УДК 66.65

Г.В. Лисачук, К.В. Белогубкина, Р.В. Кривобок,
О.Ю. Федоренко, А.В. Захаров (НТУ «ХПИ» г. Харьков, Украина)

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОПРОЗРАЧНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИЙ СИСТЕМЫ BaO-ZnO-Al_2O_3-SiO_2

В условиях эксплуатации летательных аппаратов головные обтекатели, защищающие радиоантенное оборудование, испытывают значительные напряжения механического и термического происхождения. В связи с этим, с учетом выполнения требований по радиопрозрачности для изготовления обтекателя приоритетным является использование жаропрочных, высокопрочных и термостойких керамических материалов. По сравнению с монофазными керамические радиопрозрачные материалы на основе двух или более фаз, обеспечивают низкий коэффициент отражения радиоволн (до 1%) в интервале рабочих температур и частот при одновременном повышении прочности и термостойкости обтекателей [1].

В данной работе представлены результаты разработки составов и исследования свойств радиопрозрачной керамики виллемит-цельзианового состава на основе композиций системы ZnO – BaO – Al_2O_3 – SiO_2. Исследования субсолидусного строения данной системы свидетельствует о возможности синтеза целевого комплекса фаз при температуре 1200 °С в пределах существования тетраэдра Zn_2SiO_4-$ZnAl_2O_4$-SiO_2-$BaAl_2(SiO_4)_2$ с температурой эвтектики 1320 °С.

Для приготовления технологических смесей использовали новоселовский кварцевый песок (99,53% SiO_2; 0,04% Fe_2O_3; 0,2% CaO), металлургический глинозем Г-00, цинковые белила и карбонат бария. В качестве исходной массы (I_0) использовали состав, разработанный при соблюдении соотношения $BaAl_2Si_2O_8 : Zn_2SiO_4 = 1 : 1$ с учетом стехиометрии фаз. Для интенсификации процессов спекания и фазообразования керамики использовали добавки: L (2 масс. % Li_2O) и E (1 % эвтектической смеси системы Li_2O–SnO_2), которые вводили в массы (I_L и I_E соответственно) сверх 100 % [2]. Технология изготовления образцов включала синтез целевых фаз (обжиг с выдержкой 1 час при максимальной температуре 1200 °С и скорости нагрева 10 °С/мин), приготовление водных суспензий с влажностью 30 %, шликерное литье образцов в виде полого конуса и спекание изделий (выдержка 1 час при максимальной температуре 1200 °С и скорости нагрева 15 °С /мин). Для готовых образцов определяли характеристики спекания, электрофизические и физико-механические свойства (рисунок 1).

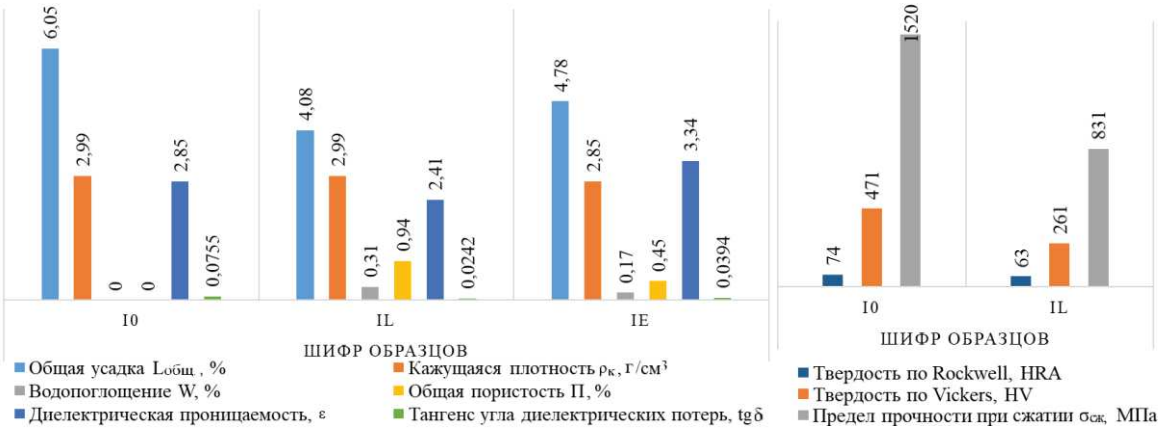
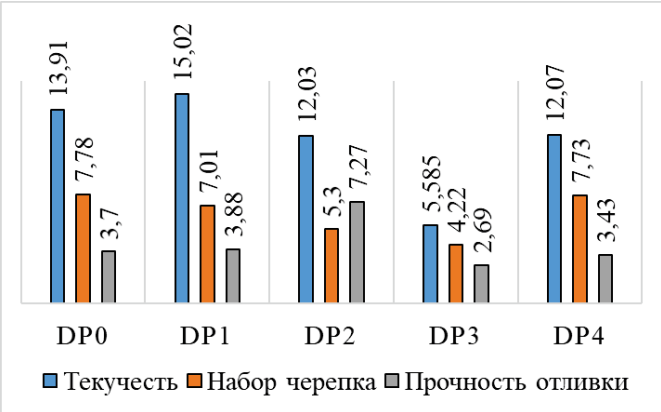


