

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Волощук Валентина Василівна

«РАДІОПРОЗОРИ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ $RO - Al_2O_3 - SiO_2$ »

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
161 – Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Ефективність сучасних авіаційних та аерокосмічних об'єктів, їх технічні та експлуатаційні характеристики в основному залежать від радіотехнічних систем, які на них встановлено. Тому важливою задачею матеріалознавства є захист антенних систем наземного, водного та повітряного базування за допомогою радіопрозорих керамічних матеріалів, які на ряду з високими робочими температурами забезпечать стабільність експлуатаційних властивостей. Експлуатація авіаційної та космічної техніки зумовлює достатньо жорсткі вимоги до матеріалів, від характеристик яких істотно залежать їх надійність та конкурентоспроможність.

З огляду на вищенаведене дисертаційна робота Волощук В.В., що спрямована на вирішення науково-практичної задачі – розроблення радіопрозорих керамічних матеріалів, які володіють комплексом заданих функціональних та високих експлуатаційних властивостей та створення технології виготовлення носових обтічників та елементів захисних конструкцій антенних систем авіаційних об'єктів з їх використанням є актуальною.

Актуальність тема дисертаційної роботи підтверджується тим, що вона виконувалась в рамках фундаментальних та прикладних держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України: «Підвищення корозійної стійкості та довговічності високотемпературної радіопрозоної кераміки для об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки» (№ ДР 0120U001004), «Розробка теоретичних основ синтезу радіопрозорих керамічних матеріалів на основі системи $RO - RO_2 - Al_2O_3 - SiO_2$ » (№ ДР 0116U000856), а також держбюджетним замовленням «Розроблення складів та технології виготовлення керамічних радіопрозорих носових обтічників для захисних елементів

конструкцій літальних апаратів» (№ ДР 0118U02230), в яких здобувачка була виконавцем окремих етапів.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень та результатів досліджень базується на гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних стандартизованих методів досліджень та сертифікованого лабораторного обладнання, забезпечується достатнім обсягом експериментального матеріалу та ретельним аналізом одержаних експериментальних даних. Дослідження проводили з використанням приладів та устаткування кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП», а також устаткування Інституту монокристалів НАН України (м. Харків), ПАТ «УкрНДІВ ім. А.С. Бережного» (м. Харків), кафедри квантової фізики КНУ ім. Т.Г. Шевченка (м. Київ), ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля» (м. Дніпро) та Костянтинівського ДНВП «Кварсит» Державного концерну «Укроборонпром» (м. Костянтинівка, Донецька обл.).

Дослідження окремих параметрів виконувались із залученням комп'ютерного моделювання. Достовірність теоретичних розрахунків підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень.

Достовірність отриманих в дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються актами промислових випробувань та впровадження у навчальний процес кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП» для підготовки студентів та аспірантів за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Основні наукові положення дисертаційної роботи

Наукові положення Волошук В.В. сформульовані самостійно та відображають особистий внесок дисертантки. Проведений аналіз дисертаційної роботи та публікацій дозволяє підтвердити наявність елементів наукової новизни, які викладено конкретно, послідовно та системно. Найважливішими науковими результатами, отриманими здобувачкою, є такі:

- *вперше* досліджено вплив добавок ($ZrSiO_4$, MgO , TiO_2 , Cr_2O_3 , $CaCO_3$, B_2O_3 , MoO_3) та евтектичної композиції LS (Li_2O : SnO_2 зі співвідношенням 0,4:0,6) на інтенсифікацію процесів спікання, фазо- та структуроутворення цельзіанової кераміки за умови зниженої температури випалу;
- *вперше* здійснено прогнозну оцінку хімічної стійкості цельзіану та славсоніту, з лужними та кислотними реагентами ($NaOH$, Na_2CO_3 , H_2SO_4 , HCl , HNO_3) та встановлено, що радіопрозора кераміка славсонітового та цельзіанового складів виявлятиме високу хімічну стійкість до стандартних розчинів луг ($NaOH$, Na_2CO_3) та кислот (HCl та в меншій мірі H_2SO_4), що підтверджено експериментально;
- *вперше* за результатами аналізу параметрів газодинаміки та напружено-деформованого стану антенних обтічників визначено, що еквівалентні ($\leq 69,3$ МПа) та головні (≤ 40 МПа) напруження, що виникають у виробі, не перевищують меж міцності при згині для цельзіанової кераміки (290 МПа), а різниця температур на внутрішній та зовнішній поверхні носового обтічника відрізняється в середньому не більше ніж на ± 1 °С Це свідчить про те, що обтічник, виготовлений із зазначеної кераміки зберігатиме свою цілісність в жорстких умовах експлуатації;
- *вперше* доведено, що функціональність носових обтічників з цельзіанової та славсонітової кераміки, а саме сталість їх діелектричних та електродинамічних характеристик, забезпечується за рахунок спрямованого твердофазного синтезу цільових сполук, а також завдяки високій однорідності та максимальному ступеню спікання отриманих керамічних матеріалів.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Можна з впевненістю стверджувати, що отримані результати прогнозування поведінки обтічників за умов впливу лужних та кислотних реагентів та термодинамічні розрахунки реакцій взаємодії цельзіану та

славсоніту по відношенню до різних реагентів мають всі підстави вважатися як такі, що одержані вперше.

