

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВ

СУН ХАОПЭН, А.Г.МЕЛЬНИКОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: HaopengSong@outlook.com

Введение

Интенсивно развивается производство и применение мощных импульсных ускорителей. Которые будут использоваться как в научных, так и в медицинских учреждениях. Есть проблемы, одной из которых является использование органического и жидкого диэлектрика в формирующей линии. Жидкий и органический диэлектрик в формирующей линии возможно заменить на керамический изолятор. Керамика менее восприимчива рентгеновскому излучению, что делает ее лучше органических изоляторов^[1]. Но такая керамика должна обладать специально заданными параметрами. На сегодняшний день керамика с такими характеристиками в литературе не встречается.

Целью данной работы является: выбор состава керамического изделия, изготовление опытных образцов для дальнейшего определения электрофизических свойств^[2].

Материалы и методы исследования

В качестве основных материалов для изготовления керамики использовали коммерческие порошки компании ООО НПП «Химметпродукт»: BaTiO₃. В роли активирующих добавок были такие промышленные порошки SiO₂, ZrO₂ и Al₂O₃, имеющие субмикронные размеры.

Таблица 1 – Составы смесей порошков и их теоретическая плотность.

№	Содержание, мас. %	Теоретическая плотность ρ , г/см ³
1	40% BaTiO ₃ – 20% Al ₂ O ₃ – 20% ZrO ₂ – 20% SiO ₂	4,18
2	70% BaTiO ₃ – 10% Al ₂ O ₃ – 10% ZrO ₂ – 10% SiO ₂	4,93
3	10% BaTiO ₃ – 30% Al ₂ O ₃ – 30% ZrO ₂ – 30% SiO ₂	3,62

Порошки смешивали в энергонапряженной планетарной шаровой мельнице «Активатор 2SL». Порошки обрабатывали в течение 15, 30, 45 минут при частоте вращения барабанов 20 Гц. Мелющими телами являлись диоксидциркониевые шары. Масса шаров составляет 290 грамм с диаметром 6 мм. Весовое соотношение порошка к шару составляет 1:5.

Формирование образцов керамики для дальнейшего спекания проводили по схеме одноосного прессования на гидравлическом прессе в стальной цилиндрической пресс-формы диаметром 23 мм. С целью определения влияния давления прессования на геометрические параметры прессуемых керамик и их плотности образцы прессовали до 2 т/см², 2,5 т/см² и 3 т/см². Масса готовых спрессованных образцов керамики составляла 3 грамма. Полученные прессовки представляли собой цилиндры диаметром 23 мм и высотой 5 мм.

Для свободного атмосферного спекания образцов использовали высокотемпературную лабораторную электропечь ТК-27 по режиму. Спекание спрессованных образцов проводили при температурах 1500 °С, выдержка составляла 1 ч., скорость изменения температуры в печи 200 °С/час.

Испытание электрической прочности полученных образцов керамики производились на установке, разработанной в лаборатории. Установка проектировалась с максимально похожими электрическими характеристиками импульсного ускорителя (рисунок 1). Образец помещается в трансформаторное масло. Испытания завершаются в момент пробоя образцов.

Параметры выходного импульса напряжения испытательной установки:

- Фронт импульса $T_1 = 40$ нс
- Длительность импульса на полу высоте – 80 нс
- Частота следования импульсов – 870 Гц;

- Амплитуда напряжения импульсов – 12 кВ.

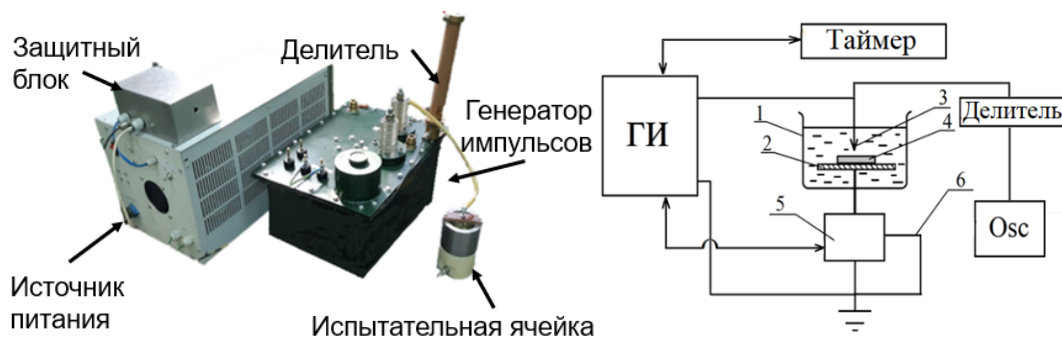


Рисунок 1 – Схема установки для испытаний керамической изоляции (ГИ – генератор; 1 – сосуд с маслом; 2 – плоский электрод; 3 – высоковольтный электрод; 4 – образец; 5 – токовый шунт; 6 – кабель; Osc – осциллограф)

Результаты эксперимента

По результатам измерений были построены графики, рисунок 2-3, зависимости плотности от давления прессования образцов в зависимости от разного время обработки. Образцы спекались при температуре 1500 °С.

