

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Ремізова Д. О.
«Створення нових конструкційних армованих матеріалів на основі титану та його сплавів з підвищеними фізико-механічними властивостями », представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

Актуальність теми дисертації

Титан та його сплави мають унікальним комплексом властивостей (висока міцність в широкому інтервалі температур, низька густина, висока стійкість до корозії), що дозволяє використовувати ці матеріали у найвідповідальніших галузях промисловості, таких, як: авіабудування, космічна галузь, автомобілебудування, хімічна і нафтова промисловість, медицина, а також військова галузь. Проте, по мірі розвитку технологій, вимоги до матеріалів підвищуються і титанові сплави не завжди можуть їм відповідати. Насамперед, титанові сплави потребують покращення триботехнічних характеристик, підвищення робочих температур, також, на даний час, особливої уваги потребує створення титанових матеріалів, які б комбінували високі показники міцності та твердості при достатній в'язкості, необхідних, зокрема, в оборонній промисловості, для створення елементів балістичного захисту. Забезпечення такої комбінації властивостей може бути реалізовано шляхом створення металоматричних композитів на основі титану та його сплавів.

Тому тема дисертаційного дослідження Д.О. Ремізова, присвяченого дослідженню фізико-хімічних процесів синтезу, формування мікроструктури та фізико-механічних властивостей при одержанні композиційних матеріалів на основі системи Ti-TiB шляхом спрямованої кристалізації розплаву є безумовно **актуальною**.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертаційна робота Ремізова Д.О. має обсяг основної частини 144 сторінки, складається з анотації, вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 83 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми дослідження, визначено мету та задачі дослідження, практичну цінність роботи. Вказано особистий внесок здобувача, дані про апробацію і публікацію результатів досліджень та структуру і обсяг дисертації.

У **першому** розділі здійснено патентно-інформаційний аналіз джерел про проблеми, сучасний стан методів отримання виробів титану та його сплавів. Було аргументовано практичне застосування методу кристалізації евтектичних сплавів із розплаву для виготовлення армованого титанового композиту високими фізико-механічними характеристиками.

У **другому** розділі здійснено вибір технології отримання евтектичного сплаву, методики дослідження, технологічні параметри отримання евтектичного сплаву Ti-TiB та характеристики вихідних матеріалів.

У **третьому** розділі наведені результати дослідження формування мікроструктури сплаву Ti-TiB в умовах електронно променевого переплаву. Встановлено закономірності формування та розподілення боридних включень в титановій матриці під час кристалізації із розплаву. Встановлено що укрупнення розміру волокон призводить до зменшення кількості включень.

У **четвертому** розділі досліджено міцність сплаву Ti-TiB в умовах електронно променевого переплаву. Показано що зменшення розміру волокон та збільшення їх кількості дозволяє збільшити міцність в межах 100МПа. Встановлено, що міцність щеплення включень із титановою матрицею, вища за міцність самих включень.

У **п'ятому** розділі встановлено вплив швидкості кристалізації сплаву Ti-TiB на розмір та кількість включень бориду титану. Показано, що збільшення швидкості кристалізації призводить до збільшення кількості волокон, та зменшення їх діаметру при безтигельній зонній плавці, та оплавленню поверхні сплаву.

У **шостому** розділі дисертації представлені дослідження термодформаційної обробки в умовах електронно променевого переплаву. Доведено, що при прокатуванні волокно орієнтується в напрямку прокатування та формується направлена структура. Встановлено, що термообробка не суттєво впливає на величину мікротвердості композиційного матеріалу.

У **сьомому** розділі представлені дослідження особливостей формування структури сплавів Ti-TiB та Ti-B-La та встановлено, що на формування мікроструктури також впливає природа самої матриці. Дані результати вказують на перспективу подальших досліджень і розробку нових металокерамічних матеріалів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

При виконанні досліджень використано досить багато методів вивчення структури та фізико – механічних властивостей сплаву Ti-TiB, що забезпечує досить високу достовірність отриманих результатів.

