

УДК 666.762: 661.882.27: 66.065.2.

Н.Ф. Поповская, Н.М. Бобкова,  
И.В. Каврус, Е.В. Радион  
(БГТУ, г. Минск)

## ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЛИТО-ТИАЛИТОВОЙ КЕРАМИКИ МЕТОДАМИ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Развитие современной науки и техники в ряде случаев требует применения материалов, обладающих высокими показателями прочности и термостойкости. В настоящее время в качестве термостойких материалов используется кварцевое стекло или поликристаллические материалы на основе сподумена и кордиерита. Однако их свойства вынуждают использовать изделия из этих материалов при температурах до 1000 °С, редко до 1200-1250 °С, хотя необходимость в материалах с высокой термостойкостью для службы при температурах, по крайней мере, до 1600-1700 °С велика [1].

Комплекс ценных физико-химических свойств тиалита (достаточно высокая температура плавления ( $1860 \pm 10$  °С) при низком ТКЛР (от  $19 \cdot 10^{-7}$  до  $-19 \cdot 10^{-7}$  град<sup>-1</sup>) в сравнительно широком диапазоне температур, химической стойкости) обеспечивает перспективность использования его в качестве термостойкого материала [1]. Однако керамика на основе чистого тиалита обладает низкой механической прочностью ( $\delta_{изд} = 5-10$  Н/мм<sup>2</sup>) из-за очень слабого спекания при высоких температурах и, видимо, из-за резко выраженной анизотропии теплового расширения кристаллов. Прочностные характеристики может обеспечить такой керамике муллит, структура которого характеризуется призматическими и удлиненно-призматическими кристаллами, что обуславливает высокую механическую прочность материалов на его основе. Кроме того, ТКЛР муллита сравнительно невысок ( $51...53$ ) $\cdot 10^{-7}$  град<sup>-1</sup>.

Сочетание свойств этих фаз является предпосылкой получения материалов с высокими термомеханическими свойствами. Однако синтез керамических материалов с данным фазовым составом требует высокой темпе-

ратуры наряду с длительными выдержками при температурах синтеза. Снизить температуру синтеза и время выдержки, повысить качество готовых изделий можно при использовании методов совместного осаждения. Этот метод и использован нами для создания керамики, обладающей высокими термомеханическими характеристиками и не требующей сверхвысокотемпературного синтеза.

Сырьевыми материалами служили растворимые в воде соли, содержащие ионы алюминия (III), кремния (IV) и технический и плазмохимический диоксида титана. Количество реагентов рассчитывали таким образом, чтобы при условии полного осаждения из водных растворов получить осадки со стехиометрическим соотношением  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2 = 3:2$ , соответствующим муллиту, и  $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{TiO}_2 = 1:1$ , соответствующим тиапиту, при соблюдении соотношения муллит : тиапит = 1:1. Соотношение соль:осадитель задавалось через определенные значения pH осаждения.

Важным фактором, влияющим на свойства осадка, является порядок осаждения. Согласно литературным данным [3], осадки, полученные при обратном порядке осаждения, имеют меньшие потери при прокаливании, и дисперсность их выше. На дисперсность осадка также влияет скорость сливания растворов. В работе применялось быстрое сливание растворов при обратном порядке осаждения, т.к. в этом случае осадки получаются более тонкодисперсными. Осаждение и старение осадков проводилось при комнатной температуре. Соосажденные осадки отделялись от маточного раствора, промывались дистиллированной водой и сушились. На основе полученных порошков формовались, методом полусухого прессования, образцы, которые обжигались при температурах 900-1450 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1-6 ч. Для изучения фазового состава проводились ДТА и РФА.

Дифференциально-термический анализ осадков до 1000 °С показал наличие двух эндоэффектов в области 145-160 °С и 294-340 °С, отражающих ступенчатый характер дегидратации.

Как свидетельствуют результаты РФА на основе технического диоксида титана, образцы, прошедшие термообработку в интервале температур 900-1200 °С, состоят из рутила и корунда. В то время как образцы, полученные на основе плазмохимического диоксида титана, наряду с этими фа-

зами до 1200 °С содержат фазу анатаза. При 1300° °С образцы содержат муллит и тиалит с сохранением некоторого количества рутила и корунда. Увеличение времени выдержки при 1450 °С ведет к увеличению интенсивности пиков тиалита и муллита.

Образцы, спрессованные при 35 МПа и обожженные при 1450 °С с 4-часовой выдержкой, имеют прочность при изгибе 15-20 МПа. Данные показатели выше прочности тиалитовой керамики. Повышенные показатели обеспечивают имеющиеся фазы муллита и корунда. Присутствие данных фаз в материале, в свою очередь, несколько увеличивает ТКЛР синтезированной керамики до  $(25...30) \cdot 10^{-7}$  град<sup>-1</sup>. Относительно невысокие значения ТКЛР синтезированных материалов свидетельствуют об их высокой термостойкости. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что использование метода совместного осаждения способствует снижению температуры начала образования тиалита, по сравнению с тиалитовой керамикой, полученной традиционным способом, а наличие фазы муллита ведет к повышению прочности керамики и незначительному повышению значений ТКЛР.

Синтезированная керамика может быть использована в качестве защитных покрытий в горелочных устройствах, в реактивных двигателях, двигателях внутреннего сгорания и т.п.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова Н.М., Силич Л.М. Жаропрочные стеклокристаллические материалы с низким коэффициентом термического расширения на основе титаната алюминия // Изв. АН СССР. Сер. неорг. матер., 1982. - Т. 18, № 3. - С. 522-525.
2. Бережной А.С. Многокомпонентные щелочные оксидные системы. - Киев: Наук. думка, 1988. - 200 с.
3. Чалый В.П. Гидроксиды металлов для неорганического синтеза // Развитие неорганической химии на Украине / Под ред. А.В. Городегского. - Киев: Наук. думка, 1987. - С. 177-186.