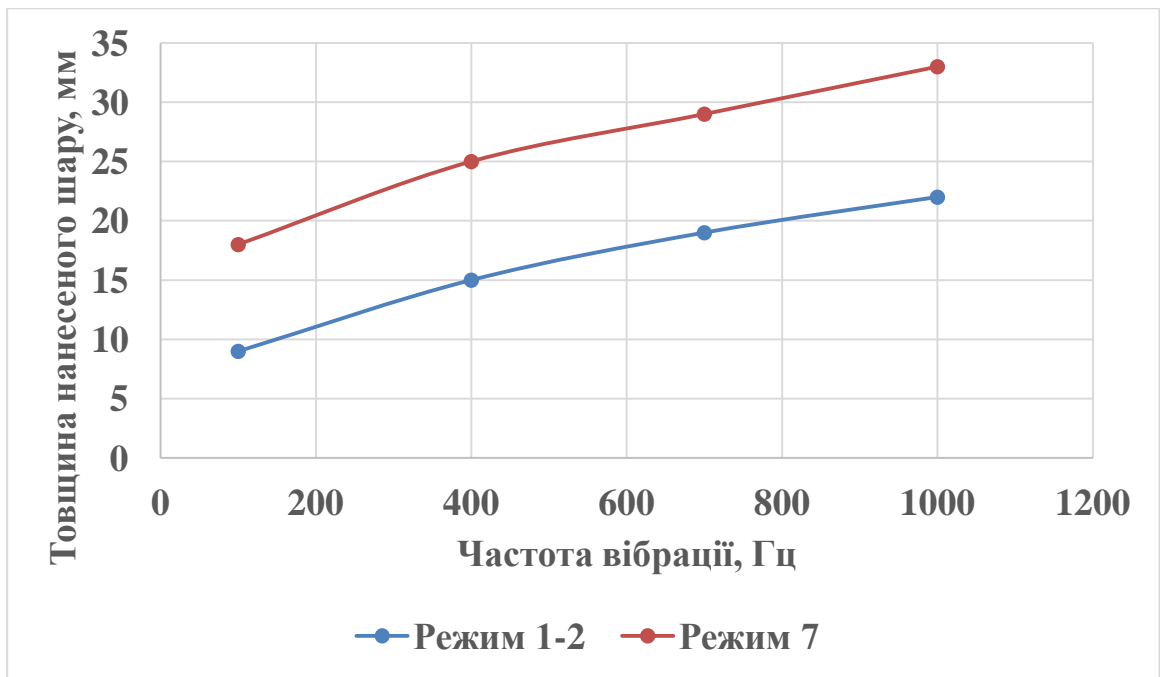


Рис. 3.8. Залежність товщини шару від частоти вібрацій електроду

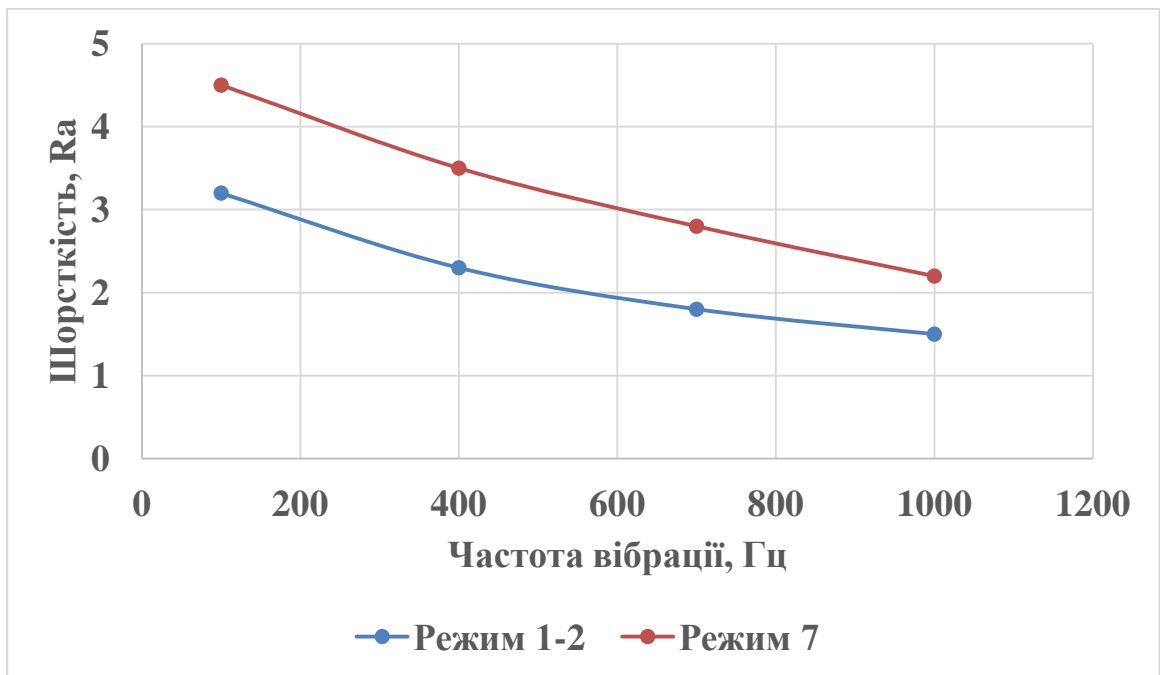


Рис. 3.9. Залежність товщини шару від частоти вібрацій електроду

3.5. Висновок

Спосіб електроіскрової обробки металів, заснований на явищі електричної ерозії матеріалів при іскровому розряді в газовому середовищі (переважно

на повітрі), полярного переносу продуктів ерозії на катод (деталь), на поверхні якого формується шар зміненої структури й складу.

Установки для ручного електроіскрового легування містять у собі наступні конструктивні елементи: генератор імпульсів, електромагнітний вібратор, легуючий електрод та деталь.

У якості легуючого матеріалу використовуються сталь 65Г. У якості робочого інструмента використовується ручний електромагнітний вібратор.

Процес електроіскрового легування містить у собі наступні основні етапи: підготовка, нанесення покриття, контроль якості покриття, вимкнення установки.

В результаті досліджень встановлено, що різні режими обробки суттєво впливають на властивості покриття. Так мікротвердість загартованого необробленого зразка виготовленого з валу зчеплення складає 15,4 ГПа, а на другому режимі обробки при щільності струму 0,076–0,102 А/мм² складає 25,21 ГПа. Тобто поверхня стала міцнішою на 39 %, що в свою чергу подовжить термін служби вузла.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ

4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ТОВ Агрофірма "Нібас"

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності." [27].

Керівництво ТОВ " Агрофірма "Нібас" створює безпечні умови праці на підприємстві згідно вимог [28].

Територія, будинки й устаткування майстерні в цілому задовольняють вимоги охорони праці.

Поверхні майданчиків для зберігання машини сплановані так, щоб дощові й поталі води стікали до стічних каналів, які перебувають поза територією. Ширина доріг для руху техніки задовольняє вимоги 7 м, що дозволяє рух у двосторонньому напрямку. На території немає відкритих ям і люків.

Освітлення достатнє, вентиляція витяжна. Усе устаткування заземлене, заземлення контролюється енергетиком господарства. Між верстатами відстань 2-3 м, що задовольняє вимоги.

Усі працівники ЦРМ регулярно проходять інструктажі з охорони праці (як постійні, так і тимчасові) згідно [29]. Вступний і первинний інструктаж проводить спеціаліст із охорони праці господарства, чергові, позачергові інструктажі й інструктажі на робочому місці проводять інженерно-технічні працівники, які призначені керівником. Структура служби охорони праці наведено на рис. 4.1.

