

До спеціалізованої вченої ради Д 64.832.04
при Харківському національному
технічному університеті сільського
господарства імені Петра Василенка

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Рибалка Івана Миколайовича**
«Експериментальні, теоретичні і технологічні основи зміцнення виробів з
використанням модифікуючих домішок», представленої на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 –
матеріалознавство

Актуальність теми дисертації

Серед пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні спрямовані на напрям «Нові речовини і матеріали». Дисертаційна робота Рибалка Івана Миколайовича відповідає цьому та вирішує проблеми підвищення стійкості деталей різного призначення з застосуванням модифікуючих домішок, а саме вторинної сировини та матеріалу природного походження. Останнім часом приділяється увага технологіям, які за рахунок незначного подорожчання матеріалів, що використовуються, підвищують зносостійкість та час експлуатації деталей. Дослідження, які виконані в дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Дисертаційна робота Рибалко І.М., який був докторантом, виконувалась у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка протягом 2014-2021 років згідно наукових програм, тем і планів: договір №191дп від 04.04.2016 р. про науково-технічне співробітництво між ДП «Завод імені В.О. Малишева» і Харківським національним технічним університетом сільського господарства імені Петра Василенка; «Теоретичне та експериментальне обґрунтування

нових технологій виробництва та відновлення деталей з використанням зміцнення модифікуванням» (ДР 0116U005802) у період 2015-2017 р.р.; «Отримання і застосування детонаційної шихти для підвищення експлуатаційної стійкості деталей» (ДР 0117U004157) у період 2014-2017 р.р.; «Нові технологічні процеси відновлення деталей наплавленням з використанням модифікування вторинною сировиною» (ДР 0120U002209) у період 2020-2021 р.р.; «Проведення експериментальних досліджень для промислових випробувань нової технології зміцнення культиваторних стрілочастих лап» (ДР 0121U111046, госпдоговір 4/4-2021) у період 2021-2022 р.р.; «Дослідження властивостей матеріалу нових культиваторних лап вітчизняного та закордонного виробництва» (ДР 0121U111165, госпдоговір 7/4-2021) у період 2021-2022 р.р. У вищеназваних роботах, згідно договорів з різними підприємствами, дисертант безпосередньо приймав участь як відповідальний виконавець та використовував одержані результати у публікаціях, патентах і дисертаційній роботі.

Тому робота, яка спрямована на встановлення науково-технологічних основ підвищенням стійкості деталей модифікуванням зміцнюючої поверхні шляхом введення домішок в пластичні мастила або в наплавлення є важливим і актуальним напрямом дослідження та провадження.

Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертаційна робота представлена на 348 сторінках і складається з анотації, вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (309 найменувань) та 10 додатків, викладених на 56 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 258 сторінок. Робота проілюстрована 111 рисунками, включає експериментальні, теоретичні та технологічні дані, які представлені у 52 таблицях.

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і завдання досліджень, відображені наукова новизна і практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі «Застосування нових модифікуючих домішок для підвищення експлуатаційної стійкості виробів різного призначення» надається аналіз відомих публікацій щодо виробництва, використання, а також розглядаються чинники, що впливають на деградацію структури й властивості металу насосно-компресорних труб (НКТ) при експлуатації та виготовлення, зміцнення й відновлення робочих органів сільськогосподарської техніки.

Дисертант розглядає безліч виявлених стандартів й іншої нормативно-технічної документації, яка регламентує сортамент вироблених труб та їх хімічний склад. Встановлено, що у різних країнах вони мають багато загального, але зустрічаються і серйозні відмінності. Для виробництва такої продукції найчастіше використовують низьковуглецеві й низьколеговані сталі (леговані Mn, Cr, Mo, і мікролеговані V, Nb, Ti). Основною відмінністю різних нормативних документів є обмеження припустимого вмісту шкідливих домішок S і P. Для підвищення споживчих властивостей труб та їх експлуатаційної стійкості розробляються спеціальні покриття, які дозволяють знижувати схильність матеріалу до корозійної пошкоджуваності.

