

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Втерковського Михайла Ярославовича на тему: «"Створення армованих керамічних матеріалів на основі B_4C для роботи в екстремальних умовах експлуатації", представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 Матеріалознавство

Актуальність теми дисертації.

Інноваційний розвиток багатьох галузей економіки висуває нові вимоги до матеріалів, що використовуються при виготовленні виробів різного призначення. Особливо гостро проблема створення і застосування матеріалів з принципово новим, раніше недосяжним, рівнем властивостей постає у ракетно-космічній і авіаційній техніці, машинобудуванні, оборонній і атомній промисловості, енергетиці. Сучасний погляд на зазначену проблему полягає у тому, що її вирішення потребує послідовного розв'язання низки складних задач з використання комплексного підходу, який базується на розробці матеріалів з новим або удосконаленим хімічним складом та ефективних технологій їх виготовлення і подальшої обробки. Перспективними матеріалами, яким заслужено приділяється все більше уваги, є безоксидна кераміка, особливо на основі з'єднань бору. Наприклад, карбіди бору поєднують високі міцність у широкому інтервалі температур, твердість, модуль пружності з хімічною стійкістю, високою температурою плавлення, стійкістю до механічної ерозії. Але розширення сфер застосування виробів з карбіду бору та матеріалів на його основі стримується низьким рівнем окремих експлуатаційних характеристик, наприклад тріщиностійкістю при термоциклічному впливі, а також недостатнім рівнем розробки ефективних технологічних методів і режимів отримання виробів з наперед заданими властивостями.

Тому дисертація Втерковського М.Я., спрямована на створення армованих керамічних матеріалів на основі карбіду бору для роботи в екстремальних умовах експлуатації з високими і прогнозованими фізико-механічними характеристиками на основі визначених закономірностей формування структури та властивостей, є, безумовно, актуальною.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертація має обсяг основної частини 129 сторінок, складається з анотацій, вступу, 5 розділів, загальних висновків та списку використаних джерел з 107 найменувань.

Дисертація має струнку загальну структуру, логічно побудована і являє собою завершену комплексну роботу, яка містить результати досліджень від аналізу факторів, що впливають на властивості керамічних матеріалів на основі карбіду бору, процесів і закономірностей формування структури, фазового складу та властивостей матеріалів до розробки і обґрунтування технологічної схеми та режимів отримання та термічної обробки, при яких досягається високий рівень механічних та експлуатаційних характеристик.

У першому розділі дисертації виконаний ґрунтовний аналіз сучасних поглядів на процеси і механізми, що відбуваються при виготовленні керамічних матеріалів на основі карбиду бору із застосуванням різних технологічних методів. Аргументовані доводи дали можливість показати перспективність використання методів інфільтрації для отримання матеріалів з високими механічними та експлуатаційними властивостями. Обґрунтовано визначено мету, напрямки та задачі дисертаційного дослідження.

Основні характеристики досліджуваних матеріалу і їх компонентів, методи досліджень структури, властивостей і параметрів технології обговорюються у другому розділі. Вибір використаних методів і їх комплексність добре обґрунтовано.

Важливі і цікаві результати досліджень закономірностей структуроутворення, формування фазового складу, зміни властивостей матеріалів при різних технологічних режимах інфільтрації пористих заготовок представлено у третьому розділі. Визначено зменшення вмісту фаз B_4C та SiC із зменшенням вихідної пористості з 49 % і по 33 % за рахунок реакції додаткового вуглецю з розплавом кремнію. Показано, що розміри вторинних зерен B_4C зменшуються при зростанні тиску пресування заготовки.

Четвертий розділ присвячено обговоренню результатів досліджень впливу армування на структуру, механічні властивості, електропровідність та коефіцієнт термічного розширення матеріалу на основі карбиду бору. Встановлено утворення фази $B_{12}(B,C,Si)_3$ при вмісті вуглецевих волокон до 5%, при більшому вмісті армувальних волокон даної фази не виявлено. Теоретично показано і експериментально доведено, що утворення волокон $SiC-C$ у кількості більше 13% сприяє підвищенню міцності матеріалу на згин. Важливим є визначене зростання електропровідності і зменшення коефіцієнту термічного розширення матеріалу при збільшенні концентрації вуглецевих волокон.

Результати досліджень впливу обробки при контрольованому температурному градієнті на структуру та властивості характеристик інфільтрованої кераміки на основі карбиду бору наведено у п'ятому розділі. Доведено, що застосування обробки з використанням контрольованого температурного градієнту із швидкістю 10 мм/хв призводить до зникнення потрібної фази $B_{12}(B,C,Si)_3$ та до формування фази B_4C з меншим розміром зерен. Встановлено режими, за яких забезпечуються високі значення твердості та міцності на розрив отриманого матеріалу.

Результати досліджень та наукові положення чітко сформульовано та якісно узагальнено.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності.

Використання комплексу сучасних та взаємодоповнюючих методів вивчення структури й властивостей матеріалів – оптична і електронна мікроскопія, аналіз фізичних та технологічних властивостей, рентгеноструктурний, дюрOMETричний аналізи, механічні випробування, визначення електропровідності та теплофізичних характеристик, - а також

хороша кореляція даних забезпечують високу достовірність отриманих результатів.

