

Рецензія

рецензента, д.т.н. професора Борисенко Оксани Миколаївни
на дисертаційну роботу Білогубкіної Карини Володимирівни
«Керамічні матеріали радіотехнічного призначення
на основі системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ »
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія

1. Актуальність теми

Надійність радіокерування авіаційною і ракетною технікою багато в чому залежить від властивостей радіопрозорих матеріалів з яких виготовляють різні конструкції для зовнішнього антенного обладнання літальних апаратів. У зв'язку із підвищенням тактико-технічних характеристик сучасних літальних апаратів умови їх служби стають все більш жорсткішими. Тому виникає потреба у створенні нових видів радіопрозорих матеріалів з комплексом заданих функціональних і експлуатаційних властивостей, здатних покращити точність і надійність керування. Сьогодні гостро відчувається проблема, пов'язана з необхідністю поліпшення функціональних властивостей та розширення робочого діапазону температур радіопрозорих матеріалів для аерокосмічної та військової техніки, які здатні пропускати електромагнітні радіохвилі, а також забезпечувати необхідні експлуатаційні властивості при відносній економічності виробництва. Таким чином, розробка керамічних радіопрозорих матеріалів та енергоощадних технологій їх виробництва є актуальною задачею матеріалознавства, якій приділяється багато уваги науковцями світу, а дисертаційне дослідження Білогубкіної К.В., яке спрямовано на розробку гетерофазної радіопрозорої кераміки на основі композицій системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ та пошуку шляхів для зниження енергоємності виробництва обтічників літальних апаратів є важливим та актуальним науково-практичним завданням.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами та темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» у рамках завдань фундаментальних та прикладних держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України: «Розробка теоретичних і технологічних основ виробництва радіопрозорої кераміки на основі системи $\text{RO - Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ для об'єктів ракетно-космічної техніки»

(№ ДР 0122U00131) та «Підвищення корозійної стійкості та довговічності високотемпературної радіо прозорої кераміки для об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки» (№ ДР 0120U001004), в яких здобувачка була виконавцем окремих етапів.

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

Дисертація є довершеною науково-дослідною роботою, яка складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 178 сторінок. Оформлення дисертації відповідає встановленим до відповідного рівня кваліфікаційних робіт вимогам. Зміст дисертації відповідає темі дослідження та у достатньому обсязі розкриває сутність вирішення поставлених завдань.

Дисертаційна робота спрямована на розробку керамічних матеріалів на основі композицій системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ та технології їх формування для підвищення ефективності та надійності військово-прикладних технологій у сфері авіації та ракетобудування.

Об'єкт дослідження – створення керамічних матеріалів з комплексом заданих електрофізичних властивостей та спроможністю максимального пропускання електромагнітних хвиль у радіочастотному діапазоні.

Предмет дослідження – фізико-хімічні закономірності формування, властивості, фазовий склад і структура радіопрозорих керамічних матеріалів на основі композицій системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ та технологічні параметри формування носового обтічника шляхом шлікерного лиття з непластичного шлікеру.

Метою дисертаційної роботи є розробка рецептурно-технологічних параметрів отримання радіопрозорої цельзіан-віллемітової кераміки із заданими радіофізичними властивостями на основі композицій системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт і предмет досліджень, сформульовано мету та задачі досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, охарактеризовано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації за темою дисертації.

У першому розділі наведено сфери призначення радіопрозорих матеріалів та фізичний сенс радіопрозорості, вимоги до радіопрозорих керамічних матеріалів, порівняльний аналіз властивостей радіопрозорих матеріалів, вплив

фазового складу і структури на властивості радіопрозорих матеріалів, специфіка виготовлення обтічників літальних апаратів, будова системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ як основи для розробки цельзіан-віллемітової кераміки, огляд сучасних розробок в галузі створення радіопрозорих керамічних матеріалів. Визначено основний напрям проведення теоретичних та експериментальних досліджень у рамках конкретних завдань для досягнення мети.

У другому розділі наведено відомості щодо сировинних матеріалів, а також надана характеристика методів та обладнання для теоретичних і експериментальних досліджень, що виконані у роботі.