У наведених дослідженнях відзначається, що період початку розвитку деградаційних процесів можливо перенести на більш тривалий період за рахунок використання труб оптимізацією технологічних параметрів їх виробництва, які суттєво подрібнюють феритні зерна. До них належать такі операції як регламентовані параметри редукування, використання термічної або термомеханічної обробки.

При виборі тієї або іншої технології й параметрів виробництва та підготовки до використання продукції в експлуатації враховують конкретні умови середовища взаємодії, глибини свердловини, температурні параметри, які впливають на тип і характер деградації металу, що розвивається.

Більшість авторів у розглянутих роботах з деградації металу труб вважають, що основною причиною їх пошкоджуваності є вплив активного корозійного середовища й лише окремі роботи аналізують розвиток

напруженого стану. У цьому випадку зародження й розвиток пошкоджуваності відносять до зміни щільності дислокацій і виділенню на них надлишкових фаз за рахунок розвитку дифузії.

Із всього розглянутого різноманіття способів зміцнення культиваторних лап, дисертант зробив висновок, що основні напрями підвищення їх зносостійкості можуть бути досягнені застосуванням зносостійких матеріалів при їх виготовленні, розробкою методів зміцнення нових конструктивних і технологічних рішень їх виготовлення, а також відновленням в процесі експлуатації.

Дисертантом рекомендовано використовувати розробку способу зміцнення спеціальним наплавленням для підвищення зносостійкості лап культиватора. Відновленням лап культиватора можливо передбачати зміцнення та зміни характеру структуроутворення ріжучої їх частини.

Виходячи з аналізу сучасних досліджень дисертантом встановлено, що найбільш ефективною для зміцнення відновних покриттів є немагнітна складова шихти з нано- і дисперсними алмазами. Такі покриття мають підвищену зносостійкість. Тому дисертант планує застосування немагнітної детонаційної шихти, а також матеріалів природного походження, які можуть бути ефективними для зміцнення деталей різного призначення, та це буде актуальним напрямом дослідження.

Другий розділ *«Методологія, матеріали та методи досліджень»* розглядає комплексні методики і матеріали, які використовували для підвищення експлуатації при різних умовах використання: модифікуюча домішка внесена як в зміцнююче покриття, так і у спряження в пластичне мастило.

Методично робота побудована на аналізах двох напрямів розгляду літературних джерел, які можуть підвищити експлуатаційні властивості деталей та виробів на основі нових способів використання немагнітної частки детонаційної шихти з алмазною фракцією. При цьому обсяг та послідовність досліджень представлені діаграмою Ісікави.

Розглядаються різні методи, що дозволили виявити хімічний склад та локальний розподіл шихти, яка використовується в якості домішки. Таку шихту одержали з використанням спеціальних обробок та її частка при введенні в рідку ванну складала 5-7% від маси електроду.

При використанні модифікуючої домішки – бентонітової глини (6-8% від маси електроду), а потім і у різних родовищах глини України. Таку шихту подрібнювали на спеціально розробленому обладнанні – кульовому млині, піддавали сушінню. Аналізом показано, що при модифікуванні 6% домішки хімічний склад покриття незначно змінюється, %: до 0,45-0,65 Mn; 0,15-0,40 Si; до 0,11 C, 0,035 P; 0,010 S.

Всі варіанти модифікування вивчали металграфічно: оптичною, електронною мікроскопією, термоелектронною емісією локального розподілу компонентів на однорідність їх засвоєння у покритті. Для цього використовували оптичний мікроскоп та електронний YSM-820 Link «YEOL» з системою рентгенівського мікроаналізу. Мікротвердість оцінювали по мікро-Вікерсу приладом UIT HVmicro-1 і навантаженні 50г та при навантаженнях 20 і 50г на приладі ПМТ-3. Зміни вивчали і рентгенівським методом на апараті ДРОН-3 в $K\alpha$ -Cu випромінюванні. Для оцінки зношування проводили стендові випробування з введенням пластичного мастила у спряження, в абразивному середовищі – піску на машині тертя СМТ-1. Оцінку міцності зчеплення покриття з основою виконували згідно методики Гулаєва-Гудцова. Здійснення контролю якості проводили з використанням коерцитиметра КРМ-Ц-К2М, згідно розроблених бракувальних норм.

