

Научная статья
УДК 54.057+666.3.016
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.077

СЛОИСТЫЙ ДВОЙНОЙ ГИДРОКСИД МАГНИЯ И АЛЮМИНИЯ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

Кирилл Андреевич Яковлев¹, Дмитрий Владимирович Майоров²

^{1,2}Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

¹k.iakovlev@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3338-1802>

²d.maiorov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7787-7455>

Аннотация

Представлены результаты исследований по изучению возможности введения модифицирующей добавки оксида магния в виде слоистого двойного гидроксида магния и алюминия на стадии синтеза прекурсора шихты алюмооксидной керамики.

Ключевые слова:

гидратированный оксид алюминия, гидрокарбонат алюминия-аммония, NH₄-давсонит, слоистый двойной гидроксид магния и алюминия, алюмооксидная керамика

Благодарности:

статья выполнена при поддержке федерального бюджета по теме государственного задания Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН № FMEZ-2022-0015.

Финансирование:

государственное задание по теме НИР № FMEZ-2022-0015.

Для цитирования:

Яковлев К. А., Майоров Д. В. Слоистый двойной гидроксид магния и алюминия в качестве модифицирующей добавки алюмооксидной керамики // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2024. Т. 15, № 1. С. 470–473. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.077.

Original article

LAYERED DOUBLE HYDROXIDE OF MAGNESIUM AND ALUMINUM AS A DOPANT FOR ALUMINA CERAMICS

Kirill A. Yakovlev¹, Dmitry V. Mayorov²

^{1,2}I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials
of the Kola Science Centre of RAS, Apatity, Russia

¹k.iakovlev@ksc.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3338-1802>

²d.maiorov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7787-7455>

Abstract

Possibility of magnesia doping at the stage of alumina ceramics batch synthesis by layered double hydroxide of magnesium and aluminum usage is presented.

Keywords:

hydrated alumina, ammonium aluminium carbonate hydroxide, NH₄-dawsonite, layered double hydroxide of magnesium and aluminum, alumina ceramics

Acknowledgements:

the article was supported by the federal budget on the topic of the state assignment of the I.V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the Kola Science Centre of RAS No. FMEZ-2020-0015.

Funding:

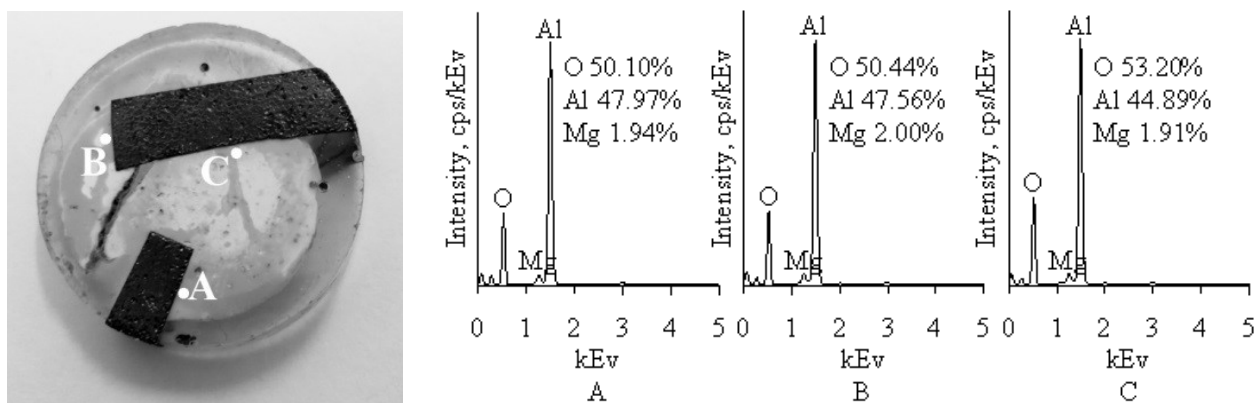
state assignment on the topic of research No. FMEZ-2020-0015.

For citation:

Yakovlev K. A., Mayorov D. V. Layered double hydroxide of magnesium and aluminum as a dopant for alumina ceramics // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 470–473. doi:10.37614/2949-1215.2024.15.1.077.