Облік інструктажів з охорони праці ведеться в спеціально заведених журналах. Періодичність проведення чергових інструктажів – 3 місяця. Атестація на знання правил електробезпечності, вимог охорони праці й пожежної безпеки проводиться 1 раз на рік для працівників майстерень і механізаторів і 1 раз в 3

роки атестуються інженерно-технічні працівники.



Рис. 4.1. Структура служби охорони праці ТОВ АФ "Нібас"



Рис. 4.2. Проведення інструктажу в ТОВ АФ "Нібас"

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці з відновлення деталей зварюванням та наплавленням

Ремонтна майстерня була збудована ще на початку 80х років і має парову

систему опалення, вода в яку підігрівається власною котельнею. Котельня розрахована на роботу на вугіллі. На сьогодні це дуже дорого і тому майстерня не опалюється. Опалювання відбувається пічками типу "буржуйка" в яких спалюють дрова, а інколи і все що горить (гумові шини, паси та інше). Так як в майстерні холодно і наявні протяги, робітники хворіють.

Із професійних захворювань переважає ревматизм. Раніше господарство забезпечувало працівників пільговими санаторними путівками, зараз на жаль через відсутність коштів це не проводиться.

На лікарняних – персонал в основному перебуває у весняно-зимовий і осінньо-зимовий період. Більшість людей важко переносять перехідні періоди й хворіють простудними захворюваннями (на жаль в ремонтній майстерні працюють робітники передпенсійного віку).

При зварюванні й наплавленні організм людини може зазнати хімічного, фізичного й психофізіологічного впливу.

Хімічний вплив при ручному дуговому зварюванні вуглецевої сталі електродами із фтористо-кальцієвим покриттям виділяє зварювальний пил, основними компонентами якого є з'єднання заліза, марганцю, кремнію, титана, токсичні речовини - фториди, а газ, що також виділяється, - фтористий водень.

При наплавленні під флюсом при утворенні порівняно невеликої кількості зварювального пилу спостерігається підвищене виділення фтористого водню. Наявність у зварювальному пилу й газах перерахованих вище речовин може привести до виникнення у зварювальників гострих отруєнь і хронічних професійних захворювань - бронхіту, пневмоконіоза й ін.

Фізичний вплив. При роботі із флюсами під час технологічного процесу, пов'язаного із засипанням флюсу в бункер, а також при очищенні швів від шлакової кірки, у повітрі робочої зони втримується дрібнодисперсний пил, що утворюється від механічного подрібнення флюсу і шлакової кірки.

При ручному дуговому зварюванні спостерігається підвищена яскравість світла й високий рівень ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювання. Ці випромінювання можуть викликати такі захворювання як електроофтальмо-

лія, кон'юнктивит, помутніння кришталика ока.

Відсутність спеціального одягу й взуття, що захищає зварників від теплового опромінення, може привести до порушення терморегуляції організму й викликати тепловий удар.

Рівень шуму на робочих місцях є помірним. Велика напруга в електричному колі, замикання якої може відбутися через тіло людини при зіткненні з відкритими струмоведучими частинами встаткування, може викликати небезпеку ураження окремих його органів або організму в цілому. Іскри, бризи й викиди розплавленого металу й шлаків можуть стати причиною опіків шкірних покривів, травмування органів зору. Крім того, вони підвищують небезпеку виникнення пожеж.

Психофізіологічний вплив на людину може проявлятися у вигляді фізичних і нервово-психічних навантажень. Фізичним навантаженням при ручному дуговому зварюванні є статична перенапруга, викликана тривалістю безперервної роботи, підтримки робочої пози. Нервово-психічне навантаження викликає напруга зору, викликаного безперервністю спостереження за якістю звареного шва, а також несприятливими умовами роботи органів зору.

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

Для запобігання захворювань в господарстві за наказом керівництва проводять такі заходи:

- ліквідуються протяги в приміщеннях;
- вчасно видавати теплий спецодяг;
- регулярно проводиться роз'яснення про причини хвороб місцевим лікарем.

При неможливості застосування безпечного й нешкідливого технологічного процесу необхідно застосовувати заходу щодо зниження рівнів небезпечних і шкідливих факторів до гранично припустимих значень.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони на робочих місцях повинен відповідати вимогам, зазначеним у ДСН 3.3.6.037-99, ДСН 3.3.6.042-99 [29, 30].

Допустимі рівні ультразвуку на робочому місці оператора й у зварювальних цехах протягом восьмигодинного робочого дня повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 [31].

Допустимі рівні виробничої локальної вібрації від допоміжного устаткування повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 [31].

При неможливості зниження рівнів небезпечних і шкідливих факторів до гранично допустимих значень за умовами технології забороняється робити зварювання, наплавлення й різання металів без оснащення працівника відповідними засобами колективного й індивідуального захисту, що забезпечують безпека.

4.4. Правила безпечного виконання робіт при зварювальних та наплавочних роботах

Безпека виконання робіт у зварювальному виробництві багато в чому залежить від організації робочого місця [32]. Робоче місце зварювальника, з одного боку, - це оснащена необхідними технічними засобами підсистема людина - машина в структурі зварювального виробництва, з інший, - частину виробничої площі ділянки, цеху або монтажного майданчика, на якому один зварювальник або бригада виконують операції по виготовленню зварних конструкцій чи проводять наплавлювальні роботи.

Основне завдання організації робочого місця, а також його обслуговування - забезпечити умови безперебійної високоякісної роботи зварювальника при оптимальному фізичному навантаженні й нервовій напрузі, а також при умовах праці, безпечних як для зварника, так і для осіб, що перебувають поблизу його.

Від організації робочого місця у великому ступені залежать небезпечні й шкідливі психофізіологічні виробничі фактори: фізичні (статичні й динамічні) і

нервово-психічні (перенапруга аналізаторів, монотонність праці), розумові й емоційні перевантаження.

Відомо, що при ручному зварюванні, виконуючи робочі рухи з невеликою швидкістю при напруженій робочій позі й безперервному спостереженні за зоною зварювання, зварник випробовує в основному тривалі статичні навантаження. Статичні навантаження при зварюванні залежать від маси інструмента (електродотримача, шланга з пальником), захисного щитка й твердості спецодягу, а також робочої пози зварника.

Робоча поза - координоване положення частин тіла зварника при роботі в різних положеннях (коштуючи, сидячи й лежачи) - визначається розташуванням зони зварювання в просторі, а також конструктивними особливостями, інструмента, спецодягу, зварювального й організаційного оснащення. Загальне для всіх робочих поз зварників - змушене положення тіла й тривала статична напруга м'язів: локальне (м'яза руки, що втримують інструмент) і регіональне (м'яза, що підтримують робочу позу).

Просторове планування робочого місця, під якою розуміють взаємне просторове розташування зварювального вузла, зварювального встаткування, технологічного оснащення й зварника в процесі праці, виконують із обліком антропометричних і біомеханічних показників зварника, а також характеристик його зору при забезпеченні мінімальної довжини переходів, мінімальної напруженості робочої пози й максимальної безпеки умов праці.

Для зниження втоми зварювальника зону зварювання необхідно розташувати в межах оптимальної робочої зони (рис. 4.2). Це забезпечує досить чітку видимість зварювальної ванни, необхідну точність рухів, найменша напруга м'язів робочої руки й робочу позу без надмірно стомлюючих статичних навантажень. На стаціонарних робочих місцях необхідне положення зони зварювання досягається поворотом і установкою вузла, що зварюється, за допомогою пристосувань. Висота розташування зони зварювання повинна враховувати ріст зварювальника Н.

