

До спеціалізованої ради ДФ 17.052.004
В Національному університеті «Запорізька політехніка»
вулиця Жуковського, 64, Запоріжжя, Запорізька область, 69063

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кондрашової Світлани Георгіївни

«Удосконалення процесів формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 136 - «Металургія», галузь знань 13 – «Механічна інженерія».

1. Актуальність теми дисертації

Забезпечення литим деталям підвищеної надійності і довговічності незмінно є одним з найважливіших завдань машинобудівної промисловості. При цьому, забезпечити необхідні властивості методами об'ємного легування не завжди можливо або недоцільно з економічної або технологічної точок зору, тому все більше уваги приділяється розробці захисних шарів з підвищеними фізико-хімічними і механічними властивостями, що дозволяє замінювати високолеговані сталі дешевшими вуглецевими. Це, в першу чергу, відноситься до формування шарів на основі кремнію, хрому, титану, алюмінію, які забезпечують сталям і сплавам підвищену корозійну стійкість, зносостійкість, жароміцність. До таких технологій відноситься, зокрема, дифузійне поверхневе легування сталей та чавунів. Цей спосіб забезпечує можливість досягнення суцільності шару і високої концентрації легованих елементів в ньому. Для отримання захисного шару не потрібно спеціальне устаткування, процес може здійснюватися у будь-яких нагрівальних печах, що мають робочу температуру 1000-1200°C.

Тому робота, що присвячена вирішенню важливої наукової та практичної задачі – удосконаленню існуючих технологічних процесів дифузійного легування поверхневого захисного шару литих виробів хімічного устаткування з сірого

поверхневого захисного шару литих виробів хімічного устаткування з сірого чавуну та сталі за рахунок розробки раціонального складу суміші, яка насичує та, зокрема, використання різноманітних, в тому числі, комплексних активаторів, є актуальною.

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до планів науково-дослідної роботи (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» та ПрАТ «Бердянські жниварки» за темою: «Удосконалення процесів формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів» (№ 0121U110992), де авторка була керівником.

2. Загальна характеристика роботи

Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, містить список використаних джерел і додатки. Загальний обсяг дисертації становить 186 сторінки, з них: 128 сторінок основного тексту, 10 таблиць, 90 рисунків, 133 використаних літературних джерел та 3 додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено відомості про апробацію та публікацію основних результатів дисертації.

У першому розділі на основі аналізу літературних даних показано, що з усіх відомих способів дифузійного насичення (у порошкових сумішах, в рідких середовищах, в паровій фазі, в газовій фазі), найбільш прийнятним для будь-якого промислового підприємства є насичення з порошків. Цей метод відрізняється простотою обладнання та технології, можливістю проведення процесу без використання токсичних і вибухонебезпечних атмосфер, а отже, може бути швидко впроваджений у виробництво. Створення на сталі та сірому чавуні дифузійних шарів забезпечує значне підвищення зносостійкості, окалино- та корозійностійкості. В той же час, більшість дослідників відмічають дуже високу крихкість карбідних шарів і важкість отримання безпористого дифузійного шару, що ускладнює їх використання в промисловості. Сформульовані цілі та завдання дослідження.

У другому розділі представлені характеристики використовуваних матеріалів та описана методика проведення досліджень. Основні дослідження виконані на сталі 25Л та сірому чавуні СЧ100. Процеси обробки проводили в порошкових середовищах. Суміші, які насичують, включали три основні компоненти: порошкоподібний елемент, який насичував, в якості якого використовувався відповідний феросплав; окис алюмінію та активатор. Для оптимізації складу суміші, яка насичує, використовувався симплексно-гратчастий метод планування експерименту. Структуру та фазовий склад дифузійних шарів досліджували за допомогою мікроскопічного, дюрметричного та рентгеноструктурного аналізу металів. Зносітькість оцінювалася за втратою маси зразків. Корозійна стійкість зразків визначалась ваговим методом. Окалиностійкість оцінювалася за збільшенням маси зразків.

У третьому розділі представлені результати дослідження впливу активаторів хлористого амонію, фтористого амонію, фтористого натрію, хлористого натрію та додаткових добавок алюмінію та хлориду кадмію до суміші, яка насичує, на формування структури та властивості дифузійного титанового шару на сталі та сірому чавуні. На підставі отриманих експериментальних даних були побудовані математичні моделі, а також діаграми «властивість шару - склад суміші», які дозволили вибрати раціональний склад суміші, що містить разом з основними компонентами 7 - 9% хлориду кадмію, яка забезпечує значне підвищення експлуатаційних властивостей дифузійних шарів на сірому чавуні та сталі.