Очевидно, что свойства керамических изделий во многом определяются чистотой исходного сырья, а также плотностью и микроструктурой получаемого материала. Известно, что спекание корунда без применения модифицирующих добавок приводит к образованию крупных кристаллитов материала вследствие высокой скорости роста последних и, как следствие, к захвату пор и снижению общей плотности образца [1]. Для подавления скорости роста кристаллитов корунда используют модифицирующие добавки, например оксида магния, однако сам механизм действия скорости полностью не изучен. Наиболее распространённой является версия, согласно которой на поверхности кристаллитов корунда образуется слой шпинели, замедляющий скорость роста и влияющий на морфологию последних [2, 3]. Сложность процесса получения высокоплотной алюмооксидной керамики с применением модификаторов обусловлена необходимостью равномерного распределения добавки по объёму материала, так как её количество варьируется в пределах 0,01–1 % [4–6]. Данную задачу при использовании шихты из порошков соответствующих оксидов решают, как правило, совместным измельчением. Такой процесс связан с дополнительными материальными и временными затратами, поскольку продолжительность совместного измельчения может длиться десятки часов [7].

Можно предположить, что введение модифицирующей добавки MgO на стадии синтеза прекурсора оксида алюминия позволит равномерно распределить модификатор по объёму смеси, что позволит исключить дополнительную стадию совместного помола компонентов шихты. Ранее была показана возможность использования нетрадиционного алюмооксидного сырья — нефелина — с целью получения высокочистого корунда как компонента керамической шихты [8]. Технологическая цепочка данного метода подразумевает последовательный синтез алюминиевых квасцов, аммонизацию квасцов с получением гидратированного оксида алюминия (ГОА), синтез гидрокарбоната алюминия и аммония $\text{NH}_4\text{AlCO}_3(\text{OH})_2$ (ААСН) из ГОА и его термообработку для получения корунда. Введение модификатора MgO в предлагаемом процессе рационально представляется осуществлять на стадии синтеза прекурсора корунда — ААСН. С учётом специфики синтеза магнийсодержащий компонент должен представлять собой тонкодисперсный порошок, нерастворимый в карбонате аммония и не содержащий нежелательных примесей. Сформулированным требованиям соответствует такое вещество, как слоистый двойной гидроксид магния и алюминия $\text{Mg}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Mg-Al СДГ).



Внешний вид и спектры характеристического излучения в различных участках (А, В, С) образца

Синтез прекурсора оксида алюминия (ААСН) осуществляли описанным ранее способом [9] с внесением в реактор добавки Mg-Al СДГ в количестве, необходимом для получения смеси оксидов: 3 % MgO — 97 % Al_2O_3 . Далее ААСН подвергали термообработке при 1000 °С для исключения усадки материала. Полученный таким образом корунд смешивали со связкой (5 %-й раствор поливинилового спирта), прессовали в цилиндрические заготовки методом сухого одноосного прессования под давлением 100 МПа и подвергали обжигу в воздушной среде в режиме нагрев 5°/мин — изотермическая выдержка 2 ч при температуре 1500 °С. Анализируемая РСМА поверхность образца

подвергалась вскрытию с применением механической обработки и полировки. РСМА выполняли с использованием сканирующего электронного микроскопа ZEISS EVO (Carl Zeiss, Германия), оснащённого энергодисперсионным анализатором Ultim Max 100 (Oxford Instruments, Великобритания). Анализ выполняли, сканируя участки размером 150×200 мкм в различных областях образца.

Обработку данных проводили в поставляемом с прибором программном обеспечении AZtec Live. Регистрируемые спектры излучения, представленные на рисунке, демонстрируют, что получение прекурсоров шихты 3 % MgO — 97 % Al_2O_3 с внесением модификатора в виде Mg-Al СДГ на стадии синтеза ААСН позволяет равномерно распределить добавку магния в объёме материала: содержание Mg в различных участках составляет $1,95 \pm 0,04$ мас. %.

Список источников

1. Coble R. L. II. Experimental Test of Diffusion Model in Powder Compacts / J. Appl. Phys. 1961. Vol. 32, No. 5. P. 793–799.
2. Лукин Е. С. Современная высокоплотная оксидная керамика с регулируемой микроструктурой. Часть I. Влияние агрегации порошков оксидов на спекание и микроструктуру керамики // Огнеупоры и техническая керамика. 1996. № 1. С. 5–14.
3. Лукин Е. С. Современная высокоплотная оксидная керамика с регулируемой микроструктурой. Часть III. Микроструктура и процессы рекристаллизации в керамических оксидных материалах // Огнеупоры и техническая керамика. 1996. № 7. С. 2–7.
4. Лукин Е. С. Современная высокоплотная оксидная керамика с регулируемой микроструктурой. Часть II. Обоснование принципов выбора модифицирующих добавок, влияющих на степень спекания оксидной керамики // Огнеупоры и техническая керамика. 1996. № 4. С. 2–13.
5. Павлушкин Н. М. Спечённый корунд. М.: Стройиздат, 1961. 208 с.
6. Технология получения корундовой бронекерамики, модифицированной сложными добавками / П. М. Плетнев [и др.] // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2015. Т. 326, № 3. С. 40–49.
7. Керамика из высокоогнеупорных окислов / В. С. Бакунов [и др.]. М.: Металлургия, 1977. 304 с.
8. Яковлев К. А., Майоров Д. В. Получение Al_2O_3 с пониженным содержанием примесей щелочных элементов // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 1. С. 293–297. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.1.051.
9. Матвеев В. А., Яковлев К. А. Получение мелкодисперсного оксида алюминия на основе продуктов сернокислотной переработки нефелина // Химическая технология. 2021. Т. 22, № 10. С. 434–443. doi:10.31044/1684-5811-2021-22-10-434-443.

