

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СПЕКАНИЯ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ $\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

Левицкий И. А. д.т.н., профессор, Кичкайло О. В. к.т.н., Тригубович А. И.

Белорусский государственный технологический университет

Литийсодержащая алюмосиликатная керамика характеризуется близкими к нулю значениями температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) в широком температурном интервале. Указанная особенность данной керамики обеспечивает возможность выдерживать без разрушения резкие изменения температуры. Данное свойство позволяет использовать данный тип материала для изготовления высокотермостойких электроизоляционных изделий.

Нами ранее [1] синтезированы керамические материалы в сечении литийалюмосиликатной системы, расположенные на диаграмме состояния в границах полей кристаллизации сподумена и эвкриптита. Недостатком указанной керамики являются высокие значения водопоглощения образцов, что не всегда позволяет применять данный тип масс при изготовлении технической керамики, к которой предъявляются высокие требования по низкому показателю водопоглощения и повышенной механической прочности изделий.

Согласно задачам исследования в качестве индивидуальных добавок, повышающих степень спекания материалов, применялись следующие: рубленое кремнеземное волокно с длиной волокон 5–25 мм, а также Cr_2O_3 , электрокорунд и серпентин. Рубленое кремнеземное волокно и Cr_2O_3 вводились в количестве 0,5–1 %* с шагом 0,5 %, электрокорунд и серпентин – 1–10 % с интервалом 5 %.

Исходный состав литийалюмосиликатной керамической массы включал: каолин просяновский марки КН-83 (Украина), песок кварцевый марки ВС (Беларусь), карбонат лития марки ЛУ-1 (Россия), глинозем марки NO-105 (Германия), глину «Керамик-Веско» (Украина) и апатитовый концентрат хибинский марки «Стандарт» (Россия) [1].

Сырьевые материалы измельчали мокрым помолом составляющих компонентов до остатка на сите № 0063 в количестве 1,2–1,5 %. Массы высушивали и из них готовили пресс-порошки с последующим увлажнением водой до влажности 4–6 % и вылеживанием в течение 3-х суток.

Образцы изделий изготавливали методом полусухого прессования при удельном давлении 10–12 МПа с последующей сушкой до влагосодержания не более 1 %. Обжиг образцов осуществляли в лабораторной электрической печи при температуре 1250 ± 5 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1,0 ч.

Исследование физико-химических свойств образцов проводили согласно стандартным методам керамического производства.

Установлено, что наиболее значимое влияние на повышение физико-химических свойств образцов оказывают добавки рубленого кремнеземного волокна. Показатели водопоглощения образцов при этом снижаются от 23,3 % без добавок до 2,6; 1,4 и 0,8 % соответственно при введении 0,5; 1,0 и 1,5 % кремнеземного волокна.

Механическая прочность образцов при изгибе с введением рубленого стекловолокна также вырастает от 14,0 МПа до 20,3; 26,2 и 28,8 МПа соответственно при добавке 0,5; 1,0 и 1,5 %.

ТКЛР опытных образцов при введении указанной добавки также изменяются. У исходного состава он составляет минус $0,04 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и возрастает до минус $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и минус $0,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при добавке 0,5 и 1,0 % кремнеземного волокна соответственно, а при 1,5 % – до плюс $0,66 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Добавка серпентина также оказывает положительное влияние на повышение характеристик физико-химических свойств образцов.

* здесь и далее по тексту приведено массовое содержание (мас. %).

Так, при введенні 1,0; 5,0 и 10,0 % указанной добавки значения водопоглощения снижаются до 2,7; 1,8 и 0,6 %. Механическая прочность при изгибе соответственно количеству введенных добавок возрастает и составляет 20,1; 22,7 и 27,8 МПа. ТКЛР образцов имеет положительные и низкие значения, составляющие соответственно $0,31 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; $0,82 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ и $1,23 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Триоксид хрома также снижает значения водопоглощения соответственно его вводимому количеству. 0,5 % добавки снижает значения водопоглощения до 6,7 %. Cr_2O_3 в количествах 1,0 и 1,5 % приводит к снижению значений водопоглощения до 4,8 и 3,2 % соответственно. Механическая прочность при изгибе при этом соответственно возрастает до значений 17,6; 18,0 и 18,4 МПа. ТКЛР опытных образцов несущественно изменяют добавки Cr_2O_3 , которые остаются отрицательными в узком интервале значений от минус $0,35 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ до минус $0,21 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Электрокорунд наименее значимо снижает значения водопоглощения, которые составляют 11,7; 8,2 и 3,2 % при добавке его в количестве 1,0; 5,0 и 10,0 %. Механическая прочность при изгибе образцов при этом возрастает до значений 18,5; 22,2 и 28,1 МПа. Что касается показателей ТКЛР, то они изменяются в узком интервале значений, которые соответственно составляют минус $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при добавке 1,0 % электрокорунда, плюс $0,05 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ – при введении 5 % и плюс $0,09 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ – при содержании 10 % электрокорунда.

Проведенные исследования позволяют констатировать, что интенсификация процессов спекания литийалюмосиликатной керамики наиболее существенно возрастает в ряду исследованных добавок и их количественного содержания: рубленое кремнеземное волокно → серпентин → триоксид хрома → электрокорунд.

При этом значения ТКЛР всех образцов остаются близкими к нулю, обеспечивая высокую термостойкость изделий.

Характеристики электрофизических свойств модифицированных керамических масс также зависят от введенных добавок. Так относительная диэлектрическая проницаемость при температуре 20 °С и частоте 10^{10} Гц у исходной массы составляет 6,7. При введении добавок кремнеземного стекловолокна ее значения снижаются до 6,4; 6,1 и 6,0 соответственно количеству введенного рубленого волокна – 0,5; 1,0 и 1,5 %. Тангенс угла диэлектрических потерь при температуре 20 °С и частоте 10^{10} Гц возрастает соответственно до значений 135; 140 и 145. При 700 °С эти значения составляют соответственно 560; 568 и 571. Близкие к указанным значениям характеристики электрофизических свойств керамики, модифицированной серпентином. Относительная диэлектрическая проницаемость при температуре 20 °С и частоте 10^{10} Гц составляет соответственно количеству введенных добавок 1,0; 5,0 и 10,0 % – 6,8; 6,7 и 6,5. Тангенс угла диэлектрических потерь при тех же условиях составляет соответственно 115; 147 и 149, а при температуре 700 °С – соответственно 565; 561 и 574. Эти же количества электрокорунда снижают относительную диэлектрическую проницаемость при указанных значениях температуры и частоты до 6,3; 6,2 и 6,1 соответственно. Тангенс угла диэлектрических потерь составляет при температуре 20 °С – 145; 140 и 138; а при 700 °С – 586; 575 и 570.

Значения относительной диэлектрической проницаемости незначительно повышаются при введении 0,1; 0,5 и 1,0 % Cr_2O_3 и составляют 7,0; 7,1 и 7,3. Тангенс угла диэлектрических потерь при температуре 20 °С находится в интервале 135–138; при 700 °С возрастает до значений 561–575.

Литература

1. Кичкайло О. В. Интенсификация спекания термостойкой керамики на основе системы $\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ / О. В. Кичкайло, И. А. Левицкий // Огнеупоры и техническая керамика. – 2015. – №10. – С. 3–13