Значимість отриманих результатів для практичного використання в авіакосмічній промисловості полягає в тому, що на основі комплексу проведених досліджень створено монофазні керамічні матеріали, властивості яких задовольняють вимоги до радіопрозорих матеріалів.

Технічна новизна розробок захищена 2 патентами України на корисну модель.

Опрацьовано технологічну схему та параметри виготовлення носових обтічників, які забезпечують функціональність та комплекс високих експлуатаційних властивостей виробів. Практичні рекомендації щодо особливостей технології виготовлення носових обтічників викладено в розроблених технічних умовах

Дослідна партія носових обтічників, виготовлених з розроблених радіопрозорих керамічних матеріалів за запропонованою технологією, пройшла напівпромислові та промислові випробування на ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля» (м. Дніпро, Дніпропетровська обл.) та Костянтинівському ДНВП «Кварсит» Державного концерну «Укроборонпром» (м. Костянтинівка, Донецька обл.).

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях.

Основний зміст дисертаційної роботи відображено у 27 наукових працях, з них: 2 статті, що включені до Web of Science (Угорщина), 6 статей у наукових фахових видань України, розділи у 3 колективних монографіях, 2 патенти України на корисну модель та 14 тез доповідей у збірниках міжнародних конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі. Наведені публікації містять результати безпосередньої роботи дисертанта на окремих етапах дослідження, повністю відображають зміст

Академічна доброчесність.

В дисертації та наукових публікаціях, в яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено порушень академічної доброчесності

Структура і зміст основних положень дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Волощук В.В. подана у вигляді спеціально підготовленого рукопису, виконана державною мовою та складається з анотації двома мовами (українською та англійською), вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 194 сторінки, з них – 61 рисунок по тексту, 5 рисунків на 2 окремих сторінках, 24 таблиці по тексту, списку використаних літературних джерел з 210 найменувань на 24 сторінках, 4 додатки на 36 сторінках.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, показано наукову новизну та наведено інформацію про практичне значення та використання отриманих результатів.

В *першому розділі* проаналізовано переваги та недоліки існуючих радіопрозорих матеріалів і технології виробництва антенних обтічників з них. Визначено напрями та сформульовано завдання досліджень, спрямованих на створення технології отримання радіопрозорої кераміки.

В *другому розділі* наведено відомості щодо сировинних матеріалів, методів виготовлення зразків, а також надана характеристика методик та обладнання для теоретичних і експериментальних досліджень, які реалізовані в дисертаційній роботі.

В *третьому розділі* обґрунтовано вибір оксидних композицій для отримання цельзіанової та славсонітової кераміки на основі систем $\text{SrO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Досліджено вплив добавок MgO , Cr_2O_3 , ZrSiO_4 , TiO_2 , CaCO_3 , V_2O_5 , MoO_3 та евтектичної композиції $\text{Li}_2\text{O}:\text{SnO}_2$ на процеси структуро- та фазоутворення цельзіанової кераміки за умови зниженої температури синтезу цільової фази.

В *четвертому розділі* визначено оптимальні технологічні параметри отримання керамічних радіопрозорих виробів складної форми та встановлено структурно-фазові особливості отриманої кераміки методами рентгенофазового аналізу та скануючої електронної мікроскопії.

В *п'ятому розділі* обґрунтовано вірогідність взаємодії розробленої кераміки з кислотними та лужними реагентами, проведено розрахунки параметрів газодинаміки та напружено-деформованого стану керамічних антенних обтічників, на основі розроблених складів. На прикладі розробленої цельзіанової кераміки показана ефективність використання прогнозних розрахунків за методом скінченних елементів для аналізу поведінки носових обтічників в умовах експлуатації при дії газодинамічних (термічних та механічних) навантажень.

Експериментально підтверджено доцільність виготовлення виробів та деталей конструкцій для захисту радіоелектронного обладнання у ракетній, авіаційній та космічній галузях за розробленими технологічними параметрами з використанням отриманих радіопрозорих керамічних матеріалів.