Розроблено методику оцінки розтягування насосно-компресорних труб в експлуатації. В основу розробленої моделі оцінки закладений принцип мінімуму ентропії.

Дисертантом представлена методика, яку використовували для розрахунку пластичної деформації в різьбовому спряженні під час його зношування та вплив на деградацію металу.

Для оцінки структуроутворення при нанесенні покриттів наплавленням з використанням модифікуючих домішок використовували оптико-математичний аналіз електронних фотографій структур та новий комплексний підхід до оцінювання якісного та кількісного фазового складу, а також взаємозв'язок різних фаз в зонах наплавлення і перехідної з основою. На мій погляд такі теоретичні дослідження дозволили підтвердити ефективність виконаних розробок.

У третьому розділі «Деградація металу й підходи до її оцінки при експлуатації деталей різного призначення» виконано аналіз основних чинників відмов виробів, що працюють у різних умовах експлуатації.

Дослідженнями дисертант встановив, що в результаті значних деформацій у трубах колони інтенсифікуються пороутворення, дифузія вуглецю (за рахунок руйнування цементиту перлітної складової) і вуглекислотна корозія. Показано, що анодами можуть бути границі зерен, що містять вільний вуглець, карбідні фази й неметалеві включення, які мають різко відмінні електрохімічні потенціали й властивості міцності.

Дисертантом встановлено, що підвищена концентрація вуглецю, сприяє пороутворенню й насиченню поверхні елементами, які входять до складу активно-корозійного середовища (при концентрації CO_2 у газовій фазі $\leq 0,415\%$, що обумовлює його парціальний тиск $0,11\text{--}0,12$ МПа, при $p_{\text{парц}} \geq 0,2$ МПа корозійні умови експлуатації належать до критичних, при $p_{\text{парц}} < 0,02$ МПа – середовище корозійно-безпечне; конденсації вологи в газі $3,4\text{--}3,6\%$, що достатньо для зволоження поверхні НКТ і розвитку корозійних процесів.

На підставі аналізу отриманих даних при різному стані НКТ виявлена зона розкиду значень коерцитивної сили й визначена деградація металу по цій магнітній характеристиці. Коерцитивна сила в місцях корозійно-механічного пошкодження НКТ пов'язана (майже лінійно) з рівнем структурної пошкоджуваності, що дозволяє використовувати неруйнівний магнітний контроль по цьому параметру, а також діагностувати стан передруйнування.

На основі розглянуто дисертантом використання сільськогосподарської техніки запропоновано підхід до оцінки зносу й деградації металу в процесі експлуатації культиваторних лап. Виявлено, що вони зношуються нерівномірно, товщина у всіх зонах аналізу відрізняється. Після експлуатації вони суттєво відрізняються та є результатом того, що лапи працюють в різних умовах (грунтах) і зношуються нерівномірно. Так само спостерігається перекис при закріпленні їх на культиваторі.

Дослідженнями показано, що в нових культиваторних лапах найбільш високий рівень показань коерцитивної сили характерний для крил та їх зниження відбувається до носка, що визначається якістю штампування таких деталей. Після експлуатації виявлена мінливість, що характеризується як підвищенням, так і зниженням показань коерцитивної сили. Це відображає рівень і характер напруженого стану, а також ступінь деградації металу.

Оцінка напруженого стану культиваторних лап вимірювальним устаткуванням ІКС-104-ІНТЕКС показала, що близький рівень коерцитивної сили у всіх її зонах характеризує ступінь деградаційних явищ у металі, розвиток якого починається з поверхневого робочого шару.

Запропоновано підхід до розробки бракувальних норм для відновлення зношених культиваторних лап, який може забезпечити задовільні показники для використання в практичному процесі при експлуатації. Для відновлення дисертантом встановлено, що можуть використовуватися тільки ті культиваторні лапи, зони яких не мають підвищеного рівня коерцитивної сили $>10,0\%$. В роботі не рекомендується також відновлювати ті деталі, мінливість яких має більш низькі показники й малий їх розкид $<5,0\%$.

