

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, д.т.н., доцента Тараненкової Вікторії Віталіївни
на дисертаційну роботу Тимофєєва Вадима Дмитровича
«Ударостійкі мулітокордієритові склокристалічні матеріали
для захисту спеціальної техніки»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 –Хімічні технології та інженерії

1. Актуальність теми

Проблема створення ефективного пасивного захисту легкоброньованої техніки є і залишиться актуальною у найближчі роки для української оборонної промисловості. Створенню передових матеріалів для техніки та обладнання в напрямку розробки конкурентоспроможних високоміцних склокристалічних матеріалів (СКМ) з високими експлуатаційними властивостями приділяється величезна увага вітчизняних виробників і науковців. Важливу цінність складає розробка надійних захисних невагтясних матеріалів для легкоброньованої техніки (ЛБТ), які експлуатуються в умовах високошвидкісних динамічних навантажень і вогневої, хімічної та біологічної дії.

Дисертаційна робота Тимофєєва В.Д. спрямована на розробку високоміцних ударостійких склокерамічних матеріалів на основі алюмосилікатних стекол, які відрізняються високими показниками міцності, зниженою щільністю та технологічністю.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», а також на кафедрі хімії та інтегрованих технологій у рамках прикладних держбюджетних НДР на замовлення МОН і МО України: «Наноструктуровані прозорі матеріали для захисту оптичних систем озброєння та військової техніки» (№ д/р 0118U003983), «Удосконалення технічних рішень підвищення ефективності роботи механізму заряджання танка Т-64Б та його модифікацій за рахунок впровадження системи самодіагностування» (№ д/р 0121U111756), а також держбюджетного наукового дослідження МО України за спеціальною темою, присвячену розробленню технічних рішень для забезпечення ефективного захисту основних зразків озброєння та військової техніки (розпорядження начальника Генерального штабу ЗС України від 25.09.2024 № 130246/С), в яких здобувач був відповідальним виконавцем та виконавцем окремих етапів.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить анотацію – українською та англійською мовами, зміст, список позначень та скорочень, п'ять розділів, висновки до розділів і загальні висновки, список використаних джерел і додатки.

Дисертаційна робота спрямована на підвищення функціональних властивостей склокерамічних матеріалів шляхом модифікування їх хімічного складу введенням комбінованих каталізаторів кристалізації та флюсуючих компонентів і формування нанорозмірної структури в умовах низькотемпературної обробки з визначеною морфологією кристалічних фаз та здатністю до утворення міцних зв'язків між сусідніми кристалами та склофазою.

Об'єкт дослідження – закономірності структуро- та фазоутворення ударостійких склокристалічних матеріалів на основі магнійалюмосилікатних стекол у взаємозв'язку з їх механічними, термічними та електричними властивостями.

Предмет дослідження – ударостійкі склокристалічні матеріали з ситалізованою структурою спеціального призначення.

В дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу створення ударостійких склокристалічних матеріалів для захисту легкоброньованої техніки на основі магнійалюмосилікатних стекол.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульована мета та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, зазначено зв'язок роботи з науковими темами, показано наукову новизну та практичне значення, наведено інформацію про очікувані результати та можливі області їх використання, окреслено особистий внесок здобувача, надано інформацію про апробацію та публікацію матеріалів дисертації. Також зазначено відомості про структуру та обсяг дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено аналізу питань, які визначають розв'язання проблеми створення полегшених високоміцних матеріалів для локального захисту від високошвидкісного динамічного навантаження та теплотехнічного призначення. Обґрунтована необхідність застосування СКМ для розробки високоміцних бронеелементів та, за необхідністю, елементів тепло-, електро- та радіотехніки спеціального призначення.

У *другому розділі* обґрунтовано вибір напрямків і методів досліджень процесів формування та властивостей розроблених СКМ, а також наведено опис розрахункових та експериментальних методів, що застосовуються у роботі. Надано

характеристику сировинних матеріалів, висвітлені результати попередніх досліджень та сформульована робоча гіпотеза.

Третій розділ присвячений розробці модельних магнійалюмосилікатних стекел для розробки високоміцних СКМ із заданими фізико-хімічними, технологічними та експлуатаційними характеристиками, зокрема, з високою світлопроникністю, для застосування в теплотехніці.

