

Г. В. ЛІСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОЩУК

ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ ЦЕЛЬЗІАНОВОЇ ТА СЛАВСОНІТОВОЇ КЕРАМІКИ ЗА ОДНОСТАДІЙНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

На основі системи $RO-Al_2O_3-SiO_2$ отримують радіопрозорі керамічні матеріали кордієритового, цельзіанового та анортитового складу, які володіють низькими діелектричними характеристиками. Таким вимогам відповідає одна з основних фаз системи $BaO-Al_2O_3-SiO_2$ – цельзіан ($BaAl_2Si_2O_8$), температура плавлення якого складає $1740\text{ }^\circ\text{C}$, а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від $1300\text{ }^\circ\text{C}$, а також одна з основних фаз системи $SrO-Al_2O_3-SiO_2$ – славсоніт ($SrAl_2Si_2O_8$), який зазнає конгруентного плавлення за температури $1765\text{ }^\circ\text{C}$, а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від $1400\text{ }^\circ\text{C}$. Мета роботи – вивчення технологічних параметрів отримання цельзіанової та славсонітової кераміки за одностадійною технологією. Відповідно до субсолідусної будови трикомпонентної системи $RO-Al_2O_3-SiO_2$ ($RO = BaO, SrO$), синтез необхідних фаз доцільно проводити з чистої сировини та, враховуючи наявність домішок, що погіршують діелектричні характеристики, синтез необхідних кристалічних фаз проведено з технічної сировини. Фігуративні точки складів обраних сполук відповідають їх стехіометричному складу (для славсоніту, мас. %: $SrO - 31,99; Al_2O_3 - 30,93; SiO_2 - 37,08$; для цельзіану, мас. %: $BaO - 40,85; Al_2O_3 - 27,17; SiO_2 - 31,98$). Встановлено, що фізичні характеристики отриманих зразків, покращуються з підвищенням температури випалу на $100\text{ }^\circ\text{C}$, однак далекі від бажаного рівня. Діелектричні характеристики отриманих матеріалів знаходяться в межах вимог, що висуваються до радіопрозорих матеріалів. Враховуючи досліджені фізичні властивості та отримані рентгенограми випалених зразків з метою отримання щільноспеченого матеріалу вирішено модельні композиції досліджувати з додаванням інтенсифікуючих добавок та вивчити їх вплив на властивості випалених зразків.

Ключові слова: радіопрозора кераміка, цельзіан, славсоніт, діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат, рентгенофазовий аналіз, інтенсифікуючі добавки.

Вступ. Найбільш перспективним напрямком створення радіопрозорі кераміки є використання високотермостійких неорганічних матеріалів таких як ситали, кварцова та високоглиноземиста кераміки. Ці матеріали мають досить малий тангенс кута втрат ($\text{tg}\delta < 0,001$), низькі показники діелектричних властивостей ($\epsilon < 10$) та високу стабільність показників властивостей при зміні робочих температур [1].

Керамічним способом можна отримувати склокристалічні матеріали із щільноспеченою та регульованою пористою структурою, а порошкова технологія в порівнянні з ситаловою забезпечує підвищену стабільність та відтворюваність фізико-хімічних властивостей матеріалів. Однак, не зважаючи на різноманіття наукових розробок, виготовлення матеріалів на основі алюмосилікатних систем є енерговитратним процесом (температура випалу переважно перевищує $1300\text{ }^\circ\text{C}$ [2, 3]).

Таким чином, мета роботи – вивчення технологічних параметрів отримання цельзіанової та славсонітової кераміки за одностадійною технологією, є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На основі системи $RO-Al_2O_3-SiO_2$ отримують радіопрозорі керамічні матеріали кордієритового, цельзіанового та анортитового складу, які відповідно до вимог [4, 5] володіють низькими діелектричними характеристиками (діелектрична проникність < 6 , тангенс кута діелектричних втрат $< 10^{-3}$). Таким вимогам відповідає одна з основних фаз системи $BaO-Al_2O_3-SiO_2$ – цельзіан ($BaAl_2Si_2O_8$), температура плавлення якого складає $1740\text{ }^\circ\text{C}$, а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від $1300\text{ }^\circ\text{C}$, а також одна з основних фаз системи $SrO-Al_2O_3-SiO_2$ – славсоніт

($SrAl_2Si_2O_8$). За даними [6] славсоніт зазнає конгруентного плавлення за температури $1765\text{ }^\circ\text{C}$, а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від $1400\text{ }^\circ\text{C}$.

