

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Смірної Яни Олександрівни

на тему «Створення основ технологій виготовлення шаруватих метало-керамічних композиційних матеріалів з підвищеними фізико-механічними характеристиками»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань **13 Механічна інженерія**
за спеціальністю **136 Металургія**

Актуальність теми дисертації.

Сучасний ринок композиційних матеріалів зростає з кожним роком. Аналітичні огляди свідчать про все активніше використання метал-матричних композиційних матеріалів з низькою питомою вагою, до яких можна віднести композити на основі алюмінію та титану.

Ефективним і перспективним також є одночасне поєднання титану та алюмінію у композиційних матеріалах, що у результаті забезпечує високу питому міцність, корозійну стійкість, низьку масу виробів тощо. Такий спектр властивостей робить шаруваті титан/алюмінієві композити придатними для аерокосмічної, автомобільної, оборонної, нафтохімічної та інших галузей. Проте більшість відомих методів їх виготовлення потребують складного обладнання та виробничих полігонів, є трудомісткими та мають обмеження геометричної форми. Тому, тематика дисертаційної роботи, що присвячена розробленню технологічних параметрів отримання шаруватих титан/алюмінієвих матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями придатними для масового виробництва та більш ефективними рідкофазними методами, є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Уперше розроблено технологічні параметри рідкофазного формування шаруватих композиційних матеріалів систем VT1-0/Al, VT6/Al та Ti-TiB/Al, які включають процеси очищення поверхні пластин на основі титану розплавом флюсу евтектичного сплаву KF-AlF₃ та просочування їх розплавом алюмінію. Встановлено, що швидкість процесу очищення поверхні пластин більша за швидкість просочення за однакових технологічних умов.

2. Встановлено закономірності процесу взаємодії на границях розподілу систем VT1-0/Al, VT6/Al та Ti-TiB/Al під час просочення. Уперше показано, що незалежно від ширини зазору між пластинами на основі титану перехідний шар складається з твердих розчинів титану у алюмінії та алюмінію в титані. При цьому товщина перехідного шару суттєво залежить від хімічного складу матеріалу. Вона збільшується у результаті просочення та ізотермічного витримання протягом 300 с від 2,8 мкм для системи VT1-0/Al, до 3,8-4,2 мкм для системи VT6/Al та 6,3-6,5 мкм для системи Ti-TiB/Al.

3. Показано, що під час дії деформації аж до руйнування не відбувається розшарування матеріалів по міжфазній границі. Деформація отриманих композитів залежить від цієї характеристики вихідних титанових сплавів. Її максимальні значення складають 36 % для системи VT1-0/Al, 15,3 % для VT6/Al та 14,96 % для Ti-TiB/Al. Встановлено відповідність експериментальних і розрахованих значень механічних характеристик шаруватого композиту залежно від структурно-геометричних властивостей, що дозволяє прогнозувати механічні властивості шаруватих композиційних матеріалів.

4. Експериментально встановлено, що шаруваті матеріали, які одержано за допомогою рідкофазного з'єднання зберігають цілісність границі розподілу під час прокатування у атмосферному середовищі без попереднього нагрівання до ступеня обтискання 0,45 (система VT1-0/Al) та у вакуумі з попереднім нагріванням до ступеня обтискання 0,36 (система Ti-TiB/Al). У результаті прокатування відбувається фрагментація перехідного шару і заповнення алюмінієм зон розриву перехідного шару без порушення суцільності границь розподілу. Міцність композиційних матеріалів зростає по мірі збільшення ступеня деформації і перевищує розраховані значення внаслідок деформаційного зміцнення.

5. Уперше показано, що за питомими механічними характеристиками шаруваті Ti/Al композити, які отримано за рідкофазною технологією, перевищують відомі титанові та алюмінієві сплави.

Достовірність наукових результатів забезпечується за рахунок застосування сучасних взаємодоповнюючих методів дослідження структури, складу та властивостей виготовлених матеріалів. Обґрунтованість наукових результатів, викладених у дисертаційній роботі обумовлена наявністю фактичних даних та глибоким аналізом досліджених процесів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі ливарного виробництва КПП ім. Ігоря Сікорського із використанням технологічних можливостей лабораторій Центру колективного користування науковим обладнанням «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» під керівництвом доц., к.т.н., доц. Гурія Ірини Миранівни. Робота мала зв'язок з

2. Встановлено закономірності процесу взаємодії на границях розподілу систем VT1-0/Al, VT6/Al та Ti-TiB/Al під час просочення. Уперше показано, що незалежно від ширини зазору між пластинами на основі титану перехідний шар складається з твердих розчинів титану у алюмінії та алюмінію в титані. При цьому товщина перехідного шару суттєво залежить від хімічного складу матеріалу. Вона збільшується у результаті просочення та ізотермічного витримання протягом 300 с від 2,8 мкм для системи VT1-0/Al, до 3,8-4,2 мкм для системи VT6/Al та 6,3-6,5 мкм для системи Ti-TiB/Al.

3. Показано, що під час дії деформації аж до руйнування не відбувається розшарування матеріалів по міжфазній границі. Деформація отриманих композитів залежить від цієї характеристики вихідних титанових сплавів. Її максимальні значення складають 36 % для системи VT1-0/Al, 15,3 % для VT6/Al та 14,96 % для Ti-TiB/Al. Встановлено відповідність експериментальних і розрахованих значень механічних характеристик шаруватого композиту залежно від структурно-геометричних властивостей, що дозволяє прогнозувати механічні властивості шаруватих композиційних матеріалів.