У четвертому розділі *«Способи підвищення експлуатаційної стійкості виробів різного призначення на основі їх структуроутворення»* присвячено комплексним дослідженням зі структуроутворення, експлуатаційної стійкості виробів і конструкцій у галузі машинобудування.

В роботі порівняльно проаналізовано вплив модифікуючих домішок на основі вторинної сировини (детонаційної шихти від утилізації певного набору боєприпасів) з алмазною нано- і дисперсною фракцією й природньої – глини.

Статистичним аналізом виявлено, що 55% відмов при експлуатації насосно-компресорних труб відбувається через корозію різьбових з'єднань. Таку пошкоджувальність провокують напруження, які створюються в колоні (верхній її частині, що відповідає ефекту Сен-Венана).

Для стабілізації різьбових з'єднань в експлуатації дисертантом рекомендовано використовувати пластичні мастила, в які вводять спеціальні компоненти. Однак, з відходом кисню, ряд з них стає абразивом, наприклад, графіт. Враховуючи це, в якості загущення пластичного мастила для різьбових з'єднань введено 20-30% немагнітної складової детонаційної шихти з алмазною фракцією, покритої кисневмісними з'єднаннями. Для більш тривалого й стабільного впливу такої шихти при експлуатації на поверхні тертя створювали подряпини. При цьому найбільш оптимальною була домішка фракцією 10-20 мкм, яка забезпечувала формування «кишень» мащення й збільшувала зносостійкість в 2 рази.

Запропоновано метод визначення оксидних захисних плівок на основі статистичних оцінок по мінливості складу мікрорентгеноспектрального аналізу при порівнянні вигладжених зон, «кишень» для утримання мащення. Показано, що при використанні запропонованого модифікатора товщина захисних оксидних плівок на поверхні тертя змінюються від 0,32 мкм до 1,34 мкм у різних зонах і періодах експлуатації. Такі вторинні захисні структури руйнуються й знову формуються завдяки наявності кишень.

При зміцненні й відновленні деталей наплавленням дисертант використовував вторинну сировину – детонаційну шихту від утилізації певного набору боєприпасів з нано- і дисперсною алмазною фракцією. Це за даними досліджень стабілізувало роботу культиваторних лап, які залежно від виготовлювача й умов експлуатації змінювалися по товщині від 6 до 5,5 мм. Зміцнення здійснювали оригінальним методом нанесенням смуг для

підвищення їх зносостійкості, самозагострювання й опору пластичної деформації.

Дослідженнями показано, що застосування електрода Т-620 при наплавленні тонкостінних виробів призводить до проплавлення тонкостінних виробів та підвищена схильність до дефектоутворення. В роботі показано, що введення модифікуючої домішки в кількості 5-7% від частки електрода усуває формування дефектів, яке пов'язано зі зменшенням температури рідкої ванни за рахунок нерозчинної алмазної фракції.

В роботі використовували принципово новий підхід до модифікування природньою речовиною. Запропоновано модифікувати домішкою бентонітовою глиною. Її наносили на електрод у кількості 6-8% від його частки. Показано, що введення такої домішки сприяє формуванню більш однорідної структури практично по всіх зонах покриття. В обох варіантах покриттів (з введенням модифікатора глини й без неї) кристалізується мартенситна структура відпуску матриці. Додаткове модифікування в три рази знижує перетин перехідної зони. Крім того, нанесення такого покриття на тонкостінну культиваторну лапу повністю проплавляє її, а при введенні бентонітової глини зберігає її основу до 50%.

Мікрорентгеноспектральним аналізом виявлено, що крім фази Me_7C_3 проявляються включення Me_xC_y , які у відмінності від стехіометричного складу суттєво відрізняються часткою розчинених у ньому компонентів.

П'ятий розділ *«Математичне моделювання, експериментальне дослідження та оптико-математичний аналіз структуроутворення у виробках з різними умовами експлуатації»* присвячено експериментальному й математичному моделюванню технологічних процесів використання додаткового модифікування при зміцненні виробів у різних умовах.

