

Відгук

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора,
професора кафедри оптимізації технологічних систем

Мельник Віктора Івановича

на дисертаційну роботу **Ду Сінь (Du Xin)**

**«Технологічне забезпечення надійності та довговічності деталей загального машинобудування при їх виготовленні та відновленні»
(«Technological support of strength and durability at the manufacture and repair of component parts for branch mechanical engineering»),**

подану на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 13 - Механічна інженерія

за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Широке розповсюдження електромобілів в світі робить все більш актуальним питання безпеки їх експлуатації. Одним з важливих конструктивних елементів, що піддається зношуванню є механізм фіксації блоку змінних акумуляторів. При зношуванні цього механізму значно збільшується поверхонь деталей, а тертя зростає, що призводить до того, що штифтовий вал не може повернутися, а акумуляторна коробка не може бути заблокована. Під час руху електромобіля на високій швидкості незакріплений акумуляторний блок може випасти, що призведе до серйозної дорожньо-транспортної пригоди. Знос є також основною причиною значної кількості інших механічних пошкоджень деталей. Одним з перспективних методів зменшення зносу та продовження термін служби деталей машин є нанесення композитних покриттів. Застосування технології композитного покриття дозволяє збільшити його товщину, та зменшити дефекти поверхні, викликані збільшенням товщини зміцненого шару та подовжити термін служби поверхні.

Одним з найбільш ефективних методів формування композитного покриття є електроіскрове легування (ЕІЛ). Отримані цим методом функціональні покриття використовуються для підвищення зносостійкості, антикорозійних і фрикційних властивостей покриття..

Технологія ЕІЛ має такі переваги, як низька собівартість, висока універсальність та гнучкість, проста експлуатації обладнання та мінімальне забруднення навколишнього середовища. Широке застосування метод ЕІЛ знаходить також в ремонтному виробництві для відновлення зношених деталей. Таким чином, дослідження, спрямовані на розвиток, вдосконалення і розповсюдження технології ЕІЛ є актуальними та перспективними з технічної, економічної та екологічної точок зору.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.

Дисертація виконана на кафедрі технічного сервісу Сумського національного аграрного університету (СНАУ) відповідно до плану держбюджетної науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України «Наукова методика забезпечення збереження властивостей робочих поверхонь деталей енергоефективними екологічно чистими методами» (№ 0116U002756).

3. Наукова новизна одержаних результаті.

1. Вперше розроблено та апробовано спосіб застосування швидкорізальної сталі в якості перехідного шару комбінованого покриття методом електроіскрового осадження. Застосування швидкорізальної сталі SKH51 дозволяє отримати високу зносостійкість та ударну в'язкість. В той же час практично відсутні мікротріщини на поверхні на відміну від покриттів з застосуванням WC.

2. Вперше для дослідження зносостійкості ЕІЛ-покриття було застосовано метод ширини стирання, що дозволяє виключити нерівномірності мікротекстури ЕІЛ-покриття та спрощує процес вимірювання та його точність.

3. Вперше для багатофакторної оцінки якості ЕІЛ-покриття було застосовано метод нормалізації. Нормалізаційні фактори обробки включають

такі параметри, як якість осадження, товщина покриття, шорсткість, твердість за Віккерсом і ширина зносу. Коефіцієнти оцінки були зважені за допомогою вагових коефіцієнтів. Визначено оптимальні параметри процесу осадження.

4. Наукове та практичне значення.

Наукове значення дисертації полягає в тому, що:

1. Для підвищення зносостійкості поверхонь деталей запропоновано застосувати композитне покриття у якого в якості перехідного шару використовується швидкорізальна сталь SKH51, що забезпечує підвищення ударної в'язкості. При цьому утворюється градієнтна структура з карбідом вольфраму.

2. Для визначення зносостійкості ЕІЛ-покриттів теоретично обґрунтовано застосування спрощеної моделі об'ємного зношування за шириною слідів зношування.

3. Обґрунтовано методику підвищення якості ЕІЛ-покриття м'яким сплавом Б83 за рахунок контролю енергії розряду, частоти вібрації електроду, контролю температури електроду.

4. Запропоновано метод покращення якості поверхонь ЕІЛ-покриттів застосуванням розчину оксиду графену та силікату натрію, що наноситься на металеві поверхні і забезпечує рівномірний розподіл часток мастильного матеріалу і дозволяє уникнути їх агломерації.

Практичне значення результатів дисертації полягає в тому, що запропонована технологія формування композитного покриття SKH51+WC+B83 забезпечує покращенні зносостійкості поверхні механічних деталей. Практична цінність запропонованої технології підтверджено в умовах реального виробництва при виготовленні деталей механізму фіксації блоку акумуляторної батареї. Економічний ефект від впровадження розробленого методу склав 115000 грн. Інша сфера застосування результатів дисертаційного дослідження – відновлення зношених деталей машин та механізмів.

5. Повнота викладення матеріалу дисертації у наукових публікаціях.