Вірогідність утворення цельзіану при використанні різних сировинних композицій, що містять каолін, глинозем, кварцовий пісок, карбонат барію та сульфат барію була розглянута в роботі [7]. Згідно результатів термодинамічних розрахунків встановлено, що синтез цельзіану на основі сульфату барію в комбінації з технічним глиноземом та кварцовим піском не є доцільним, оскільки відповідна реакція характеризується додатними значеннями енергії Гіббса. При взаємодії сульфату барію з каолінітом утворення цельзіану можливе, однак абсолютні значення енергії Гіббса відповідної реакції є значно меншими у порівнянні зі значеннями для реакції утворення цельзіану в комбінації карбонату барію та каолініту.

Термодинамічні дослідження ймовірності утворення славсоніту, результати яких детально були викладені в роботах [8], дали змогу описати процес синтезу фази та можливість визначення оптимальних температуро-часових режимів. З проведених розрахунків витікає, що оптимальним процесом отримання кристалічної фази славсоніту є інтенсифікація реакції взаємодії кварцу з карбонату стронцію, а також метасилікату стронцію, кварцу та глинозему. Однак дослідження з отримання славсонітової кераміки у розглянутих роботах завершуються на етапі синтезу кристалічної фази, тому розробка технології отримання керамічних виробів складної форми на основі славсоніту є актуальною задачею матеріалознавства.

© Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Волощук В.В., 2022

Зважаючи на проведенний огляд субсолідусної будови трикомпонентної системи $RO-Al_2O_3-SiO_2$ ($RO = BaO, SrO$), синтез необхідних фаз доцільно проводити з чистої сировини та, враховуючи наявність домішок що погіршують діелектричні характеристики (вміст $Fe_2O_3 + TiO_2$ не більше 0,15 мас. % [9, 10]), синтез необхідних кристалічних фаз буде проведено з технічної сировини. За результатами експериментів будуть порівняні експлуатаційні властивості зразків та рекомендовані шляхи створення радіопрозорого керамічного матеріалу.

Експериментальна частина.

Для проведення первинного експерименту з визначення робочих характеристик керамічних матеріалів в системі $RO-Al_2O_3-SiO_2$ ($RO = BaO, SrO$) обрано дві основні кристалічні фази славсоніт та цельзіан, які за рівнем електродинамічних характеристик відповідають вимогам до РПМ. На їх основі були створені експериментальні славсонітовий (RTC-S) та цельзіановий (RTC-C) склади. Результати розрахунків шихтового та хімічного складу модельних композицій наведено у табл. 1 та 2.

Таблиця 1 – Шихтовий склад модельних мас

Сировинні матеріали	Шифр модельної композиції	
	RTC-S	RTC-C
Кварц молотий	32,39	28,66
Глинозем марки Г-00	27,67	24,52
Карбонат стронцію	39,94	–
Карбонат барію	–	46,82

Фігуративні точки складів обраних сполук відповідають їх стехіометричному складу (для

славсоніту, мас. %: $SrO - 31,99$; $Al_2O_3 - 30,93$; $SiO_2 - 37,08$; для цельзіану, мас. %: $BaO - 40,85$; $Al_2O_3 - 27,17$; $SiO_2 - 31,98$).

Для отримання експериментальних зразків в лабораторних умовах сировинні матеріали подрібнювали сухим способом в кульових лабораторних млинах до повного проходження крізь сито № 0063. Потім сировинні суміші змішували шляхом трикратного пропускання крізь сито № 0315. Формування проводили напівсухим способом на лабораторному гідравлічному пресі ПРГ-10 під тиском 20 МПа. В якості тимчасової зв'язки використовувався водний розчин КМЦ.

Таблиця 2 – Хімічний склад модельних мас

Компоненти	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	BaO	SrO	в.п.п
RTC-S	32,19	27,44	0,03	0,01	0,07	–	27,75	12,51
RTC-C	28,48	24,32	0,02	0,01	0,06	36,38	–	10,73

Після сушки до залишкової вологості менше 1 % зразки випалювали в лабораторній муфельній печі за температур 1350 та 1450 °С з витримкою протягом 1 години та охолоджували разом із піччю. Отримані зразки піддавали механічній обробці для визначення фізичних та діелектричних властивостей цельзіанової та славсонітової керамік. Узагальнені результати досліджень властивостей лабораторних зразків представлені в табл. 3.

