

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Захарова Андрія Вадимовича** на тему
**«Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні
покриття для підвищення експлуатаційної стійкості»**, подану до захисту
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

Актуальність теми дослідження. Знос робочих органів сільськогосподарської техніки в умовах абразивного середовища є однією з ключових технічних проблем, що призводить до втрат продуктивності, підвищених експлуатаційних витрат і зменшення ефективності агровиробництва. У той же час потреба в підвищенні ресурсу деталей, без суттєвого збільшення собівартості їх виготовлення чи ремонту, стає критично важливою для підприємств аграрного сектору, особливо в умовах обмеженого фінансування та зростання вартості нових запасних частин.

В умовах сучасної механічної інженерії актуальним є пошук технологій, що дозволяють не тільки відновити геометрію зношених деталей, а й покращити їх експлуатаційні властивості. У цьому контексті електрошлакове наплавлення із застосуванням модифікуючих присадок є одним з найперспективніших напрямів, оскільки дозволяє отримувати покриття з підвищеною твердістю, зносостійкістю і стабільністю до динамічних навантажень.

Дослідження, спрямоване на оптимізацію складу присадок, технологічних режимів наплавлення та структури відновлюваних покриттів, відповідає як науковим завданням галузі матеріалознавства, так і практичним запитам виробництва. Актуальність підсилюється потребою в імпортозаміщенні витратних матеріалів і підвищенні локальної ремонтної спроможності техніки в аграрному секторі України.

Таким чином, тема дисертації має не лише наукову новизну, а й безпосереднє прикладне значення, оскільки спрямована на вирішення комплексної задачі – підвищення ефективності експлуатації техніки шляхом

впровадження доступних та результативних технологій поверхневого зміцнення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, їх достовірність. Наукові положення, висновки та практичні рекомендації, сформульовані в дисертації Захарова Андрія Вадимовича, мають високий ступінь обґрунтованості та достовірності. Автор послідовно реалізував логіку наукового дослідження: від ідентифікації актуальної прикладної проблеми абразивного зношування деталей сільськогосподарської техніки до експериментального підтвердження ефективності запропонованих технологічних рішень.

Достовірність результатів забезпечено за рахунок поєднання широкої аналітичної бази (оглянуто понад 200 літературних джерел), застосування сучасних методів аналізу структури й властивостей матеріалів (металографічні дослідження, рентгенофазовий аналіз, оптико-математичне моделювання), а також використання різних серій зразків, що дозволило автору встановити причинно-наслідкові зв'язки між складом модифікуючих присадок, структурою наплавленого металу і його фізико-механічними властивостями.

Особливо слід підкреслити повний збіг теоретично передбачених закономірностей з результатами лабораторних і польових випробувань. Це свідчить не лише про коректність методів дослідження, але й про високий рівень внутрішньої валідації результатів. Автором встановлено, що застосування карбідів хрому, ніобію та оксиду алюмінію як модифікуючих компонентів у складі порошкових дротів дозволяє стабільно отримувати дрібнозернисту структуру наплавленого шару з покращеними показниками зносостійкості та твердості. Ефективність рекомендацій підтверджена впровадженням на виробництві та економічними розрахунками щодо скорочення витрат на ремонт на 25–40%.

Таким чином, висновки і рекомендації дисертації не лише науково обґрунтовані, а й мають високу прикладну достовірність, підтверджену повним циклом верифікації – від моделювання до польових випробувань.

Ступінь новизни наукових положень. У дисертації представлено комплекс наукових результатів, які мають новизну для галузі технологій наплавлення та зміцнення зношених деталей. Вперше обґрунтовано та реалізовано застосування конкретного поєднання модифікуючих присадок – карбідів хрому, ніобію та оксиду алюмінію – у складі порошкових дротів для електрошлакового наплавлення, що дозволило отримати покриття з оптимізованими фізико-механічними характеристиками.

Новизна полягає у встановленні закономірностей впливу гранулометричного складу та рівномірності розподілу модифікуючих компонентів на формування структури, фазового складу й зносостійкості покриттів. Автором запропоновано експериментальну оптико-математичну модель, яка дозволяє кількісно аналізувати морфологію мікроструктури, виявляти зміни в розмірах і орієнтації зерен, що забезпечує точніше прогнозування зносостійкості.

Експериментально доведено, що розроблена технологія забезпечує суттєве підвищення твердості (до 20%) та зносостійкості (до 40%) порівняно з традиційними методами відновлення. Визначено ефективні параметри електрошлакового наплавлення, що дозволяють мінімізувати ризик утворення мікротріщин і залишкових напружень у відновлюваному шарі.