Математично в роботі розроблено модель розтягування довгих стрижнів для уточнення підходу для оцінки напружень при експлуатації. Основою створення моделі було порівняння робіт пружних і пластичних деформацій. Алгоритм заснований на переборі довжин пружних і пластичних

зон, а також знаходженні зони дотичних деформацій. При проведенні розрахунків розглядали різницю відносин пружної деформації всього стрижня до гранично пружної.

Встановлено, що найменше вивчений підхід до аналізу пружно-пластичного завдання розтягання довгого стрижня полягає в одночасному виключенні двох параметрів. Це завдання зводиться до рівнянь у частинних похідних. При цьому, вдається виключити зовнішню силу й роботу пластичної деформації та одержати рівняння другого порядку в частинних похідних, схоже на стаціонарне рівняння коливачь. При виключенні роботи пластичної деформації існує більша ймовірність появи стрибка ентропії. У цьому випадку завдання слід вирішувати за допомогою узагальнених функцій. Оцінка також включає врахування схованої енергії пластичності. Аналогом може служити процес кристалізації. Виходячи з викладених досліджень, у подальших розробках дисертант моделював й прогнозував процеси розвитку напруженого стану при експлуатації шляхом вибору ефективних, якісних матеріалів колони для стабільного стану її роботи.

Розрахунки, одержані по отриманим залежностям, показали, що для пластичної ділянки слід використовувати прямолінійну трапецію із зовнішньою силою руйнування та довжина буде визначатися його висотою. Це відповідає принципу Сен-Венана.

Ефективним для збільшення строку експлуатації верхньої зони металу колони по рекомендаціям дисертанта може бути використання сталей з перлітною структурою матриці й мінімальною часткою феритної складовою, дрібним зерном і чистою по неметалевим включенням.

Що стосується підвищення стійкості різьбових з'єднань, то в роботі на основі досліджень рекомендовано модифікувати пластичне мастило домішкою, яка має детонаційне походження.

Проведення експериментів супроводжувалося оцінкою анізотропії властивостей і структури по коерцитивній силі. На основі досліджень

встановлено, що до деформації вона становила 0,87, а після 0,36, і це свідчить про істотну деградацію металу.

Встановлено, що в процесі пластичної деформації особливо інтенсивно подрібнюються перлітні зерна а феритні стають витягнутими. Відзначається зменшення частки перлітної складової. Одночасно феритна складова стає більш темною завдяки появі в ній дислокаційної структури.

Вимірами мікротвердості показано, що при наявності великої частки фрагментованої структури її показання на поперечних зразках після деформації підвищуються на 10%, а в повздовжньому – на 7%.

Для опису сформованих фаз та їх мінливості при пластичній деформації в роботі використовували оптико-математичний аналіз, який на підставі рівнянь Нов'є-Стокса дозволяє оцінити дифузійні процеси, що відбуваються, і щільність фрагментів. Така оцінка базувалася на абсолютних величинах кінцево-різницевого показника лапласіанів і дивергенції. За результатами оцінки дисертант будував гістограми по 11 групах умовних кольорів 0;7;8;73;82;91 – віднесені до фериту різного ступеня насиченості вуглецем і 164, 241, 247 і 255 – до карбідів. Локальним рентгеноструктурним аналізом встановив, що частка цементитної складової (колір 255) після деформації знижується в 2 рази (з 1,61 до 0,78%). Це супроводжується перерозподілом вуглецю. І в зоні феритних фаз його концентрації зростає в 2-3 рази, збільшуючи число зон з підвищеним вмістом вуглецю (кольори 82 і 91). При цьому виявлені окремі випадки появи в них виділень, близьких до карбідів типу FeC та Fe_xC_y з дефіцитом по вуглецю.

Показано, що поверхня вихідних (після прокатки) і деформованих зразків відрізняється наявністю незначних зон екструзії поверхні, а після пластичної деформації вона суттєво зростає і є джерелом пошкоджуваності.

