

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Салєя Андрія Аркадійовича
«Склоемалеві та склокристалічні електроізоляційні покриття для
виробів з кольорових металів»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів

Актуальність теми.

На сучасному етапі розвитку вітчизняної промисловості стратегічного значення набуває техніко-економічна політика раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Прогрес в цьому сенсі багато у чому пов'язаний із створенням нових матеріалів, використання яких дозволяє реалізувати технологічні резерви ресурсо- та енергозбереження та інтенсифікувати виробництво. Вирішення цієї задачі потребує використання нових наукових підходів та ідей, реалізація яких дозволить при мінімальних витратах ресурсів та часу отримати матеріали з комплексом необхідних характеристик.

В наш час існує безліч емалей, як скловидних, так і склокристалічних, втім більшість з них непридатні для емалювання легкоплавких кольорових металів, зокрема алюмінію та міді. Крім того, використання емалей, які володіють діелектричними властивостями, дозволяють розширити їх використання та застосовувати у виробництві електротехнічних виробів малої потужності, втім це висуває додаткові вимоги до їх складу.

Розширення номенклатури металів і розробка електроізоляційних емалей для них дозволить спростити технологію та знизити собівартість виробництва нових, більш економніх електроприладів, зокрема малопотужних плівкових нагрівальних елементів, LED-панелей та товстоплівкових мікросхем та знайти нові області для їх ефективного використання при виготовленні виробів електротехнічного призначення.

Враховуючи вищевикладене, дисертаційна робота Салєя А.А., спрямована на розробку електроізоляційних емалей для виробів з кольорових металів є актуальною. Про актуальність дисертаційної роботи свідчить її виконання в межах наукових досліджень згідно тематичного плану МОН України, зокрема проектів «Наукові основи розробки нових стекол і емалевих покриттів» (номер державної реєстрації 0112U002059) та «Наукові основи технологій нових скломатеріалів та склопокриттів антикорозійного та електротехнічного призначення» (номер державної реєстрації 0114U002486), де здобувач був виконавцем окремих етапів.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Обґрунтованість та достовірність наукових результатів і висновків не викликає сумніву, оскільки в роботі дисертантом використані стандартні методи досліджень, сучасні прилади та лабораторне обладнання, а також комплекс взаємодоповнюючих методів фізико-хімічного аналізу структури та фазового складу покріттів, а також процесів їх формування: рентгенофазовий, диференційно-термічний, дилатометричний, оптичний та електрономікрокопічний. Експериментальні дослідження проводились із використанням методів математичного планування експерименту та статистичної обробки отриманих даних. Достовірність отриманих результатів досліджень підтверджено також актом випробувань розроблених електроізоляційних покріттів в промислових умовах.

На підставі цього вважаю отримані автором експериментальні результати, наукові положення, висновки та рекомендації є достовірними і обґрунтованими.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна результатів роботи переконлива та полягає в тому, що автор на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтував можливість синтезу легкоплавких скловидних та склокристалічних емалей з комплексом заданих властивостей для отримання електроізоляційних покріттів на алюмінії та міді.

Здобувачем застосовано новий підхід до проектування складів функціональних емалей, який базується на рішенні оптимізаційних задач з використанням нових методів розрахунку в'язкості і температури трансформації багатокомпонентних боросилікатних стекол, які дозволяють визначити оптимальні температурні умови для отримання бездефектних покріттів з комплексом високих електрофізичних і хімічних властивостей на всіх етапах їх формування.

Завдяки комплексному дослідженю закономірностей формування скловидних та склокристалічних покріттів на міді та алюмінії сформульовано вимоги до показників властивостей базових склофрит. Новими також є відомості стосовно залежностей основних технологічних і експлуатаційних властивостей від температури та складу боросилікатних стекол, а також принципів визначення складів фріт і технологічних параметрів виготовлення покріттів на алюмінії та міді для виробів електроізоляційного призначення.