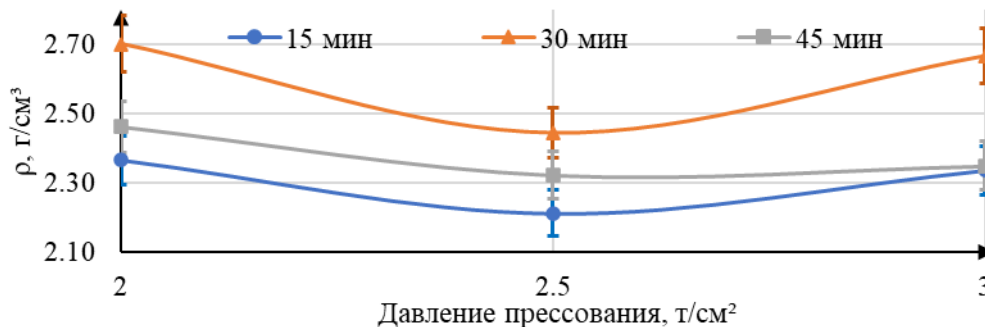


Рисунок 2 – График зависимости плотности образцов от давления прессования. Спекание при 1500 °С для композиции $\text{BaTiO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ с процентным соотношением элементов 10-30-30-30

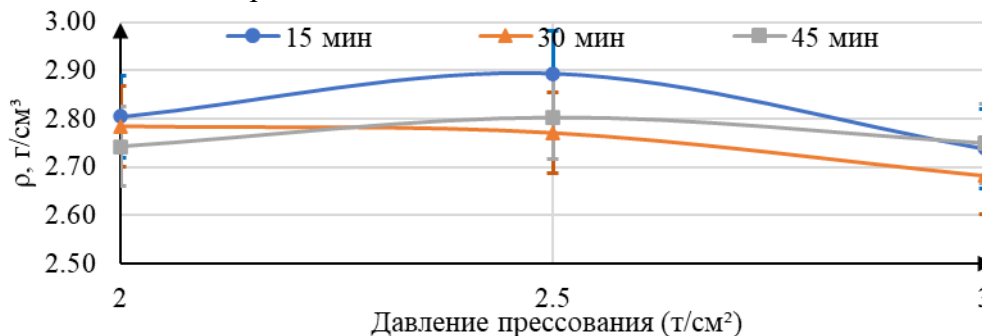


Рисунок 3– График зависимости плотности образцов от давления прессования. Спекание при 1500 °С для композиции $\text{BaTiO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ с процентным соотношением элементов 40-20-20-20

Из полученных данных для проведения электрофизических испытаний были выбраны образцы, показавшие максимальную плотность при спекании. $\text{BaTiO}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ с процентным соотношением элементов 40-20-20-20 и временем обработки 15, 30, 45 мин.

Таблица 2 – Ресурс керамических образцов

Состав	Процентное соотношение	Температура	Время обработки	Время t,с	Кол-во импульсов n
BaTiO ₃ -Al ₂ O ₃ -ZrO ₂ -SiO ₂	40-20-20-20	1500	15	11500	>1·10 ⁷
			30	11500	>1·10 ⁷
			45	11500	>1·10 ⁷

Выводы

В работе разработан состав керамического материала на основе титаната бария с легирующими добавками оксида алюминия, циркония и кремния (BaTiO₃-Al₂O₃-ZrO₂-SiO₂ 40 %-20%-20%-20%)

Разработан технологический процесс получения данного керамического материала, включающий: смешивание исходных порошков в активаторе в течение от 15 до 45 минут, прессование при давлении от 2 до 3 т/см², спекание при температуре 1500 °С в течение 1 часа.

Составы BaTiO₃-Al₂O₃-ZrO₂-SiO₂ выдержал максимальное значение требуемых импульсов 1·10⁷ в течение 3-х часов и в итоге не наблюдался электрический пробой.

Данный технологический процесс позволил получить керамический материал с электрофизическими свойствами, позволяющими использовать данный материал в качестве изолятора в импульсной ускорительной технике.

Список литературы

1. Дмитренко В.П., Мануйлова Н.Б. Материаловедение в машиностроении: Учебное пособие. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 432 с.
2. Wang X, Zhang Y, Song X, et al. Glass additive in barium titanate ceramics and its influence on electrical breakdown strength in relation with energy storage properties // Journal of the European Ceramic Society, 2012, 32(3): 559-567.