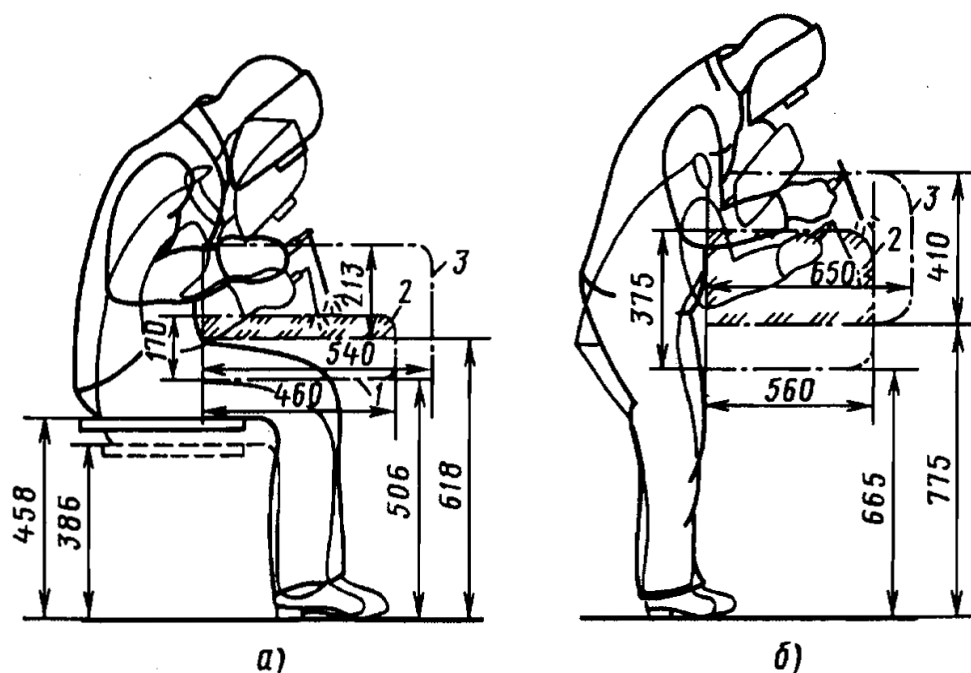


Рис. 4.2. Розміри й просторові положення оптимальної робочої зони (ОРЗ) при ручному зварюванні сидячи (а) і стоячі (б)

1 - ОРЗ зварювальника низького зросту (158,5 см і менш); 2 - зона антропометричної байдужності; 3 - ОРЗ зварника високого зросту (177,5 см і більше)

Основні параметри стаціонарного робочого місця - це висота d зони зварювання від підлоги й глибина z її розташування від краю стола, а також висота a сидіння й висота b підставки для ніг при зварюванні сидячи. Розміри робочого місця вибирають із урахуванням росту зварника. Щоб зручно було працювати на одному робочому місці зварникам різного росту, висоти d і e ухвалюють зручними для зварників високого зросту, а глибину z - для зварників низького росту. Для зручності роботи зварювальники низького росту повинні застосовувати підставку під ноги. Висоту b її й сидіння вибирають за графіком.

4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації (пожежі)

У випадку пожежі працівникам підприємства необхідно виконати наступні три дії:

- негайно повідомити по телефону про пожежу в пожежну охорону;

- Сповістити про пожежу всіх працівників;
- Вжити заходів по евакуації людей, гасінню пожежі, збереженню матеріальних цінностей.

При виявленні в процесі роботи загорянь необхідно роботу призупинити й вжити заходів до їхнього гасіння. У випадку неможливості ліквідувати загоряння власними силами необхідно повідомити бригадира або керівника робіт.

У випадку виникнення несправності зварювального агрегату, зварювальних проводів, електродотримачів, захисного щитка або шолома-маски необхідно припинити роботу й сповістити про це бригадирові або керівникові робіт. Відновити роботу можна тільки після усунення всіх несправностей відповідним персоналом.

У випадку виникнення загазованості приміщень при відсутності витяжної вентиляції роботи необхідно призупинити й провітрити приміщення. Роботи також повинні бути припинені при виконанні їх поза приміщеннями при виникненні дощу або снігопаду. Роботи можуть бути відновлені тільки після припинення дощу або снігопаду або пристрою навісу над місцем роботи електрозварювача.

4.6. Висновок

В розділі проведено аналіз роботи служби охорони праці ТОВ "Нібас" і встановлено рівень охорони праці, як задовільний. Виявлено небезпечні та шкідливі фактори, що присутні в майстерні та на дільниці зварювання і наплавлення, а також розроблено заходи по їх усуненню.

5. РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ЗЧЕПЛЕННЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ МЕТОДОМ

Розрахунки основних показників виконуємо згідно рекомендацій [33], а також за результатами розрахунків в розділі 2 пояснювальної записки.

Розрахунок економічної ефективності виконуємо для річної програми відновлення валів $W = 100$ шт.

Вартість технічного оснащення технологічного процесу становить:

$$\Phi_{oc} = C_{об} + C_{осн} + C_{птз} \quad (5.1)$$

де $C_{об}$ – питома вартість обладнання (10000 ... 12000 грн. на одного робітника), грн.;

$C_{осн}$ – вартість технологічного оснащення, грн..

$C_{птз}$ – вартість підйомно-транспортних засобів, грн.

$$C_{осн} = 0,2 \cdot C_{об} = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ грн.}$$

$$C_{птз} = 0,25 \cdot C_{об} = 0,25 \cdot 1000 = 250 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{oc} = 10000 + 200 + 250 = 10450 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості виконання ремонтних робіт виконуємо за формулою:

$$C_{п} = C_{зпн} + A_{об} + C_{р.об.} + C_{м} + C_{е} . \quad (5.2)$$

Заробітна платня основних виробничих працівників становить:

$$C_{з.п.н.} = C_0 + C_{дод} + C_{нрх}, \quad (5.3)$$

$$C_0 = T \cdot C_{год} \cdot W = 0,88 \cdot 85 \cdot 100 = 7480 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де T – трудомісткість виконання робіт, люд.-год,

$C_{год}$ – середня погодинна ставка робітника, грн.;

W – річна програма робіт, шт.

$$C_{дод} = C_0 \cdot K_{дод} = 0,08 \cdot 7480 = 598 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$C_{нрх} = 37\% (C_0 + C_{дод}) = 0,37(7480 + 598) = 2989 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

$$C_{зпн} = 7480 + 598 + 2989 = 11067 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію обладнання становлять:

$$A_{об} = K \cdot C_{об} = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Відрахування на ремонт обладнання становлять:

$$C_{р.об.} = K \cdot C_{об} = 0,035 \cdot 1000 = 35 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

Відрахування на ремонтні матеріали становить:

$$C_m = 0,15 \cdot C_0 = 0,15 \cdot 7480 = 1122 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Витрати на електроенергію становлять:

$$C_e = W_{e.p.} \cdot C_e = 44 \cdot 3,26 = 143,4 \text{ грн.} \quad (5.10)$$

де $W_{e.p.}$ - витрата електроенергії на технологічний процес, кВт.

