

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу
Трембача Іллі Олександровича
на тему «Розробка самозахисного порошкового дроту для
наплавлення деталей з високоманганової сталі», представлену на
здобуття ступеня доктора філософії
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Галузь знань: 13 Механічна інженерія

1. Актуальність теми дисертації

Сучасний розвиток провідних галузей виробництва визначається створенням і широким застосуванням як нових конструкційних матеріалів, що володіють високими експлуатаційними характеристиками, так і нових технологій для підвищення фізико-механічних показників матеріалів для деталей та вузлів машин та механізмів. Необхідність підвищення терміну експлуатації та надійності машин і механізмів, які визначаються експлуатаційною стійкістю деталей, що працюють в умовах ударно-абразивного зношування, вимагає розробки нових ефективних способів відновлення їх геометричних розмірів із високими механічними характеристиками нанесеного матеріалу.

Зважаючи на вищесказане, дисертаційна робота Трембача Іллі Олександровича на тему «Розробка самозахисного порошкового дроту для наплавлення деталей з високоманганової сталі», яка присвячена розробці і впровадженню складу наповнювача самозахисного порошкового дроту, а також технології електродугового наплавлення деталей з високоманганової сталі, є актуальною і спрямованою на вирішення важливої проблеми – підвищення зносостійкості деталей, що працюють в умовах ударно-абразивного зносу.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

У дисертаційній роботі вирішена науково-практична задача підвищення ефективності процесу наплавлення деталей, що зазнають ударно-абразивного зносу за рахунок введення екзотермічної суміші до складу СПД та покращення механічних і експлуатаційних властивостей наплавленого металу. В роботі проведено аналіз умов та причин виходу з експлуатації деталей машин, які працюють під впливом ударно-абразивного навантаження. Представлене в роботі теоретичне обґрунтування напрямку підвищення зносостійкості дозволило розширити знання в області розроблення наплавочних матеріалів і застосування екзотермічних добавок, підвищити якість виробу за рахунок покращення морфології структури.

За результатами досліджень отримані нові наукові положення та закономірності, що складають наукову новизну та значимість роботи, і до яких слід віднести наступні:

- вперше розроблено склад наповнювача самозахисного порошкового дроту (СПД) з додавання екзотермічного додатка ($\text{MnO}_2 + \text{Al}$), та її кількісні межі (30%), що забезпечують перебіг екзотермічної реакції з тепловим ефектом 4,85 кДж/г, достатнім для утворення мікроструктури наплавленого металу, яка являє собою аустенітну матрицю з дисперсними карбідами (Cr, Ti, Mn) та відновлення РЗМ з їх оксидів;
- вперше встановлено, що максимальне збільшення мікротвердості в деформованому абразивом поверхневому шарі спостерігається в сплавах, що вміщують 5...6 % Mn. Зниження абразивної зносостійкості і мікротвердості поверхневого шару при збільшенні вмісту Mn понад 6% пов'язано з підвищенням стабільності аустеніту і його впливу на $\gamma \leftrightarrow \alpha$ перетворення при деформуванні;
- доведено, що працездатність наплавленого металу системи Fe-Mn-Cr-C-Ti в умовах ударно-абразивного зношування залежить від релаксаційних властивостей металу, контролюється мікромеханізмами

перетворення структури в умовах деформування і залежить від легування та модифікування металу, що, в свою чергу, забезпечує управління метастабільним аустенітом та формування мартенситу деформації і визначає кількість, тип і розмір карбідної фази.

Основні наукові положення, висновки та рекомендації, висловлені у дисертації, теоретично аргументовані та обґрунтовані і підтверджуються значним обсягом теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних із застосуванням сучасних математичних та фізичних методів.

Виконання дисертаційної роботи здійснювалось при проведенні наукових досліджень кафедри «Обладнання та технологій зварювального виробництва» Донбаської державної машинобудівної академії у рамках держбюджетної теми Дк-04-2019 «Підвищення ефективності застосування екзотермічних сумішей при електродуговому зварюванні та електрошлакових процесах» (№ держреєстрації 0119U103451 2019-2024 рр.).