У третьому розділі досліджено теоретичні основи розробки поліфазної кераміки із заданими електрофізичними властивостями, а саме досліджено субсолідусну будову системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, наведено прогнозу оцінку фазового складу продуктів синтезу, отриманих на основі оксидних композицій обраної області системи, прогнозовано хімічну стійкості фаз за термодинамічним аналізом реакцій.

Четвертий розділ присвячений розробці рецептурно-технологічних параметрів отримання цельзіан-віллемітової кераміки. Базуючись на результатах теоретичних досліджень, обґрунтовано вибір базової оксидної композицій, розроблено шихтові склади керамічних мас з використанням альтернативних глиноземвмісних матеріалів. Доведена можливість одностадійного синтезу цільових фаз за температури $1150\text{ }^\circ\text{C}$ та визначено вплив альтернативної глиноземвмісної сировини на фазовий склад та властивості продуктів синтезу. Також визначено вплив добавок інтенсифікаторів фазоутворення на властивості та структурно-фазові особливості зразків кераміки та зроблено висновки щодо їх використання.

В п'ятому розділі надано рекомендації щодо використання розроблених рецептур цельзан-віллемітової і технологічних рішень при виготовленні носових обтічників. Запропоновано технологічну схему виробництва.

Висновки за результатами дисертаційної роботи сформульовано лаконічно та чітко у відповідності до завдання дисертаційного дослідження.

Список використаних джерел з 103 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

У додатках наведено акти, що підтверджують позитивні результати апробації та впровадження наукових положень та експериментальних розробок за темою дисертації. Окремо надано список публікацій здобувачки за темою дисертації.

4. Наукова новизна отриманих результатів

В дисертаційній роботі вперше:

1. розраховано субсолідусну будову системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$; розраховані геометро-топологічні характеристики елементарних тетраєдрів (об'єми, ступінь асиметрії), побудовано топологічний граф взаємозв'язку, розраховані температури та склади евтектик;

2. з використанням графо-аналітичних розрахунків в системах фазотвірних оксидів визначено фазовий склад продуктів синтезу оксидних композицій, що належать полям кристалізації цельзіан, віллеміту і ганіту, та проаналізована динаміка накопичення розплаву в інтервалі температур 1100–1350 °С, що дозволило визначити умови одночасного низькотемпературного синтезу цільових фаз;

3. теоретично обґрунтовано умови отримання хімічно стійкої гетерофазної кераміки на основі термодинамічного аналізу взаємодії цільових і супутніх фаз з агресивними хімічними реагентами. Встановлено, що для одержання гетерофазної кераміки з високою лугостійкістю слід обирати склади, які забезпечують формування фаз $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, ZnAl_2O_4 . Натомість фазовий склад, що містить Zn_2SiO_4 , ZnAl_2O_4 забезпечує підвищення кислотостійкості керамічних матеріалів;

4. визначено позитивний вплив добавки 2 мас. % Li_2O (понад 100 %) на суху речовину) на фазовий склад та діелектричні характеристики розробленої кераміки, який полягає у формуванні цільових фаз ($\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, Zn_2SiO_4) в умовах одностадійного синтезу при зниженій температурі (1150 °С) за рахунок утворення розплаву, у виключенні проміжних і залишкових фаз кварцу та алюмінату барію, а також в утворенні супутньої фази ZnAl_2O_4 , що сприяє підвищенню механічної міцності і термостійкості гетерофазної кераміки;

5. на основі дослідження реологічних властивостей непластичних шлікерів цельзіан-віллемітової кераміки визначено склад комплексної добавки, використання якої забезпечує оптимальні параметри шлікерного лиття та забезпечує підвищену міцність відливки при виготовленні головних обтічників.

5. Достовірність отриманих результатів та висновків

Дисертаційна робота Білогубкіної К.В. виконана на високому науковому рівні, із проведенням широкого кола експериментальних досліджень та використанням теоретичного фізико-хімічного аналізу, при чому теоретичні положення гармонійно поєднуються з експериментальними даними. Відтворюваність одержаних експериментальних даних та узгодженість з результатами теоретичних досліджень дозволяє зробити висновок про достовірність та обґрунтованість наукових положень викладених у

дисертаційній роботі. Достовірність висновків дисертаційної роботи підтверджується також апробацією результатів досліджень на міжнародних науково-технічних конференціях, публікаціях у відкритому друці та актами дослідно-промислових випробувань і впровадження.

