

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сірак Ярини Ярославівни.

“ ВПЛИВ МІДІ ТА НІКЕЛЮ НА ФОРМУВАННЯ ПЛАЗМОЕЛЕКТРОЛІТНИХ ШАРІВ АЛЮМІНІЄВИХ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ

**представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство**

Актуальність теми дисертації.

Процесам плазмоелектролітної обробки (ПЕО) присвячена значна кількість наукових досліджень. В тому числі у ФМІ НАН України розроблено технологію отримання оксидних шарів шляхом нанесення на сталь, титановий і магнієвий сплав електродугових покриттів (ЕДП) із алюмінієвого сплаву з наступним плазмоелектролітним синтезом на його поверхні шару корунду, який синтезується на сплавах легованих міддю. Такі ПЕО шари мають високу твердість і допустиму зносостійкість. Проте, вони є досить крихкими, схильними до тріщини утворення та викришування під впливом контактних або ударних навантажень. Мають товстий поверхневий шар, так званий технологічний шар (до 30 % товщини основного робочого шару), з високою поруватістю. Не встановлено вплив розмірів мідних включень на характеристику оксидного шару. Недостатньо вивчено механізм синтезу ПЕО шарів та властивості на легованих сплавах і газотермічних покриттях.

На основі проведеного критичного аналізу літературних джерел за темою роботи дисертанткою висунута гіпотеза, що синтез ПЕО шарів на сплавах алюмінію, або газотермічних покриттях (наприклад міддю, нікелем), може привести до формування на їх поверхні не оксидних, а композиційних метало оксидних покриттів на основі оксиду алюмінію з включеннями частинок міді або нікелю.

Враховуючи вищезгадане, можна зробити висновок про віднесення представленої теми до актуальних напрямків наукових досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Актуальність роботи підтверджується її виконанням у рамках держбюджетної тематики інституту: «Розроблення комбінованих метало-оксидних покриттів на основі алюмінію з підвищеною зносо- та корозійною тривкістю» (№ держреєстрації 0117U000527, 2017–2019 рр.);

«Розроблення легованих міддю і нікелем плазмоелектролітних оксидокерамічних шарів з підвищеною пластичністю на газотермічних алюмінієвих покриттях», (№ держреєстрації 0112U002781, 2012–2016 рр.);

«Розробка нових електродних матеріалів, методів відновлення і захисту тонкостінних деталей обладнання, які експлуатуються в умовах абразивного та газоабразивного зношування», (Ресурс-2) (№ держреєстрації 0116U006347, 2016–2019 рр.)

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи Сірак Я.Я. підтверджується використанням широкого спектру сучасних методів досліджень, чітким формулюванням задач і комплексним підходом при їх розв'язанні, значним обсягом експериментальних даних.

Основні положення та висновки дисертації обговорені на міжнародних конференціях «Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів» (Львів, 2012, 2016, 2018 рр.); міжнародній науково-технічній конференції «Підвищення надійності машин і обладнання» (Кропивницький, 2017); відкритій науково-технічній конференції молодих науковців і спеціалістів ФМІ ім.Г.В.Карпенка НАН України (Львів, 2011, 2013, 2017 рр).

Достовірність практичних рекомендацій підтверджена також патентами на корисну модель (Розпилювальна головка електрометалізатора: пат. 118357 України та Порошковий дріт для напилення зносостійких та

корозійностійких електродугових покриттів: пат. 115860 України) та актом впровадження на ТзОВ “Бібльос”, затвердженому у чинному порядку.

Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота Сірак Я.Я. складається зі вступу; літературного огляду; п'яти розділів, що включають експериментальну методика, власне теоретичні та експериментальні дослідження і їх обговорення; загальних висновків; списку використаних літературних джерел. Робота викладена на 174 сторінках, у тому числі 15 таблиць та 115 рисунків, 162 джерела вітчизняних та зарубіжних авторів.

У **першому розділі** зроблено критичний аналіз літературних джерел за темою роботи. Зокрема, проаналізовано методи нанесення газотермічних покриттів, наведено переваги та їх недоліки. Показано, що процес плазмо-електролітного оксидування уможливорює підвищення фізико-механічних властивостей алюмінію та його сплавів за рахунок формування на їх поверхні захисних ПЕО шарів. Проаналізовано особливості формування таких шарів на вентильних металах та методи дослідження їх функціональних властивостей. На підставі цього визначені напрямки дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** наведено характеристики досліджуваних матеріалів та методики проведення експерименту, серед яких термодинамічний аналіз, електронна та оптична мікроскопія, рентгенофазовий і локальний спектральний аналізи, трибологічні, електрохімічні дослідження. В ході роботи опрацьовано методика формування на робочій поверхні модельних матеріалів (спресованих зразків із суміші порошків на основі алюмінію), електродугових та плазмових покриттів ПЕО шарів методом плазмоелектролітної обробки.

