

УДК 678.5

А.А. Бойко¹, В.В. Невзоров²

¹Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

²Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ФОРМОВКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С УПОРЯДОЧЕННОЙ ПОРИСТОСТЬЮ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ

Аннотация. Описаны технологические особенности формирования тонких керамических слоёв и определены возможности и эффективность использования легкоплавкой свинцовоборосиликатной связки тонкого помола, прошедшей предварительную структурирующую термообработку в осушенном водороде.

A.A. Boika¹, V.V. Nevzorov²

¹Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi,

²Belarusian State University of Transport

OPTIMIZATION OF FORMING MODES OF COMPOSITE MATERIALS WITH ORDERED POROSITY OF THE INTERNAL STRUCTURE

Abstract. The technological features of the formation of thin ceramic layers are described and the possibilities and efficiency of using a low-melting lead-borosilicate bundle of fine grinding, which has undergone preliminary structuring heat treatment in dried hydrogen, are determined.

В настоящее время при создании новых технологий производства конструкционных материалов и покрытий широко используются полые микросферы. Одним из распространенных видов микросфер, используемых в промышленности, на сегодняшний день считаются алюмосиликатные полые частицы [1].

Цель настоящей работы – разработать технологические приемы формирования керамических материалов с различным соотношением вводимых компонент, получаемых с применением легкоплавких связок разработанного состава на основе полых микросфер Al_2O_3

При этом необходимо определить:

– оптимальные временные режимы размолла шихты в планетарной мельнице, а также условия предварительного сплавления компонент шихты в стеклообразную массу, повергаемую указанному выше помолу;

– концентрации основных веществ-пластификаторов, вводимых в шихту разработанного состава;

– возможность и эффективность использования связки тонкого помола, прошедшей предварительную структурирующую термообработку в осушенном водороде в технологическом процессе изготовления тонких керамических слоёв по LTCC-технологии.

Оксиды свинца, бора и кремния являются основой большинства легкоплавкой керамики. Оксид свинца, содержащий высокополяризуемый катион, способствует снижению температуры плавления и существенному понижению вязкости расплава; оксиды бора и кремния в зависимости от их соотношения способны существенно изменить температуру размягчения расплава, повышая или понижая ее.

Широко внедряемая технология LTCC – низкотемпературной совместно обжигаемой керамики – используется в различных отраслях промышленности на протяжении многих лет. Усовершенствование LTCC материалов, технологических процессов и методов производства приводит к снижению стоимости и улучшению технических характеристик, в частности, электронных изделий.

Основными материалами для производства многослойных печатных плат традиционно являлись органические материалы с низкими значениями диэлектрической проницаемости (FR-4, $\epsilon_r = 3,5-4,5$) и керамика с высокими значениями диэлектрической проницаемости ($\epsilon_r = 10-12$). Увеличение рабочих частот электронных приборов требовало создания нового материала, который бы, с одной стороны, позволял легко создавать многослойные печатные платы, и, с другой стороны, на высоких частотах имел бы характеристики, схожие с керамикой. Новый материал получил название низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (Low Temperature Cofired Ceramic (LTCC)).

Процесс производства изделий из LTCC керамики начинается с создания керамической суспензии путём смешивания керамического порошка, органических связующих, растворителей и модифицирующих добавок [2, 3]. Из суспензии впоследствии формируется керамическая лента.

В результате проведенных исследований с целью модификации свойств конечных керамических материалов, получаемых по LTCC-процессу, предложен механизм прямого восстановления сухого остатка помола шихты (общее временем помола составило не менее 24 ч, основной размер частиц – менее 40 мкм) в среде водорода при $t=400-500$ °С. В общем случае максимальное количество вводимой в

керамическую массу термопластичной связки не превышало 30 масс. %, а сушка получаемых образцов композиционных материалов (с целью придания им необходимой прочности) проводилась при температуре порядка 100-120 °С. Основные этапы подготовки шихты, оказывающие ключевое влияние на подготовку связки, применяемой в LTCC-процессе приведены на рис. 1. Схематическое отображение этапов обработки связки шихты до и после введения в её структуру веществ-пластификаторов позволяет смоделировать структуру шихты после размол в планетарной мельнице. В качестве основного органического связующего использовался поливинилбутираль. Проводимая подготовка позволяет использовать разработанные технологические приёмы для литья шликера на подложку (в т.ч. движущуюся) с целью получения тонкой керамической плёнки.