В *шостому розділі* наведено результати апробації та впровадження отриманих результатів дисертаційних досліджень.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту та поставленим задачам дисертаційної роботи.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Дисертація характеризується логічною, завершеною структурою з чіткою послідовністю викладення матеріалу, який повною мірою висвітлює зміст визначених розділів. Сформульовані в дисертаційній роботі висновки повністю відповідають поставленим задачам.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Відомо, що при зростанні температури показники діелектричних властивостей керамічних матеріалів зазвичай погіршуються. У роботі наведено дослідження діелектричних та електродинамічних

характеристик лише за нормальних умов. Доцільно експериментально дослідити вплив температури на вказані характеристики

2. На рис. 3.1 представлена штрих-рентгенограма та перелік кристалічних фаз кераміки цельзіанового складу, яка випалена за температури 1350 °С (виявлено α - $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ –моноклинна сингонія та β - $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ – гексагональна сингонія) та за температури 1450°С (виявлено α - $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Зразки витримані за максимальної температури протягом невеликого проміжку часу в 1 годину та охолоджені разом із піччю. Слід було пояснити факт присутності лише α -модифікації за температури 1450°С. Те ж саме стосується славсонітової кераміки.
3. У третьому розділі доцільно було б навести більш детальну інформацію щодо механізму дії розглянутих добавок на процеси структуроутворення. Зокрема, на залежностях водопоглинання, відкритої пористості, уявної щільності зразків цельзіанової кераміки від концентрації інтенсифікаторів процесу синтезу цельзіану спостерігається перебіг у разі введення 1 мас.% добавки $\text{Li}_2\text{O} : \text{SnO}_2$; при подальшому збільшенні вмісту цієї добавки до 1,5 та 2 мас.% хід кривих залишається практично на постійному рівні. Доцільно пояснити, чому саме при концентрації 1 мас.% відбувається така різка зміна властивостей.
4. В роботі досліджено вплив різних малих добавок (MgO , Cr_2O_3 , ZrSiO_4 , TiO_2 , CaCO_3 , V_2O_5 , MoO_3) на процеси структуро- та фазоутворення цельзіанової кераміки. Встановлено, що добавка евтектичної композиції із співвідношенням $\text{Li}_2\text{O} : \text{SnO}_2 = 0,4 : 0,6$ в кількості 1 мас. % понад 100 мас. % шихти забезпечує синтез моноклінного цельзіану за пониженої температури 1200 °С та покращує властивості цельзіанової кераміки. Логічно було б дослідити вплив хоча б цієї ефективної добавки на процес фазоутворення славсоніта та властивості славсонітової кераміки.
5. В розділі 4 досліджено залежність дисперсності керамічного матеріалу від часу його подрібнення 10, 20, 30 хв. в планетарному млині з частотою обертання 400 об./хв. Оптимальним часом помелу синтезованих

керамічних матеріалів обрано 30 хвилин. Хоча результатів подальшого збільшення часу помелу не приведено.

6. В роботі представлені якісні мікрофотознімки керамічного матеріалу, які автор влучно використовує для пояснення впливу технологічних факторів на властивості цельзіанової та славсонітової кераміки. Але процеси та механізми, що відбуваються при формуванні структури керамічних матеріалів як на етапі синтезу цільових фаз, та і на етапі формування радіопрозорої кераміки описані недостатньо.
7. У дисертаційній роботі доречно було б вказати інформацію щодо браку при виробництві радіопрозорих носових обтічників та шляхів їх утилізації.

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної значимості.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Волощук Валентини Василівни «Радіопрозорі керамічні матеріали на основі системи $RO - Al_2O_3 - SiO_2$ » за своїм змістом відповідає спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія. Дисертація є завершеним науковим дослідженням, яке розв'язує важливу науково-практичну задачу, що полягає в розробці радіопрозорих керамічних матеріалів, які володіють комплексом заданих функціональних та високих експлуатаційних властивостей та створенні технології виготовлення носових обтічників та елементів захисних конструкцій антенних систем авіаційних об'єктів з використанням розроблених матеріалів.

Дисертаційна робота за науковим рівнем, новизною, практичною значимістю, достовірністю результатів повністю відповідає вимогам пунктів 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, а здобувачка

Волощук Валентина Василівна заслуговує присудження наукового ступеня
доктора філософії за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

Офіційний опонент
Проректор з науково-педагогічної роботи
Українського державного хіміко-
технологічного університету,
доктор технічних наук, професор

Ольга РИЖОВА

Підпис засвідчую
Вчений секретар
Українського державного хіміко-
технологічного університету



Лариса РУДНЕВА