

ВІДГУК
офіційного опонента Степанишина Володимира Івановича
на дисертаційну роботу Шляхетки Христини Сергіївни
«Модифікування поверхневих шарів поруватого титану ВТ1-0 для
підвищення протикорозійних властивостей»,
подану за здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
зі спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство»

За результатами вивчення дисертаційної роботи Х.С. Шляхетки, яка є науковою роботою, що подана у вигляді рукопису і складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і 2 додатків, у яких представлені результати роботи використані на Запорізькому ДП «Кремнійполімер» та ТОВ "Запорізький титано-магнісвий комбінат", а також опубліковані праці здобувача за темою дисертації, слід відзначити наступне.

Актуальність теми дисертації та зв'язок з науково-технічними програмами Титан та його сплави використовують для виготовлення конструкцій та виробів, що працюють в умовах контакту з агресивним середовищем, оскільки вони поєднують низку важливих фізико-механічних властивостей (значну міцність і циклічну довговічність, малу питому вагу тощо) і при цьому мають вищу, ніж інші конструкційні матеріали, корозійну тривкість. Однак для забезпечення точності та належної шорсткості поверхні проводять велику кількість технологічних переходів, що збільшує кількість відходів і зменшує коефіцієнт використання матеріалу ($\approx 0,7 \div 0,25$), а вартість відповідо, збільшується на кожному етапі виробництва від руди до готового виробу. Тому на сьогодні активно розвивають альтернативні технології, а саме методи порошкової металургії титану, які дозволяють отримувати деталі та вироби складних геометричних форм та з розмірами близькими до кінцевих, при цьому коефіцієнт використання матеріалу досягає 98 %. Однак потрібно врахувати, що вироби, отримані методом порошкової металургії за найпростішою схемою пресування-спікання, мають особливість – об'ємну поруватість, яка погіршує експлуатаційні властивості титанових виробів.

В дисертаційній роботі Х.С. Шляхетки оцінено перспективу формування функціональних модифікованих шарів поруватого титану такими методами інженерії поверхні як холодне поверхневе пластичне деформування та хіміко-термічне оброблення для зменшення впливу поруватості на корозійну тривкість. Одержані результати можна використовувати для розширення області застосування поруватого титану ВТ1-0, що підтверджено результатами, отриманими на Запорізькому ДП «Кремнійполімер»: вдалось забезпечити ресурс деталей, виготовлених твердофазним спіканням промислових порошків ПТ5-1 та гідриду титану, на 20-30 % вище, ніж ресурс деталей, отриманих стандартною технологією.

Дисертаційну роботу виконано у відділі матеріалознавчих основ інженерії поверхні Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, в якому впродовж багатьох років успішно розвиваються роботи в галузі матеріалознавства титану і його сплавів.

З урахуванням вище викладеного, дисертаційна робота Х.С. Шляхетки є актуальною та відповідає сучасним науковим напрямкам, визначенім державними науково-технічними програмами.

Загальна характеристика та зміст роботи. Мета роботи у формулюванні автора полягає у встановленні закономірності впливу структурних особливостей титану ВТ1-0, синтезованого пресуванням та спіканням порошкової сировини, на його корозійну тривкість в особливо агресивних середовищах та розроблені способів протикорозійного захисту поруватого титану. Для досягнення цієї мети вирішено наступні завдання:

1. Узагальнено вплив технологічних параметрів синтезу на поруватість титану ВТ1-0, синтезованого методом ПМ, та оцінено вплив поруватості на його корозійні властивості.
2. Розроблено підходи до зменшення поруватості як об'єму спеченого титану ВТ1-0, так і його поверхневого шару для підвищення протикорозійних властивостей.
3. Оцінено ефективність термодифузійного насичення елементами втілення для протикорозійного захисту поруватого титану.

4. Встановлено закономірності формування структурно-фазового стану поверхневих шарів поруватого титану під час термодифузійного насичення киснем та азотом. Сформовано захисні поверхневі шари, які забезпечують ефективний протикорозійний захист в агресивному середовищі.
5. Розроблено способи оксидування та азотування поруватого титану ВТ1-0 для підвищення його протикорозійних властивостей.

Виконана робота відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство».

Структура роботи і шляхи реалізації мети та окремих завдань чітко сформульовані і послідовно вирішені в процесі дослідження.

Що дає можливість встановити ефективність термодифузійного оброблення для забезпечення протикорозійного захисту поруватого титану ВТ1-0 у розчинах досліджуваних кислот.

Запропонувати схему та режими оксидування, що забезпечують закриття оксидом поверхневих пор на поруватих зразках, в результаті чого швидкість корозії оксидованого титану ВТ1-0 зменшується порівняно з необробленим на 2...3 порядки.

Зреалізувати схему та режими азотування поруватого титану, що активізують процес нітридоутворення на поверхні, сприяючи закриттю нітридом поверхневих пор, що сприяє зниженню швидкості корозії у розчинах 20 % HCl і 40% H₂SO₄ на 2...4 порядки.

