

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Агєєва Максима Сергійовича «Наукові основи забезпечення надійності засобів транспорту та їх елементів використанням багатофункціональних покриттів в процесі ремонту», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту

Актуальність обраного напрямку дослідження

Впровадження в практику зміцнення, відновлення і підвищення надійності засобів транспорту та їх елементів нових і вдосконалення існуючих процесів ремонту, вимагають нових підходів серед яких важливе місце займають багатофункціональні покриття. Правильний вибір досить простих і доступних комбінованих способів нанесення цих покриттів забезпечать підвищення ресурсу робочих поверхонь деталей машин, екологічну чистоту ремонтного виробництва.

Тому тема дисертаційної роботи, що спрямована на розвиток наукових основ формування складу багатофункціональних покриттів комбінованим способом є актуальною.

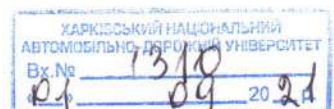
Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації

Обґрунтованість основних положень дисертаційної роботи визначається аргументованою постановкою мети та завдань досліджень, визначенням об'єкту та предмету дослідження. В теоретичних дослідженнях використані методи системного аналізу, класичні та фундаментальні методи транспортної механіки, теорія надійності, теорія ймовірності і математичної статистики, методи морфологічного аналізу, теорія множин, похибок та невизначеності вимірювань. Адекватність математичних моделей реальних процесів виконувалась методом параметричної ідентифікації і порівнянням розрахункових результатів з отриманими експериментальними даними.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження

Новизна отриманих в дисертаційній роботі результатів полягає у формуванні комбінованого способу багатофункціональних покриттів, що включає електроіскрове легування, електродугового напилення і імпульсне іонне азотування. Обґрунтована доцільність методу електроіскрового легування для підвищення адгезійної міцності напилених покриттів, підтверджена необхідність електродугового напилення струменем продуктів згорання пропано – повітряної суміші для отримання щільних покриттів з високою міцністю зчеплення та їх обробка імпульсним іонним азотуванням для підвищення твердості і зносостійкості відновлюваних поверхонь, що дозволить забезпечити високі експлуатаційні властивості і надійність деталей засобів транспорту;

Запропоновано концепцію забезпечення надійності деталей засобів



транспорту в процесі їх ремонту, яка враховує структурні та морфологічні особливості відновлюваної поверхні після електроіскрової обробки, вплив параметрів електродугового напилення на якість системи «покриття – відновлювана поверхня» та модифікуючу дію імпульсного іонного азотування покрить, що отримані напиленням;

Практична цінність і можливі напрямки використання отриманих результатів

Розроблені моделі, методи, проведений синтез основних видів зношування деталей засобів транспорту та їх елементів, способів забезпечення їх надійності дозволяють реалізувати комбінований метод відновлення зношених поверхонь деталей багатофункціональними покриттями, встановити параметри ремонтного процесу, що забезпечують задану якість відновлених поверхонь.

Виконана дисертаційна робота дозволила розширити номенклатуру відновлюваних деталей машин, організувати ділянку по їх відновленню і ремонту. Дослідно-промислова перевірка результатів досліджень була виконана в виробничих умовах ремонтних підрозділів АО «Українська залізниця», ВП «Атоменергомаш», Херсонському державному заводі «Палада» та інші.

Висновки і основні результати дисертації використовуються при підготовці магістрів технічних спеціальностей в Херсонській державній морській академії на кафедрі експлуатації суднових енергетичних установок та при викладанні дисциплін «Організація та технологія судноремонту» і «Технічне обслуговування і ремонт суднових технічних засобів».

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її оформлення.

За структурою дисертація містить анотацію, вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг роботи складає 457 сторінок, у тому числі основного тексту 305 сторінок, 89 рисунків та 44 таблиці. Список використаних літературних джерел складається із 527 найменувань на 48 сторінках, 12 додатків на 68 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й завдання дослідження, наукову новизну дисертаційної роботи. Наведено відомості щодо апробації результатів дисертаційного дослідження. Вказано дані щодо публікацій автора та зазначено особистий внесок здобувача у роботах опублікованих у співавторстві. Показано практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз літературних даних за темою дисертаційної роботи, обґрунтована актуальність проблеми, що відображає необхідність розробки наукових основ забезпечення надійності засобів транспорту та їх елементів шляхом застосування багатофункціональних покриттів робочих поверхонь деталей, що нанесені комбінованим способом, в процесі ремонту.

