

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Упатова Микити Ігоровича

“Одержання, структура та властивості спрямовано закристалізованих сплавів систем B_4C-NbB_2-SiC і B_4C-TaB_2-SiC ”, що представлена на здобуття ступеню доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Упатова М.І. присвячена комплексному дослідженню нових спрямовано закристалізованих сплавів систем B_4C-NbB_2-SiC і B_4C-TaB_2-SiC , що включає в себе одержання на їх основі спрямовано армованих композиційних матеріалів, вивчення особливостей фазоутворення, формування структури та визначення їх фізико-механічних властивостей.

Дисертаційна робота відповідає основним науковим напрямам роботи КПІ ім. Ігоря Сікорського і виконувалася в рамках науково-дослідних робіт: «Фізика високотемпературної міцності армованих керамічних матеріалів спеціального, функціонального і біомедичного призначення» (державний реєстраційний номер 0116U003737); «Нові тверді композиційні матеріали на керамічній основі для ріжучого інструменту» (державний реєстраційний номер 0116U006569). Також, робота виконувалась у рамках міжнародного співробітництва (грант ERASMUS+ KA107 № 2018-1-BE02-KA107-046807), за яким проводилось стажування в Католицькому університеті м. Льовен (Бельгія).

Актуальність теми дослідження обумовлена тим, що в останні десятиліття у світі інтенсивно ведуться роботи зі створення конструкційної ультрависокотемпературної кераміки (УВТК) на основі безкисневих тугоплавких сполук. Композиційні матеріали на основі УВТК здатні тривало працювати в окислювальному середовищі при температурах до $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ та десятки годин – до $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$, відносно легкі та демонструють високі міцнісні властивості при підвищених температурах. Застосування таких матеріалів є особливо

перспективним в аерокосмічній техніці та енергетиці.

Дослідження показали, що для використання в умовах ультрависоких температур найбільш придатними є керамічні тугоплавкі сполуки на основі боридів, карбідів і силіцидів, які містять значну частку ковалентної складової в хімічному зв'язку і, завдяки цьому, мають високі температури плавлення та початку повзучості, високу структурну і хімічну стабільність в умовах дії агресивних середовищ.

Останнім часом більшість робіт по дослідженню УВТК спрямовані на одержання подвійних систем на основі безкисневих тугоплавких сполук (B_4C - TiB_2 , B_4C - ZrB_2 , B_4C - HfB_2 , B_4C - TaB_2 , B_4C - SiC , B_4C - NbB_2 , TiB_2 - SiC , ZrB_2 - SiC , HfB_2 - SiC тощо) методами гарячого пресування, електророзрядного спікання, в той час як є ряд досліджень, що показують перспективність спрямованої кристалізації для отримання нових композиційних матеріалів, які демонструють досить високі механічні властивості за вищих температур експлуатації – понад $1800\text{ }^\circ\text{C}$. Також перспективним напрямком досліджень є розробка нових мультіфазових евтектичних композитів на основі тугоплавких карбідів та боридів, які згідно очікувань можуть сформувати новий клас композитів для роботи в важких умовах експлуатації, агресивних середовищах та за високих температур.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертаційна робота Упатова М.І. складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатка. Загальний обсяг роботи становлять 184 сторінки, об'єм основного тексту складає 150 сторінок, список використаних джерел включає 141 найменування.

У вступі дисертант обґрунтовує актуальність теми дисертації, формулює мету роботи і визначає основні задачі, описує об'єкт і методи дослідження, викладає наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів з визначенням особистого внеску.

Перший розділ роботи присвячений аналізу літератури з проблем тематики

дисертаційного дослідження, де дисертант проводить огляд сучасних методів отримання спрямовано закристалізованих евтектичних сплавів (СЗЕС) на основі евтектичних систем типу V_4C-MeB_2 , $SiC-V_4C$ та $SiC-MeB_2$ і їх властивостей та формулює мету дослідження, а також задачі, які потрібно виконати для досягнення поставленої мети.

У другому розділі роботи описані методики дослідження, технології отримання спрямовано закристалізованих сплавів та характеристики вихідних матеріалів, які використовував дисертант під час проведення свого дослідження.

Третій розділ дисертації присвячений дослідженню сплавоутворення у квазіпотрійних системах V_4C-NbB_2-SiC та V_4C-TaB_2-SiC . Дисертант провів аналіз фазових діаграм і методом зонної плавки отримав композити системи V_4C-TaB_2-SiC та V_4C-NbB_2-SiC та дослідив їх мікроструктуру і фазовий склад.

У четвертому розділі дисертантом визначено фізико-механічні властивості композитів V_4C-NbB_2-SiC і V_4C-TaB_2-SiC , а також проаналізовано вплив швидкості кристалізації на формування структури спрямовано закристалізованих сплавів та їх механічні властивості.

У п'ятому розділі дисертантом досліджено морфологію евтектичних колоній у системі V_4C-NbB_2-SiC , встановлений механізм росту трифазної чотирикомпонентної евтектики в системі та побудовано просторову модель з виявленням мікроскопічної кінетики чотирикомпонентного перетворення в різних сплавах досліджуваної системи.