Розробити способи хіміко-термічного оброблення титану ВТ1-0 з поруватістю до 9%, що забезпечують протикорозійний захист у розчинах хлоридної та сульфатної кислот на рівні з непоруватим титаном.

У висновках сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи.

Наукова новизна та практична значимість отриманих в роботі результатів. У рамках поставлених та вирішених у дисертації завдань хочу відзначити ряд нових наукових та практичних результатів:

- Досліджено, що залишкова поруватість є ключовим структурним фактором, який визначає корозійні властивості поруватого титану BT1-0, незалежно від технологічних параметрів його отримання

- Встановлено межі поруватості титану BT1-0, отриманого методом пресування та спікання порошку гітриду титану, за яких корозійні властивості заходяться на рівні металу, отриманого за традиційною технологією.

- Вивчено кінетику азотування поруватого (3...9 %) титану BT1-0 за атмосферного (10^5 Па) та зниженого (1 Па) тиску азоту при температурах 800, 850 та 900 °C на базі 20 год. Визначено кінетичні константи азотування за означених температурно-часових і газодинамічних параметрів процесу. Показано, що залишкова поруватість впливає на інтенсивність азотування. Встановлено залежності фазового складу і структури, твердості і глибини модифікованого шару поруватого титану BT1-0 від концентраційних, температурних і часових параметрів азотування

- Регламентовано морфологію модифікованого шару для підвищення протикорозійних властивостей поруватого титану BT1-0 та розроблено режими оксидування та азотування для її формування. Показано, що за регламентованої морфології модифікованого шару швидкість корозії поруватого титану у розчинах кислот знижується на один-три порядки. При цьому технологія отримання титану BT1-0 не впливає на корозійні властивості.

Практична цінність: отримані у дисертації результати дозволяють знизити температуру спікання та тиск пресування, а, відтак, зменшити енергозатрати та підвищити ресурс обладнання під час синтезу матеріалу, використовуючи розроблені способи хіміко-термічного оброблення для титану з поруватістю 9 %, що забезпечують протикорозійний захист у розчинах хлоридної та сульфатної кислот.

Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість наведених в дисертації наукових положень та висновків підтверджується опрацюванням

методів інженерії поверхні для модифікування поверхневих шарів поруватого титану BT1-0, чітким формулюванням мети роботи та завдань для її вирішення, комплексним характером експериментів, поєднанням матеріалознавчих досліджень з випробуваннями, що моделюють експлуатаційні умови роботи поруватого титану BT1-0 у розчинах кислот. Достовірність результатів дослідження підтверджується їх відповідністю сучасним уявленням про структуру і властивості дифузійних поверхневих модифікованих шарів на титанових сплавах, узгодженістю в ряді випадків з результатами аналогічних досліджень та їх порівнянням з відомими результатами.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації й автореферату. Дисертація написана грамотною державною мовою, виклад матеріалу є логічним, послідовним від постановки задачі до висновків по роботі, стиль викладу адекватний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство». Зміст автореферату відповідає змісту дисертації. Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає чинним вимогам.

Повнота викладення основних результатів дисертації. Зміст дисертації повністю відображену у публікаціях. За темою дисертації опубліковано 22 праці. У тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях, з них 6 статей у виданнях, які включені наукометричної бази Scopus, 13 тез і матеріалів наукових конференцій.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату:

1. Зазначається, що після обкочування шорсткість поверхні зменшується. Однак шорсткість поверхні є комплексною характеристикою поверхні, яка оцінюється за допомогою висотних, крокових, гібридних параметрів мікрогеометрії поверхні. Тобто, вона може змінюватись, покращуватись

чи погіршуватися. А знижуватись можуть параметри, за якими Ви її оцінюєте. Якими параметрами Ви оцінювали шорсткість поверхні ?

- Чому захист порошкового титану вищий після азотування, ніж після оксидування, хоча коефіцієнт Піллінга-Бедворда для оксиду ($VTiO_2/ VTi = 1,7$) більший ніж, для нітриду титану ($VTiN/ VTi = 1,1$) ?

Зроблені вище зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Заключна оцінка дисертаційної роботи. Дисертація Х.С. Шляхетки «Модифікування поверхневих шарів поруватого титану ВТ1-0 для підвищення протикорозійних властивостей» є завершеною науковою роботою, в якій отримано нові результати, важливі в науковому і практичному плані, що поглиблює знання про матеріалознавчі основи інженерії поверхні поруватого титану хіміко-термічним обробленням та холодним поверхневим пластичним деформуванням.

Дисертаційна робота відповідає чинним вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, Христина Сергіївна Шляхетка, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство».

Офіційний опонент,
доцент кафедри прикладної
механіки і технології машинобудування
Національного лісотехнічного
університету України
МОН України,
кандидат технічних наук, доцент

В. І. Степанишин

Імені ЗАВІРЯЮ
Начальник відділу кадрів
Національного лісотехнічного
університету України
19. 04. 2021 р. Підпис