З отриманих результатів бачимо, що фізичні характеристики зразків, отриманих за даних технологічних параметрів, покращуються з підвищенням температури випалу на 100 °С, однак далекі від бажаного рівня.

Таблиця 3 – Властивості дослідних керамічних зразків

Назва властивостей	Температура випалу дослідних зразків, °С			
	1350		1450	
	RTC-S	RTC-C	RTC-S	RTC-C
Водопоглинання $W, \%$	26,3	25,4	21,1	22,6
Загальна усадка $L, \%$	0,8	1,4	3,9	1,7
Пористість відкрита $P_{відкр}, \%$	41,4	38,1	33,4	32,5
Уявна щільність $\rho_{уяв}, \text{кг/м}^3$	1720	1590	1980	1640
Діелектрична проникність ϵ	9,6	7,1	9,8	8,4
Тангенс кута діелектричних втрат	0,011	0,009	0,017	0,014

Діелектричні характеристики отриманих матеріалів знаходяться в межах вимог, що висуваються до РПМ.

На рис. 1 – 4 представлені штрих-рентгенограми та перелік кристалічних фаз зразків кераміки славсонітового та цельзіанового складів, випалених за температур 1350 °С та 1450 °С з витримкою за максимальної температури протягом 1 години та подальшим охолодженням разом із піччю.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Враховуючи досліджені фізичні властивості та отримані рентгенограми випалених зразків з метою отримання щільноспеченого матеріалу вирішено модельні композиції досліджувати з додаванням інтенсифікуючих добавок та вивчити їх вплив на властивості випалених зразків.

Авторами робіт [11] було досліджено можливі шляхи утворення та умови низькотемпературного синтезу славсонітової фази. Досліджено вплив інтенсифікуючих добавок на формування славсоніту в умовах низько-температурного синтезу, а також

вплив однокомпонентних та багато-компонентних евтектичних добавок на інтенсифікацію процесів структуро- і фазоутворення славсонітової кераміки [12].

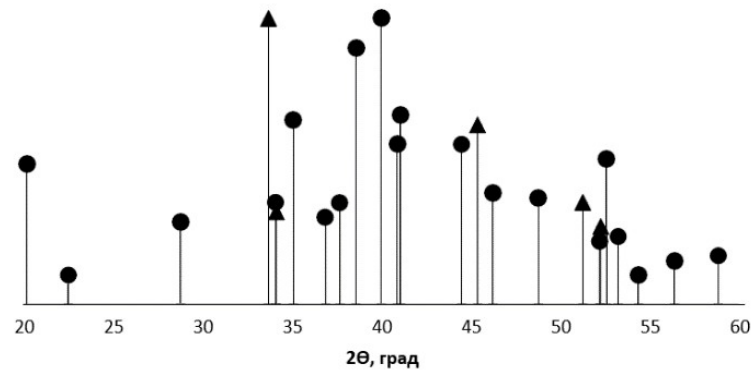


Рис. 1. Штрих-рентгенограма зразка RTC-C цельзіанової кераміки, випаленого за температури 1350 °С:

● – α -BaAl₂Si₂O₈, ▲ – β -BaAl₂Si₂O₈

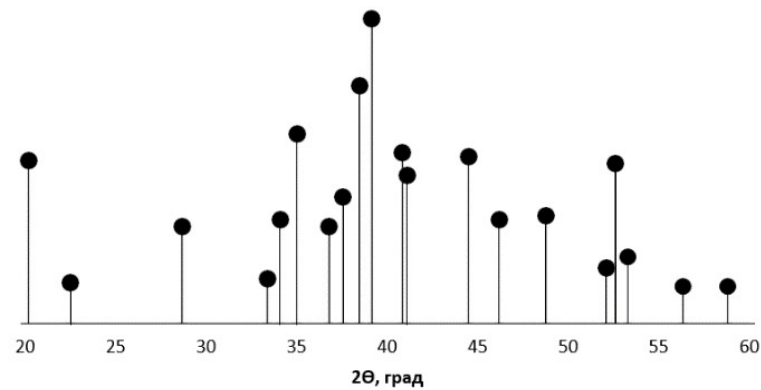


Рис. 2. Штрих-рентгенограма зразка RTC-C цельзіанової кераміки, випаленого за температури 1450 °С:

● – α -BaAl₂Si₂O₈, ▲ – β -BaAl₂Si₂O₈

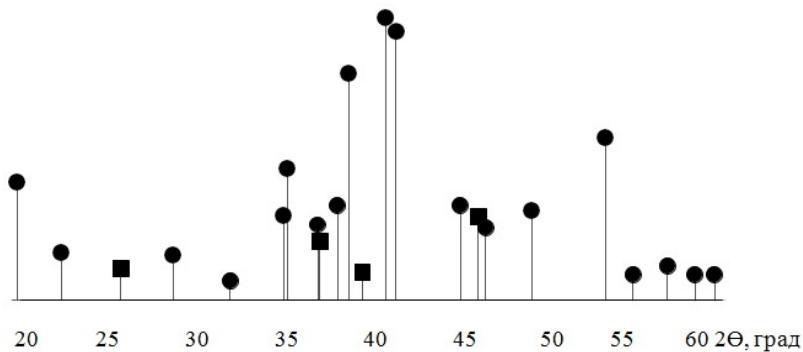


Рис. 3. Штрих-рентгенограма зразка RTC-S славсонітової кераміки, випаленого за температури 1350 °С:

● – славсоніт (SrAl₂Si₂O₈), ■ – метасилікат стронцію (SrSiO₃)

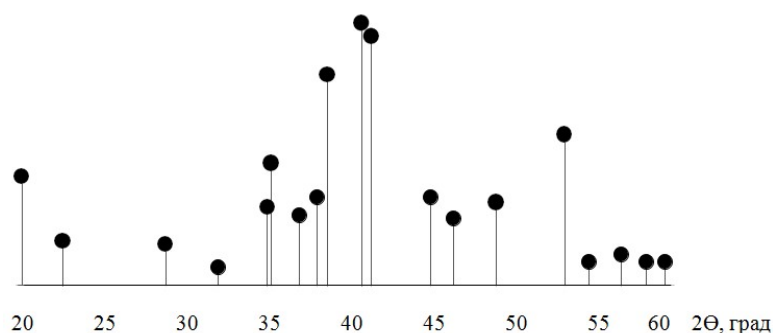


Рис. 4. Штрих-рентгенограма зразка RTC-S славсонітової кераміки, випаленого за температури 1450 °C:
● – славсоніт ($\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), ■ – метасилікат стронцію (SrSiO_3)

Однак аналогічних комплексних досліджень методів інтенсифікації процесу утворення фази цельзіану не виявлено. Тому важливість обраного напрямку та самого подальшого дослідження полягає в забезпеченні низькотемпературного синтезу кристалічної фази цельзіану та отримання щільноспечених радіопрозорих керамічних матеріалів на його основі з використанням інтенсифікуючих добавок

Список літератури

- Гнесин Г. Г. Радиопрозрачные материалы. *Неорганическое материаловедение* : энциклопедическое издание в 2 т. / под редакцией Г. Г. Гнесина, В. В. Скорохода. Т. 2, кн. 2. Киев : Наукова думка, 2008. С. 204–210.
- Гуртовник И. Г., Соколов В. И., Трофимов Н. Н., Шалгунов С. И. Радиопрозрачные изделия из стеклопластиков. Москва : Мир, 2003. 363 с.
- Пивинский Ю. Е., Ромашин А. Г. Кварцевая керамика. – Москва : Металлургия, 1974. 264 с.
- Ferone C., Liguori B., Marocco A., Anaclerio S., Pansini M., Colella C. Monoclinic (Ba, Sr)-celtsian by thermal treatment of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Microporous Mesoporous Materials*. 2010. Vol. 134 (1-3). P. 65–71.
- Marocco A., Liguori B., Dell'Agli G., Pansini M. Sintering behaviour of celtsian based ceramics obtained from the thermal conversion of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Journal of the European Ceramic Society*. 2011. Vol. 31. P. 1965–1973.
- Ptáček P., Šoukal F., Opravil T., Bartoničková E., Wasserbauer J. The formation of feldspar strontian ($\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) via ceramic route: Reaction mechanism, kinetics and thermodynamics of the process. *Ceramics International*. 2016. Vol. 42, No 7. P. 8170–8178.
- Бобкова Н. М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Минск: БГТУ, 2005. 331 с.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Fedorenko E. Y., Prytkina M. S. Thermodynamic analysis of solid phase reactions in $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ system. *Function Materials*. 2016. No 1 (23). P. 71–74.
- Fu Y.-P., Chang C.-C., Lin C.-H., Chin T.-S. Solid-state synthesis of ceramics in the $\text{BaO} - \text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ system. *Ceramics International*. 2004. Vol. 30. P. 41–45.
- Sung Y.-M., Kim S. Sintering and crystallization of off-stoichiometric $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2$ glasses. *Journal of Materials Science*. 2000. Vol. 35. P. 4293–4299.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Chefranov E. V., Lapuzina O. M., Voloshchuk V. V., Samoilenko N. N. Technological parameters of ceramics creation on the basis of slavsonit. *Éptőanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials*. 2019. Vol 71, No 2. P. 48–53.
- Lisachuk G., Kryvobok R., Zakharov A., Tsovma V., Lapuzina O. Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, No 6 (85). P. 10–15.