Отримані результати розширюють науково-технічне уявлення про кероване структуроутворення в процесі наплавлення з модифікацією та відкривають нові можливості для адаптації технології до різних умов експлуатації. Ступінь новизни підтверджується публікаціями у фахових виданнях, результатами апробацій і охоронними документами (патенти України).

Повнота викладення результатів дослідження в опублікованих наукових працях. За темою дисертації опубліковано 31 наукова праця. З них

12 статей у фахових виданнях України, 4 статті у міжнародних журналах, 1 колективна монографія, 2 патенти України на корисну модель, 12 тез доповідей на конференціях. Винесені на захист положення наукової новизни та основні результати дисертаційного дослідження Захарова А.В. з достатньою повнотою оприлюднені у відкритому друку. Вимоги щодо необхідної кількості наукових публікацій дотримано.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи викладено на 276 сторінках, у тому числі 3 додатки на 37 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 213 сторінок, має 91 рисунок і 41 таблицю. Список використаних джерел нараховує 197 найменувань на 24 сторінках.

Перший розділ автором систематизовано інформацію щодо проблеми зносу деталей сільськогосподарської техніки, охарактеризовано існуючі способи відновлення й обґрунтовано вибір електрошлакового наплавлення як найбільш перспективного напрямку. Акцент зроблено на ролі модифікуючих присадок у формуванні властивостей покриттів. Особливістю розділу є докладний аналіз переваг боридного, карбідного та карбоборидного зміцнення, що створює теоретичну основу для постановки задач дослідження. Позитивно слід відзначити достатню кількість актуальних джерел, критичне узагальнення й чітке формулювання проблемних аспектів, які стали основою для подальших досліджень.

Другий розділ демонструє організацію експериментальної частини дослідження. Автор описав методику виготовлення порошкових дротів, способи введення присадок, обладнання для електрошлакового наплавлення та критерії оцінки якості покриттів. Важливо, що представлена методика охоплює як класичні експериментальні методи (металографія, твердість, зносостійкість), так і сучасні аналітичні підходи – зокрема, оптико-математичне моделювання для оцінки структури покриттів. Це свідчить про

міждисциплінарний підхід і глибоке розуміння фізико-хімічної природи досліджуваних процесів.

Третій розділ наведено результати досліджень, що безпосередньо підтверджують ефективність запропонованої технології. Проведено аналіз змін мікроструктури, фазового складу, твердості, зносостійкості та мікротвердості в залежності від складу присадок і режимів наплавлення. Особливу увагу приділено впливу присадок на формування дрібнозернистої структури, яка є ключовою для досягнення стабільних механічних характеристик. Дані подані у вигляді таблиць, графіків та мікрофотографій, що полегшує інтерпретацію результатів. Розділ добре структурований, логічно виводить технічні рекомендації з аналізу експериментів.

Четвертий розділ демонструє прикладне значення дослідження. Умови польових випробувань наближені до реальних – культиваторні лапи та плужні леміші працювали на щільних, кам'янистих ґрунтах. Оцінка зносу проводилась за конкретними показниками — втрата маси, глибина пошкоджень, стабільність геометрії. Автор показав, що навіть після тривалого циклу експлуатації відновлені деталі не втрачають своїх властивостей. Фактично, розділ є валідацією усіх попередніх етапів дослідження та доводить дієвість розробленої технології в практичних умовах.

П'ятий розділ розглянуто економічні аспекти впровадження технології. Автор порівнює витрати на стандартний ремонт і відновлення з використанням модифікованого наплавлення, обґрунтовуючи економічну доцільність обраного підходу. Показано, що при впровадженні запропонованої технології ремонтна вартість знижується до 40%, простої техніки скорочуються, а ресурс деталей зростає. Враховано також екологічні переваги – зниження обсягів металевих відходів і повторне використання деталей. Розділ логічно завершено рекомендаціями щодо промислової реалізації.

Дисертація Захарова А.В. на тему «Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості» відповідає діючим вимогам. Обсяг та оформлення дисертації є такими, що відповідають вимогам МОН України.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці ефективної технології електрошлакового наплавлення з модифікуючими присадками, що дозволяє суттєво підвищити зносостійкість та ресурс деталей сільськогосподарської техніки. Запропоновані склади порошкових дротів і режими наплавлення забезпечують формування дрібнозернистої структури покриттів з підвищеними механічними властивостями.