У **третьому розділі** розглянуто структури ПЕО шарів на алюмінієвих сплавах, газотермічних покриттях та модельних пресованих зразках. Показано, що ПЕО шари, синтезовані на пресованих зразках або газотермічних покриттях, легованих міддю або нікелем, мають матричну фазу з

оксиду алюмінію з включеннями дисперсних виділень міді або нікелю. Виявлено взаємозв'язок між енергією одиничного плазмового розряду в процесі синтезу ПЕО шару та розміром металевих включень в ньому. Запропоновано емпіричну формулу для визначення критичного розміру металевих включень у газотермічному покритті з алюмінієвого сплаву.

Четвертий розділ містить механізми синтезу ПЕО шарів на легованих міддю або нікелем пресованих зразках та газотермічних покриттях. У ньому також встановлена послідовність реакцій в процесі синтезу оксидних шарів на поверхні газотермічних покриттів та сплавів.

П'ятий розділ присвячений оптимізації вмісту міді та нікелю в алюмінієвих газотермічних покриттях. Оптимальний вміст міді та нікелю в плазмових покриттях становить 5...10 мас. %. В процесі фрикційної взаємодії трибопари ПЕО шар Al + 5 мас.% Cu та чавун, на їх поверхні в середовищі мінеральної оливи I-20 синтезуються гліцератні плівки. Це зменшує коефіцієнт тертя в 15 разів, а знос чавуну зменшується в 5 разів. Також показано, що чим менші включення інтерметалів в ЕДП, тим вища корозійна тривкість ПЕО шару, синтезованого на ньому.

У **висновках**, що сформульовані у дисертації, повністю відображено всі аспекти проведеної роботи і відбито значущість для науки та практики.

Наукова новизна отриманих у роботі результатів, сформульованих положень та висновків.

В дисертаційній роботі Сірак Я.Я. пропонує комбіновану обробку - нанесення алюмінієвих газотермічних покриттів (електродугових та плазмових) на конструкційні сплави із наступним синтезом на їх поверхні ПЕО шару.

На основі термодинамічного, рентгеноструктурного та спектрального аналізів автором вперше побудовано моделі синтезу плазмоелектролітних шарів, легованих міддю та нікелем.

Показано, що мідь та нікель може знаходитись в оксидному шарі у вигляді металевих мікро- та нановключень, а також в оксидній фазі у вигляді шпінелі.

Використовуючи, як модельні матеріали, пресовані алюмінієві зразки та плазмові покриття з різним вмістом нікелю та міді дисертантом встановлено послідовність реакцій, що відбуваються в плазмових розрядних каналах в процесі плазмоелектролітної обробки.

Автором оптимізовано кількісний вміст та розмір включень міді та нікелю в ПЕО шарах за їх зносостійкістю та корозійною стійкістю.

Дисертантом вперше показано, що за умов граничного мащення під час фрикційної взаємодії ПЕО шару з дисперсними включеннями міді з чавуном, за наявності в мінеральній оливі I-20 2,5%-го водного розчину гліцерину, реалізується ефект вибіркового масопереносу, внаслідок якого коефіцієнт тертя та величина зносу зменшуються на порядок.

Практичне значення отриманих результатів.

Автором дисертаційного дослідження розроблено модель головки металізатора, (патент №118357), яка уможлиблює отримання дрібнодисперсних алюмінієвих покриттів з підвищеними механічними характеристиками та мінімальною поруватістю та запропоновано порошковий дріт для напилення зносостійких та корозійностійких електродугових покриттів (патенти № 115860).

Запропоновано метод підвищення зносостійкості алюмінієвих сплавів або газотермічних алюмінієвих покриттів шляхом їх ПЕО обробки, який використано для продовження ресурсу ведучих та приймаючих циліндрів на поліграфічній машині Kodimax-Viva 340 (ТзОВ “Бібльос”).

Дисертантом також розроблено технологічну інструкцію процесу нанесення ПЕО шарів на електродугові покриття (ЕДП). На поліграфічному підприємстві (ТзОВ “Бібльос”) проведено дослідно-промислово перевірку зношених барабанів поліграфічного обладнання, відновлених за комбінованою технологією. Довговічність елементів із захисними ПЕО

шарами, нанесеними за даною технологією, у 2–2,5 рази вища, ніж з хромованими.

Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях.