Вперше аргументована і підтверджена доцільність використання для нанесення покріттів на міді електрофоретичного осадження з неводних суспензій, що забезпечує підвищену суцільність шару емалевого порошку та отримання бездефектних покріттів.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі виконаних експериментальних досліджень показана ефективність використання запропонованого методу проектування складів захисних покриттів, що базується на встановлених автором математичних залежностях, які пов'язують хімічний склад емалей, в'язкість розплавів і температуру формування покриттів.

Розроблено склади скловидних та склокристалічних покриттів на міді та алюмінії, які виконують захисну та електроізоляючу функції та за комплексом властивостей відповідають вимогам до емалей для виробів електротехнічного призначення. Авторські розробки з позитивним результатом пройшли промислові випробування на ТОВ «Агромат-Декор» і рекомендовані до впровадження у виробництво малопотужних плівкових нагрівачів та LED-панелей. Здобувачем розробленої технологічної інструкції на виготовлення склокристалічних покриттів на алюмінії. Технічна новизна розробок підтверджена двома патентами України на винахід.

Методологічні розробки, а також теоретичні положення і технологічні принципи проектування емалевих покриттів із заданими властивостями впроваджені у навчальний процес кафедри технології кераміки і скла ДВНЗ «УДХТУ» при підготовці фахівців за спеціальністю 7(8).05130154.

Повнота викладення результатів роботи у наукових працях. Основні положення результатів досліджень повною мірою опубліковані у 13 наукових працях, з них 3 статті у фахових виданнях України, 1 стаття в закордонному періодичному фаховому виданні, 2 патенти України та 7 тезах доповідей на науково-технічних конференціях. Можна вважати, що результати дисертаційної роботи апробовані та опубліковані в достатній мірі.

Аналіз основного змісту дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 142 сторінки, з них 26 таблиць, 48 рисунків, списку використаних літературних джерел із 147 найменувань та 4 додатки на 14 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт і предмет досліджень, сформульовано мету та задачі досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надана інформація щодо їх апробації і публікації.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу наукових праць в області отримання покриттів на кольорових металах, проаналізовано склади скловидних та склокристалічних покриттів на алюмінії та міді, обґрунтовано вибір базових систем для розробки електроізоляційних покриттів та визначено напрями досліджень для досягнення поставленої мети.

У **другому розділі** обґрунтовано вибір та наведено характеристику сировинних матеріалів, наведено параметри варки фрит та термообробки

покріттів, надано методики їх фізико-хімічних і електрофізичних досліджень.

Третій розділ дисертації присвячений розробці прогнозного методу визначення в'язкості боросилікатних стекол, а також температури на основі методів математичного моделювання.

У четвертому розділі представлені результати розробки фріт для отримання скловидних та склокристалічних покріттів на алюмінії. З використанням створеної здобувачем високотемпературної приставки до стереоскопічного мікроскопу визначено основні закономірності формування покріттів. Сформульовано вимоги до технологічних властивостей склофріт (температури початку розм'якшення та поверхневого натягу) та їх електрофізичних характеристик для отримання бездефектних електроізоляційних покріттів.

У п'ятому розділі викладено результати розробки складів склокристалічних та скловидних емалей для міді, визначено особливості формування електроізоляційних покріттів та розроблено технологічні параметри їх отримання.

У шостому розділі представлені результати промислових випробувань в умовах ТОВ «Агромат-Декор» розроблених здобувачем склокристалічних покріттів для електричної ізоляції плівкових нагрівачів.

У додатках наведено приклад програми розрахунку скла для отримання емалевого покриття із заданими властивостями, надані акти промислових випробувань та розроблена технологічна інструкція для виготовлення покріттів, що використовують у виробництві плівкових нагрівачів, а також довідка щодо впровадження результатів дисертаційної роботи в практику навчального процесу.

В цілому робота написана грамотною технічною мовою у відповідності до прийнятої термінології, викладена в логічній формі та в достатній мірі проілюстрована. Зміст автoreферату по суті та за структурою відповідає тексту дисертації.