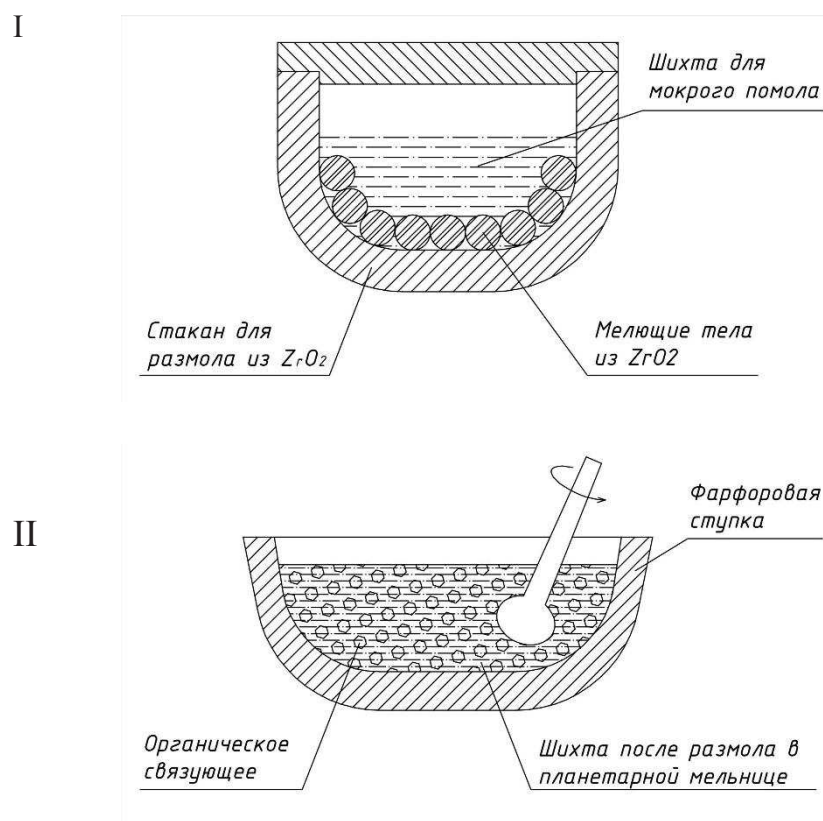


Рис. 1 – Основные этапы подготовки шихты, оказывающие ключевое влияние на подготовку связки, применяемой в LTCC-процессе

Также установлено, что легкоплавкая связка, прошедшая структурирующую обработку в водороде, позволяет пластифицировать

конечную шихту за счет восстановления свинца до элементного состояния. На рис. 2 отображено РЭМ-изображение кварцевого порошка тонкого помола, прореагировавшего с легкоплавкой связкой. Видна хорошая проникающая и смачивающая способность последней.

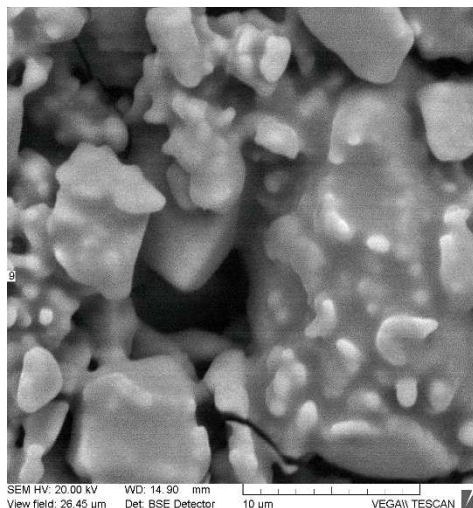


Рис. 2 – Пример обволакивания микрочастиц плавленного кварца связкой разработанного состава

Таким образом, использование синтезированных свинцовоборосиликатных связок предложено использовать только в качестве моделирования техпроцесса получения керамики по ЛТСС-технологии. Для создания тонкоплёночных керамических материалов, оптимально сохраняющих свои функциональные характеристики при их формовке в изделия сложной геометрической формы (включая гибридизацию, профильные изгибы и изготовление отверстий позиционирования), будут проведены исследования в области синтеза многокомпонентных легкоплавких связок усложнённого состава.

Список использованных источников

1 Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. – 208 с.

2 Керамическое покрытие. Свойства, преимущества и возможные альтернативы Режим доступа : <https://atf.ru/articles/obzory/keramicheskoe-pokrytie-osobennosti-i-vozmozhnye-alternativy/>

3 Особенности получения и свойства кварцевых золь-гель стекол, содержащих наночастицы восстановленных металлов / А. А. Алексеенко [и др.] // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого. – 2016. – №1. – С. 52–60. – Режим доступа : <https://elib.gstu.by/handle/220612/14205>