C_e - вартість кВт/год. електроенергії, грн.

$$C_n = 11067 + 100 + 35 + 1122 + 143,4 = 12467,4 \text{ грн.}$$

Витрати на одну деталь становлять:

$$B_\delta = \frac{C_n}{W} = \frac{11467,4}{100} = 114,7 \text{ грн} \quad (5.11)$$

Приведені витрати становлять:

$$B_{np}^1 = B_\delta + (K_n + K_\delta) = 114,7 + (0,15 \cdot 104,5) = 130,4 \text{ грн} \quad (5.12)$$

де K_n – нормативний коефіцієнт відрахунків, $K_n = 0,15$

K_δ – капіталовкладення на одну деталь, грн.

$$K_\delta = \frac{\Phi_{oc}}{W} = \frac{10450}{100} = 104,5 \text{ грн} \quad (5.13)$$

З урахуванням ПДВ витрати на одну деталь становить:

$$B_{np} = B_n^1 + (20\% \cdot B_n^1) = 130,4 + (0,2 \cdot 130,4) = 156,5 \text{ грн.} \quad (5.14)$$

Прейскурантна ціна на одну деталь становить:

$$C_d = 230 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності становить:

$$P_p = \frac{C_D - B_{np}}{B_{np}} \cdot 100\% = \frac{230 - 156,5}{156,5} \cdot 100 = 46,9, \% \quad (5.15)$$

Річний економічний ефект складе

$$E_p = (C_D - B_{np}) \cdot W = (230 - 156,5) \cdot 100 = 7350 \text{ грн} \quad (5.16)$$

Термін окупності витрат складає:

$$O_p = \frac{\Phi_{oc}}{E_p} = \frac{10450}{7350} = 1,4 \text{ років} \quad (5.17)$$

Оцінку доцільності використання розробленої технології відновлення деталі виконуємо за технічно-економічним критерієм і співставленням значень O_p та коефіцієнта ефективності K_e з нормативними ($K_{e.n.} > 0,15$, $O_{p.n.} < 6,6$ років).

$$K_e = \frac{(C_D - B_{np}) \cdot W}{\Phi_{oc}} = \frac{(230 - 156,5) \cdot 100}{10450} = 0,7 \quad (5.18)$$

На підставі аналізу проведених розрахунків можна зробити висновок про доцільність використання розробленого технологічного процесу відновлення вала зчеплення трактора ПМЗ.

Таблиця 5.2 - Техніко-економічні показники відновлення вала зчеплення

Показники	Значення показників
Об'єм впровадження, шт.	100
Об'єм капіталовкладень, грн.	10450
Загальна трудомісткість, люд.-год.	88
Виробничі витрати, грн..	12467,4
Витрати 1 деталь з врахуванням ПДВ, грн.	114,7

Прейскурантна ціна на 1 деталь, грн..	230
Випуск продукції на 1 грн. основних фондів, грн.	1,8
Рентабельність виробництва, %	46,9
Річний економічний ефект, грн.	7350
Термін окупності капіталовкладень, рок.	1,4

5.1. Висовок

Наведені в таблиці 5.2. розрахунки вказують на доцільність впровадження заходів, направлених на удосконалення технології ремонту тракторів в ремонтній майстерні, а саме впровадження електроіскрового способу відновлення валу зчеплення трактора ПМЗ, оскільки її реалізація дозволяє отримати річний економічний ефект 7350 грн., а термін окупності додаткових матеріальних затрат складає 1,4 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз дефектів валу головного зчеплення вказує на те, що близько 65-70 % відмов припадають на знос поверхні під підшипник 62205 і знос поверхні не перевищує 0,1 мм, а це дуже малий знос і потребує використання спеціальних способів відновлення, які не можливо реалізувати у більшості ремонтних підприємств. Також встановлено що найбільш економічно вигідним методом який використовується більшістю ремонтних підприємств є наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Заміна способу відновлення поверхні під підшипник з наплавлення в середовищі вуглекислого газу на відновлення електроіскровою обробкою дає можливість знизити час відновлення на 19 %, а при наявності тільки одного дефекту (знос посадкової поверхні під підшипник 62205) його можливо усунути не знімаючи вал з трактора.

Також відновлення поверхні сталлю 65Г дає можливість суттєво поліпшити міцність поверхні деталі.

Спосіб електроіскрової обробки металів, заснований на явищі електричної ерозії матеріалів при іскровому розряді в газовому середовищі (переважно на повітрі), полярного переносу продуктів ерозії на катод (деталь), на поверхні якого формується шар зміненої структури й складу.

Установки для ручного електроіскрового легування містять у собі наступні конструктивні елементи: генератор імпульсів, електромагнітний вібратор, легуючий електрод та деталь.

У якості легуючого матеріалу використовуються сталь 65Г. У якості робочого інструмента використовується ручний електромагнітний вібратор.

Процес електроіскрового легування містить у собі наступні основні етапи: підготовка, нанесення покриття, контроль якості покриття, вимкнення установки.

В результаті досліджень встановлено, що різні режими обробки суттєво впливають на властивості покриття. Так мікротвердість загартованого необроб-

леного зразка виготовленого з валу зчеплення складає 15,4 ГПа, а на другому режимі обробки при щільності струму 0,076–0,102 А/мм² складає 25,21 ГПа. Тобто поверхня стала міцнішою на 39 %, що в свою чергу подовжить термін служби вузла.

Проведено аналіз роботи служби охорони праці ТОВ "Нібас" і встановлено рівень охорони праці, як задовільний. Виявлено небезпечні та шкідливі фактори, що присутні в майстерні та на дільниці зварювання і наплавлення, а також розроблено заходи по їх усуненню.

Розрахунки вказують на доцільність впровадження заходів, направлених на удосконалення технології ремонту тракторів в ремонтній майстерні, а саме впровадження електроіскрового способу відновлення валу зчеплення трактора ПМЗ, оскільки її реалізація дозволяє отримати річний економічний ефект 7350 грн., а термін окупності додаткових матеріальних затрат складає 1,4 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Восстановление деталей машин: справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Дорошенко О.В. Обґрунтування методів та параметрів діагностування паливних систем мобільних сільськогосподарських машин / О. В. Дорошенко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej "Nowy sposób rozwoju Inżynieria i Technologia" Sp. z o.o. «Diamond trading tour» Warszawa. – 2017. – С. 44–50.
3. Хорольський М.О. Електроіскрове відновлення та зміцнення деталей як спосіб економії ресурсів / Хорольський М.О., Васильєв Л.Д. // Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Київ. – 2021. – С. 90 - 94.
4. Черноиванов В. И. Состояние и перспективы развития технического сервиса машин в АПК / Черноиванов В. И. Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. № 1. С. 4–8.
5. Афанасьев І.А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьєв, Є. В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. - Warszawa – 2016. – С. 6-11.
6. Бурумкулов Ф. Х. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов / Бурумкулов Ф.Х. и др. Саранск: Красный октябрь, 2003. - 504 с.
7. Иванов В.И. Классификация объектов, методологические и технологические особенности электроискрового упрочнения и увеличения ресурса / Иванов В.И. Труды ГОСНИТИ. Том 106. - Москва. - 2010. С. 31–41.
8. Волошин Р. В. Обґрунтування ефективних методів діагностування агрегатів мобільних сільськогосподарських машин / Р. В. Волошин , Є. В. Кал-

ганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матер. II міжнар. наук.-практ. конф. і (м. Київ, 23–24 листопада 2018 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2018. – С. 200-205. 9. D. Landolf Third body effects and materials fluxes in tribocorrosion systems involving a sliding contact. Wea. 2004. 256, No 5. P. 517 – 524.

10. Новаковський С. Ю. Електроіскрова обробка поверхонь тертя як засіб підвищення ресурсу деталей машин / С. Ю. Новаковський , Є. В. Калганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матер. II міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 23–24 листопада 2018 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2019 . – С. 204-208.

11. Скобло Т.С. Прогрессивные методы восстановления деталей сельскохозяйственной техники. – К.: Изд-во УСХА, 1990.-50с.

12. Відновлення розмірних параметрів зношених зовнішніх поверхонь штовхачів ЗИЛ-130 електроіскровим нарощуванням і зміцненням / І. М. Богатчук, І. Б. Прунько // Вісник НТУ «ХП», 2013. – No 29 (1002). – С. 34–41.

13. Скобло Т.С. Нанесение покрытий методом ЭИО электродами с различным составом / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, А.А. Науменко, А.Д. Мартыненко. Труды 9-й МНТК, Физические и компьютерные технологии. Х.: ФЕД - 2004. с. 170-176.