6. Практична цінність отриманих результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що на основі комплексу проведених досліджень створено керамічні радіопрозорі матеріали на основі системи $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ для виготовлення радіопрозорих захисних елементів антенного обладнання радіокерованої авіаційної і ракетної техніки.

Розроблено рецептурно-технологічні параметри отримання радіопрозорої цельзіан-віллемітової кераміки, яка за комплексом функціональних і експлуатаційних властивостей відповідає вимогам ДСТУ 2267-93.

Отримані керамічні матеріали пройшли успішні випробування на науково-виробничому підприємстві ТОВ «Радіонікс», за результатами яких встановлена їх придатність для виготовлення елементів захисту радіоелектронної апаратури.

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

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

Дисертаційна робота має логічну структуру. Загальні висновки повністю відповідають поставленим завданням дослідження та логічно витікають з отриманих результатів.

Порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації не виявлено, про що свідчить аналіз перевірки дисертації на плагіат. Використання результатів, отриманих іншими науковцями супроводжується посиланнями на відповідні джерела.

Матеріали дисертації були надані для широкого ознайомлення фахівцям і спеціалістам, а результати та основні її положення повністю висвітлені у друкованих виданнях, пройшли відповідну апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях. Наведені публікації містять результати

безпосередньої роботи здобувача на окремих етапах дослідження, повною мірою відображають основні положення та висновки роботи. Авторська участь здобувача в опублікованих наукових працях погоджена зі співавторами.

За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, в тому числі: 1 стаття опублікована у періодичному науковому закордонному виданні, який включений до наукометричної бази Web of Science, 4 статті, що входять до фахових видань України категорії «Б», а також розділ у 1 колективній монографії та 5 тез та текстів доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Під час огляду патентних розробок за темою дисертації проаналізовано лише роботи українських та американських вчених, тоді як досвід в цій сфері вчених з інших високотехнологічних країн (Японії, Південної Кореї, країн Європи, Японії тощо) залишився поза увагою здобувачки.

2. Дисертантка реалізувала дуже цікавий підхід до проектування складу радіопрозорої кераміки на основі заданих фаз (цельзіану і віллеміту), втім не зазначила, яким чином було враховано їх співвідношення і яким воно має бути з точки зору забезпечення необхідного рівня діелектричних характеристик.

3. В розділі 3.3 надані результати термодинамічних розрахунків реакцій кристалічних фаз з різними хімічними реагентами. Але їх вибір для прогнозування хімічної стійкості кераміки, призначеної для виготовлення зовнішніх захисних елементів, обґрунтовано, на мій погляд, недостатньо.

4. Слід було б приділити увагу дослідженню кінетики спікання керамічних мас, що дозволило б встановити механізм спікання цельзіан-віллемітової кераміки.

5. Дисертантка пропонує для виготовлення радіопрозорих захисних елементів використовувати метод шлікерного лиття, який є дуже чутливим до різних технологічних факторів. Чи доцільно обмежувати технологію лише таким способом формоутворення виробів з радіопрозорої кераміки?

6. Для забезпечення захисту зовнішніх систем радіокерування високошвидкісних літальних апаратів, однією з важливих вимог є низька теплопровідність і термостійкість матеріалу, з якого виготовлені захисні елементи, а також, можливо, його морозостійкість. Втім дані щодо цих характеристик розробленої радіопрозорої кераміки в дисертаційній роботі не наводяться.

Втім вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Білогубкіної К.В.

9. Висновки

Представлена дисертація є довершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково-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, яка виконана на високому науковому рівні, наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, рівень досліджень та їх достовірність, апробацію та публікації, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація здобувачки Білогубкіної Карини Володимирівни «Керамічні матеріали радіотехнічного призначення на основі системи $BaO-ZnO-Al_2O_3-SiO_2$ » за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія», повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та «Вимогам до оформлення дисертацій», затвердженими наказом МОН України від 12.01.2017 р. № 40, а її авторка, Білогубкіна Карина Володимирівна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Рецензент – професор кафедри технології
кераміки, вогнетривів, скла та емалей
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
д.т.н., професор

Оксана БОРИСЕНКО

Підпис *проф. Оксана Борисенко*

ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

«02» 08 2024 р.

ЗАЙЦЕВ Ю. І.