Наукові положення, висновки, які розкриті у дисертації обґрунтовані та не суперечать класичним уявленням щодо формування мікроструктури та фізико – механічних властивостей сплаву Ti-TiB.

Основні наукові результати та їх наукова новизна

Серед результатів, які отримані при виконанні досліджень вперше мають **наукову новизну**, слід зазначити наступне:

- Встановлено, що формування неоднорідного температурного поля в розплаві та на фронті кристалізації спричиняє процеси коалесценції включень боридної фази і призводить до збільшення їх поперечних розмірів та зменшення кількості в 3-5 разів в центральній частині зливку в порівнянні з периферійною.

- Показано, що армування волокнами із бориду титану дозволяє суттєво підвищити міцність отриманого титаноматричного композиту у порівнянні з неармованим.

- Вперше в результаті дослідження кінетики процесу спрямованої кристалізації розплаву евтектичного сплаву системи Ti- TiB в умовах безтигельної зонної плавки пресовок із суміші порошків Ti та TiB₂ встановлено вплив швидкості кристалізації на розмір, морфологію та кількість включень із о бориду титану. Показано, що збільшення температурного градієнту в кристалі та на фронті кристалізації в два рази призводить до зменшення діаметру та значного збільшення кількості включень із бориду титану.

- Встановлено, що в процесі прокатування композиту системи Ti-TiB стрижневі включення бориді розміром менше 1 мкм зберігають суцільність незалежно від ступеня деформації, тоді як більші за розміром – руйнуються.

Повнота викладу результатів дисертації в публікаціях

Основний зміст дисертаційної роботи Ремізова Д.О., викладений у 4 наукових журналах, у тому числі 1 стаття, що індексується у наукометричній базі даних Scopus. Важливим є те, що новизна отриманих досліджень підтверджується патентом України. На підставі аналізу опублікованих праць автором можна стверджувати, що матеріали дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені у статтях.

Зауваження по дисертації

1) Наводячі дані експериментальних досліджень щодо особливостей формування структури отриманого композиту та коментуючи отримані дані, автор, на жаль, робить деякі локальні взаємовиключаючі висновки. Так, зокрема, на стр. 19 та стр. 98 дисертант відзначає, що “під час спрямованої кристалізації евтектичного сплаву титан - борид титану формується композит, що представляє собою матрицю із технічно чистого титану та витягнутих в напрямку руху фронту кристалізації стрижневих включень із бориду титану”. В той же час, на стр. 105 він зауважує, що “включення розорієнтовані як щодо одне одного, так і щодо напрямку росту кристалу”.

2) Досліджуючи вплив температурного градієнту на особливості структури композиту, автор приходить до висновку, що “збільшення температурного градієнту в кристалі та на фронті кристалізації в два рази призводить до зменшення діаметру та збільшення кількості включень із бориду титану на порядок” (стр. 19). Однак, якщо відносно кількості включень дисертант наводить в роботі відповідні числові параметри (зокрема - в табл. 3.2, на рис. 3.10; 4.8; 4.9, тощо), то відносно поперечного розміру включень фактичні числові дані, які підтверджували б дану тезу, в роботі відсутні. Аналогічне зауваження можна віднести і до тези дисертанта, де він відзначає, що в структурі композиту “спостерігається обернено пропорційна залежність між поперечним розміром фази TiB і кількістю включень” (стр. 97) та “в процесі спрямованої кристалізації злитку діаметром 100 мм відбуваються процеси коалесценції включень боридної

фази, що спричиняє збільшення поперечних розмірів і зменшення кількості включень боридної фази в 3-5 разів” (стр. 98-99).