Четвертий розділ містить результати розробки ударостійких радіопоглинаючих склокристалічних матеріалів для захисту легкоброньованої техніки. Оптимізовано склад магнійалюмосилікатного скла для одержання СКМ. Визначено технологічні параметри забезпечення здатності до радіопоглинання при формуванні градієнтної структури знепрозорених СКМ. Досліджено фактори, які обумовлюють формування тонкодисперсної об'ємно-закристалізованої структури в умовах низькотемпературної короткотривалої термічної обробки.

У п'ятому розділі наведено технологію одержання склокомпозиційних матеріалів та результати балістичних випробувань високоміцних СКМ для захисту спеціальної техніки та обладнання військового та технічного призначення. Надано порівняльну оцінку бронеелементів за експлуатаційними, технологічним та вартісними показниками. Визначена конкурентоздатність розроблених магнійалюмосилікатних СКМ, які обумовлюють життєздатність керамічної броні при обстрілі та високу мобільність техніки, з урахуванням їх технологічності, вартості та ваги виробів.

Висновки сформульовані чітко, вони повною мірою висвітлюють отримані результати та відповідають поставленим завданням дослідження. За своїм рівнем висновки повністю відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список використаних джерел повністю охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості сучасних вітчизняних та закордонних джерел науково-технічної інформації.

Додатки до роботи містять перелік публікацій здобувача, акти випробувань розробок та впровадження наукових результатів роботи у навчальний процес.

4. Наукова новизна отриманих результатів

Дисертація містить наукову новизну; до суттєвих новітніх наукових доробок слід віднести наступні:

1. Вперше встановлено особливості механізму формування наноситалів, основною кристалічною фазою яких є муліт, тверді розчини кордіериту та алюмомагnezіальна шпінель. Показано, що процеси структуро- та фазоутворення при термообробці магнійалюмосилікатних стекел обумовлені індексом

упорядкування їх структури внаслідок перерозподілу атомів Si та Al в кордієритових кільцях $[\text{Si}_5\text{Al}_1\text{O}_{18}]$ та залежать від співвідношення фазотвірних оксидів MgO, Al_2O_3 , SiO_2 .

2. Вперше визначено, що зниження температури зародкоутворення є важливим фактором формування зміцненої структури за рахунок ефекту ендоксикації, який визначатися перебудовою типу кристалічних структур при фазовому розпаді їх лабільних складів за спінодальним механізмом полягають у протіканні процесу зародкоутворення ($T = 780\div 850$ °C) при підвищеній в'язкості до $10^{8.5}$ та 10^9 Па·с за умов попередньої метастабільної ліквідації нижче температури ліквідусу.

3. Вперше виявлено фактори, які обумовлюють формування наноструктурованої тонкодисперсної структури в умовах низько-температурної двостадійної термічної обробки та забезпечують знижену вагу, стійкість до дії динамічних впливів та відкритого полум'я, здатність руйнувати ударник та поглинати енергію удару для знепрозорених СКМ, одержаних за керамічною технологією та для прозорих СКМ, виготовлених за технологією скла.

5. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Розроблено склади ударостійких композиційних матеріалів на основі склокерамічних матеріалів та наповнювачів (діоксиду цирконію, стабілізованого оксидом ітрію, та карбїду кремнію) в умовах низькотемпературної двостадійної термічної обробки, які відрізняються високими експлуатаційними властивостями та можуть використовуватися при розробці композиційних радіопрозорих елементів бронезахисту та систем радіонавігації. Визначено технологічні параметри одержання радіопоглинаючих СКМ та розроблено технологічну схему для одержання ударостійких знепрозорених та прозорих склокомпозиційних матеріалів для захисту спеціальної техніки та обладнання. Застосування розроблених матеріалів дозволить зменшити імпортозалежність України у галузі матеріалів військового призначення, підвищити рівень захисту військовослужбовців та скоротити втрати особового складу, спростити проведення польових ремонтних робіт автомобільної техніки, підвищити маневреність ЛБТ за рахунок зменшення ваги бронеконструкції.

Захисний композиційний броньований елемент, виготовлений на основі розробленого високоміцного мулітокордієритового склокристалічного матеріалу пройшов успішні випробування в умовах науково-дослідної лабораторії факультету озброєння та військової техніки НТУ «ХПІ». За результатами дисертаційної роботи надані рекомендації щодо застосування одержаних СКМ для удосконалення пасивного захисту легкоброньованих військових автомобілів.