Комплексні дослідження зон екструзії виявили формування нових фаз, а також неметалеві включення переміщених їх з приповерхневих шарів.

Основний інтерес має оптико-математичний аналіз таких фаз, тому що показують зміну на поверхні фериту з підвищеним вмістом вуглецю до 25%

(типу 8 і 92), до 55% цементиту й 14% карбідної фази зі зниженою часткою вуглецю (колір 155). Більш низька частка цих структурних складових характерна для прилягаючого, до описаного шару.

При модифікуванні проведена дисертантом оцінка структурних змін в покритті з модифікування його бентонітовою глиною оптико-математичним аналізом фаз.

Порівняння гістограм кольорів зображень за критерієм Колмогорова по 15 інтервалах показало значну однорідність в розподілі фаз при модифікуванні бентонітовою глиною.

Отримані зображення на фотографіях повною мірою відображають структуроутворення при модифікуванні покриттів, де можливо простежити не тільки форму, а й розподіл найбільш твердої карбідної фази та оцінити кількість і взаємодію всіх структурних складових.

При описі оптико-математичним методом дисертант виявив відсутність аустеніту і парної взаємодії ферит-карбіди при модифікуванні. При цьому максимальна частка фаз відповідає фериту (33,8% – знижується в 2 рази) і взаємодії ферит-аустеніт-карбіди (48,62% – підвищується в 2 рази), при модифікуванні зростає майже в 8 разів взаємодія ферит-аустеніт.

В роботі показано, що введення модифікуючої домішки бентонітової глини істотно змінює кристалічну решітку карбідних фаз. При металографічних дослідженнях виявлено розчинення стрілчастих виділень карбідів нестехіометричного складу на більш тонкі. Частка таких карбідів при модифікуванні зростає в 2 рази.

Шостий розділ *«Оцінка експлуатаційної стійкості аналізованих виробів»* розглядає експлуатаційні випробування та оцінку економічної ефективності запропонованих технологічних рішень.

Модифікування пластичного мастила детонаційною шихтою від утилізації боєприпасів зменшує задири при експлуатації в різьбових з'єднаннях в 2 рази, збільшує їх експлуатаційну стійкість. Випробуваннями на знос при робочих навантаженнях досягнув 0,05-0,45 кН. При використанні

домішки детонаційної шихти істотно зменшується не тільки число задирів, а й вони з'являються тільки при 0,45 кН. При модифікуванні мастила графітом задири фіксували при навантаженні до 0,35 кН, а без використання модифікаторів – вже при 0,25 кН.

Розроблено і запропоновано новий спосіб зміцнення культиваторних лап. Для цього використовують спеціальні технологічні рішення нанесення зміцнюючих смуг на носок з лицьового боку лапи і з тильної – на її крилах. Згідно попереднього аналізу процесу зношування, оптимальним є нанесення наплавленням зміцнюючих смуг на носок розміром 20 мм, а на крила – 12-15 мм з відстанню між ними не менше 10 мм, щоб запобігти перекриття зон термічного впливу. Це оригінальний метод, глибоко обґрунтований.

Порівняльними стендовими випробуваннями на зношування показано, що модифікування покриттів в процесі їх нанесення немагнітної фракції детонаційної шихти забезпечує зниження напружень, розмір зерна, подрібнення фази карбиду і формування хвилястої зміцненої зони покриття – основа.

Встановлено, що наплавлення з додатковим модифікуванням рідкої ванни бентонітовою глиною також знижує рівень напружень, що формуються в покритті, а також показники коерцитивної сили на 26-42%.

Показана можливість використання для модифікування природного продукту – глини і вторинної сировини – немагнітної фракції детонаційної шихти з алмазами від утилізації боєприпасів. При введенні глини і шихти в покриття методом наплавлення, зносостійкість підвищується в 1,3 і 2 рази відповідно.