Зауваження щодо дисертаційної роботи

1. В дисертаційній роботі та автoreфераті слід було б пояснити, в чому полягає відмінності та переваги нового методу розрахунку в'язкості боросилікатних стекол залежно від їх складу і температури від безлічі інших методів і зокрема тих, що розроблені представниками наукової школи кафедри хімічної технології кераміки та скла ДВНЗ «УДХТУ», зокрема В. І. Голеусом, І. А. Маховською, Т. Ф. Шульгою?
2. У формулюванні 2 пункту наукової новизни наголошується на тому, що здобувачем визначені закономірності формування емалевих покріттів залежно від умов їх випалу, але суть цих закономірностей не

розкривається. Там же зазначено, що дефектність емалевих покриттів залежить від кількості тріщин-роздрівів, які утворюються в початковий період випалу при температурі нижче температури початку розм'якшення скла, хоча в п. 4.1 як критерій оцінки здатності емалі до утворення суцільного покриття аналізується середня ширина тріщин.

3. Здобувач наголошує на відповідності розроблених ним емалей вимогам, що висуваються до покриттів для малопотужних плівкових нагрівачів (с. 89), світлодіодних панелей (с. 101) ті мідних індукторів (с. 101), але не наводить перелік цих вимог, що унеможливлює коректність даного висновку.
4. На мій погляд, не вистачає чітко сформульованої техніко-економічної характеристики розробок, в т.ч. очікуваної економічної ефективності від їх впровадження, що підтвердило б доцільність використання у виробництві. В авторефераті доцільно було б навести порівняльну характеристику розроблених електроізоляційних емалей з існуючими промисловими аналогами, а також вказати вимоги, що висуваються до покриттів електроізоляційного призначення, що дозволило б аргументувати їх переваги.
5. В матеріалах дисертації та автореферату немає відомостей щодо кількості та розмірів кристалічних новоутворень у складі розроблених склокристалічних покриттів. Втім ця інформація є корисною для всебічної характеристики впливу кристалічної фази на процеси формування та властивостей покриттів на кольорових металах, зокрема міді та алюмінію.
6. Висновок 4 на с. 110 суперечить даним табл. 4.10 і 4.11 стосовно впливу добавки динасу на ТКЛР покриттів. В тексті дисертації подекуди зустрічаються вирази, що належать до технологічного сленгу («сусpenзия под электрофорез», «стеклооснова под эмалирование меди»), не некоректні поєднання термінів, зокрема: «сырьевые шихты» (с.47), «величина электрофоретического осадка» (с. 99) «чистый диопсид» (с. 95), і відверто невдалі формулювання, як наприклад, «виробництво виробів» (с. 1 автореферату) або «медь является податливым материалом с точки зрения термических свойств» (с. 101).

Втім вказані зауваження в жодній мірі не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

За результатами розгляду дисертаційної роботи Салея А. А. «Склоемалеві та склокристалічні електроізоляційні покриття для виробів з кольорових металів», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата

технічних наук, вважаю дисертація є завершеною науковою працею, яка відповідає паспорту спеціальності 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів. На основі висунутих теоретичних положень та експериментальних досліджень в роботі вирішено науково-технічну задачу, спрямовану на розробку нових покриттів на алюмінії та міді, що служать для електроізоляції малопотужних електротехнічних виробів.

За актуальністю, об'ємом та методичним рівнем досліджень, ступенем обґрунтованості наукових положень та висновків, науковою новизною та практичною цінністю, рівнем отриманих результатів та висновків, повнотою їх викладення в опублікованих працях, дисертаційна робота відповідає п. п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» (постанова КМ України № 567 від 24.07.2013 р.) щодо кандидатських дисертацій, а її автор Салей Андрій Аркадійович заслуговує на присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів.

Офіційний опонент,
професор кафедри технології кераміки,
вогнетривів, скла і емалей
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків,
доктор технічних наук, професор

О.Ю. Федоренко

Підпис д.т.н., проф. Федоренко О.Ю.
засвідчує

Вчений секретар НТУ «ХПІ»

Ю.І. Зайцев

Відмінна наукова робота
208.078.02 24.03.2016р

Вчений
секретар Наталя Макаренко Н.Н.