Встановлені в роботі закономірності сприятимуть подальшому вдосконаленню та розвитку технологічних процесів формування на поверхні деталей покриттів, що характеризуються високою стійкістю до ударно-абразивного зношування.

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота Трембача Іллі Олександровича за своїм змістом повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство, є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Обладнання та технологій зварювального виробництва ДДМА в галузі розробки електродних матеріалів для наплавлення».

На підставі детального ознайомлення зі змістом дисертації Трембача Іллі Олександровича можна стверджувати, що структура роботи логічна і дозволяє досягти поставленої мети та вирішити відповідні задачі.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Трембача Іллі Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Робота Трембача Іллі Олександровича відповідає принципам академічної доброчесності. Про це свідчать результати перевірки дисертаційної роботи на плагіат.

4. Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою і складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 212 сторінок.

У *вступі* представлено загальну характеристику роботи, обгрунтовано її актуальність, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, визначено мету та задачі дослідження.

У *першому* розділі представлено аналіз літературних даних і обгрунтовано необхідність проведення подальших досліджень механізмів, що регулюють поведінку зношування сталей з високим вмістом мангану, а також необхідність розробки оптимізованих композицій сплавів і термічної обробки, які можуть максимізувати їх продуктивність у необхідних межах. Показано, що механізм процесу руйнування поверхневого шару деталей залежить від умов взаємодії матеріалу деталей з абразивними частинками. Визначено, що підвищення зносостійкості високоманганових сталей можливо за рахунок регулюванням кількісного співвідношення структур (аустеніт, мартенсит), типу та форми карбідної фази, таких як карбіди хрому та титану. На підставі аналізу науково-

технічної літератури за темою дисертації визначено основні напрямки досліджень для вирішення поставлених задач.

У *другому* розділі визначено методики досліджень як самозахисного порошкового дроту (в тому числі зварювально-технологічні властивості, коефіцієнту заповнення, стану поверхні та рівномірності плавлення), так і наплавленого металу (структури та фазового складу, фізико-механічних характеристик наплавленого металу, трибологічних досліджень), запропоновано відповідне обладнання. Представлено методику термодинамічних розрахунків, за якою визначаються теплові ефекти реакцій, що дозволило обґрунтувати можливість використання у складі шихти оксидів Mn_2O_3 та Mn_3O_4 , та доцільність застосування MnO_2 в складі екзотермічної добавки MnO_2+Al . Встановлено доцільність додаткового введення в наповнювач дроту оксидів РЗМ, інтенсивність відновлення яких може зростати при використанні екзотермічної добавки MnO_2+Al , що підвищить ефективність модифікації металу.

У *третьому* розділі визначено склад та легуючу частину самозахисного порошкового дроту 140Г6ХЗТ, який містить екзотермічний додаток MnO_2+Al . Представлено розроблену технологію виготовлення (волочіння) порошкового дроту з використанням однобарабанного волочильного стану зі стрічки 08кп 0,5×20 мм. Визначено оптимальний маршрут волочіння, що забезпечує цілісність дроту і мінімальну шорсткість поверхні. Встановлено оптимальні параметри режиму наплавлення. Визначено хімічний склад наплавленого металу та шлаку з метою корегування розрахунку складу самозахисного порошкового дроту. Показано, що мікроструктура наплавленого металу представляє собою аустенітну матрицю з дисперсними карбідами легуючих елементів з різною величиною розміру зерна залежно від режимів наплавлення. Встановлено, що режими наплавлення суттєво впливають на стабільність процесу наплавлення, якість наплавленого металу, його структуру. Представлено аналіз впливу режимів наплавлення на показники

термічного циклу зварювання, що свідчить про істотний вплив на їх значення швидкості наплавлення.

В *четвертому* розділі представлено скорегований склад наповнювача самозахисного порошкового дроту 140Г6Х3Т, який містить екзотермічний додаток $\text{MnO}_2 + \text{Al}$. Наведено дослідження впливу вмісту екзотермічного додатку $\text{MnO}_2 + \text{Al}$, співвідношення компонентів екзотермічного додатка MnO_2/Al , вмісту графіту в наповнювачі СПД, а також вмісту мангану, вуглецю та модифікаторів на показники розплавлення та наплавлення СПД. Представлено дослідження впливу параметрів режимів наплавлення на мікроструктуру наплавленого металу, величину зерна наплавленого металу, морфологію неметалевих включень в наплавленому металі. Встановлено, що режими наплавлення суттєво впливають на мікроструктуру, величину зерна, морфологію неметалевих включень та твердість наплавленого металу. Проаналізовано вплив екзотермічного додатку на перехід легуючих елементів з наповнювача до наплавленого металу.