В результаті дослідно-виробничої перевірки культиваторних лап Tiger Mate II, зміцнених згідно нової схеми та технології ХНТУСГ (захищено патентом України, напрацювання досягає 3185 га на один робочий агрегат. Величина лінійного зношення за шириною леза становить від 10 до 42 мм, при цьому зношення стандартно виготовленої лапи змінюються від 39 до 86 мм. Стандартні лапи мають більш високі показники за рівнем значення зношування (в \approx 2,5 рази). Це забезпечується за рахунок зміни структури,

фізико-механічних властивостей (мікротвердість, коерцитивна сила, міцність зчеплення покриття з основою), зменшення напружень на 26-42% та формування принципово нової структури, яка утримує стабільну роботу ріжучої кромки при деформації в процесі тертя.

Економічна ефективність впровадження розробленої технології зміцнення в розрахунку на 1210 шт. лап оцінена в 196927,5 грн на рік.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації, а його оформлення відповідає вимогам, що висуваються до докторської дисертації.

Наукова новизна дисертаційних досліджень

Обґрунтованість наукових положень дисертаційного дослідження Рибалко І.М., їх об'єктивність і переконливість, ґрунтовність висновків та рекомендацій, сформованих за результатами роботи, були обумовлені використанням для їх одержання різнопланових методів досліджень та сучасного експериментального обладнання.

Реалізація поставленої в роботі мети дозволила автору одержати низку нових результатів, що мають наукову новизну дисертації.

Вважаю за необхідне відмітити найважливіші положеннях:

Вперше:

- запропоновано виявляти дефекти на насосно-компресорних трубах та культиваторних лапах з використанням комплексного підходу, який забезпечив контроль зміни показників фізико-механічних властивостей при використанні різних виробів в експлуатації, зміцненні та їх відновленні;

- показано, що підвищення коерцитивної сили відносно вихідного стану без модифікування наплавленням, свідчить про накопичення напруженого стану, а зниження (нижче вихідного рівня) відповідає початку деградації металу. Зміна цих показників дозволяє автору досліджень оцінити особливості у структуроутворенні виробів;

- комплексними дослідженнями встановлені оптимальні домішки для модифікування покриттів на культиваторні лапи, які забезпечують необхідний рівень якості, властивостей при урахуванні умов експлуатації;

- дисертантом розроблено нову, доступну для використання технологію, де в якості модифікуючої домішки він використовує речовину природного походження – бентонітову глину, що додатково включає компоненти, які сприяють підвищенню частки карбідної фази з одноразовим її подрібненням, і це сприяє підвищенню зчеплення покриття з основним металом, а також зменшує рівень напружень у перехідній зоні;

- рекомендовано спосіб зміцнення культиваторних лап на основі аналізу їх зношування та деформації при експлуатації. Це дозволило знизити схильність до зношування та може бути використано при виготовленні виробів та їх ремонті в процесі відновлення.

- показана можливість використання глини різних родовищ України для модифікування зміцнюючих покриттів на культиваторні лапи;

- дослідженнями показано, що формування кисневих захисних плівок в різьбових спряженнях додатковим введенням пластичного мастила немагнітної частки детонаційної шихти сприяє зменшенню періоду приробітку спряжень та збільшенню часу їх зношування;

- дисертантом використано комплексний підхід, який включає контроль якості по коерцитивній силі, мікротвердості і структуроутворенню та це використовується і для інших напрямів дослідження деталей сільськогосподарського призначення.

Практичні результати роботи, їх рівень та ступінь впровадження

Отримані в дисертаційній роботі результати можливо відзначити і згідно практичної цінності.

Розроблені нові технології дозволили забезпечити підвищення стійкості різьбових з'єднань насосно-компресорних труб за рахунок модифікування пластичного мастила вторинною сировиною – детонаційною шихтою, а також зміцнюючих покриттів при наплавленні з введенням

вторинної сировини, а потім зроблено перехід до матеріалу природного походження – глини. Підтверджено ефективність технології нанесення смуг на культиваторні лапи в умовах підприємства.

Наукові напрацювання здобувача Рибалко І.М. захищені 9 патентами України та використовуються на ДП «Завод імені Малишева», СТОВ «Мрія».