3) Запропонований автором механізм, що пояснює принципову різницю характеру залежності кількості включень із бориду титану в площині повздожнього перетину центральної та близької до бокової поверхні частини кристалу від швидкості кристалізації розплаву (рис. 4.8) на мій погляд не виглядає переконливо. До того ж, враховуючи зауваження дисертанта відносно того, що “включення розорієнтовані як щодо одне одного, так і щодо напрямку росту кристалу” (стр. 105), то викликає подив також принципова відмінність характеру вказаних залежностей, наведених на рис. 4.8 та 4.9.

4) Одним з пунктів наукової новизни роботи є, як вважає автор, вперше встановлений ефект, який проявляється в тому, що “під час прокатування композиту Ti-TiB довга вісь стрижневого включення із TiB орієнтується вздовж прокатування і формується металокерамічний матеріал армований переважно в одному напрямку” (стр. 19). Однак, на жаль, з твердженням автора відносно його пріоритету у встановленні відзначеного ефекту важко погодитись, тому що ефект орієнтування стрижневих включень боридів титану в напрямку, перпендикулярному прикладеному при пластичному деформуванні зусилля, відзначався раніше в ряді відомих публікацій (зокрема в роботах: Баглюк Г. А., Безимянний Ю. Г., Стасюк О. О. Вплив гарячого штампування на пружні властивості та характер анізотропії порошкових титаноматричних композитів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2021. - т. 57, № 1. - С. 35-41; Баглюк Г.А., Безимянний Ю.Г., Талько О.В. Отображение свойств и особенностей структуры порошковых горячештампованных композитов по результатам анализа акустических полей // Техническая акустика: разработки, проблемы, перспективы: материалы международной научной конференции. - Витебск: УО«ВГТУ», 2021. - С. 69-71; Баглюк Г.А., Стасюк О.О. Вплив гарячого штампування на властивості порошкових металоматричних композитів Ti-TiB // Теоретичні і практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти. Матеріали ІХ Міжнародн. науково-техн. конф. - Київ-Херсон, 2018, тощо).

5) Відзначаючи практичне значення отриманих в дисертації результатів, автор зауважує, що “металокерамічні матеріали, одержані в результаті виконання

роботи, можуть широко використовуватися як конструкційні, триботехнічні, інструментальні та матеріали спеціального призначення, що здатні працювати без помітної деградації структури та властивостей аж до 1500 °С”. Однак, будь-які будь-які фактичні дані, що підтверджували б дану тезу відносно працеспроможності титанового композиту за умов роботи при надвисоких як для титанових сплавів температурах в 1500 °С, в роботі не наведено.

б) Необхідно відзначити наявність в роботі цілого ряду некоректних термінологічних виразів на кшталт: “інтегральна мікротвердість композиту Ti-TiB” (стр. 4); витрачається заготовка (рис. 2.3); “Швидкість охолодження сталі в різних запалюючих середовищах” (стр. 138); “масова кристалізація” (стр. 145), тощо.

Приведені зауваження, втім, не применшують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи та не знижують рівня її наукової цінності.

Загальні висновки стосовно дисертаційної роботи.

На підставі вищенаведеного вважаю, що дисертаційна робота Д.О. Ремізова «Створення нових конструкційних армованих матеріалів на основі титану та його сплавів із підвищеними фізико-механічними властивостями» є завершеною науковою працею, містить одержані автором нові наукові та прикладні результати в галузі матеріалознавства, які в сукупності розв’язують актуальну науково-технічну задачу створення високоефективних армованих металокерамічних композитів на основі системи Ti-TiB за результатами дослідження фізико-хімічних процесів синтезу, формування мікроструктури та фізико-механічних властивостей матеріалу при його одержанні шляхом спрямованої кристалізації розплаву.

Дисертаційна робота за обсягом виконаних досліджень, новизною та науковою значимістю отриманих результатів та їх рівнем повністю відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», та вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а її автор – Ремізов Дмитро Олексійович, заслуговує на

присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 -
Матеріалознавство.

Офіційний опонент,

Заступник директора з наукової роботи ІІМ

НАН України, член-кор. НАН України,

доктор технічних наук, професор



Г. А. Баглюк