13. Лазаренко Н.И. Изменение исходных свойств поверхности катода под действием электрических импульсов, протекающих в газовой среде / Лазаренко Н.И. В сб.: Электроискровая обработка металлов, вып. 1, М.: изд. АН СССР, 1957.

14. Шиліна О. П. А. Ю. Осадчук Газотермічні методи напилювання покритть. Навчальний посібник / О. П. Шиліна, А. Ю. Осадчук – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 103 с.

15. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.

16. Солодовник О. Ю. Підвищення довговічності підшипників кочення введенням в змазку наноматеріалів, що поліпшують умови тертя / О. Ю. Солодовник, Є. В. Калганков. // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти». – 2018. – С. 230–235.

17. М.С. Агєєв Підвищення експлуатаційних властивостей деталей засобів транспорту шляхом керування факторами процесу електродугового наплення багатофункціональних покриттів / М.С. Агєєв, М.В. Головащук // Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». Технічні науки. 2019 №3(273). С. 240 – 248.

18. A. Golovan, I. Gritsuk, V. Popeliuk, D. Pohorletskyi, I. Khudiakov, M. Ahieiev Features of mathematical modeling in the problems of determining the power of a turbocharged engine according to the characteristics of the turbocharger. SAE International Journal of Engines, 2020, 13(1),

19. Микросварка / Электроискровое легирование [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://999.md/ro/1912642>.

20. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В. – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – 75 с.

21. Калганков Є.В. Проектування ремонтно-технологічної документації [Навчальний посібник. Довідкова інформація] / Є.В. Калганков, М.Г. Зайцев. Дніпро. ДДАЕУ, 2016. – 48 с.

23. Установка для электроэрозионной обработки Элитрон - 22А. Паспорт АИИЗ.299.282 ПС / Академия Наук МССР, 1988 г., 25 с.

24. Электроэрозионные процессы на электродах и микроструктурно-фазовый состав легированного слоя / под ред. Н. Н. Дорожкина. – Кишинев: Штиинца, 1999 – 570 с.

25. ДСТУ ISO 6507-1:2007 Матеріали металеві. Визначення твердості за Вікерсом. Частина 1. Метод випробування (ISO 6507-1:2005, IDT).

26. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. — 2017. — №133. — С. 66–74.

27. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.

28. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".

29. НПАОП 0.00–4.12.05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (32368).

30. ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

31. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

32. Беликов А.С. Основы охраны труда: [Учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации] / Под ред., д.т.н., профессора А.С. Беликова. - Днепропетровск: «Журфонд», 2007. – 494 с.

33. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.

34. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ
НАНЕСЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ
ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ СПОСОБОМ**

Доповідач: Хорольський М.О.

Керівник д.т.н., доцент: Васильєв Д.Л.

2

Мета та задачі роботи

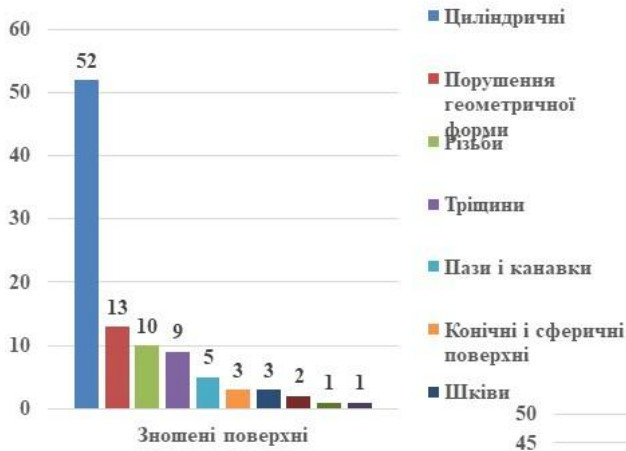
Метою роботи є - розробка технології відновлення деталей електроіскровою обробкою та обґрунтування режимів роботи електроіскрової установки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз відмов деталей машин та обґрунтувати раціональний спосіб відновлення зношених поверхонь;
- розробити технологічний процес відновлення типової деталі, валу головної муфти трактора ПМЗ з використанням електроіскрової технології;
- розробити методику експериментальних досліджень покриттів отриманих електроіскровим методом;
- обґрунтувати режими відновлення та зміцнення поверхонь деталей електроіскровою обробкою;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- провести техніко-економічну оцінку роботи.

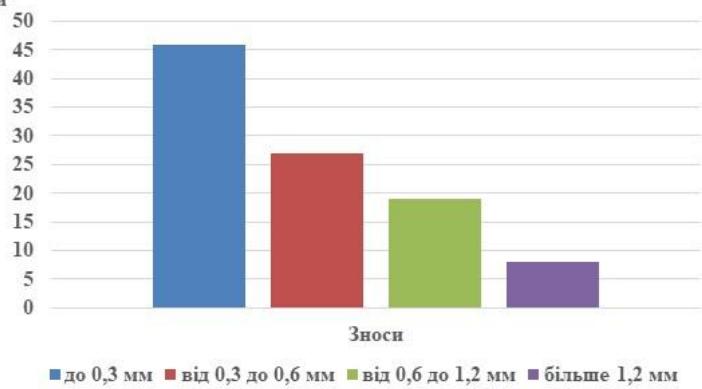
3

Відмови деталей та розподіл величини зносу



Розподіл зносів деталі типу вал по величині

Розподіл зносів поверхонь деталей машин



4

Відновлення валу зчеплення



Зняття підшипника, що повернувся



Зняття валу головного зчеплення



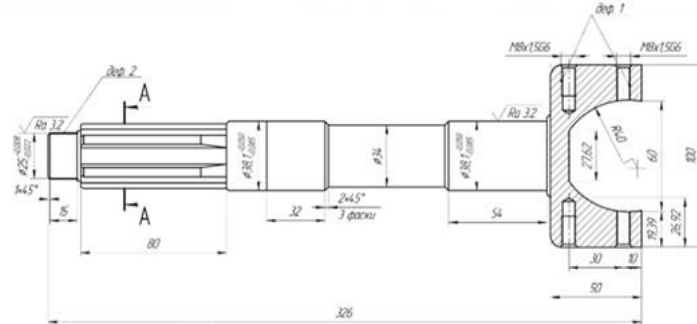
Зношений вал



Вал після відновлення та шліфування

5

Порівняння технологій відновлення валу зчеплення



Операція	Технологія	
	Базова з використанням CO ₂	Розроблена з використанням ЕІО
	Час операцій, хв	
005 Зварювальна	12,35	12,35
010 Наплавлювальна	18,52	16,2
015 Свердильна	16	16
020 Токарна	10,13	-
025 Шліфувальна	8,66	8,66
Всього	65,66	53,21

6

Обладнання для проведення досліджень



Установка електроіскрового легування «Елітрон-20»:

1 – генератор; 2 – вібробудник; 3 – експериментальний зразок; 4 – електроди.