4. Експериментально встановлено, що шаруваті матеріали, які одержано за допомогою рідкофазного з'єднання зберігають цілісність границі розподілу під час прокатування у атмосферному середовищі без попереднього нагрівання до ступеня обтискання 0,45 (система VT1-0/Al) та у вакуумі з попереднім нагріванням до ступеня обтискання 0,36 (система Ti-TiB/Al). У результаті прокатування відбувається фрагментація перехідного шару і заповнення алюмінієм зон розриву перехідного шару без порушення суцільності границь розподілу. Міцність композиційних матеріалів зростає по мірі збільшення ступеня деформації і перевищує розраховані значення внаслідок деформаційного зміцнення.

5. Уперше показано, що за питомими механічними характеристиками шаруваті Ti/Al композити, які отримано за рідкофазною технологією, перевищують відомі титанові та алюмінієві сплави.

Достовірність наукових результатів забезпечується за рахунок застосування сучасних взаємодоповнюючих методів дослідження структури, складу та властивостей виготовлених матеріалів. Обґрунтованість наукових результатів, викладених у дисертаційній роботі обумовлена наявністю фактичних даних та глибоким аналізом досліджених процесів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі ливарного виробництва КПП ім. Ігоря Сікорського із використанням технологічних можливостей лабораторій Центру колективного користування науковим обладнанням «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» під керівництвом доц., к.т.н., доц. Гурія Ірини Миранівни. Робота мала зв'язок з

технології виготовлення досліджуваних матеріалів, їх переваги та недоліки. Продemonстровано структуру та властивості титан/алюмінієвих композиційних матеріалів. Наведено висновки до розділу.

У другому розділі наведено вихідні матеріали, що використовували у роботі, методології виготовлення шаруватих титан/алюмінієвих композитів систем VT1-0/Al, VT6/Al та Ti-TiB/Al, дослідження і аналізу їх властивостей. Наведено висновки до розділу.

Третій розділ присвячено дослідженням структури та властивостей рідкофазно сформованих шаруватих композиційних матеріалів. Продemonстровано процес розроблення технологічних основ виготовлення композитів, досліджено вплив технологічних параметрів на структуру та властивості шаруватих матеріалів систем VT1-0/Al, VT6/Al та Ti-TiB/Al. Описано процеси міжфазної взаємодії, що протікають у композитах. Порівняно властивості виготовлених матеріалів із відомими на сьогоднішній день. Сформульовано висновки до розділу.

У четвертому розділі представлено результати досліджень впливу прокатування на структуру та властивості рідкофазно сформованих шаруватих матеріалів. Проаналізовано зону взаємодії та міцність композиту системи VT1-0/Al у результаті атмосферного прокатування без нагрівання та композиту системи Ti-TiB/Al у результаті прокатування у вакуумі з нагріванням. Порівняно властивості оброблених тиском матеріалів із відомими на сьогоднішній день. Сформульовано висновки до розділу.

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 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus; 1 патент України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача знаходяться на високому науковому рівні, у жодній з них не порушено принципів академічної доброчесності. Опубліковані у співавторстві праці, що зараховані за темою дисертації, демонструють вагомий особистий внесок здобувача.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У підпункті 2.1.2 (ст. 52) зазначено, що «між пластинами варіювали ширину зазору від 0,5 до 1,5 мм». Яким чином, з технологічної точки зору, забезпечувалися вказані значення ширини зазору?

2. Чи контролювали товщину шару нанесеного флюсу на поверхню пластин? Чи впливає товщина шару флюсу на процеси просочення та взаємодії між компонентами?

3. До зауважень слід віднести відсутність індексів Міллера на дифрактограмах (рис. 3.6, 3.11, 3.18, 3.23, 4.4, 4.9).

4. У підпунктах 4.1.1 (ст. 98) і 4.2.1 (ст. 104) вказано, що «для дослідження можливості подальшого оброблення шаруватих матеріалів» систем VT1-0/Al і Ti-TiB/Al визначали вплив прокатування та товщини алюмінієвого шару на структуру і фазовий склад зони взаємодії композитів. З якою метою виконували прокатування композиту? У яких конструкційних елементах можна застосовувати матеріали систем VT1-0/Al і Ti-TiB/Al після прокатування?

5. У роботі не наведено практичних рекомендацій, які б конкретизували оптимальні технологічні параметри для виготовлення титан/алюмінієвих композиційних матеріалів кожної з досліджених систем.

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 Смірної Яни Олександрівни на тему «Створення основ технологій виготовлення шаруватих метало-керамічних композиційних матеріалів з підвищеними фізико-механічними характеристиками» 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 Смірнова Яна Олександрівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 136 Металургія.

Рецензент:

доцент кафедри ливарного виробництва,
Навчально-наукового інституту
матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона,
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»,
кандидат технічних наук, доцент



Євген БИБА

Підпис Биби Є. Г. засвідчую

В.о. директора
Навчально-наукового інституту
матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона,
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»



Ігор ВЛАДИМИРСЬКИЙ



«31» січня 2023 року