

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Могилка Владислава Віталійовича

на тему «Механічні та корозійні властивості композиційних покриттів, синтезованих ультразвуковою ударною обробкою сплавів на основі Ti, Cu, Al»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань **13 Механічна інженерія**
за спеціальністю **132 Матеріалознавство**

Актуальність теми дисертації.

Одним із найбільш перспективних способів вирішення проблем підвищення стійкості матеріалів, що працюють в умовах спільної дії високої температури, механічних навантажень й агресивних середовищ, є застосування поверхневого зміцнення, до якого відноситься ультразвукова ударна обробка (УЗУО), яка суттєво покращує робочі параметри конструкцій та деталей машин.

Особливе значення процес поверхневого зміцнення набуває для кольорових металів та сплавів, які активно використовуються у машинобудівній та авіаційній галузі. Зокрема, використання сплавів на основі алюмінію і титану дозволяє отримати конструкційні елементи із значно меншою вагою, що позитивно відзначається на процесі експлуатації за рахунок збільшення коефіцієнту корисної дії. Проте використання даних сплавів має свої проблеми, що обумовлено низькою термічною стабільністю та зносостійкістю. Саме тому виникає необхідність у захисті поверхневих шарів матеріалу шляхом створення дифузійного бар'єру, наприклад, нанесення багатокомпонентних покриттів. Застосування композиційних захисних зміцнювальних покриттів – основне вирішення проблеми забезпечення високих механічних та корозійних властивостей деталей. При цьому, використання порошкових матеріалів для покриттів дозволяє варіювати їх хімічним складом і забезпечувати задані механічні властивості покриття та розширювати галузь їх використання.

Безперечною перевагою УЗУО є те, що в одному технологічному процесі поєднуються: синтез багатокомпонентного покриття, його механічне легування (МЛ), зміцнююча обробка, наноструктурування поверхні, деформаційне заліковування пор, наведення стискаючих напружень та одночасне зменшення шорсткості поверхні за відсутності проблеми адгезії покриття до основи. Процес ультразвукової ударної обробки є аналогом процесу інтенсивної пластичної деформації, що забезпечує фрагментацію поверхневих шарів та формує стискаючі залишкові напруження.

У зв'язку з викладеним, актуальність даної роботи обумовлено необхідністю забезпечення високих механічних та корозійних властивостей поверхонь деталей на основі кольорових металів шляхом застосування УЗУО разом із композиційними покриттями.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Ультразвукова ударна обробка сплаву ВТ6 з керамічними порошками та подальша термічна обробка на повітрі забезпечили формування градієнтної структури синтезованого композиційного покриття: 1) ущільнений шар порошку на поверхні, 2) матричний сплав, зміцнений частинками порошку, 3) область деформаційного зміцнення з модифікованим фазовим складом.

2. Комбінована дія ультразвукової ударної обробки поверхні сплаву ВТ6 з порошком Al_2O_3 та відпалу за температури 650 °С дозволила сформувати захисне композиційне покриття із покращеними властивостями порівняно із вихідним станом: збільшеною у ~4 рази інструментальною твердістю (до 12,8 ГПа); зменшеним в ~2,5 рази коефіцієнтом тертя та зменшеними в ~20 разів втратами на зношування; покращеним у ~1,5 рази та в ~6,5 разів опором окисненню за підвищених температур і в середовищі 3,5% NaCl, відповідно.

3. Зростання мікротвердості поверхні латуні ЛС59-1 у ~5 разів (до 6,7 ГПа) після ультразвукової ударної обробки з порошком SiC обумовлене комбінованим впливом процесів армування високоміцними карбідними частинками, диспергування зеренної структури матричних складових (до ~70 нм та ~50 нм для α -та β -фаз, відповідно) та фазовим перетворенням $\beta \rightarrow \alpha$ (із зменшенням втричі кількості β -фази); загальна товщина деформованого шару складає ~500 мкм.

4. Електроіскрове легування титаном сплаву АМг6 з подальшою ультразвуковою ударною обробкою забезпечило порівняно із вихідним станом зростання мікротвердості приповерхневих шарів до ~3 разів та захисної ефективності від корозії (у сольовому розчині 3,5% NaCl) на 26% завдяки твердорозчинному (Ti-Al) і дисперсійному (інтерметалідні та оксидні фази Ti і Al) зміцненню, а також формуванню бімодальної структури з ультрадисперсними зернами.

Положення та висновки дисертації базуються на експериментальних даних, представлених у роботі, та є належним чином обґрунтованими. Під час проведення досліджень було застосовано сучасні методи, інструменти й обладнання, що у поєднанні з високою кореляцією отриманих даних обумовлює достовірність наукових результатів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ імені Є.О. Патона КПІ ім. Ігоря Сікорського із використанням технологічних можливостей лабораторій кафедри під керівництвом доктора фізико-математичних наук, професора Волошко

Світлани Михайлівни. Дисертаційна робота виконувалась у рамках держбюджетних тем №2102п «Наукові основи механохімічного УЗУО-синтезу зносостійких покриттів конструкційних сплавів авіаційної техніки для підвищення військової спроможності» (номер державної реєстрації 0118U000220, 2018 – 2020 рр.) та №2405ф «Структурно-фазові механізми керування комплексом поверхневих властивостей конструкційних і функціональних сплавів комбінованими тепловими, йонними та деформаційними впливами (номер державної реєстрації 0121U109752, 2021 – 2023 рр.) за фінансової підтримки МОН України.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Могилко В.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Матеріалознавство».