Bibliography (transliterated)

- Gnesin G. G. Radioprozrachnyie materialyi. *Neorganicheskoe materialovedenie* : entsiklopedicheskoe izdanie v 2 t. / pod redaktsiey G. G. Gnesina, V. V. Skorohoda. T. 2, kn. 2. Kiev : Naukova dumka, 2008, pp. 204–210.
- Gurtovnik I. G., Sokolov V. I., Trofimov N. N., Shalgunov S. I. Radioprozrachnyie izdeliya iz stekloplastikov. Moskva : Mir, 2003. 363 p.
- Pivinskiy Yu. E., Romashin A. G. Kvaritsevaya keramika. – Moskva : Metallurgiya, 1974. 264 p.
- Ferone C., Liguori B., Marocco A., Anaclerio S., Pansini M., Colella C. Monoclinic (Ba, Sr)-celtsian by thermal treatment of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Microporous Mesoporous Materials*. 2010. Vol. 134 (1-3), pp. 65–71.
- Marocco A., Liguori B., Dell'Agli G., Pansini M. Sintering behaviour of celtsian based ceramics obtained from the thermal conversion of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Journal of the European Ceramic Society*. 2011. Vol. 31, pp. 1965–1973.
- Ptáček P., Šoukal F., Opravil T., Bartoničková E., Wasserbauer J. The formation of feldspar strontian ($\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) via ceramic route: Reaction mechanism, kinetics and thermodynamics of the process. *Ceramics International*. 2016. Vol. 42, No 7, pp. 8170–8178.
- Bobkova N. M. Fizicheskaya himiya tugoplavkih nemetallicheskih i silikatnyih materialov. Minsk: BGTU, 2005. 331 p.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Fedorenko E. Y., Prytkina M. S. Thermodynamic analysis of solid phase reactions in $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ system. *Function Materials*. 2016. No 1 (23), pp. 71–74.
- Fu Y.-P., Chang C.-C., Lin C.-H., Chin T.-S. Solid-state synthesis of ceramics in the $\text{BaO} - \text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ system. *Ceramics International*. 2004. Vol. 30, pp. 41–45.
- Sung Y.-M., Kim S. Sintering and crystallization of off-stoichiometric $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2$ glasses. *Journal of Materials Science*. 2000. Vol. 35, pp. 4293–4299.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Chefranov E. V., Lapuzina O. M., Voloshchuk V. V., Samoilenko N. N. Technological parameters of ceramics creation on the basis of slavsonit. *Éptőanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials*. 2019. Vol 71, No 2, pp. 48–53.
- Lisachuk G., Kryvobok R., Zakharov A., Tsovma V., Lapuzina O. Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, No 6 (85), pp. 10–15.

Надійшла (received) 19.10.2022

Лісачук Георгій Вікторович (Лисачук Георгий Викторович, Lisachuk George Viktorovich) – доктор технічних наук, професор, завідувач науково-дослідної частини НТУ «ХП»; м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7157-9115>; e-mail: lisachuk@kpi.kharkov.ua.

Кривобок Руслан Вікторович (Кривобок Руслан Викторович, Krivobok Ruslan Viktorovich) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник завідувача науково-дослідної частини НТУ «ХП»; м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2334-4434>; e-mail: krivobok491@gmail.com.

Волощук Валентина Василівна (Волощук Валентина Васильевна, Voloshchuk Valentyna Vasylivna) – молодший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП»; м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2120-3088>; e-mail: valenty93vol@gmail.com.

