

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

Актуальність теми дисертації.

Актуальність роботи обумовлена тим, що, не зважаючи на значні напрацювання у царині наплавлення самозахисним порошковим дротом деталей, що зазнають ударно-абразивний знос, відкритими залишаються питання проведення теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на визначення складу і співвідношення компонентів екзотермічного додатка та оксиду РЗМ, теплового ефекту екзотермічної реакції, розробки і вивчення складу самозахисного порошкового дроту, що дозволяє отримати наплавлений метал з хімічної і структурної однорідністю, низьким вмістом неметалічних включень та високою продуктивністю процесу наплавлення для підвищення зносостійкості та відновлення поверхневих шарів деталей, що зазнають ударно-абразивного зношування.

При цьому, з метою зниження собівартості, розширення сфери застосування у промисловості, автор намагається дати відповідь на питання чи можливе використання, у технології наплавлення порошковим дротом, в якості наповнювача оксид РЗМ і його відновник.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

В дисертаційній роботі поставлене наукове завдання щодо розробки складу наповнювача самозахисного порошкового дроту для наплавлення деталей з високоманганової сталі, що забезпечує отримання оптимальних характеристик зміцнювальної фази і матриці, та удосконалення технології механізованого електродугового наплавлення деталей з високоманганової сталі, що працюють в умовах ударно-абразивного зносу.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) 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.

2) 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.

Автором також сформульовано рекомендації та уточнення щодо доцільності використання в складі наповнювача СПД манганової руди, найпоширенішим мінералом якої є MnO_2 , в якості окислювача екзотермічної суміші, що дозволяє забезпечити: зниження хімічної неоднорідності наплавленого металу, покращити морфологію неметалевих включень, зменшити розміри зерна та забезпечити додаткове легування наплавленого металу манганом за рахунок відновлення його з оксиду. Доведено, що працездатність наплавленого металу 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 забезпечує управління метастабільним аустенітом та формування мартенситу деформації і визначає кількість, тип і розмір карбідної фази.

Достовірність положень дисертації забезпечується теоретичним обґрунтуванням умов створення вихідного структурного стану наплавленого металу, що забезпечує формування в даних умовах експлуатації опір зносу та експериментальним підтвердженням гіпотез щодо структури легуваного метастабільного манганового аустеніту, перелік матеріалів та хімічний склад досліджуваних сплавів, що забезпечує підвищення зносостійкості в умовах ударно-абразивного впливу.

Наукові дослідження були виконані згідно плану науково-дослідної роботи кафедри «Обладнання та технологій зварювального виробництва» Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА) у рамках держбюджетної теми Дк-04-2019 «Підвищення ефективності застосування екзотермічних сумішей при електродуговому зварюванні та електрошлакових процесах» (№ держреєстрації 0119U103451 2019-2024 рр.) під керівництвом доцента кафедри обладнання і технологій зварювального виробництва, к.т.н., доц. Гриня Олександра Григоровича.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Трембача І.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство. Дисертаційна робота 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».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, 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 І.О. відповідає принципам академічної доброчесності. Про це свідчать результати перевірки дисертаційної роботи на плагіат.

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* зазначено актуальність роботи, її наукова новизна, мета та задачі що ставилися у дослідженні.

У *першому* розділі виконано аналітичний огляд стану питання й обґрунтовано вибір напряму досліджень проблеми підвищення зносостійкості деталей з високоманганових сталей, розглянуто вплив твердості матеріалу, що зношується, співвідношення кількості метастабільного аустеніту та зміцнюючих фаз на ударно-абразивну зносостійкість. Показано, що механізм процесу руйнування поверхневого шару деталей залежить від умов взаємодії матеріалу деталей з абразивними частинками. Проаналізовано, що в якості механічних властивостей для прогнозування зносостійкості слід враховувати декілька характеристик, що будуть враховувати як початкові властивості (твердість, ударна в'язкість та енергія дефектів упаковки), так і після взаємодії з абразивом через схильність метастабільного аустеніту до деформаційного зміцнення. Визначено, що підвищення зносостійкості високоманганових сталей можливо за рахунок регулюванням кількісного співвідношення структур (аустеніт, мартенсит), типу та форми карбідної фази, таких як карбіди хрому (Cr) та титану (Ti). Комплексне легування забезпечує високі фізико-механічні властивості металу через формування оптимальної вихідної мікроструктури наплавленого металу. На підставі аналізу науково-технічної літератури за темою дисертації сформульовані мета і 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. Наведено 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, що на основі аналізу протікання металургійних

процесів при плавленні СПД, доцільність додаткового введення в наповнювач дроту оксидів РЗМ, інтенсивність відновлення яких може зростати при використанні ЕД $\text{MnO}_2 + \text{Al}$, що підвищить ефективність модифікації металу.

У *третьому* розділі розроблено технологію виготовлення (волочіння) порошкового дроту з використанням однобарабанного волочильного стану із стрічки 08кп 0,5×20 мм. Визначено оптимальний маршрут волочіння. Встановлено оптимальні параметри режиму наплавлення (швидкість подачі дроту (WFS), швидкість наплавлення (TS), встановлена напруга на дузі (Uset) та виліт дроту (CTWD)) з використанням цифрового осцилографа OWON SDS5032E, за допомогою програмного забезпечення STATISTICA. Розроблено склад самозахисного порошкового дроту, який містить високоенергетичний екзотермічний додаток $\text{MnO}_2 + \text{Al}$. Визначено хімічний склад наплавленого металу та шлаку з метою корегування розрахунку складу самозахисного порошкового дроту. Досліджено мікроструктури наплавленого металу та виконано аналіз неметалевих включень.