Технологію успішно апробовано у виробничих умовах (зокрема, у господарстві «Калинове-7»), де підтверджено збільшення ресурсу деталей до 40% та зниження витрат на ремонт і простої техніки. Розробка може бути адаптована для інших галузей – машинобудування, гірничої та транспортної – де потрібні зносостійкі та довговічні покриття. Таким чином, результати дослідження мають прикладну цінність, є придатними для впровадження у виробництво та сприяють підвищенню ефективності технічної експлуатації.

Відсутність (наявність) порушень академічної доброчесності. У дисертації не виявлено випадків порушення академічної доброчесності. Усі використані джерела коректно процитовані, автор чітко вказав власний внесок у дослідження. Наукові результати апробовані через публікації у фахових виданнях, конференціях, а також захищені патентами.

При загальній позитивній оцінці дисертаційної роботи хотілося б звернути увагу на деякі дискусійні положення, зауваження, запитання та побажання:

1. У деяких підрозділах, насамперед при описі властивостей модифікуючих присадок, зустрічається повторення інформації, вже поданої у вступі та першому розділі, що створює певну надмірність викладу.

2. Окремі графічні та ілюстративні матеріали (графіки, таблиці, мікрофотографії) потребують уточнення масштабів, одиниць вимірювання або пояснювальних елементів для полегшення інтерпретації результатів.

3. Недостатня деталізація щодо стандартизації та калібрування вимірювань. Хоча в роботі описано металографічний аналіз, вимірювання твердості та зносостійкості, не завжди чітко вказано, які стандарти (ДСТУ, ISO, ASTM тощо) використовувалися для проведення випробувань та калібрування обладнання. Це важливо для забезпечення відтворюваності та порівнянності отриманих результатів.

4. Потреба в чіткішому обґрунтуванні вибору порошкових дротів. У роботі згадуються різні типи порошкових дротів (наприклад, дріт №4, №10). Було б доцільно чіткіше обґрунтувати вибір саме цих номерів дротів, їхній базовий склад та особливості, які зробили їх придатними для даного дослідження, або як вони співвідносяться зі зразками, описаними в Таблиці 4.6.

5. Обмежене обговорення можливих побічних ефектів модифікуючих присадок. Дисертація зосереджена на позитивному впливі модифікуючих присадок. Проте, не завжди детально розглянуті потенційні негативні ефекти або компроміси, які можуть виникнути при їхньому використанні, наприклад, вплив на в'язкість шлакової ванни при високих концентраціях SiO_2 або потенційне збільшення крихкості при надмірному утворенні карбідних фаз.

6. Недостатньо висвітлено питання впливу розбавлення основного металу. При наплавленні завжди відбувається розбавлення наплавленого металу основним металом деталі. У дисертації не надано достатнього аналізу або експериментальних даних про ступінь розбавлення та його вплив на кінцевий хімічний склад, мікроструктуру та експлуатаційні властивості наплавлених шарів.

7. Недостатньо враховано вплив вологості та складу ґрунтів на результати польових випробувань. Польові випробування проводилися в

умовах важких і кам'янистих ґрунтів. Було б доцільно надати більш детальну інформацію про конкретний хімічний склад, вологість та фракційний склад ґрунтів, оскільки ці параметри суттєво впливають на абразивне зношування і могли б надати більшої ваги результатам польових випробувань.

Вказані зауваження та окреслені недоліки не впливають на загальну високу оцінку одержаних науково-прикладних результатів.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Захарова Андрія Вадимовича є завершеним і самостійно виконаним науковим дослідженням, спрямованим на підвищення експлуатаційної стійкості та ресурсу деталей сільськогосподарської техніки. Автор запропонував ефективну технологію електрошлакового наплавлення з використанням модифікуючих присадок, яка дозволяє значно поліпшити структуру, твердість, зносостійкість та довговічність відновлюваних покриттів.

Робота має чітко сформульовану мету та завдання, містить нові наукові положення, обґрунтовані методи дослідження, повну апробацію результатів та підтверджену практичну ефективність. Теоретичні положення підкріплені експериментальними даними, а сама технологія — успішно протестована в умовах реального аграрного виробництва. У дисертації дотримано академічної доброчесності, а результати мають високий потенціал для впровадження у виробничу практику. Дисертація відповідає вимогам, встановленим до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Отримані наукові результати мають теоретичну новизну та прикладну значущість у галузі матеріалознавства. З урахуванням викладеного, автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Рецензент: к.т.н., доцент, доцент кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка Державного біотехнологічного університету

Калюжний О.Б.