Дисертація є завершеною науковою роботою за напрямом «Розробка комбінованих методів інженерії поверхні» з вагомим особистим внеском здобувача.

Достовірність результатів роботи забезпечена коректністю постановки задач і застосуванням сучасних методів лабораторного експерименту з використанням стандартних методів випробувань та чисельних методів. Вона підтверджується зіставленням отриманих результатів з відомими аналітичними, математичними й експериментальними даними і їх інтерпретацією, що узгоджується з існуючими теоретичними розробками в галузі матеріалознавства.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Могилка Владислава Віталійовича 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. Всі цитати оформлені належним чином, усі першоджерела, з яких взяті цитування присутні у списку використаних джерел.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертації викладено логічно та послідовно, з використанням загальноновживаної термінології наукового напрямку.

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків та списку використаної літератури (156 джерел). Загальний обсяг

дисертації сягає – 172 сторінки, з яких основний текст – 139 сторінок. Дисертація містить 53 рисунки та 23 таблиці.

Вступ демонструє актуальність теми дисертаційного дослідження, його зв'язок з науковими програмами, планами, темами, мету, завдання, предмет та об'єкт роботи, використані методи досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробацію матеріалів дисертації, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі представлено аналітичний огляд джерел за тематикою дисертації: методи інтенсивної пластичної деформації, їх вплив на структуру і властивості кольорових металів; захисні покриття на основі тугоплавких сполук та способи їх нанесення. Процеси формування композиційних покриттів шляхом ультразвукової ударної обробки. Наведено висновки до розділу.

Другий розділ присвячений матеріалам, обладнанню та методам модифікації поверхні деформаційним, тепловим та комбінованим впливом із дисперсійним зміцненням або легуванням. Наведено методики досліджень, зокрема мікро- та нанодюрометричний аналіз, електронна мікроскопія, хімічний та фазовий аналіз, трансмісійна мікроскопія, випробування на зносостійкість та корозійні дослідження.

У третьому розділі представлено результати дослідження структури, фазового та хімічного складу, а також комплексу властивостей покриттів, синтезованих ультразвуковою ударною обробкою поверхні сплаву ВТ6 із додаванням до зони інтенсивної пластичної деформації дрібнодисперсних порошків тугоплавких сполук (α - Si_3N_4 , β - Si_3N_4 та Al_2O_3), з подальшою термічною обробкою за температури 650 °C на повітрі. Сформульовано висновки до розділу.

У четвертому розділі наведено результати поверхневої ультразвукової ударної обробки латуні ЛС59-1 із додаванням армувальних порошків Al_2O_3 , SiC для синтезу композиційних покриттів із покращеними властивостями. Представлено результати досліджень мікроструктури, фазового та хімічного складу, а також механічні властивості синтезованих покриттів. Проведене порівняння із результатами, отриманими для латуні після УЗУО без застосування порошків. Проаналізовано вплив подальшої термічної обробки на повітрі за температури 550 °C упродовж 5 годин. Наведено висновки до розділу.

У п'ятому розділі проаналізовано мікроструктуру, фазовий стан, хімічний склад та мікротвердість поверхневих шарів алюмінієвого сплаву АМг6 після комбінованого впливу електроіскрового легування титаном і ультразвукової ударної обробки. Наведено та проаналізовано результати досліджень корозійних властивостей матеріалів залежно від стану поверхні та хімічного складу. Проведено порівняльний аналіз з результатами УЗУО сплаву АМг6 без додаткового застосування електроіскрового легування.

У Загальних висновках сформульовано основні висновки за дисертаційною роботою.

У додатку А наведено список публікацій здобувача за темою дисертації. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 13 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 6 статей у наукових виданнях проіндексованих у базах даних Web of Science або Scopus віднесених до першого — третього квартилів (Q1–Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports. Результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових міжнародних конференціях.

Публікації здобувача мають високий науковий рівень, а особистий внесок автора до них не викликає сумнівів. У всіх публікаціях дотримано принципів академічної доброчесності.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі немає чіткого обґрунтування вибору матеріалів досліджень, адже сплави на основі титану, алюмінію та міді мають різне функціональне призначення, бажано було б навести їх конкретне застосування.

2. Не зовсім зрозуміло механізм потоншення покриттів внаслідок термічного оброблення, при тому, що для $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ змін практично не відбувається.

3. У розділі 3.7.1 наведено результати макротрибологічних досліджень матеріалів, при цьому автор оперує терміном «сила тертя», хоча з точки зору застосування матеріалів у вузлах тертя бажано наводити «коефіцієнт тертя».

4. У розділі 4 представлено результати досліджень сплаву ЛС59-1, проте бракує даних по результатам триботехнічних характеристик, хоча саме цей матеріал є найбільш перспективним при застосуванні в якості антифрикційних виробів.

5. Бажано було б навести узагальнені результати досліджень після УЗУО порівняно з іншими методами поверхневого оброблення, такими як дробоструменеве оброблення, піскоструменеве оброблення, магнітно-абразивне оброблення тощо.

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 ступеня доктора філософії Могилка Владислава Віталійовича на тему «Механічні та корозійні властивості композиційних покриттів, синтезованих ультразвуковою ударною обробкою сплавів на основі Ti, Cu, Al», 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 галузі знань 13 Механічна інженерія. 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 Могилко Владислав Віталійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань «13 Механічна інженерія» за спеціальністю «132 Матеріалознавство».

Рецензент:

Професор кафедри високотемпературних
матеріалів та порошкової металургії
Навчально-наукового інституту
матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор



Анатолій МІНІЦЬКИЙ