В *четвертому* розділі виконано розрахунок та дослідження тепловиділення при наплавленні самозахисним порошковим дротом з екзотермічною сумішшю. Дослідним шляхом визначено показники розплавлення та наплавлення самозахисного порошкового дроту з екзотермічною сумішшю в наповнювачі. Визначено вплив екзотермічної суміші і оксиду РЗМ у складі самозахисного порошкового дроту на засвоєння легуючих елементів, на хімічну однорідність наплавленого металу та властивості шлаку, що утворюється при наплавленні.

В *п'ятому* розділі наведено результати досліджень та порівняння розробленого самозахисного порошкового дроту 140Г6Х3Т з порошковим дротом ПП-Нп-90Г13Н4, що застосовується для наплавлення зносостійкого шару на деталі, що зазнають сильних ударів (залізничних хрестовин, деталей дробильно-розмольного обладнання, відновлення розмірів та виправлення дефектів лиття деталей із сталі 110Г13Л, ковшів екскаваторів та інше) з дослідним СПД з екзотермічним додатком $\text{MnO}_2 + \text{Al}$ в складі наповнювача. Порівняння трибологічних властивостей наплавлення сплаву 140Г6Х3Т на хрестовини стрілочних переводів з прототипом Нп-90Г13Н4 показало підвищення стійкості до ударно-абразивного зношування у 1,62-1,85 раза, що підтверджується проведеними промисловими випробуваннями в умовах приватного акціонерного товариства «Поберезький завод пресових агрегатів» (Івано-Франківська обл.).

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

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дослідження висвітлені у 18 наукових працях, з яких: 7 – статті у наукових фахових виданнях України; 9 – публікації апробаційного характеру; 2 – публікації, які додатково висвітлюють результати дослідження.

Варто зазначити, що результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені автором у його наукових публікаціях. Кожна публікація автора має прямий зв'язок з розділами дисертації. Крім того, у цих працях відсутній плагіат і дотримано принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В анотації стор. 3 (абзац 6) та стор. 4 (абзац 1), зазначено, що для аналізу стійкості до ударно-абразивного зношування використовують різні механічні властивості, такі як твердість, деформаційне зміцнення тощо. Автор не відзначив основну характеристику – відносна зносостійкість.

2. У вступі стор. 31 (структура та обсяг дисертації) зазначено (замість фактичного 212 сторінок) не вірна кількість – 219 сторінок.

3. По тексту розділу 1 стор. 37 та стор. 40 є неточності у номері джерел посилання.

4. З аналізу впливу мультифазної структури на зносостійкість високоманганової сталі стор. 43 (абзац 1) зазначено слово «охрупчіванню» доцільно замінити на «окрихченню».

5. В реченні «Висока ударна в'язкість дозволяє» стор. 65 (абзац 4). Слід викласти в такій редакції «Відносно висока ударна в'язкість дозволяє».

6. З опису методики оцінки стійкості наплавленого металу до ударно-абразивного зношування стор. 89 (рис. 2.4) по тексту відсутній опис номерів позицій, зазначених на рис. 2.4.

7. Речення стор. 116 (абзац 4) «Таким чином на показники стабільності зварювального струму найбільше бути чинити вплив встановлена напруга на джерелі живлення та вильоту дроту» доцільно було б викласти у такій редакції «Таким чином на показники стабільності зварювального струму найбільше впливає встановлена напруга на джерелі живлення та вильоту дроту».

8. По тексту стор. 119 (рис. 3.9), стор. 120 (рис. 3.10), стор. 122 (рис. 3.12), стор. 125 (рис. 3.14), стор. 126 (рис. 3.15), стор. 127 (рис. 3.16) спостерігається значна кількість неточностей, пов'язаних із дрібного шрифту на зазначених рисунках та деякі підписи виконані іншою мовою.

9. Назву підпункту 3.4.2 «Тагучі аналіз геометричних параметрів наплавленого валика» доцільно замінити на назву в такій редакції «Аналіз впливу режимів наплавлення на геометричні параметри наплавленого валика».

10. Описуючі дисперсійний аналіз термічного циклу наплавлення, речення стор. 137 (абзац 3) «Вплив інших режимів наплавлення на показники термічного циклу наплавлення знаходиться на рівні шуму» доцільно замінити реченням «Вплив інших режимів наплавлення на показники термічного циклу наплавлення є незначним».

Однак в цілому вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача третього наукового ступеня доктора філософії Трембача Іллі Олександровича на тему «Розробка самозахисного порошкового дроту для наплавлення деталей з високоманганової сталі» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для механічної інженерії. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною 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 ступеня доктора філософії в галузі знань 13 - Механічна інженерія за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Рецензент:

Доцент кафедри технології
і обладнання ливарного
виробництва «Донбаська
державна машинобудівна
академія», кандидат
технічних наук, доцент

/ _____ / Юрій Дьяченко