

Максимальное снижение вязкости (13,67 °E) достигнуто при введении комплекса электролитов  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  + ПАН-1. Для этого состава наблюдается наименьший коэффициент загустеваемости (1,31),  $\xi$ -потенциал равен 37 мВ, водородный показатель – 9,2, скорость набора черепка – 0,124 г/(см<sup>2</sup>·мин).

Комплекс электролитов с гидрофобно-пластифицирующей добавкой «Гипланан» жидким стеклом и ПАН-1 положительно влияют на реологические свойства. Вязкость шликера, с использованием приведенной комбинации, снижена до 14,21 °E, коэффициент загустеваемости составляет 1,35,  $\xi$ -потенциал равен 45 мВ, водородный показатель – 8,2, скорость набора черепка – 0,101 г/(см<sup>2</sup>·мин). Шликер при этом имеет показатели несколько хуже предыдущего, но в этом случае снижается содержание дорогостоящего полиакрилата натрия, что подтверждает целесообразность использования данного комплекса электролитов.

Также были получены положительные результаты при использовании следующей комбинации:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$  + ПАН-1 + метолат-514. Вязкость полученного шликера составляет 14,7 °E, коэффициент загустеваемости – 1,38, электрокинетический потенциал – 41 мВ, водородный показатель – 8, скорость набора черепка – 0,105 г/(см<sup>2</sup>·мин).

Таким образом, из приведенных трех составов наиболее положительное влияние на реологические свойства оказывает следующий комплекс электролитов:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,8\text{SiO}_2$  + ПАН-1.

### **ВЛИЯНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МИКРОСТРУКТУРУ КЕРАМИЧЕСКИХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ ПРИ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ**

Хорт А.А. аспирант; Подболотов К.Б. к.т.н., с.н.с.; Никольская А.Л. ст. гр. № 9

*Белорусский государственный технологический университет (г. Минск)*

Сегнетоэлектрическая керамика – это категория материалов, способных к обратимой спонтанной поляризации, к которым относятся некоторые титанаты и цирконаты, а также твердые растворы титанатов и цирконатов ряда элементов, таких как барий, свинец, висмут, стронций и др. Благодаря своим исключительным электрофизическим свойствам сегнетоэлектрические материалы и изделия на их основе используются как высоковольтные диэлектрики, в качестве конденсаторных материалов, а также как материал для изготовления чувствительных элементов датчиков различного назначения, элементов памяти и т.д. Широкое применение в электронной промышленности сегнетоэлектрической керамики, как в чистом, так и в структурно и фазово модифицированном виде, делает актуальной проблему эффективного, быстрого и качественного синтеза такого типа материалов. При этом немаловажную роль играет возможность управление фазовым составом и полиморфизмом синтезируемых керамических материалов, так как различные типы кристаллических структур в материалах этого класса обладают кардинально отличающимися электрофизическими свойствами.

Один из наиболее современных методов синтеза, используемый при получении керамических материалов – экзотермический синтез, также известный как самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Для осуществления процесс экзотермического синтеза необходимо соблюдение ряда требований: необходимо наличие окислителя, восстановителя, а также тепла для «запуска» экзотермической реакции. После начала горения смеси исходных компонентов, за счет выделения большого количества тепла, в реакционной смеси развивается высокая температура, необходимая для синтеза целевого продукта. Вещества, полученные путем

экзотермического синтеза, характеризуются высокой чистотой и однородностью, что, несомненно, очень важно для материалов, применяемых в электронной технике.

В данной работе исследовано влияние различных восстановителей, используемых при экзотермическом синтезе, на фазовый состав и микроструктуру керамических сегнетоэлектрических материалов в системах  $\text{BaO} - \text{TiO}_2$ ,  $\text{PbO} - \text{TiO}_2$  и  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ . На основании термодинамических расчетов в качестве восстановителей, способных обеспечить условия, необходимые для протекания экзотермической окислительно-восстановительной реакции были выбраны глицин ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ ), карбамид ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) и глицерин ( $\text{C}_3\text{H}_7(\text{OH})_3$ ). Данные вещества имеют достаточно низкую температуру воспламенения, образуют с катионами металлов прочные комплексные соединения, способствующие протеканию интенсивной и полной реакции между реагентами за счет снижения энергии взаимодействия.

В качестве окислителей и носителей катионов и анионов металлов были использованы нитраты бария, свинца и висмута, а также нитрат титанила.

Подобранные таким образом окислители и восстановители при взаимодействии разлагаются с образованием большого количества тепла и газообразных продуктов, которые ускоряют протекание реакции и способствуют синтезу конечных материалов с высокой степенью дисперсности.

Для получения керамических материалов высокотемпературным экзотермическим синтезом стехиометрические количества сырьевых компонентов растворялись в дистиллированной воде, после чего смешивались с предварительно синтезированным раствором нитрата титанила.