За результатами досліджень опубліковано 21 наукову працю, з них: 4 статі у фахових виданнях України, 4 статті у виданнях що входять в науково-метричну базу Scopus або WOS, 11 тез доповідей на Міжнародних наукових конференціях (3 з яких у наукових виданнях що входять в науково-метричну базу Scopus або WOS) та 2 статті в закордонних виданнях.

Наведений у публікаціях матеріал повною мірою відображає основні результати та обґрунтовує наукові положення дисертаційної роботи.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, базується на аналізі великої кількості літературних джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, математичної обробки результатів і їх критичному аналізі, ґрунтовному формулюванні отриманих висновків.

Достовірність результатів підтверджується використанням сучасної вимірювальної техніки та відтворюваністю експериментальних даних.

7. Структура та зміст дисертації, її завершеність та відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертаційна робота має завершений вигляд, відповідає встановленим вимогам щодо оформлення і складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Вона викладена на 221 сторінках машинописного тексту. Основний зміст роботи викладено на 158 стор., включаючи 70 рисунків та 40 таблиць. Список використаних джерел складається з 197 найменувань на 28 сторінках.

У **вступі** обґрунтовується вибір теми дисертаційного дослідження та наукових завдань, сформульовано мету та завдання дослідження, визначається наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, а також наводиться інформація про впровадження, структуру та обсяг роботи. .

У **першому розділі** було представлено розвиток технології зміцнення та відновлення деталей машин та виконано порівняння кількох розповсюджених

процесів відновлення. Технологія електроіскрового легування має суттєві переваги, що стимулює її постійний розвиток та пошук раціональних технологічних режимів її реалізації.

У **другому розділі** було проведено аналіз існуючого обладнання ЕІЛ, застосовуваних матеріалів електродів, експериментальні методи та процеси нанесення покриття. Проведено аналіз існуючих принципів роботи вібраційних електродів та теорій формування ЕІЛ-покриттів.

У **третьому розділі**: 1) Було запропоновано спрощену модель визначення інтенсивності об'ємного зношування та рекомендації щодо її використання для оцінки зносостійкості ЕІЛ-покриттів. Досліджено технологічний процес формування перехідного шару ЕІЛ-покриття при використанні швидкоріжучої сталі SKH51 та визначено її оптимальні параметри. 2) Для підвищення зносостійкості ЕІЛ-покриттів було запропоновано використання композитного покриття. 3) Для покращення якості композитного покриття запропоновано застосування при ЕІЛ гелевого покриття з вмістом оксиду графену.

У **четвертому розділі**, було проведено дослідження особливостей зношування деталей механізму фіксації короба акумуляторної батареї, встановлено причини втрати ним працездатності. Проведено практичну реалізацію розробленої технології підвищення зносостійкості деталей на заміну використовуваної технології гальванічного покриття. Випробування зміцнених деталей показали ефективність композитного покриття для продовження терміну служби деталей. Запропонована технологія забезпечила також підвищення безпеки та зниження витрат на обслуговування обладнання. Визначено очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої технології, який складає 115 тис. грн на рік.

У висновку представлено технологічну схему процесу та основні його параметри. Підведено підсумки наукових досліджень.

8. Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Поряд із загальною позитивною оцінкою дисертаційної роботи необхідно відзначити наявність у ній окремих дискусійних питань та зауважень, які потребують додаткової аргументації:

1) Процес електроіскрового легування м'якими металами та сплавами забезпечує високу суцільність сформованого покриття при низьких енергіях розряду. Чи можливо забезпечити суцільність покриття при збільшенні енергії розряду та використовувати більш потужне, а значить, більш продуктивне обладнання?

2) Важливу роль в забезпеченні якості ЕІЛ м'якими матеріалами відіграє захист зони обробки аргонем. Чи проводилися дослідження впливу тиску захисного газу на якість сформованого покриття? Чи є порівняння покриттів отриманих з використанням та без використання аргону?

3) Яким чином на якість нанесеного шару композитного покриття впливає час обробки?

4) З роботи незрозуміло, чи проводився аналіз впливу на якість гелевого покриття оксидом графену розміру та концентрації часток мастильного матеріалу, що може бути одним з напрямків оптимізації процесу формування композитного покриття.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Ду Сінь (Du Xin) «Технологічне забезпечення надійності та довговічності деталей загального машинобудування при їх виготовленні та відновленні» («**Technological support of strength and durability at the manufacture and repair of component parts for branch mechanical engineering**»), яка подана до захисту у спеціалізовану вчену раду на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 - механічна інженерія за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування за своїми актуальністю, науково-теоретичним рівнем, основними результатами обґрунтованості, основними положеннями і результатами опублікованими у фахових виданнях, новизна постановки та практичним значенням відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення

дисертації» та Постанові Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри оптимізації технологічних систем
Державного біотехнологічного
університету



Віктор МЕЛЬНИК

01.01.2024 р.

Підпис Віктора Мельника
ЗАСВІДЧУЮ
Керівник відділу діловодства ДБТУ
Віктор Мельник