Теоретичні та практичні результати, отримані під час проведення дисертаційних досліджень, були впроваджені в навчальний процес кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП».

6. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів підтверджується їх взаємоузгодженістю і відтворюваністю, відсутністю протиріч з даними відомих наукових шкіл, вітчизняних та іноземних вчених в галузі тугоплавких неметалічних силікатних матеріалів. Аргументованість і конкретність наукових положень та висновків базується на ретельному аналізі великого обсягу валідованих експериментальних даних, одержаних з використанням сучасного дослідницького інструментарію за стандартизованими методами досліджень.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки повністю відповідають поставленим завданням та послідовно впливають з отриманих результатів дослідження.

Порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертації та наукових публікаціях, в яких висвітлені результати дисертації не виявлено. Використання результатів, отриманих іншими науковцями супроводжується посиланнями на відповідні джерела. Про оригінальність дисертаційної роботи свідчить аналіз перевірки дисертації на плагіат: коефіцієнт подібності тексту складає 36,73 %, однак переважна більшість співпадінь стосується публікацій здобувача.

Матеріали дисертації були надані для широкого ознайомлення фахівцям та спеціалістам, а її результати і основні положення повністю висвітлені в публікаціях та пройшли відповідну апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях.

За темою дисертації опубліковано 22 наукові праці, в тому числі: 6 статей – у періодичних наукових вітчизняних і закордонних виданнях, включених до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 2 статті в інших наукових журналах, а також 11 тез і текстів доповідей – у збірниках матеріалів конференцій (2 з яких опубліковані у виданнях, що включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science).

Наведені публікації містять результати безпосередньої роботи здобувача на окремих етапах дослідження. Авторська участь здобувача в опублікованих наукових працях погоджена з співавторами.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Автор наводить «Список позначень та скорочень», який у змісті чомусь називає «Перелік умовних позначень». По тексті застосовується скорочення СКпМ, але в списку позначень та скорочень його розшифрування відсутнє. Скорочення СКМ іноді застосовується автором для позначення склокристалічних матеріалів, а іноді – як склокомпозиційних. Як відрізнити?

2. Огляд літератури є надто об'ємним (48 сторінок), але бракує аналізу робіт за напрямком одержання удароміцних ситалів на основі магнійалюмосилікатних стекел та механізму поглинання енергії динамічних ударів, особливо міжнародних досліджень за останні 3–5 років.

3. Щоби підкреслити унікальність запропонованого рішення бажано було б додати порівняльний аналіз переваг та недоліків розробок із сучасними матеріалами, які виконують аналогічну функцію.

4. Розділи 3.5 і 3.6, які присвячені дослідженню механічних та електрофізичних властивостей розроблених склокристалічних матеріалів та композитів потребують уточнення щодо відтворюваності результатів. Виникає питання, чи проводились повторні випробування для підтвердження стабільності їх основних функціональних властивостей?

5. Практичне застосування розроблених матеріалів описано досить загально. Бажано було б дати оцінку технологічної готовності запропонованих рішень та вказати потенційні економічні вигоди від їх впровадження. Перспективи використання розробок могли б бути розширені шляхом згадки про їх потенційне застосування, наприклад, в інших галузях (енергетика, космічна промисловість) у післявоєнний час.

6. Кількість висновків (9) не відповідає кількості поставлених задач (6), їх може бути принаймні на один більше, але не настільки. В тексті роботи помічено ряд друкарських помилок – «...виокристання кераміних...» (с. 196, п.1), неточностей - «...тришаровий матеріал градієнтного типу були отримані...» (с. 178).

Втім зазначені зауваження не впливають на загальну високу оцінку результатів дисертаційної роботи.

10. Висновки

Представлена дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу, яка має важливе значення для галузі знань 16 «Хімічна та

біоінженерія». Тема і зміст дисертації повною мірою відповідають спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

З огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх наукову новизну та практичну цінність, рівень досліджень та їх достовірність, повноту викладення матеріалу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація здобувача Тимофєєва Вадима Дмитровича «Ударостійкі мулітокордієритові склокристалічні матеріали для захисту спеціальної техніки» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія», повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а її автор, Тимофєєв Вадим Дмитрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Рецензент

Доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри технології кераміки,
вогнетривів, скла, та емалей
Національного Технічного Університету
«Харківський Політехнічний Інститут»



Вікторія
Засвідчується
Вікторія ТАРАНЕНКОВА
08 травня 2025