Рисунок 1 – Свойства образцов виллемит-цельзиановой керамики

Фазовый состав полученных материалов определяли методом рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН 3М. Согласно данным РФА в составе полученных образцов керамики идентифицированы виллемит Zn_2SiO_4 (*d*=0,699; 0,403; 0,349; 0,2837; 0,2636; 0,2318 нм) и цельзиан (0,4594; 0,3856; 0,3784; 0,3518; 0,3455; 0,3315; 0,3254; 0,3008; 0,2764; 0,2569 нм) при незначительном содержании рентгеноаморфной фазы. Такой фазовый состав керамики обеспечивает необходимый для радиопрозрачных материалов уровень электрофизических характеристик (tg $\delta = 10^{-2}$–10^{-5}, $\varepsilon < 10$). Результаты исследований показали (рисунок 1), что введение добавок L и E способствует уменьшению диэлектрических потерь при незначительном увеличении общей пористости керамики (П = 0,45–0,94 %). Низкие показатели водопоглощения образцов I_0 и I_L (W = 0–0,31 %) свидетельствуют о достижении максимальной степени спекания, тогда как образцы серии I_E, содержащие эвтектическую добавку, имели признаки высокотемпературной деформации. Высокий уровень спекания и синтез заданных фаз обеспечивают повышенные физико-механические свойства керамики. Наиболее высокий уровень физико-механических свойств наблюдается для образцов I_0, не содержащих добавок. Как видно из полученных данных, введение добавки Li_2O существенно снижает показатели твердости и предела прочности при сжатии виллемит-цельзиановой керамики (на 60 % и 55 % соответственно).

Определение параметров формования полуфабрикатов при изготовлении керамических обтекателей является важной технологической задачей. Выбор количества добавок для регулирования свойств шликера виллемит-цельзиановой керамики проводили с учетом необходимости повышения прочности отливки из непластичных шликеров, а также оптимального с точки зрения технологии уровня их свойств [3-5]: текучесть шликера – 6÷12 с, скорость набора массы – 5÷8 г/мин. Для оптимизации реологических свойств непластичных шликеров с учетом рекомендаций фирмы-изготовителя [3] использо-

вали препарат Dolapix PC 67 (натриевая соль поликарбоновой кислоты). Для повышения прочности отливки в шликер вводили ПВС 1788 [4]. На основании полученных данных (рисунок 2) установлен состав комплексной добавки для получения шликера с высокой текучестью (τ_1=12,03 с) и скоростью набора черепка (5,3 г/мин), введение которой обеспечивает высокую прочность отливки ($\sigma_{изг}$=7,27 МПа), масс. %: Dolapix PC 67 – 0,14; ПВС 1788 – 1,05 при дозировке сверх 100 % на сухое вещество).



	Dolapix PC 67	ПВС 1788
DP_0	0,42	1,05
DP_1	0,42	0,35
DP_2	0,14	1,05
DP_3	0,14	0,35
DP_4	0,28	1,05

Рисунок 2 – Влияние добавок физико-механические свойства шликеров

Вышеуказанные рецептурно-технологические параметры послужат основой для разработки технологии изготовления радиопрозрачных обтекателей из виллемит-цельзиановой керамики, обладающей рядом технологических преимуществ (максимальной степенью спекания при сравнительно небольшой усадке и кажущейся плотности), а также комплексом необходимых диэлектрических и физико-механических характеристик, определяющих эффективность ее использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиопрозрачные стеклокерамические материалы / Н. Е. Уварова и др.] // Успехи в химии и хим. технологии. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2007. – Т. 21, № 7. – С. 96–97.

2. Influence of complex activators of sintering on creating radio-transparent ceramics in $SrO–Al_2O_3–SiO_2$ / G. Lisachuk, R. Kryvobok, A. Zakharo, and oth. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologie. – 2017. – 1/6 (85). – С. 10–15.

3. Zschimmer&Schwarz. Ceramic auxiliaries: Suspension aids. – https://www.zschimmer-schwarz.com

4. Shanefield D. J. Organic additives and ceramic processing. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1996. – 316 p.

5. Дятлова Е.М., Климош Ю. А. Химическая технология керамики и огнеупоров. – Минск.: БГТУ, 2014. – 224 с.