

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.

Технічний прогрес і розвиток нових галузей промисловості вимагають нових матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками. Одним з основних напрямків в машинобудуванні є підвищення ККД машин при зниженні їхньої маси та незмінності міцності та зносостійкості. Експлуатаційні характеристики багатьох деталей машин пов'язані з їх поверхневими властивостями. Алюміній і алюмінієві сплави, володіючи високою міцністю і низькою питомою вагою, знайшли досить широке застосування в різних сферах машинобудування. Однак низька зносостійкість, температура плавлення і високі теплопровідність та хімічна активність обмежують використання даного матеріалу у виробництві. Для поліпшення механічних властивостей алюмінієвих сплавів доцільно застосування методів поверхневої обробки, в тому числі електрохімічних. Плазмоелектролітне оксидування (ПЕО) є одним з найбільш ефективних методів поверхневої обробки алюмінієвих сплавів.

Напилення газотермічних покриттів на алюмінієвій основі на різноманітні сплави з подальшою плазмоелектролітною обробкою дозволяє одержувати ПЕО шари з властивостями на рівні оксидокерамічних покриттів на Al – сплавах. Використання такого комплексного підходу дозволяє створювати комбіновані покриття (оксидокераміка на напиленій основі) також на інших сплавах, які не піддаються плазмоелектролітній обробці, наприклад на сталях.

Покриття, отримані методом ПЕО, мають полікристалічну структуру, товсті, тверді з високою адгезією до основи та діелектричними властивостями. Позитивною характеристикою методу ПЕО є використання екологічно чистих лужних електролітів. Проте залишаються недостатньо вивченими кількісний фазовий склад ПЕО покриттів, вплив легувальних елементів сплавів на товщину, мікротвердість, поруватість зносостійкість та корозійну тривкість покриттів. Дослідження цих аспектів сприяло б цілеспрямованому розробленню технологічних режимів обробки з метою отримання оксидокерамічних покриттів із заданими функціональними властивостями.

Основні наукові результати отримано при виконанні планових науково-дослідницьких робіт у рамках держбюджетних тем у Фізико-механічному інституті ім. Г.В.Карпенка НАН України (ФМІ) у рамках науково-дослідних тем згідно з тематичними планами Національної академії наук України, а саме:

- «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 оксидо-керамічних шарів з підвищеною пластичністю на газотермічних алюмінієвих покриттях», (№ держреєстрації 0112U002781, 2012–2016 рр.);
- «Розробка нових електродних матеріалів, методів відновлення і захисту тонко-стінних деталей обладнання, які експлуатуються в умовах абразивного та газоабразивного зношування», (Ресурс-2) (№ держреєстрації 0116U006347, 2016–2019 рр.).

Отже, дисертаційна робота **Сірак Я.Я.**, яка стосується встановлення впливу легувальних елементів (міді та нікелю) алюмінієвого сплаву, або газотермічного покриття, на механізм синтезу та фізико-механічні характеристики ПЕО шарів є актуальною та новою за своєю суттю.

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

Обґрунтованість і достовірність наукових положень дисертаційної роботи **Сірак Я.Я.** забезпечується великим обсягом експериментального матеріалу та глибоким і багатостороннім аналізом літературних джерел, які охоплюють сучасні уявлення про методи підвищення поверхневої твердості та зносостійкості алюмінієвих сплавів. Це підтверджується також різноплановими підходами до досягнення мети та використанням сучасних методів для вирішення поставлених завдань: гравіметричний, рентгеноструктурний, сканівна електронна мікроскопія з системою рентгенівського мікроаналізу, металографічний, електрохімічний, дослідження зносостійкості покриттів при різних видах тертя тощо.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджена порівняльною характеристикою отриманих результатів із результатами досліджень інших авторів.

Отже, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, є достовірними, а їх обґрунтування проведено з необхідною повнотою.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів.

Наукова цінність роботи визначається ґрунтовним і систематичним підходом до механізму синтезу оксидокерамічних шарів на алюмінієвих сплавах та газотермічних алюмінієвих покриттях. Найвагомішим науковим результатом роботи можна вважати встановлення механізму та послідовності реакцій, що відбуваються в плазмових каналах, при синтезі мідь- та нікельмістких ПЕО шарів, в процесі їх плазмоелектролітної обробки в лужних електролітах, на легованих газотермічних покриттях. Також встановлено взаємозв'язок між енергією одиничного плазмового розряду під час плазмоелектролітної обробки та розміром металевих включень в ПЕО шарі. Запропоновано емпіричну формулу для визначення критичного розміру металевих включень у газотермічному покритті з алюмінієвого сплаву.

Вперше встановлено механізм синтезу мідь- та нікельмістких ПЕО шарів, в процесі їх плазмоелектролітної обробки в лужних електролітах, на легованих газотермічних покриттях.

Виявлено, що матричною фазою ПЕО шарів на газотермічних покриттях є оксид алюмінію (Al_2O_3) з включеннями мікронних і нанорозмірних пластичних часточок нікелю та міді, оптимальний вміст яких в металооксидному шарі становить 5...10 % мас.