Мікротвердомір ПМТ-3



Зразок




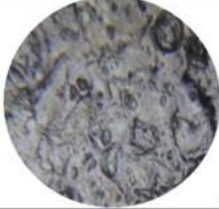
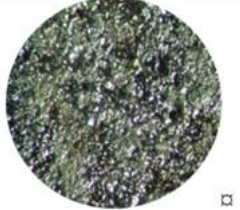

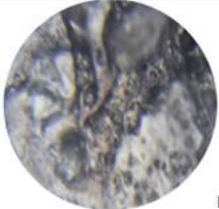
Профілометр 170621



Вимірювання товщини наплавленого шару

7

Мікро і макро фото зразків при різних режимах обробки

Сила струму, А	Щільність струму, А/мм ²	Структура зразка під мікроскопом	
		X50	X200
0,8--1,0	0,04--0,51		
1,0--1,2	0,076--0,102		
2,5--2,6	0,127--0,132		

8

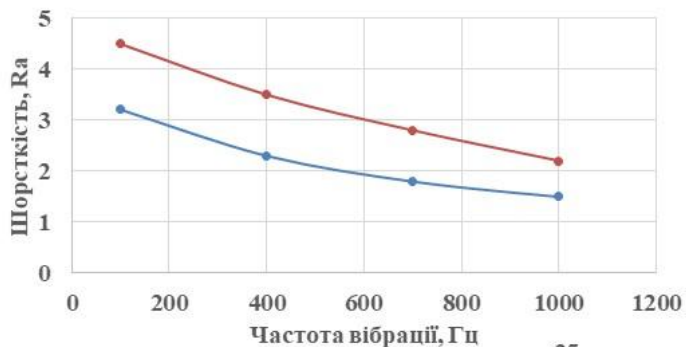
Результати експериментальних досліджень

№ випробування	Твердість поверхні зразка, ГПа			
	Контрольний після термообробки	Покриття при щільності струму 0,04–0,51 А/мм ²	Покриття при щільності струму 0,076–0,102 А/мм ²	Покриття при щільності струму 0,127–0,132 А/мм ²
1	13,8	19,6	22,3	17,2
2	8,9	14,7	25,21	24
3	12,6	19,6	19,7	19,6
4	13,8	19	18	18,6
5	10,9	19	16,8	20,59
6	13,7	17,05	16,3	22,3
7	13,1	15,3	18,94	19,98
8	15,4	13,9	17,65	18,9
Середнє	12,77	17,25	19,44	20,14

На основі проведених випробувань було встановлено, що зразки сталі з нанесеним покриттям шляхом електроіскрового легування мають, більшу твердість у порівнянні зі зразками які піддали термообробці.

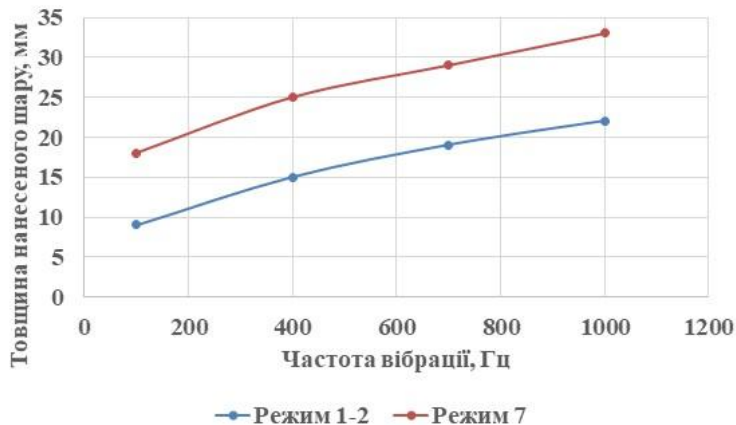
9

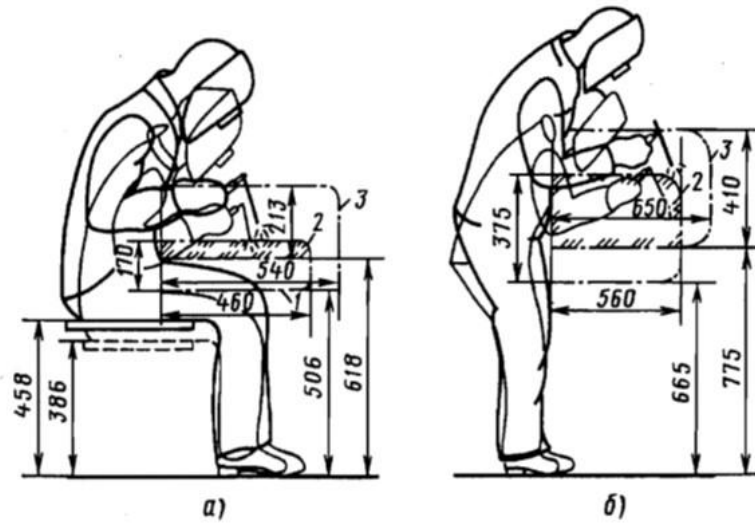
Результати експериментальних досліджень



Залежність товщини шару від частоти вібрацій електроду

Залежність товщини шару від частоти вібрацій електроду





. Розміри й просторові положення оптимальної робочої зони (ОРЗ) при ручному нанесенні покриття сидячи (а) і стоячі (б)

1 - ОРЗ зварювальника низького зросту (158,5 см і менш); 2 - зона антропометричної байдужності; 3 - ОРЗ зварника високого зросту (177,5 см і більше)

11

Техніко-економічна оцінка роботи

Показники	Значення показників
Об'єм впровадження, шт.	100
Об'єм капіталовкладень, грн.	10450
Загальна трудомісткість, люд.-год.	88
Виробничі витрати, грн..	12467,4
Витрати 1 деталь з врахуванням ПДВ, грн.	114,7
Прейскурантна ціна на 1 деталь, грн..	230
Випуск продукції на 1 грн. основних фондів, грн.	1,8
Рентабельність виробництва, %	46,9
Річний економічний ефект, грн.	7350
Термін окупності капіталовкладень, рок.	1,4

Проведений аналіз дефектів валу головного зчеплення вказує на те, що близько 65-70 % відмов припадають на знос поверхні під підшипник 62205 і знос поверхні не перевищує 0,1 мм, а це дуже малий знос і потребує використання спеціальних способів відновлення, які не можливо реалізувати у більшості ремонтних підприємств. Також встановлено що найбільш економічно вигідним методом який використовується більшістю ремонтних підприємств є наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Заміна способу відновлення поверхні під підшипник з наплавлення в середовищі вуглекислого газу на відновлення електроіскровою обробкою дає можливість знизити час відновлення на 19 %, а при наявності тільки одного дефекту (знос посадкової поверхні під підшипник 62205) його можливо усунути не знімаючи вал з трактора.

Також відновлення поверхні сталлю 65Г дає можливість суттєво поліпшити міцність поверхні деталі.

Спосіб електроіскрової обробки металів, заснований на явищі електричної ерозії матеріалів при іскровому розряді в газовому середовищі (переважно на повітрі), полярного переносу продуктів ерозії на катод (деталь), на поверхні якого формується шар зміненої структури й складу.

Установки для ручного електроіскрового легування містять у собі наступні конструктивні елементи: генератор імпульсів, електромагнітний вібратор, легуючий електрод та деталь.

У якості легуючого матеріалу використовуються сталь 65Г. У якості робочого інструмента використовується ручний електромагнітний вібратор.

Процес електроіскрового легування містить у собі наступні основні етапи: підготовка, нанесення покриття, контроль якості покриття, вимкнення установки.

В результаті досліджень встановлено, що різні режими обробки суттєво впливають на властивості покриття. Так мікротвердість загартованого необробленого зразка виготовленого з валу зчеплення складає 15,4 ГПа, а на другому режимі обробки при щільності струму 0,076–0,102 А/мм² складає 25,21 ГПа. Тобто поверхня стала міцнішою на 39 %, що в свою чергу подовжить термін служби вузла.

Проведено аналіз роботи служби охорони праці ТОВ "Нібас" і встановлено рівень охорони праці, як задовільний. Виявлено небезпечні та шкідливі фактори, що присутні в майстерні та на дільниці зварювання і наплавлення, а також розроблено заходи по їх усуненню.

Розрахунки вказують на доцільність впровадження заходів, направлених на удосконалення технології ремонту тракторів в ремонтній майстерні, а саме впровадження електроіскрового способу відновлення валу зчеплення трактора ПМЗ, оскільки її реалізація дозволяє отримати річний економічний ефект 7350 грн., а термін окупності додаткових матеріальних затрат складає 1,4 років.