G. V. LISACHUK, R. V. KRYVOBOK, V. V. VOLOSHCHUK

STUDY OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF OBTAINING CELSIANE AND SLAVSONITE CERAMICS USING SINGLE-STAGE TECHNOLOGY

On the basis of the $RO-Al_2O_3-SiO_2$ system, radiotransparent ceramic materials of cordierite, celsian, and anorthite composition, which have low dielectric characteristics, are obtained. These requirements are met by one of the main phases of the $BaO-Al_2O_3-SiO_2$ system – celsian ($BaAl_2Si_2O_8$), the melting point of which is $1740\text{ }^\circ\text{C}$, and the beginning of active phase formation occurs at a processing temperature of $1300\text{ }^\circ\text{C}$, as well as one of the main phases of the $SrO-Al_2O_3-SiO_2$ is slavsonite ($SrAl_2Si_2O_8$), which undergoes congruent melting at a temperature of $1765\text{ }^\circ\text{C}$, and the beginning of active phase formation occurs at a processing temperature of $1400\text{ }^\circ\text{C}$. The purpose of the work is to study the technological parameters of obtaining celsian and slavsonite ceramics by one-stage technology. According to the subsolidus structure of the three-component system $RO-Al_2O_3-SiO_2$ ($RO = BaO, SrO$), it is advisable to synthesize the necessary phases from pure raw materials and, taking into account the presence of impurities that impair the dielectric characteristics, the synthesis of the necessary crystalline phases is carried out from technical raw materials. Figurative points of the compositions of the selected compounds correspond to their stoichiometric composition (for slavsonite, wt. %: $SrO - 31,99; Al_2O_3 - 30,93; SiO_2 - 37,08$; for celsian, wt. %: $BaO - 40,85; Al_2O_3 - 27,17; SiO_2 - 31,98$). It was established that the physical characteristics of the obtained samples improve with an increase in the firing temperature by $100\text{ }^\circ\text{C}$, but they are far from the desired level. The dielectric characteristics of the obtained materials are within the requirements for radio-transparent materials. Taking into account the investigated physical properties and the obtained radiographs of fired samples in order to obtain a densely sintered material, it was decided to investigate model compositions with the addition of intensifying additives and to study their influence on the properties of fired samples.

Keywords: radio-transparent ceramics, celsian, slavsonite, dielectric constant, dielectric loss tangent, X-ray phase analysis, intensifying additives.

Г. В. ЛИСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОЩУК

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЬЗИАНОВОЙ И СЛАВСОНИТОВОЙ КЕРАМИКИ ПО ОДНОСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

На основе системы $RO-Al_2O_3-SiO_2$ получают радиопрозрачные керамические материалы кордиеритового, цельзианового и анортитового состава, обладающие низкими диэлектрическими характеристиками. Таким требованиям отвечает одна из основных фаз системы $BaO-Al_2O_3-SiO_2$ – цельзиан ($BaAl_2Si_2O_8$), температура плавления которого составляет $1740\text{ }^\circ\text{C}$, а начало активного образования фазы происходит при температуре обработки от $1300\text{ }^\circ\text{C}$, а также одна из основных фаз системы $SrO-Al_2O_3-SiO_2$ – славсонит ($SrAl_2Si_2O_8$), который испытывает конгруэнтное плавление при температуре $1765\text{ }^\circ\text{C}$, а начало активного образования фазы происходит при температуре обработки от $1400\text{ }^\circ\text{C}$. Цель работы – изучение технологических параметров получения керамики цельзиановой и славсонитовой по одностадийной технологии. Согласно субсолидусному строению трехкомпонентной системы $RO-Al_2O_3-SiO_2$ ($RO = BaO, SrO$), синтез необходимых фаз целесообразно проводить из чистого сырья и, учитывая наличие примесей, ухудшающих диэлектрические характеристики, синтез необходимых кристаллических фаз произведен из технического сырья. Фигуративные точки составов выбранных соединений соответствуют их стехиометрическому составу (для славсонита, мас. %: $SrO - 31,99; Al_2O_3 - 30,93; SiO_2 - 37,08$; для цельзиана, мас. %: $BaO - 40,85; Al_2O_3 - 27,17; SiO_2 - 31,98$). Установлено, что физические характеристики полученных образцов улучшаются с повышением температуры обжига на $100\text{ }^\circ\text{C}$, однако далеки от желаемого уровня. Диэлектрические характеристики полученных материалов находятся в пределах требований, предъявляемых к радиопрозрачным материалам. Учитывая исследованные физические свойства и полученные рентгенограммы выжженных образцов с целью получения плотноиспеченного материала, решено модельные композиции исследовать с добавлением интенсифицирующих добавок и изучить их влияние на свойства выжженных образцов.

Ключевые слова: радиопрозрачная керамика, цельзиан, славсонит, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, рентгенофазовый анализ, интенсифицирующая добавка.