Трибологічними дослідженнями встановлено, що в умовах граничного мащення під час фрикційної взаємодії ПЕО шару (з дисперсними включеннями міді) з чавуном, за наявності в мінеральній оливі І-20 з додаванням водного розчину гліцерину, реалізується ефект вибіркового масопереносу, внаслідок якого коефіцієнт тертя та величина зносу зменшуються на порядок.

Практична цінність отриманих результатів.

Встановлено оптимальний склад і розмір легувальних елементів (міді та нікелю), який дозволяє формувати пластичні та зносостійкі ПЕО шари.

Для синтезу ПЕО шарів на газотермічних покриттях із підвищеними експлуатаційними характеристиками розроблено розпилювальну головку електрометалізатора, яка дозволяє отримувати дрібнодисперсні алюмінієві покриття з підвищеними механічними характеристиками і мінімальною поруватістю.

На основі результатів досліджень запропоновано метод підвищення зносостійкості алюмінієвих сплавів або газотермічних алюмінієвих покриттів шляхом їх плазмоелектролітної обробки, який використано на ТЗОВ "Бібльос" для продовження ресурсу ведучих та приймаючих циліндрів на поліграфічній машині Kodimax-Viva 340.

Розроблено технологічну інструкцію процесу нанесення ПЕО шарів на електродугові покриття, яку запропоновано як альтернативу процесу гальванічного хромування. Довговічність елементів із захисними ПЕО шарами зростає у 2...2,5 рази, порівняно з хромованими.

Повнота викладення результатів роботи у наукових працях.

Основний зміст дисертації Сірак Я.Я. представлений у 20 наукових працях, а саме: 11 статей – у фахових виданнях, 3 з яких включено до наукометричної бази Scopus, 7 публікацій у матеріалах конференцій, 2 патенти України на корисну модель.

Автореферат дисертації повністю та вірно відображає основні положення дисертаційної роботи. Матеріал дисертації викладено логічно та чітко розкриває поставлену в роботі мету.

Мова та стиль дисертації.

Дисертація написана державною мовою, грамотно, на високому науковому рівні, легко сприймається. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету. Тема і зміст дисертації повністю відповідають паспорту спеціальності 05.02.01 – Матеріалознавство.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та 3 додатки. Загальний обсяг роботи 174 сторінки, 115 рисунків та 15 таблиць. Список використаної літератури містить 162 найменування.

У першому розділі проаналізовано методи нанесення газотермічних покриттів, наведено переваги та їх недоліки. Показано, що процес плазмоелектролітного 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.

Зроблено висновок, що ПЕО шари, синтезовані на алюмінієвих сплавах, характеризуються високими фізико-механічними характеристиками та зносостійкістю. Сформульовано мету та основні завдання дисертаційної роботи і визначено напрямки їх вирішення.

У другому розділі описані методики синтезу ПЕО шарів та визначення їх фізико-механічних характеристик. Газотермічні алюмінієві покриття напиляли на підкладки з алюмінієвого сплаву Д16 електродуговим та плазмовим

методами. Як модельні матеріали виготовляли пресовані зразки з порошків на основі алюмінію з додаванням порошків сплавів, що містять мідь та нікель.

Третій розділ присвячений дослідженню структури ПЕО шарів на алюмінієвих сплавах та ЕДП. ПЕО шари, сформовані на ЕДП, напилених алюмінієвим дротом СвА5. Запропоновано емпіричну формулу для визначення критичного розміру металевих включень $R_{кр}$ у пресованому зразку або газотермічному покритті з алюмінієвого сплаву.

Четвертий розділ присвячений встановленню механізмів синтезу ПЕО шарів на легованих міддю або нікелем пресованих зразках та газотермічних покриттях.

П'ятий розділ присвячений оптимізації вмісту міді та нікелю в алюмінієвих газотермічних покриттях. Твердість ПЕО шару товщиною 150 мкм, синтезованого на плазмовому покритті, за вмісту міді в ньому 5...10 мас. % є максимальною.

Максимальну твердість було виявлено в ПЕО шарі за вмісту нікелю 5 мас.%. Зі збільшенням вмісту нікелю до 10 мас.%, твердість зменшується, проте залишається вищою, ніж без нікелю, а за вмісту нікелю понад 10 мас.% твердість ПЕО шару зменшується нижче твердості вихідного нелегованого ПЕО шару. Зносостійкість ПЕО шару з вмістом нікелю 5...10% дещо зростає за зворотно-поступального тертя сталевую кулькою.

Порівняння результатів випробовувань ПЕО шарів показали на те, що наявність мідних або нікелевих включень у їх структурі підвищує твердість, мікропластичність, відносну абразивну зносостійкість та зменшує їх пористість.

Недоліки та зауваження до дисертації:

1. Термодинамічний аналіз алюмотермічних реакцій свідчить, що алюміній може відновлювати оксиди Мо, W, Co, Mn, Cr та інші. Чому вибрано саме нікель та мідь? Не наведено обґрунтування вибору саме таких елементів.