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

Основні наукові результати отримані у дисертаційній роботі Упатов М.І. є обґрунтованими та достовірними. Це забезпечується широким спектром оригінальних експериментальних досліджень по отриманню багатокомпонентних систем та застосуванням сучасного інструментарію по дослідженню матеріалів (електронної мікроскопії, елементного і фазового аналізу, випробуванням фізико-механічних характеристик, дослідження висотемпературної міцності на згин на

сертифікованому обладнанні із застосуванням стандартних методик).

Практичне значення дисертаційної роботи Упатова М.І. полягає в розробці нових надтвердих спрямовано армованих керамічних матеріалів, які за рахунок високих значень твердості, тріщиностійкості, високотемпературної міцності на згин можуть бути застосовані як інструментальні матеріали, високотемпературні конструкційні та функціональні матеріали для вузлів і приладів авіакосмічної техніки та в енергетиці.

Основні наукові результати та їх наукова новизна

У дисертаційній роботі Упатова М.І. вперше отримано такі наукові результати:

- *Уперше* експериментально встановлено склади трифазових евтектик у чотирикомпонентних системах В-С-Nb-Si і В-С-Ta-Si, які становлять відповідно $V_4C-15NbB_2-35SiC$ (мол. %) і $V_4C-8TaB_2-40SiC$ (мол. %). Визначено, що структура евтектичних композитів складається з матриці карбіду бору, спрямовано армованої включеннями карбіду кремнію, диборидів ніобію і танталу відповідно.
- *Уперше* встановлено, що кристалізація трифазової евтектики (V_4C-NbB_2-SiC) відбувається як безперервний сумісний ріст дендритних фаз, при цьому двофазова структурна складова ($SiC+NbB_2$) росте в кооперативному режимі, а третя фаза V_4C синхронно росте в автономному.
- *Уперше* методом безтигельної зонної плавки отримано спрямовано закристалізовані евтектичні сплави $V_4C-15NbB_2-35SiC$ (мол. %) і $V_4C-8TaB_2-40SiC$ (мол. %) та досліджено їх фізико-механічні характеристики.

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях

Основний зміст дисертації Упатова М.І. викладений в 12 наукових працях, з яких 3 – у фахових виданнях України і періодичних виданнях іноземних держав, включених до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS. Результати апробовані на 8 конференціях та отримано 1 патент на корисну модель. Загалом

стосовно повноти публікацій та апробації роботи виконано в повному обсязі.

Зауваження до дисертації

Незважаючи на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи Упатова М.І., варто відмітити наступне:

1. В роботі вживаються ряд термінів, які потребують уточнення або посилання на відповідні літературні джерела. Наприклад, на С.28 «плазмовий стан» матеріалу, С.126 «мостикування» тріщини. Також використовуються фрази С. 122 «відбитка Віккерса» - потрібно писати «відбиток індентора».
2. Для повноти характеристики вихідних матеріалів на С.70 доцільно було б навести хімічний склад порошків ДЗХР, партію, ГОСТ.
3. В другому розділі С.77. слід було б навести кількість проведених тестів при визначенні фізико-механічних властивостей матеріалів та методу визначення похибки експерименту.
4. Доречно було б оцінити тріщиностійкість не тільки методом ідентування, але й на зразках із заздалегідь утвореною тріщиною при тестах на вигин (метод SENB).
5. С.136-137 потрібно пояснити, чому утворюється «провал» по мікромеханічним властивостям для композитів $B_4C-(12-15)TaB_2-SiC$ (рис.4.16).
6. На с. 164 при формулюванні висновків 6 та 7 потрібно більш повно розкрити залежність фізико-механічних характеристик евтектичних композитів від структури.
7. Необхідно було б висвітлити вклад співавторів наведених статей в виконану роботу.

Наведені недоліки не впливають на схвальну оцінку виконаного дисертаційного дослідження, не зменшують його наукову новизну, практичну цінність та загальне позитивне сприйняття дисертаційної роботи.

Загальні висновки стосовно дисертаційної роботи

Підсумовуючи вищесказане, можна констатувати, що робота Упатова Микити Ігоровича “Одержання, структура та властивості спрямовано закристалізованих сплавів систем V_4C-NbB_2-SiC і V_4C-TaB_2-SiC ” є завершеним дослідженням, в якому отримані науково-обґрунтовані результати, що мають наукову новизну і значимість.

Всі результати дослідження опубліковані в фахових наукових виданнях і пройшли апробацію на вітчизняних та міжнародних конференціях і семінарах відповідного профілю.

Дисертаційна робота за обсягом виконаних досліджень, новизною, 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», затверженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019р. №167, а її автор - Упатов Микита Ігорович - заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, завідувач відділом
термомеханічної обробки
тугоплавких матеріалів Інституту
проблем матеріалознавства НАН України

О.Б. Згалат-Лозинський

Підпис доктора технічних наук, завідувача відділом
термомеханічної обробки
тугоплавких матеріалів Інституту
проблем матеріалознавства НАН України
О.Б. Згалат-Лозинського засвідчую
Учений секретар ІІМ НАНУ к.ф.-м.н.



В.В. Картузов