В *п'ятому* розділі представлено порівняльний аналіз результатів склерометричних досліджень наплавлення розробленим СПД 140Г6Х3Т та прототипом і еталонним зразком 110Г13Л, який свідчить про значне зменшення глибини в 2 рази і ширини подряпини на 20%, що обумовлене збільшенням кількості твердої фази в структурі металу, показника пластичної деформації на 90% в порівнянні з прототипом, модуля пружності на 12-20%, збільшення якого свідчить про спроможність наплавленого металу витримувати більші локальні навантаження. Представлено отримані математичні моделі та поверхневі відгуки впливу режимів наплавлення, розробленим СПД, на: розмір зерна і неметалевих включень, твердість наплавленого металу, показники стабільності горіння зварювальної дуги, показники плавлення СПД, швидкість охолодження наплавленого металу. Аналіз показав високу точність всіх отриманих моделей. Наведено результати випробувань, що проводилися в умовах

ПрАТ «ПОБЕРЕЗЬКИЙ ЗАВОД ПРЕСОВИХ АГРЕГАТИВ» (Івано-Франківська обл.).

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури досить широко охоплює предметне поле дослідження, повною мірою відображає опрацювання автором значної кількості джерел (в тому числі вітчизняних) та деяких наукових робіт, а також іноземних видань.

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

5. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані у 18 наукових працях, з яких: 7 – статті у наукових фахових виданнях України; 9 – публікації апробаційного характеру; 2 – публікації, які додатково висвітлюють результати дослідження.

Результати дисертаційної роботи Трембача Іллі Олександровича широко висвітлені автором у його наукових публікаціях. Кожна публікація автора має прямий зв'язок з розділами дисертації, в роботах відсутній плагіат і дотримано принципи академічної доброчесності.

Наукові результати, представлені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

6. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Позитивно оцінюючи рівень розробки наукових положень, обґрунтованість наукових висновків та пропозицій, необхідно відмітити наступні зауваження.

1. На с. 2, абзац 3 зазначено, що дисертація присвячена проблемі розробки ... технології ... «Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми розробки складу наповнювача самозахисного порошкового дроту і технології механізованого електродугового наплавлення», в той час як на с. 3, абзац 1 зазначено ... удосконалення технології ... «Метою роботи є розробка складу наповнювача самозахисного порошкового дроту для наплавлення деталей з високоманганової сталі, що забезпечують отримання оптимальних характеристик зміцнювальної фази і матриці, та удосконалення технології механізованого електродугового наплавлення».

2. На с. 102 (рис. 3.1) відсутній опис на ілюстрації однобарабанного волочильного стану.

3. На с. 5 (абзац 3 та 4) зазначено різні (можливо як аналоги) визначення: екзотермічний додаток / суміш, та поняття екзотермічна суміш не відповідає переліку ключових слів (с. 6, абзац 2): екзотермічний додаток.

Слід відзначити, що наявність зазначених зауважень не може негативно вплинути на загальну позитивну оцінку теоретичного рівня та практичної значущості результатів дисертаційної роботи Трембача Іллі Олександровича.

7. Висновки

Дисертаційна робота Трембача Іллі Олександровича є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження повністю відповідає галузі знань 13 – «Механічна інженерія» та спеціальності 132 – «Матеріалознавство».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані наукові результати та практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Трембача Іллі Олександровича «Розробка самозахисного порошкового дроту для наплавлення деталей з високоманганової сталі» повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Трембач Ілля Олександрович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 - Механічна інженерія за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Рецензент –

доцент кафедри

автоматизації виробничих процесів

«Донбаська державна

машинобудівна академія»,

доктор технічних наук, професор



Олена БЕРЕЖНА

М.П. «___» _____ 2025 року