2. З дисертації не зрозуміло, чому немає проведеного порівняльного аналізу властивостей ОКП, синтезованого на напиленому покритті з суцільного дроту СвА5 та на монолітній основі з такого ж сплаву, як це зроблено для магнілію та дюралюмінію

3. В третьому розділі дисертаційної роботи вказано, що адгезійна міцність електродугових покриттів, напилених на сталюну основу, становить не менше 25МПа, а на Д16 та АМг6 10-15 МПа, однак таких досліджень в роботі не представлено, що ставить під сумнів вище сказане.

4. Трибологічні дослідження проведені автором показали, що при фрикційному контакті трибопар сталь - ПЕО шар на АМГ-6 та сталь - ПЕО шар на Д16 формуються різні поверхневі плівки. Однак адекватного і точного пояснення цього в роботі не приведено.

5. В роботі зазначено, що нижній шар ОКП на сплаві СвА5 є більш пористий, аніж на сплаві АМг6, хоча мікроструктури ПЕО покриття на сплаві СвА5 не представлено, а тому приведені порівняння є не зовсім обґрунтованими.

6. Не зрозуміло чому не досліджено властивості ПЕО покриття, синтезованого на ЕДП з суцільного дроту марки АД0, тоді як в роботі представлено мікроструктурні дослідження оксидокерамічного покриття, синтезованого на зразку зі сплаву АД0.

7. В дисертаційній роботі не представлено результати досліджень пористості пропонованих автором покриттів, хоча в другому розділі описана методика проведення таких досліджень.

8. При викладенні матеріалу у роботі подекуди зустрічаються граматичні та стилістичні помилки, неточності, невдалі вирази і словосполучення. Зокрема:

- на рис.4.8 мідь одновалентна, хоча в тексті, що пояснює цей рисунок мідь двовалентна;
- на рис.4.17 неправильно подано послідовність написання процентного вмісту компонента у структурі покриттів (не згідно з ДСТУ);
- стор.79 не дотримана термінологія «...у порошковій композиції...» замість «у модельному порошку чи пресовці»;
- термін «покрив» замість «покриття» зустрічається на ст. 32, 46, 69.
- на стор. 71 при описі мікроструктури ПЕО на сплаві АМг6 вказано, що покриття має товщину 10-15 км, очевидно замість мкм;
- у табл. 3.1–3.4 вказано результати рентгенофазового аналізу ПЕО покриттів, синтезованих на зразках 1, 2, 3 та 4, однак, не зазначено на якій основі отримане дане покриття для кожного з цих зразків.

9. Під час проведення дисертаційного дослідження варто було б дослідити також корозійну стійкість ПЕО покриттів, синтезованих на сплаві АМг6, а також для оцінки ефективності синтезованих покриттів дослідити на зносостійкість та корозійну стійкість основи без обробки.

10. В авторефераті зазначається підтвердження актуальності перспективністю нанесення захисних покриттів плазмоелектролітним оксидуванням через низку найновіших публікацій, хоча посилання у дисертаційній роботі на перерахованих закордонних авторів V. Dehnavi, A. Ayday, M. Durman немає. Крім того, у списку використаних джерел публікацій за останні 5 років (що є безперечним доказом актуальності у світовому масштабі) всього три – одна публікація за 2015 рік та дві за 2018 рік.

Загалом дані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки та значення дисертаційної роботи і рівня достовірності основних її результатів.

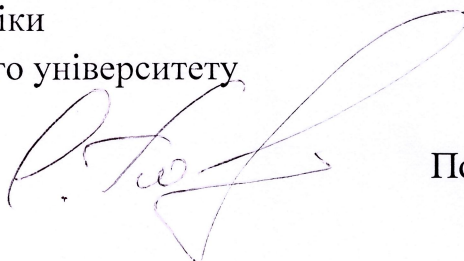
Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам.

Дисертація **Сірак Я.Я.** *“Вплив міді та нікелю на формування плазмоелектролітних шарів алюмінієвих газотермічних покриттів”* є завершеною працею, в якій отримані науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу науково-технічну задачу створення метало-матричних композитів із підвищеними фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Отримані автором результати вносять вагомий внесок у розвиток сучасного матеріалознавства технологій отримання метало-матричних композитів.

Робота за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, обсягом експериментальних досліджень, оформленням і представленням результатів та об'ємом публікацій відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів вищої кваліфікації Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій. Результати дисертації достатньо апробовані, що відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 17 жовтня 2012 року № 112 (зі змінами) «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук». Автореферат дисертації вірно відображає її основні положення. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство та вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, зокрема пунктам 9, 11 і 12, а її автор **Сірак Ярина Ярославівна** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент

доцент кафедри прикладної механіки
Луцького національного технічного університету
МОН України,
кандидат технічних наук



Повстяной О.Ю.



ВІРНО:
Начальник відділу кадрів

11 2018р.