References

1. Coble R. L. II. Experimental Test of Diffusion Model in Powder Compacts. Journal of Applied Physics, 1961, Vol. 32, No. 5, pp. 793–799.
2. Lukin E. S. Sovremennaya vysokoplotnaya oksidnaya keramika s reguliruemoy mikrostrukturoj. Chast' I. Vliyanie agregacii poroshkov oksidov na spekanie i mikrostrukturu keramiki [Modern high-density oxide ceramics with an adjustable microstructure. Part I. The effect of aggregation of oxide powders on sintering and microstructure of ceramics]. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika* [Refractories and technical ceramics], 1996, No. 1, pp. 5–14. (In Russ.).
3. Lukin E. S. Sovremennaya vysokoplotnaya oksidnaya keramika s reguliruemoy mikrostrukturoj. Chast' III. Mikrostruktura i processy rekristallizacii v keramicheskikh oksidnyh materialah [Modern high-density oxide ceramics with adjustable microstructure. Part III. Microstructure and recrystallization processes in ceramic oxide materials]. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika* [Refractories and technical ceramics], 1996, No. 7, pp. 2–7. (In Russ.).
4. Lukin E. S. Sovremennaya vysokoplotnaya oksidnaya keramika s reguliruemoy mikrostrukturoj. Chast' II. Obosnovanie principov vybora modificiruyushchih dobavok, vliyayushchih na stepen' spekaniya oksidnoj keramiki [Modern high-density oxide ceramics with an adjustable microstructure. Part II. Substantiation of the principles of selection of modifying additives affecting the degree of sintering of oxide ceramics]. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika* [Refractories and technical ceramics], 1996, No. 4, pp. 2–13. (In Russ.).

5. Pavlushkin N. M. Spechyonnyj korund [Sintered corundum]. Moscow, Stroyizdat, 1961, 208 p.
6. Pletnev P. M., Nepochatov Yu. K., Malikova E. V., Bogaev A. A. Tekhnologiya polucheniya korundovoj bronekeramiki, modifitsirovannoj slozhnymi dobavkami [Technology for obtaining corundum armor ceramics modified with complex additives]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University], 2015, Vol. 326, No. 3. pp. 40–49. (In Russ.).
7. Bakunov V. S., Balkevich V. L., Vlasov A. S., Guzman I. YA., Lukin E. S., Poluboyarinov D. N., Popil'skij R. Ya. *Keramika iz vysokoogneupornyh okislov* [Ceramics from highly refractory oxides]. Moscow, Metallurgy, 1977, 304 p.
8. Yakovlev K. A., Mayorov D. V. Poluchenie Al_2O_3 s ponizhennym sodержaniem primesej shchelochnyh elementov [Obtaining Al_2O_3 with a reduced content of impurities of alkaline elements]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Series: Engineering Sciences], 2022, Vol. 13, No. 1, pp. 293–297. (In Russ.). doi:10.37614/2949-1215.2022.13.1.051.
9. Matveev V. A., Yakovlev K. A. Poluchenie melkodispersnogo oksida alyuminiya na osnove produktov sernokislotoj pererabotki nefelina [Obtaining finely dispersed aluminum oxide based on products of sulfuric acid processing of nepheline]. *Himicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology], 2021, Vol. 22, No. 10, pp.434–443. (In Russ.). doi:10.31044/1684-5811-2021-22-10-434-443.

Информация об авторах

К. А. Яковлев — инженер;

Д. В. Майоров — кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors

K. A. Yakovlev — Engineer;

D. V. Mayorov — PhD (Engineering), Senior Researcher.

Статья поступила в редакцию 08.04.2024; одобрена после рецензирования 10.04.2024; принята к публикации 12.04.2024.
The article was submitted 08.04.2024; approved after reviewing 10.04.2024; accepted for publication 12.04.2024.