

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

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента
Ямшинського Михайла Михайловича на дисертаційну роботу
Кондрашової Світлани Георгіївни

на тему «Удосконалення процесів формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 136 – Металургія

Актуальність теми дисертації

Тема роботи спрямована на вирішення важливої науково-практичної задачі – удосконалення сучасних технологічних процесів дифузійного легування поверхневого захисного шару литих виробів хімічного устаткування з сірого чавуну та сталі за рахунок розроблення раціонального складу сумішей та використання різноманітних комплексних активаторів.

Дана робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» та ПАТ «Бердянські жниварки» на тему: «Удосконалення процесів формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів» (№ 0121U110992), де авторка була керівником. В результаті проведених досліджень, авторкою було удосконалено технологію формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів.

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів хімічного устаткування для підвищення експлуатаційної стійкості.

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 показано актуальність вибору теми дисертаційної роботи, з'ясовано мету та завдання дослідження, надано визнання та оприлюднення основних результатів дисертаційної роботи.

У **першому розділі** аналіз на основі літературних даних показує, що серед усіх відомих методів дифузійного насичення (у порошкових сумішах, у рідких середовищах, у газовій фазі, у газовій фазі) найбільш придатним для будь-якого промислового підприємства є насичення порошком. Цей метод характеризується простим обладнанням і процесом, а процес можна проводити без використання токсичних і вибухонебезпечних середовищ, тому його можна швидко впровадити у виробництво. Формування дифузійного шару на сталі та сірому чавуні може значно покращити зносостійкість, окалиностійкість та корозійну стійкість. У той же час більшість дослідників помітили, що карбідні шари дуже крихкі і важко отримати непористі дифузійні шари, що ускладнює їх застосування в промисловості.

У **другому розділі** дана характеристика використовуваних матеріалів та описана методика проведення досліджень. Основні дослідження виконані на сталі 25Л та сірому чавуні СЧ100. Процеси оброблення 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, дюрOMETричного та рентгеноструктурного аналізу металів. Випробування на зносостійкість оцінювалось по втраті маси. Корозійна

стійкість зразків визначалась ваговим методом. Окалиностійкість оцінювалося по збільшенню 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 властивостей 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 оптимальний 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 показують, 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** розділі приведені результати дослідження впливу 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 пористість, що суттєво знижує захисні властивості поверхневого шару.

У **шостому розділі** наведено результати проведених досліджень на ПрАТ «Бердянські жнивварки» - розроблена нова суміш для дифузійного титанування, що забезпечує підвищення експлуатаційних властивостей дифузійних шарів литих

виробів із сірого чавуну та сталі. Враховуючи позитивні результати, отримані при дослідженні впливу титанування на корозійну стійкість литих виробів зі сталі та сірого чавуну, (підтверджено актом апробації від 26.03.2021р.) на ПрАТ «Бердянські жнивварки» очікуються наступні технологічні та економічні ефекти: можливість встановлення литих виробів, після дифузійного титанування, на діючі насоси без додаткового оброблення; збільшення втричі терміну використання литих виробів насосів для перекачування 10% розчину сірчаної кислоти; орієнтовно отримано річний економічний ефект, що складає 1,8 млн грн.

Загальні висновки належним чином відтворюють основні результати дисертаційної роботи.

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

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.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Отримали подальший розвиток 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%. Це дозволяє обрати оптимальний склад суміші для прогнозованого забезпечення експлуатаційних властивостей (корозійної стійкості, зносостійкості, окалиностійкості).

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 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaF}$.

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. Отримано можливість додаткового покращення експлуатаційних властивостей дифузійного поверхневого шару. Показано, що ефективність дифузійного титанування і хромування сірого чавуну та сталі може бути істотно підвищена за рахунок введення в суміш, яка насичує, додаткових компонентів (CaCl_2 , Al, FeMn, Cr_2O_3).

Практичне значення роботи полягає в розробленні 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 у порівнянні з раніше відомими. Практичні результати підтверджені актом апробації.

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, 1 стаття - у виданні, що входить до науково-метричних баз даних: GoogleScholar, ScienceOpen и OCLC, в 3 матеріалах тези доповідей опубліковано у збірниках матеріалів Міжнародних науково-практичних конференцій.

Висновки дисертації відображають найважливіші теоретичні та практичні результати роботи, сформульовані коректно, логічно, відповідають змісту дисертації.

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.

Оцінка мови та стилю дисертації. Відповідність дисертації спеціальності 136 – Металургія

Дисертаційна робота викладена логічно, послідовно та професійно. Матеріали досліджень систематизовані та коректно оформлені. За змістом дисертація відповідає спеціальності 136 – Металургія. Анотація дисертації відтворює основні результати дисертаційної роботи.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Металографічні дослідження здійснювали при збільшенні $\times 1000$ але за текстом роботи відсутні структури, які підтверджують цей факт.
2. За методикою дослідження не зрозуміло, для яких цілей викроистовували навантаження на ПМТ-3 50 та 100 г.
3. На структурах відсутні підписи, що ускладнює сприйняття та аналіз інформації.
4. Рис. 3.8 та 4.10 за текстом роботи не зрозуміло, яким чином визначався коефіцієнт відносної зносостійкості і який матеріал виступав як еталон.
5. Рис. 3.9 відсутні чіткі пояснення стосовно зниження швидкості корозії із використанням фтористого амонію.
6. Рис. 3.24, 3.25 та 3.31, 3.32 потребують додаткового пояснення механізму різкого підвищення товщини поверхневого шару та зниження швидкості окиснення.
7. У висновках до 4 розділу відсутні данні стосовно співвідношення або кількості хрому та алюмінію для забезпечення заданої жаростійкості (швидкості окиснення).

Зроблені зауваження не знижують цінності досягнутих результатів, наукового та практичного рівня дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.

Вважаю, що за актуальністю, важливістю проведених експериментальних досліджень, науковою новизною та практичною цінністю, дисертація Кондрашової Світлани Георгіївни на тему «Удосконалення процесів формування поверхневого корозійностійкого шару литих виробів» є завершеним науковим дослідженням, відповідає вимогам МОН України та «Порядку присудження наукових ступенів», а її авторка заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 136 – Металургія.

Офіційний опонент

В.о. завідувача кафедри ливарного виробництва, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона, доктор технічних наук, доцент