Національна академія наук України
Науково-навчальний центр прикладної інформатики
Інститут інноваційної освіти



Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства

Матеріали
IV Міжнародної науково-практичної конференції
29-30 жовтня 2021 р.

Інститут
інноваційної
освіти



Міжнародні та всеукраїнські
науково-практичні конференції

www.novaosvita.com

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Науково-навчальний центр прикладної інформатики

ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАУКИ В
КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ
ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

МАТЕРІАЛИ

IV Міжнародної науково-практичної конференції

*29–30 жовтня 2021 р.
м. Київ*

Київ
Інститут інноваційної освіти
2021

УДК 001(063):378.4 (Укр)
ББК 72я43
А43

*До збірника увійшли матеріали наукових робіт (тези доповідей, статті),
надані згідно з вимогами, що були заявлені на конференцію.*

*Роботи друкуються в авторській редакції, мовою оригіналу.
Автори беруть на себе всю відповідальність за зміст поданих матеріалів.
Претензії до організаторів не приймаються.
При передруку матеріалів посилання обов'язкове.*

A43 **Актуальні Проблеми розвитку науки в контексті глобальних
трансформацій інформаційного суспільства** : Матеріали IV Міжнародної науково-
практичної конференції (м. Київ, 29–30 жовтня 2021 р.) / ГО «Інститут інноваційної
освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ :
ГО «Інститут інноваційної освіти», 2021. – 100 с.

Матеріали конференції рекомендуються освітянам, науковцям, викладачам, здобувачам
вищої освіти, аспірантам, докторантам, студентам вищих навчальних закладів тощо¹.

Відповідальний редактор: С.К. Бурма
Коректор: П.А. Немкова

Матеріали видано в авторській редакції.

УДК 001(063):378.4 (Укр)

© Усі права авторів застережені, 2021
© Інститут інноваційної освіти, 2021
© Друк ФОП Москвін А.А., 2021

Підписано до друку 08.11.2021. Формат 60x84/16.
Віддруковано з готового оригінал-макету.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Charter. Ум. друк. арк. 5,01.
Зам. № 0811/21-11. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить українською мовою.

Виготовник. ФОП Москвін А.А. Цифрова друкарня «Сору Арт».
69095, Запоріжжя, просп. Соборний, 109. Тел.: (061) 708-08-80
Інститут інноваційної освіти: e-mail: novavita@gmail.com; сайт: www.novavita.com

Видання здійснене за експертної підтримки
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України
03600, Київ-107, просп. Академіка Глушкова, 40.

¹ Відповідно п. 12 порядку призначення науковців ступеня застереженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2018 р. № 867 п. 28 постановою Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2018 р. № 1187 «про застереження ліцензійних умов провадження освітньої діяльності» п. 18 постановою Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 882 «про питання оптимізаційного забезпечення»

Висновок. Таким чином використання кріобластингу є перспективним напрямком і потребує подальшого дослідження та обґрунтування параметрів струменю, режимів обробки та використання різних форм сопел.

Список використаних джерел

1. Качественная подготовка авто к покраске [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://krazumavto.ru/pokraska/podgotovka-avtomobilya.html>
2. Гапанчук А.М. Технологія зберігання сільськогосподарських машин та шляхи її покращення / А.М. Гапанчук, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. Sp. z o.o. «Diamond trading tour», Warszawa. – 2017. – С. 50–55. – Режим доступа: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1078>.
3. Чигирик, Н. Д. Перспективи впровадження кріобластингу у процесі ремонту ТРС / Н. Д. Чигирик, О. М. Чвала // Збірник наукових праць УкрДВЗТ. – 2015. – Вип. 150. Т.2. – С. 115–119.
4. Очистка сухим льдом – криогенный бластинг [Електронний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tutmet.ru/oborudovanie-ochistka-suhim-ldom-blasting.html>.

УДК 621.791.923

М.О. Хорольський,

здобувач вищої освіти освітнього ступеня магістра
інженерно-технологічного факультету
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Л.Д. Васильєв,

доктор технічних наук, доцент кафедри надійності і ремонту машин
інженерно-технологічного факультету
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЯК СПОСІБ ЕКОНОМІЇ РЕСУРСІВ

Анотація. Встановлено, що до 80 % деталей можливо повторно використовувати провівши відновлювальні роботи. Також деталі мають знос від 0,01 до 0,2 мм який досить легко можна компенсувати зощадивши при цьому ресурси. Відновлювати деталі з незначним зносом можливо шляхом нанесення електроіскрових покриттів, завдяки яким підвищується зносостійкість та ресурс деталей.

Ключові слова: електроіскрове зміцнення, електроіскрове відновлення, знос, мікротвердість, нанесений шар, структура.

Загальна суть проблеми. Дослідженнями багатьох вчених та науково – дослідних інститутів, встановлено, що близько 40...45% деталей можна відновити та використовувати повторно, що в свою чергу значно знижує собівартість ремонту, до 30...35% деталі які не потребують ремонту і можуть

повторно використовуватись і лише 25...30% деталей після проведення дефектувальних робіт – вибраковується [1, 2].

При цьому, придатна без ремонту деталь, потребує витрат, які складають 7...10% від вартості аналогічної запасної деталі, а затрати на відновлення деталей, як правило, не перевищують 60...70% вартості аналогічних запасних частин. Повторне використання придатних і відновлених деталей дозволяє зекономити метал, електроенергію та інші матеріальні ресурси в народному господарстві.

Також встановлено, що лівова доля деталей які підлягають відновленню мають знос 0,01–0,2 мм тобто їх легко відновити з мінімальними втратами металу і енергоресурсів але є і деталі які мають знос менше 0,01 мм (прецизійні деталі паливної апаратури або гідроагрегатів та інше) саме ці деталі потребують спеціальних методів відновлення. Одним із таких є електроіскрове зміцнення та відновлення [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Багато авторів присвятили свої праці розробці та впровадженню різних методів відновлення деталей, а саме Ачкасов К. А., В. І. Черноіванов, І. Г. Голубев, R. Gleason, А. Н. Батищев та інші.

Розробці електроіскрових технологій присвятили свою діяльність подружжя Б. Р. Лазаренко та Н. І. Лазаренко які в 1943 році запатентували електроіскровий спосіб обробки металів. Сьогодні цій технології приділяють увагу вченні Мордовського державного університету ім. Н.П. Огарьова такі як: Бурумкулов Ф.Х., Столяров А.В., Сенін А.П. та інші. В Україні також досліджують процеси електроіскрового відновлення деталей Іванкова О. В., Бартош В.Ю., Дідур В.А. та інші.

Мета роботи. Дослідження процесу зміцнення та відновлення деталей машин електроіскровим методом на різних режимах роботи.

Виклад основного матеріалу. Процес електроіскрової обробки металів заснований на використанні дії електричного імпульсного розряду, що проходить між електродами, у результаті протікання якого спостерігається спрямований викид матеріалу анода на катод [4].

До основних особливостей електроіскрового наплавлення слід віднести локальну обробку поверхні – наплавлення можна здійснювати в суворо зазначених місцях радіусом від міліметра й більше, не захищаючи при цьому іншу поверхню деталі; високу міцність зчеплення нанесеного матеріалу з основою; відсутність нагрівання деталі в процесі обробки; можливість використання як обробних матеріалів як чисті метали, так і їх сплави, металокерамічні композиції, тугоплавкі з'єднання тощо; дифузійне збагачення поверхні катода складеними елементами анода без зміни розмірів деталі-катода; відсутність необхідності спеціальної попередньої підготовки оброблюваної поверхні.