Готовые растворы в корундовых тиглях помещались в разогретую до  $500\text{ }^\circ\text{C}$  муфельную печь. Вследствие высокой температуры в печи происходило экзотермическое возгорание компонентов раствора, что приводило к резкому росту температуры и соответствующему повышению скорости взаимодействия компонентов. В результате этого интенсифицировались процессы газовой выделения, которые также способствовали активному перемешиванию раствора и более интенсивному процессу передачи теплового импульса. Сочетание указанных факторов, в конечном итоге, привело к значительному ускорению процесса синтеза керамических материалов по сравнению с традиционными высокотемпературными методами. Длительность процесса синтеза в зависимости от использованных восстановителей находилась в пределах от 4 минут (для глицина) до 10 минут (для глицерина).

Для изучения фазового состава и микроструктуры синтезированных материалов были проведен их рентгенофазовый анализ и микроскопическое исследование. Было установлено, что синтезированный керамический материал в системе  $\text{BaO} - \text{TiO}_2$  в качестве основной фазы содержат титанат бария  $\text{BaTiO}_3$  в высокотемпературной кубической модификации в случаях, где в качестве восстановителей были использованы глицин и глицерин. Сохранение метастабильного, при низких температурах, состояния можно объяснить влиянием как условий синтеза (быстрый нагрев и последующее быстрое охлаждение приводят к закалке материала), так и пространственно-динамическими факторами (экзотермический синтез способствует образованию тонкодисперсной кристаллической структуры, отдельные зерна которой испытывают сильное механическое напряжение и препятствуют кристаллической перестройке). Аналогичные данные были получены и для материалов, синтезированных в системах  $\text{PbO} - \text{TiO}_2$  и  $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2$ . В обоих случаях использованием глицина и глицерина позволило получить керамический материал ( $\text{PbTiO}_3$  и  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  соответственно) в высокотемпературной метастабильной полиморфной модификации.

В тоже время при использовании в качестве восстановителя карбамида фазовый состав синтезированных материалов представлен нитратами металлов и диоксидом

титана, а целевой продукт присутствует в не значительных количествах. Это свидетельствует о том, что карбамид при заданных параметрах синтеза не позволяет достигать в реакционной системе необходимых условий для протекания окислительно-восстановительной реакции между компонентами смеси.

Свежесинтезированные материалы обладают тонкокристаллической однородной структурой, характеризующейся низкой плотностью расположения отдельных кристаллических элементов, агрегированных в виде тонких пластинок и древовидных образований. Агрегаты легко разрушаются во время тонкого помола, при этом получается тонкодисперсный однородный порошок, обладающий плотностью близкой к теоретической.

На основе анализа приведенных данных можно сделать вывод о том, что использование в качестве восстановителей глицина и глицерина для синтеза сегнетоэлектрической керамики способствует получению однородного тонкодисперсного материала с сохранением в его структуре метастабильного полиморфизма. В то время как карбамид не обеспечивает необходимых термодинамических условий и использование его в синтезах сегнетокерамики исследованных систем не целесообразно.

## **РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАЗУРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ**

Шиманская А.Н., магистрант

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук Левицкий И.А.

*УО «Белорусский государственный технологический университет» (г. Минск)*

Целью исследований является разработка составов и технологии получения ресурсосберегающих износостойких полуфриттованных цветных покрытий с использованием в качестве окрашивающих компонентов отходов обогащения железных руд и недефицитных материалов. Замена дорогостоящих и дефицитных пигментов на красящие оксиды, содержащиеся в горных породах, делает сырые и полуфриттованные глазури более выгодными для применения их в производстве различных видов продукции.

Задача исследования состоит в проведении структурно-управляемого синтеза износостойких покрытий, обеспечивающего в процессе обжига формирование максимального количества кристаллических фаз, высокую износостойчивость и требуемую бархатисто-матовую фактуру. Кроме того, решалась задача снижения количества фритты при рациональном сочетании ее с другими компонентами, что обеспечивает снижение топливно-энергетических затрат на процесс варки.

Приготовление полуфриттованных глазурей осуществлялось на основе отходов магнитного обогащения железистых кварцитов Новоселковского месторождения (Республика Беларусь), которые по минералогическому составу представлены гнейсами, амфиболами, кварцитами и другими породами и минералами. В работе использовались отходы обогащения железистых кварцитов следующего усредненного химического состава, мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 53,66;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 6,18;  $\text{CaO}$  – 6,05;  $\text{MgO}$  – 3,88;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2,03;  $\text{FeO}$  – 27,57. Сырьевая композиция для получения цветных полуфриттованных глазурей включала, мас. %: отходы обогащения железистых кварцитов – 40–47,5; доломит марки А группы 1 класса 4 (Республики Беларусь) – 7,5–15; специально синтезированную при выполнении данных исследований алюмоборосиликатную фритту ОРШ – 17,5–25. В качестве постоянных составляющих содержались технический глинозем ГК–2 (Россия), полевой шпат вишневогорский (Россия) и глина Гранитик–Веско (Украина), суммарное количество которых составило 25 %.