У четвертому розділі наведені результати дослідження впливу вище вказаних активаторів на формування структури та властивостей дифузійного хромованого шару на сірому чавуні. Результати дослідження показали, що при хромуванні активатори забезпечують інтенсивне насичення поверхневого шару хромом. Додаткове підвищення корозійної стійкості може бути досягнуто за рахунок введення в суміш, що насичує, в якості додаткових компонентів феромарганцю та окису хрому. В результаті проведеного дослідження побудовані

діаграми «властивість шару - склад суміші», аналіз яких дозволяє оцінювати вплив складу суміші на характеристики дифузійного шару.

У п'ятому розділі приведені результати дослідження впливу вище вказаних активаторів на формування структури та властивостей дифузійного силіційованного шару на сірому чавуні. Як показали дослідження, при збільшенні концентрації активаторів спостерігається інтенсивне зростання силіційованного шару, формується шпаристість, що суттєво знижує захисні властивості поверхневого шару.

У шостому розділі представлені результати досліджень використання в промислових умовах на ПрАТ «Бердянські жниварки» розробленої нової суміші, яка насичує, для дифузійного титанування, що забезпечує підвищення експлуатаційних властивостей дифузійних шарів литих виробів із сірого чавуну та сталі. Враховуючи позитивні результати, що отримані при дослідженні впливу титанування на корозійну стійкість литих виробів зі сталі та сірого чавуну, на ПрАТ «Бердянські жниварки» очікуються наступні технологічні та економічні ефекти: можливість встановлення литих виробів, після дифузійного титанування, на діючі насоси без додаткової обробки; збільшення втричі терміну використання литих виробів насосів для перекачування 10% розчину сірчаної кислоти; орієнтовно отримано річний економічний ефект, що складає 1,8 млн грн (акт апробації від 26.03.2021р.).

Загальні висновки належним чином відображають одержані автором результати, розкривають наукові та практичні досягнення.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність

Дисертаційну роботу написано грамотно, застосована в роботі наукова термінологія є загальноновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує достатній рівень доступності їх сприйняття та використання. Представлені у дисертації наукові положення забезпечуються тим, що авторкою

було опрацьовано значну кількість сучасних літературних джерел результатів досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Висновки і рекомендації автора є логічними і витікають з результатів проведених досліджень.

Достовірність наукових положень, точність одержаних експериментальних результатів, рекомендацій та висновків дисертаційної роботи забезпечено використанням обладнання науково-дослідних лабораторій, використанням методів вивчення мікроструктури досліджуваних у роботі матеріалів, коректною інтерпретацією одержаних експериментальних результатів, що узгоджуються з існуючими теоретичними даними в галузі матеріалознавства та металургії.

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дослідження підтверджена їх апробацією у виробничих умовах ПрАТ «Бердянські жниварки», що підтверджено актом випробування та на міжнародних науково-практичних конференціях.

4. Наукова новизна одержаних результатів

1. Отримали подальший розвиток уявлення про закономірності формування захисного шару на сірому чавуні. Встановлено, що при дифузійному легуванні поверхневого шару сірого чавуну некарбідоутворювальними елементами глибина шару монотонно зростає зі збільшенням вмісту активаторів (NH_4Cl , NH_4F) у суміші до 13%. У разі насичення карбідоутворювальними елементами (Cr або Ti) глибина змінюється немонотонно.

2. Вперше встановлено необхідність використання комплексного активатора для забезпечення достатнього рівня експлуатаційних властивостей захисного шару. Показано, що оптимальна структура і властивості дифузійного титанованого або хромованого шару на сірому чавуні можуть бути отримані при дозованому введенні в суміш в якості активаторів солей NH_4Cl або NH_4F ; для отримання безпористого силіційованого шару в якості активатора необхідно використати суміш солей $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaF}$.

3. Отримали подальший розвиток математичні моделі процесу формування захисного дифузійного легованого поверхневого шару. Встановлено залежності,

що характеризують вплив складу суміші, яка насичує, на процеси дифузійного насичення сірого чавуну. Аналіз отриманої діаграми «властивість-склад» підтвердив, що за рахунок розкладання активаторів в процесі титанування йде утворення галогенідів титану, що призводить до появи активних атомів титану, дифундуючи в матеріал, який насичує.

4. Встановлене підвищення ефективності процесів дифузійного титанування і хромування сірого чавуну та сталі за рахунок введення в суміш, яка насичує, додаткових компонентів (CaCl_2 , Al, FeMn, Cr_2O_3).