Автор показав, що експлуатаційні навантаження (тиск, температура,

дія навколишнього середовища, тощо) сприймає, головним чином, їх поверхневий шар. Тому, достатньо відновлювати не всю деталь, а тільки її зношені робочі поверхні шляхом нанесення на них багатофункціональних покриттів.

Встановлено, що найбільшого ефекту за несучою здатністю, підвищенням твердості, зносостійкості і витривалості відновлюваних деталей з напиленими покриттями при зниженні їх деформації можна забезпечити обробкою імпульсним іонним азотуванням.

На підставі проведеного аналізу сформульована мета та задачі дисертаційної роботи.

Зауваження по розділу 1

1. Назва преамбули до розділу і назви підрозділів 1.1 і 1.2 не відповідають їх змісту. У них розглядаються загальні організаційно-економічні проблеми, які характерні не для всіх перерахованих в підрозділах видів засобів транспорту.

2. Висновки по розділу 1 декларативні. Доцільно було б конкретизувати які способи відновлення і для яких видів засобів транспорту використовуються. Оцінити недоліки відновлюваних робочих поверхонь, що знижують надійність деталей при ремонті.

У другому розділі запропоновані основні принципи формування концепції забезпечення надійності відновлюваних деталей машин в процесі ремонту, яка відображає функціональні, експлуатаційні, матеріально – технічні та технологічні аспекти ремонту деталей засобів транспорту шляхом використання зміцнюючих захисних покриттів робочих поверхонь деталей, нанесених комбінованим способом.

Автор пропонує організацію дослідження у вигляді ієрархічної структури з чотирьох методологічних рівнів. Взаємозв'язок факторів, що визначають хід процесу ремонту представлений у вигляді структурної схеми формування багатофункціональних покриттів на всіх етапах ремонту деталей машин.

Зауваження по розділу 2

1. Підрозділ 2.3.1 «Математичне моделювання» на сторінках 114 - 131 слід було б вказати особливості планування пропонованого експерименту, а не переписувати відомі методики.

У третьому розділі наведено обґрунтування і вибір обладнання, матеріалів, методів та методик, що забезпечують процес ремонту.

Виконаний автором аналіз експлуатаційних властивостей існуючих і необхідних для розробки обладнання і нормативно – технічної документації, дозволили обґрунтувати і сформулювати вимоги, критерії і принципи щодо методичного підходу проведення експериментальних досліджень.

Обґрунтовано використання рентгеноструктурний аналіз і електронну мікроскопію рентгеноспектрального мікроаналізу скануючого растрового електронного мікроскопа,

В роботі наведено розроблений метод проведення рентгенівської зйомки з використанням дифрактометру ДРОН-3.0 у монохроматизованому

СоКа випромінюванні ($V=30$ кВ, $I=10$ мА). Для фазового аналізу використовувалася картотека PDF. Фотографічні зображення топографії поверхонь з покриттями отримували з використанням скануючого растрового електронного мікроскопа «Нанолаб – 7» фірми «Оптон» (Німеччина).

Оцінку точності експериментальних результатів, які містять систематичні і випадкові помилки, проводили за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики.

Зауваження по розділу 3

1. У тексті розділу багато посилань на літературу інших авторів, не вказані критерії та принципи вибору обладнання, оснащення, інструменту, що ускладнює оцінку особистого внеску здобувача в організації та проведенні експериментальних досліджень.

У четвертому розділі запропоновано для відновлення деталей засобів транспорту застосувати комбінований спосіб формування багатофункціональних покриттів, що включає процеси електроіскрового легування, електродугового напилення і імпульсного іонного азотування, обґрунтована доцільність його використання, представлені результати теоретичних та експериментальних досліджень.

Дослідженнями встановлено принципи і розроблено схему покриття комбінованим способом і визначені основні етапи його реалізації: перший етап – обробка відновлюваних поверхонь електроіскрового легування при одночасному нанесенні підшару з ніхрому (X20H80) для підвищення міцності зчеплення електродугового напилення – покриттів; другий етап – нанесення покриттів електродугового напилення дрітчастих сталей 40X13/X18H10T шляхом розпилення металу, розплавленого в електричній дузі, струменем продуктів згорання пропано – повітряної суміші; третій етап – обробка електродугового напилення – покриттів імпульсним іонним азотуванням.