Основний зміст дисертаційної роботи Сірак Я.Я. відображено у 20 наукових працях, із яких 3 статті у виданнях, що входять до науко метричної бази даних Scopus, 8 у наукових фахових виданнях, 7 публікацій у матеріалах конференцій та 2 патенти України на корисну модель.

Опубліковані роботи повністю відображають зміст дисертації.

Автореферат за змістом ідентичний до тексту та основних положень і висновків дисертаційної роботи.

Мова та стиль дисертації.

Дисертаційна робота написана державною мовою, грамотно. Розподіл експериментального матеріалу логічний. Застосована у роботі наукова термінологія загально визнана. Стиль викладення результатів, нових наукових положень і висновків забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Експериментальні дані проілюстровані графіками, фотографіями, діаграмами, таблицями, що сприяє розумінню викладених результатів.

Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Зауваження до автореферату і дисертаційної роботи.

1. Відсутні дані, за яким способом пресування виготовлялися модельні зразки з порошків, яка густина отриманого компактного матеріалу.
2. На стор. 4 автореферату відзначається, що для плазмового напилення і пресування модельних зразків використовувались 5, 10, 15, 20 мас. % порошки Ni82Cr15B3. Проте в табл. на стор. 5 автореферату, в підписах до рис. 3 і 4, в поясненні процесу синтезу на стор. 7, а також в розділі 2 роботи кількість бору не вказана. Невідома також роль у порошках хрому і бору.

3. Потребує пояснення чи може ПЕО шар із плазмового покриття проростати у підкладку із алюмінієвих, сталевих, магнієвих або титанових сплавів для підвищення міцності зчеплення оксидного шару із основою.
4. Варто було б уточнити як буде змінюватись критичний розмір частинок міді або нікелю із зростанням товщини оксидного шару.
5. Встановлено, що зростання міді або нікелю в плазмовому покритті змінює його фазовий склад, з'являються нові фази - Cu та Ni, шпінелі $AlCu_2O_4$ та $AlNi_2O_4$. Проте невідомо, як поява шпінелі $AlCu_2O_4$ та $AlNi_2O_4$ може вплинути на механічні характеристики та зносостійкість ПЕО шарів?
6. У дисертаційній роботі та авторефераті зустрічаються деякі інші неточності, а саме:
 - ✓ У розділі 2.2 на (ст. 48) зазначено, що після промивання зразків їх просушували при $650^{\circ}C$ – невідомо для чого така висока температура?
 - ✓ Невірно розставлені коефіцієнти, які врівноважують хімічні реакції (стор. 96), зокрема: реакція окиснення (табл. 3.5) $2Al + 2/3O_2 = Al_2O_3$; а також алюмотермічна реакція (табл. 3.6) $2/3WO_3 + 4/3Al = 4/3W + 2/3Al_2O_3$.
 - ✓ Ентропійний фактор проходження реакції $\tau \Delta S$ залежить від абсолютної температури і подається у авторефераті (стор. 9) в Кельвінах, а не в $^{\circ}C$.
 - ✓ У роботі зустрічаються міжнародні позначення фізичних величин, зокрема на ст. 36, 41, 54, що суперечить вимогам до оформлення дисертації.
 - ✓ На деяких фото структур важко розгледіти їх масштаб.
 - ✓ У розділі 5 дисертантка допускала неточності зазначаючи, що відпалу піддавався ПЕО шар, а не електродугове покриття.

Висновок про відповідність дисертації вимогам ДАК.

Дисертація Сірак Ярини Ярославівни «Вплив міді та нікелю на формування плазмоелектролітних шарів алюмінієвих газотермічних покриттів» є завершеною науковою роботою, в якій представлено нові,

важливі в науковому і практичному плані результати, спрямовані на вирішення актуальної науково-практичної задачі – підвищення зносостійкості і довговічності елементів із конструкційних матеріалів. Робота характеризується внутрішньою єдністю, написана грамотно з використанням сучасної наукової термінології.

Зазначені вище зауваження мають рекомендаційний характер і не зменшують загальної позитивної оцінки та науково-практичної цінності дисертаційної роботи Сірак Я. Я.

За актуальністю, науковою новизною отриманих результатів і зроблених висновків, обґрунтованістю наукових положень, їх достовірністю та практичною цінністю дисертаційна робота Сірак Ярини Ярославівни повністю відповідає вимогам Положення «Про порядок присудження наукових ступенів» ДАК України щодо кандидатських дисертацій, а її здобувачка заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології матеріалів і машинобудування Національного лісотехнічного університету України

Голубець В. М.



ЗАВІРЯЮ

Вчений секретар
національного лісотехнічного
університету України

20 18. Підпис

Отримано

20.11.2018