5. Практичне значення роботи полягає в розробці нової суміші $60\%\text{FeTi}+7\%\text{CdCl}_2+6\%\text{NH}_4\text{Cl}+27\%\text{Al}_2\text{O}_3$ для дифузійного насичення поверхневого шару литих виробів зі сталі та сірого чавуну, яка забезпечує підвищення їх експлуатаційної стійкості більш ніж в 3 рази в порівнянні з раніше використовуваними. Практичні результати підтвержені відповідним актом апробації.

6. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати роботи знайшли відображення в 7 публікаціях, з них: 3 статті опубліковано в спеціалізованих виданнях, що входять до переліку фахових видань України, 1 стаття - у виданні, що входить до науково-метричних баз даних: GoogleScholar, ScienceOpen та OCLC.

Апробацію результатів дисертації проведено на 3 міжнародних науково-практичних конференціях.

Вказані публікації, в цілому, відображають основний зміст дисертації, об'єм і характер проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

7. Оцінка академічної доброчесності

Дисертаційна робота була написана авторкою самостійно, експериментальна частина роботи була проведена з залученням технічної бази ПрАТ «Бердянські жнивварки». На всі літературні джерела, якими користувалася авторка під час написання роботи, були проставлені посилання.

Наявність плагіату не виявлена.

8. Загальні зауваження по роботі

1. Невдало сформульовано частину п.4 наукової новизни (стор. 21). Перше речення формулювання більше відповідає умовам практичної цінності.

2. В роботі недостатньо уваги приділено питанню оптимізації термочасових параметрів обробки з використанням запропонованих активаторів.

3. В тексті п'ятого розділу роботи авторка зазначає, що «...представлені результати досліджень по вибору оптимального складу суміші, яка насичує...» (стор. 120), але не наводить чітких критеріїв оптимізації. Окрім того, не наведені графічні зображення суміщених симплексних трикутників, що дозволило би показати визначену оптимальну область за заданими показниками, тому ствердження про досягнення саме оптимального (а не раціонального) складу суміші з точки зору представлених даних не є обґрунтованим в повній мірі.

4. В роботі не наведено даних щодо питомої витрати суміші в залежності від конфігурації та розмірів оброблюваних литих деталей.

5. В тексті роботи немає відомостей щодо можливого впливу ступеню дисперсності складових і суміші в цілому на значущі досліджувані параметри.

6. Нажаль, в роботі відсутні відомості про наявність охоронних документів на право інтелектуальної власності або інформація щодо поданої заявки, зокрема, на склад нової суміші.

7. В тексті роботи не приведений розрахунок заявленого економічного ефекту.

8. В тексті роботи присутні певні стилістичні помилки та вади оформлення: невдало оформлено рис.1.2 (не зрозуміло де I, а де II); незрозуміло сформульовані речення: стор.46 «Вони недефіцитні, тому для насичення карбідоутворювальними елементами з метою підвищення їх корозійної стійкості.», стор. 54 «Титанування виконувалося в порошкових сумішах, що включають активатори FeTi і Al₂O₃... В якості активатора використовувалися: NH₄Cl; NH₄F; NaF та NaCl»; на рис. 4.21 та 4.22 не проставлені показники збільшення зображення; помилки при розстановці знаків пунктуації на стор.: 2, 5, 6, 22, 31, 33, 34, 35, 38, 46, 47, 90, 104, 117, 134, 137.

9. Висновок

В цілому дисертаційна робота Кондрашової Світлани Георгіївни на тему «Удосконалення процесів формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів» становить собою самостійну завершену наукову розробку, має теоретичне і прикладне значення. Дисертаційна робота містить одержані автором науково обгрунтовані результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу задачу удосконалення існуючих технологічних процесів дифузійного легування поверхневого шару литих виробів хімічного устаткування з сірого чавуну та сталі за рахунок розробки раціонального складу суміші, яка насичує та, зокрема, використання різноманітних, в тому числі комплексних, активаторів.

Відмічені недоліки роботи не мають вирішального значення щодо формулювання наукової новизни та оцінки дисертації в цілому.

Дисертація рекомендована до захисту у відповідності до постанов Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167 (Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії) та від 9 червня 2021 р. № 608 «Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 27 липня 2016 р. № 567 і від 6 березня 2019 р. № 167».

Виконана робота повною мірою відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 щодо дисертаційних робіт, а її авторка, Кондрашова Світлана Георгіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 136 - «Металургія».

Офіційний опонент

Декан факультету електромеханіки та електрметалургії

Національної металургійної академії України,
доктор технічних наук, професор

Вадим СЕЛІВЬОРСТОВ

Підпис В.Ю. Селівьорстова засвідчую.

Секретар Вченої Ради

Олег ПОТАП