В розділі автором встановлено, що підвищення твердості і зносостійкості поверхонь деталей з електродуговим напиленням - покриттям при їх обробці імпульсним іонним азотуванням забезпечується за рахунок утворення твердих розчинів азоту завдяки реалізації ефекту прискореної дифузії речовини, який отримав назву «аномальний масоперенос». Для цього були вибрані фактори, які впливають на процес дифузії та швидкість масопереносу при обробці імпульсним іонним азотуванням поверхонь з електродуговим напиленням – покриттям: час насичення напиленого покриття азотом, температура, параметри зовнішніх силових впливів, структурно – фазовий стан матеріалу в початковий момент часу. Розроблений метод управління дифузійними процесами в приповерхневих напилених шарах в процесі їх обробки імпульсним іонним азотуванням забезпечив широке впровадження даного ефекту

Зауваження по розділу 4

1. У висновках 1, 2 і 6 констатується підвищення терміну служби відновленої поверхні деталей засобів транспорту, а в розділі і в дисертації цей показник надійності не використовується.

У п'ятому розділі представлені результати досліджень впливу параметрів комбінованого методу формування багатофункціональних покриттів на комплекс фізико-механічних та експлуатаційних властивостей відновлюваних деталей засобів транспорту, виконана оптимізація процесів, які є складовою комбінованого способу відновлення.

Виконані автором дослідження дозволили встановити залежність пористості і міцності зчеплення від технологічних параметрів процесу електродугового напилення: витрат і тиску робочих газів, складу горючої суміші, кількості дроту, що подається в одиницю часу, дистанції напилювання, тощо. При цьому, для електродугового напилення - покриття міцність зчеплення прямо пропорційна їх пористості. Тому, у якості критерію електродугового напилення запропоновано пористість покриттів і їх міцність зчеплення з відновлюваною поверхнею.

Встановлено, що найбільш впливові на пористість і адгезію покриттів є дистанція напилення, температура і розмір розпилюємих частинок.

У роботі враховано складність фізико-хімічних процесів, що відбуваються при нанесенні зміцнюючих захисних покриттів. В даний час не існує аналітичних залежностей для її вирішення. Тому, розроблено метод оптимізації комбінованого способу нанесення цих покриттів шляхом раціонального вибору критеріїв, за якими буде оцінюватися працездатність відновленої деталі у заданих умовах експлуатації

За допомогою пакету прикладних програм (ППП) ПРИАМ автором одержані уявлення про геометричний образ функції відгуку і побудовані відповідні геометричні поверхні функції відгуку. Отримані математичні моделі описують залежності інтенсивності зношування, межі витривалості, міцності зчеплення і пористості від параметрів процесу нанесення зміцнюючих захисних покриттів та можуть бути використані для оптимізації технологічного процесу відновлення деталей засобів транспорту

Зауваження по розділу 5

1. Підрозділ 5.1.1 «Аналіз стану існуючих теоретичних підходів оцінки адгезійної міцності. Застосування існуючих гіпотез і теорій адгезії для вирішення проблем надійності засобів транспорту та їх елементів» доцільно перенести в розділ 1.

2. Із тексту розділу не зрозуміло, як реалізувати вираз на сторінці 291 «Отримані регресійні залежності (5.20 – 5.23) використовували для оптимізації процесу ремонту деталей засобів транспорту комбінованим методом нанесення багатофункціональних покриттів».

У шостому розділі представлені результати досліджень властивостей поверхонь, відновлених комбінованим методом нанесення багатофункціональних покриттів, розроблені дослідно - експериментальна технологія та технологічні інструкції для відновлення деталей на прикладі розподільного валу дизель-генератора і валу насоса.