У таблиці 1 [5], доповненої згідно з результатами останніх досліджень авторів, наведені значення основних характеристик електроіскрових покриттів, змінюваних у широких межах, які забезпечують зазначені якості методу.

Таблиця 1 – Характеристики електроіскрових покриттів

Характеристика	Значення
Товщина, мкм	
нанесеного шару	5 – 400*
білого шару	до 250
перехідного шару	до 400
Мікротвердість, МПа	
білого шару	6000 – 16000
перехідного шару	3000 – 5500
Параметри рельєфу поверхні	
характер рельєфу поверхні	Опукло-вгнутий
висота мікронерівностей, мкм	Ra 1,6 – Rz 360
відносна висота виступів h_v / h_v	0,06 – 0,19
відносна відстань між виступами S_m / H_{max}	5 – 9
Величина зерен структури білого шару, нм	10 – 5000

Випробування проводились за двома напрямками: зміцнення деталі та наплавлення.

Зміцнені деталі досліджувалась мікротвердість та зносостійкість у наплавлених зразків випробувалась зносостійкість.

На рис. 1. наведено зміцнені та відновлені зразки.

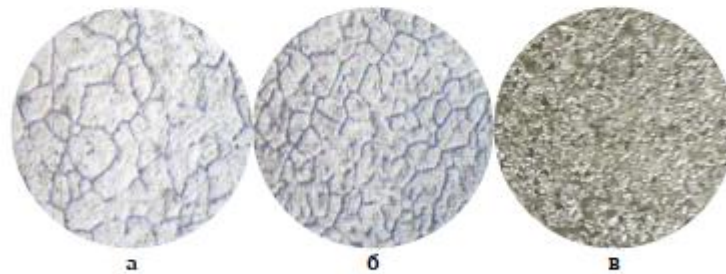


Рис. 1. Металографічні дослідження

а – базовий зразок, б – зразок зміцнено електроіскровим способом, в – наплавлений зразок більш зносостійким матеріалом.

Триботехнічні випробування віднослених пар тертя. Випробування проводили на модернізованій машині тертя [7] Для триботехнічних випробувань проводили визначення оптимального навантаження R_{opt} . (при

якій коефіцієнт тертя для даної пари поверхонь мінімальний $f = f_{min}$), максимального навантаження R_{mp} . (характеризує предзадирний стан). У таблиці 2 представлені результати випробувань на припрацьовуваність.

Таблиця 2 – Зведена Таблиця Випробувань на Припрацьовуваність

Основа	Електрод	Номер режиму	R_{mp} , МПа	R_{opt} , МПа	f_{min}
20X	65Г	1	14	8	0,082
20X	65Г	2	14	10	0,071
20X	65Г	3	16	8	0,058

Тривалі стаціонарні випробування по визначенню інтенсивності зношування досліджуваних поверхонь здійснювалися при оптимальних навантаженнях R_{op} для кожної досліджуваної пари. Результати представлені на рис. 2.

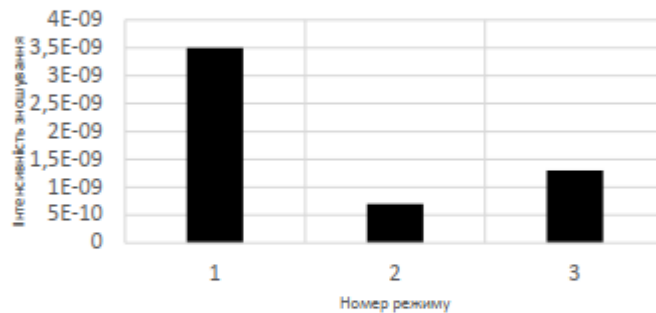


Рис. 2. Порівняння сумарної інтенсивності зношування для пари Тертя зразок (20X + Покриття 65Г) – Диск (СЧ21)

З порівняння сумарної інтенсивності зношування (рис. 2) випливає, що найбільшому зношуванню піддалися пари тертя, отримані обробкою електродом зі сталі 65Г у першому режимі. Найменше зношування визначене для зразків, отриманих при режимах 2.

До основних специфічних особливостей ЕІЛ можна віднести:

1. Високу міцність зчеплення нанесеного матеріалу з основою (за рахунок механічного перемішування й взаємного дифузійного проникнення матеріалів" електродів у формованому шарі).
2. Локальність проведення процесу (обробку можна здійснювати в суворо заданих місцях радіусом від часток міліметра й більш, не захищаючи при цьому іншу поверхню деталі).

3. Можливість використання як легуючих матеріалів як чистих металів, так і багатьох сплавів, метал про керамічних композицій, тугоплавких з'єднань тощо).

4. Відсутність нагрівання або незначне нагрівання деталі в процесі легування, який може змінити її фізико-механічні властивості й геометрію.

5. Можливість дифузійного збагачення металевої поверхні елементами матеріалу анода.

6. Простоту технологічного процесу, малогабаритність і транспортабельність устаткування.

Висновок. За результатами досліджень встановлено що при використанні у парі тертя деталей з нанесеними шарами сталі 65 Г, коефіцієнт тертя зменшився на 15 %, а зносостійкість підвищилась на 22 %. Мікротвердість покриттів відповідно збільшилась, так твердість покриття зі сталі 65Г становить 470-490 одиниць, проти базового зразка з твердістю 445-452 одиниці.

Список використаних джерел

1. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Дорошенко О.В. Обґрунтування методів та параметрів діагностування паливних систем мобільних сільськогосподарських машин / О. В. Дорошенко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej «Nowy sposób rozwoju Inżynieria i Technologia» Sp. z o.o. «Diamond trading tour» Warszawa. – 2017. – С. 44–50.
3. Афанасьев І.А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьев, Є. В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. – Warszawa – 2016. – С. 6–11.
4. Верхотуров А.Д. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. / Верхотуров А.Д., Муха И.М. – К.: Техника, 2002. – 181 с.
5. Иванов В.И. Повышение ресурса разделительных штампов путем упрочнения и восстановления их электроискровым легированием: автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск, 2000. 27 с.
6. Новаковський С.Ю. Електроискрова обробка поверхонь тертя як засіб підвищення ресурсу деталей машин / С.Ю. Новаковський, Є.В. Калганков // ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ, 2019. – С. 204–208.
7. Пат. 119244 Україна, МПК7 МПК G01N 33/44 (2006.01). Пристрій для випробувань гумових елементів на стирання [Текст] / Дирда Віталій Іларіонович (UA); Калганков Євген Васильович (UA); Черній Олександр Анатолійович (UA); Цаніді Іван Миколайович (UA); Калганков Богдан Васильович (UA). u201602207; заявл. 09.03.2016; опубл. 25.09.2017, бюл. № 10-4с.

Розділ 12
ТРАНСПОРТ

<i>М.О. Клочко,</i> ОБГРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПОСОБІВ ОЧИСТКИ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ	86
<i>М.О. Хорольський, Л.Д. Васильєв,</i> ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЯК СПОСІБ ЕКОНОМІЇ РЕСУРСІВ	90

Підписано до друку 08.11.2021. Формат 60x84/16. Папір офсетний білий.
Гарнітура «Charter». Друк цифровий. Ум. друк. арк. 5,01.
Зам. № 0011/21-11. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить українською мовою.

Віддруковано з готового оригінал-макета ФОП Москвін А.А.
м. Запоріжжя, просп. Соборний, 109.

Інститут інноваційної освіти. Науково-навчальний центр Прикладної інформатики НАН України
e-mail: novozovita@gmail.com; сайт: www.novozovita.com

Видання здійснене за експертної підтримки
Науково-навчального центру Прикладної інформатики НАН України
03600, Київ-107, просп. Академіка Глушкова, 40