Наукові положення, висновки та рекомендації, розвинуті у дисертації, добре обґрунтовані, базуються на глибокому аналізі явищ та процесів, що досліджуються, проведеному на сучасному рівні комплексі теоретичних і експериментальних досліджень та розробкою практичних рекомендацій щодо отримання виробів з матеріалів на основі карбіду бору.

Висновки, що сформульовані в роботі, не суперечать класичним уявленням щодо формування структури та властивостей матеріалів.

Основні наукові результати та їх наукова новизна

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

- доведено утворення α -SiC фази зерен карбіду кремнію витягнутої форми при введенні епоксидного пластифікатора при формуванні заготовок із порошку карбіду бору та їх наступній інфільтрації розплавом кремнію, що забезпечує підвищення твердості матеріалу;

- встановлено залежності міцності та модулю пружності армованої кераміки на основі карбіду бору від вмісту армувальних вуглецевих волокон. Доведено, що максимальне значення міцності на згин 510 МПа досягається при вмісті волокон 10%, а модуля пружності 380 ГПа – при 20%;

- доведено, що збільшення тиску пресування вихідних заготовок призводить до підвищення швидкості інфільтрації, перекристалізації частинок порошку V_4C , утворення фаз SiC та вторинного V_4C ;

- встановлено, що обробка кераміки зі складом V_4C -SiC-Si(15...25%) з застосуванням контрольованого температурного градієнту більш як в 10 разів збільшує швидкість перекристалізації карбіду бору через розплав кремнію, що забезпечує формування каркасу з карбіду бору з кількістю вільного кремнію менше 5%.

Результати дисертаційного дослідження мають і прикладну цінність. Визначені технологічні схеми та режими отримання армованої кераміки на основі карбіду бору можуть бути використані при виробництві виробів відповідального призначення, що працюють в умовах екстремальних механічних та термічних навантажень.

Зауваження до викладеного у дисертації.

Відзначаючи хороший рівень роботи, наукове та прикладне значення результатів доцільно зробити деякі зауваження і побажання:

- у розділі 3 встановлено утворення фази SiC внаслідок взаємодії кремнію з «додатковим вуглецем». Яка природа цього додаткового вуглецю? Якщо це коксовий залишок, що утворився при деструкції епоксидної смоли, яка міститься у пластифікаторі, то бажано було б оцінити вміст коксового залишку, особливо з урахуванням встановленого зростання твердості матеріалу;

- встановлено (розділ 4) зменшення електропровідності матеріалу, наприклад рис. 4.7, при вмісті вуглецевих волокон більше 15%, але цей цікавий факт вимагає пояснення;

- при обговоренні результатів дослідження зміни коефіцієнту термічного розширення армованого матеріалу не враховується те, що вуглецеві волокна можуть мати від'ємне значення коефіцієнта лінійного термічного розширення у поперечному напрямку;

- у роботі доведено, що модуль пружності та міцність армованого матеріалу досягають максимальних значень при різному вмісті вуглецевих волокон. Необхідно, на мій погляд, визначити вміст армувальних волокон та режими отримання матеріалів для оптимального поєднання рівня цих характеристик;

- у дисертації стверджується, що отримана кераміка на основі карбіду бору пройшла випробування в складі композитного бронезахисту з хорошими результатами. Але у тексті відсутні будь-які дані випробувань, а також обговорення того, підвищення яких саме властивостей забезпечило зростання експлуатаційних характеристик;

- деякі зауваження до термінології, що використовується у дисертації. Зазначається, що розроблено технологію. Краще говорити про технологічні схеми та режими, адже технологія – це поєднання методів та засобів виробництва. Вміст армувальних волокон краще, на мій погляд, визначати через об'ємний вміст, що більш прийняте для композиційних матеріалів, ніж через масовий.

Але зазначені зауваження не стосуються основних положень, висновків і рекомендацій дисертації, не знижують наукової та практичної цінності виконаної роботи.

Повнота викладу результатів дисертації в публікаціях.

За темою дисертації опубліковано 3 статті в українських та іноземному журналах, у тому числі 2 у таких, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus. На підставі аналізу опублікованих автором робіт, а також виступів його на наукових і науково-практичних конференціях в Україні та в інших країнах можна з упевненістю сказати, що матеріали дисертації достатньо повно висвітлені у статтях та доповідях, пройшли широку апробацію.

Загальний висновок.

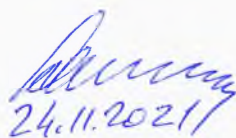
Проведений аналіз змісту і основних положень дисертації Втерковського М.Я. показує, що робота являє собою завершене дослідження, в ній отримані нові і достовірні результати, які ефективно вирішують наукову і прикладну задачу підвищення рівня механічних і функціональних властивостей матеріалів на основі карбіду бору та виробів з них. При цьому автором використано сучасний комплексний підхід до створення матеріалів - склад-структура-технологія-властивості. Робота відповідає спеціальності 132 Матеріалознавство, тому що вона присвячена вдосконаленню існуючих матеріалів високої якості, розробці способів одержання перспективних

матеріалів і виробів із заданим складом, структурою й рівнем властивостей у ній досліджуються механічні і експлуатаційні властивості матеріалів.

Підсумовуючи вищесказане, можна стверджувати, що дисертація 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, заслуговує позитивної оцінки, а її автор, Втерковський Михайло Ярославович, заслуговує присудженню йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології
виробництва літальних апаратів
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
МОН України



24.11.2021

А. Ф. Санін

Підпис проф. А. Ф. Саніна засвідчую.
Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара



О.М.Маренков