З використанням теоретичних і експериментальних досліджень розроблено рекомендації щодо задоволення вимог, яким повинні відповідати відновлювані поверхневі шари деталей трибо сполучень - це висока твердість і

зносостійкість. В роботі показано, що виконання цієї умови стосовно до сталей можливо у випадку, коли в сталях сформована двофазна структура, яка містить метастабільний аустеніт, який має твердість 200 – 300 HV. В процесі приробітку метастабільний аустеніт трансформується в зносостійкий і твердий мартенсит (600 – 700 HV) за рахунок протікання деформаційного $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення. Режимми електродугового напилення дозволяють забезпечити формування в покритті великої кількості метастабільного аустеніту, який в процесі роботи трибосполучень переходить в мартенсит. Для забезпечення в структурі напиленого покриття метастабільного аустеніту, необхідно досягти певних умов формування покриття: температури нагріву дроту і його розпилення, швидкості охолодження розплавлених частинок і ступеня їх окислення, що призводять до зміни концентрації легуючих елементів. У сталей 40X13 температура знаходиться в межах 550 – 700 К. При розпилюванні дротів з цих сталей встановлено, що об'ємний вміст метастабільного аустеніту досягає 45 %, якщо температура нагріву дроту не перевищує 2000 К. У сталей X19H10T температура мартенситного перетворення становить 70 – 110 К, тому структура цих сталей, а також робочі поверхні відновлених деталей, характеризується високою стійкістю.

Проведені лабораторні та стендові випробування валів суднового дизельного двигуна показали, що зносостійкість відновлених поверхонь в 2,5 – 5 рази вище, ніж поверхонь, відновлених за традиційною технологією електродугового напилення і в 1,5 – 1,7 рази – у порівнянні з новими валами. Ресурс відновлених валів збільшився в 2 – 2,5 рази в порівнянні з новими деталями і деталями, отриманими електродугового напилення.

Зауваження по розділу 6

1. У підрозділі 6.4.1 на сторінках 320 -325 наведено технічну характеристику дизель-генератора, у підрозділі 6.4.3 на сторінках 326 -328 наведено характеристику розподільного валу, на сторінках 332 -333 наведено режими механічної обробки деталей, які носять довідковий характер і до теми дисертації не належать. Доцільно цю інформацію розмістити в додатку.

2. На сторінках 328 - 331 не приведені режими двох технологічних операцій – електроіскрове легування та іонно імпульсне азотування.

Достовірність і новизна висновків дисертації

Результати виконаного дослідження викладені у висновках по кожному розділу і у дев'яти загальних висновках по дисертації. Висновки достовірні, мають наукову і практичну спрямованість. По дев'ятому висновку необхідно зробити наступне зауваження:

- 1. У пункті 9 вказані деталі, відновлені за розробленою технологією і місце їх впровадження. Доцільно було б вказати ефективність їх впровадження у вигляді зміни надійності до і після відновлення робочих поверхонь деталей, як того вимагає формулювання мети дослідження.

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих роботах

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Основні наукові результати, які отримані у дисертаційній роботі, в належній мірі

опубліковано у 49 наукових працях, у тому числі: 1 монографія; 28 публікацій у наукових фахових виданнях України та інших держав, у тому числі 4 публікації у виданнях, що індексуються у Scopus, віднесених до квінтілів Q1 і Q2; 19 тез у збірниках доповідей на міжнародних наукових конференціях; один патент України на корисну модель.

Це задовольняє вимогам МОН України до публікацій результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

ВИСНОВОК

1. Виконана дисертаційна робота є самостійним закінченим науковим дослідженням, у якому вирішена актуальна науково-прикладна проблема забезпеченні надійності деталей засобів транспорту та їх елементів в процесі ремонту шляхом використання багатофункціональних покриттів. Це дозволить розробити методи управління ресурсом засобів транспорту на основі визначення впливу параметрів комбінованого методу нанесення багатофункціональних покриттів на якість відновлених робочих поверхонь елементів засобів транспорту;.

2. Відзначені зауваження при розгляді розділів дисертації й висновків, в основному методичного характеру й істотно не впливають на наукову й практичну значимість проведених досліджень.

3. Основні результати дисертації досить повно відбиті в наукових виданнях за фахом.

4. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні й має велике практичне значення. За обсягом й змістом вона відповідає вимогам ВАК України до докторських дисертацій, а також вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14, 15 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними згідно з постановами КМУ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016), а її автор Агєєв Максим Сергійович заслуговує присудження вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент,
професор кафедри технології
машинобудування і ремонту машин,
Харківського національного автомобільно-
дорожнього університету,
доктор технічних наук, професор

О.С. Полянський
О.С. Полянський
Томянского О.С.
ЗАСВІДОЧУВАННЯ
СЕ РЕТЪР ХНАДУ
№ 02071168