Виконані розробки дисертант використовує і у навчальному процесі університету в лекційних та практичних курсах з дисциплін «Енерго- та матеріалозберігаючі технології та обладнання», «Нанотехнології та методологія наукових досліджень», «Основи трибології».

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів

Достовірність отриманих результатів досліджень не має сумніву та забезпечується застосуванням сучасних експериментальних методів вимірювань та визначенням експлуатаційних характеристик, дослідженням мікроструктури з використанням оптичної та растрової електронної мікроскопії. Експериментальні результати узгоджуються з комп'ютерним моделюванням. Основні наукові положення та висновки, достатньо сформульовані в дисертації, добре обґрунтовані і базуються на глибокому аналізі досліджуваних явищ. Інтерпретація результатів узгоджується з фундаментальними положеннями сучасного матеріалознавства.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях

Основні результати і наукові положення, висновки та рекомендації, що наведені в дисертації достатньо висвітлені в 64 наукових дослідженнях, в тому числі 17 з них у статтях, що належать до спеціалізованих наукових видань України, 9 статей опубліковано у закордонних виданнях (з них 3 включено до міжнародних наукометричних баз 2 у Scopus та 1 – Web of Science), 29 в інших виданнях України, а також закордонних. За матеріалами дисертаційної роботи автором отримано 9 патентів України та опублікована монографія у співавторстві. Матеріали дисертаційної роботи докладалися на ряді міжнародних конференцій.

Основні зауваження щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Рибалко І.М. заслуговує позитивної оцінки. Разом з тим, є деякі дискусійні зауваження:

1. В роботі розглядаються різні методики модифікування зміцнюючих покриттів, однак не розглядається можливість їх подальшого широкого використання.

2. Дисертаційна робота використовує багато нових підходів до оцінки якості покриттів, але не обговорюється напрям подальших розробок у виробництві підприємств сільськогосподарського призначення.

3. Має сенс окремо пояснити практичне застосування методики оцінки кольору фаз та показати зв'язок досліджуваними властивостями.

4. В роботі вказується, що для стабілізації різьбових з'єднань в експлуатації рекомендовано використовувати пластичні мастила, в які введено 20-30% немагнітної складової детонаційної шихти з алмазною фракцією, покритої кисневмісними з'єднаннями. При цьому створювали подряпини, що формування «кишені» мащення й збільшувала зносостійкість в 2 рази. Чи встановлювались контрольовані межі кількості подряпин для досягнення цього ефекту, оскільки їх велика кількість може призвести до пошкодження поверхні?

5. Чи враховує автор у своїх моделях ситуації зміни зносостійкості культиваторних лап, модифікованих за запропонованою методикою, при взаємодії з твердими тілами (каміння, брукт), які часто зустрічаються в ґрунтах?

6. В науковій новизні вказується, що комплексними дослідженнями встановлені оптимальні домішки для модифікування покриттів на культиваторні лапи, але краще вживати термін субоптимальні, оскільки до кінця не досліджено їх комплексний вплив.

7. З дисертаційної роботи незрозуміло: чи дозволяють отримані результати прогнозувати зносостійкість досліджуваних матеріалів на передпроектній стадії?

Наведені зауваження, втім, не знижують наукової та практичної цінності виконаної роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку отриманих результатів.

Загальний висновок

Слід відмітити, що основні результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані у наукових фахових і міжнародних виданнях, які індексуються наукометричними базами даних Scopus та Web of Science, і пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних та практичних конференціях.

Результати досліджень і напрацювання, що входили до кандидатської дисертації Рибалко І.М. не використовуються у представленій докторській дисертації.

Зміст автореферату дисертаційної роботи Рибалко І.М. відображає основні положення дисертації.

На підставі вищенаведеного вважаю, що представлена до захисту дисертаційна робота докторанта відповідає вимогам пп. 9, 10 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567 (з відповідними змінами й доповненнями), а автор роботи, Рибалко Іван Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент

завідувач кафедри матеріалознавства
та обробки матеріалів Державного
вищого навчального закладу

«Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури»,

доктор технічних наук, доцент



В.М. Волчук