

УДК 666.792

ПОЛУЧЕНИЕ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ
С ВЫСОКИМ ЗНАЧЕНИЕМ ПРОЧНОСТИ НА ИЗГИБГ. П. Панасюк^{1,*}, Е. А. Семенов¹, И. В. Козерожец^{1,**}, М. Н. Данчевская²,
Е. С. Лукин³, В. Н. Белан¹, И. Л. Ворошилов¹, Л. А. Азарова¹,
член-корреспондент РАН А. Д. Изотов¹

Поступило 02.11.2018 г.

Предложен новый способ получения корундовой керамики с высоким значением прочности на изгиб из образцов α - Al_2O_3 , синтезированных при термической обработке бёмита AlOOH при 1300°C в течение 5 ч. Показано, что гидротермальная обработка гидраргиллита марки МДГА при 200°C в 0,4 мас.% растворе ацетата магния в течение 3 сут позволяет получать мелкокристаллический бёмит, являющийся исходным сырьём для синтеза корундовой керамики со значением прочности на изгиб 400 МПа.

Ключевые слова: корундовая керамика, прочность на изгиб, бёмит.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524856701-703>

Корундовая керамика широко используется в машиностроении, электронике и радиоэлектронике, в производстве керамических бронепластин [1–5], в металлургии, химической промышленности. Также в настоящее время большой интерес вызывает возможность использования высокочистой корундовой керамики (с содержанием основного вещества 99,99 мас.%) в медицине, в качестве протезов тазобедренных суставов и зубов [2]. Методы синтеза исходного сырья для получения корундовой керамики условно можно подразделить на физические и химические [3]. К физическим методам относится твёрдофазный синтез порошков, который обычно не приводит к полному спеканию реагентов, что ухудшает характеристики керамики. Химические методы синтеза, такие как гидротермальный синтез, позволяют получать высокодисперсные порошки исходного сырья для синтеза корундовой керамики с заданной формой и размерами частиц [4], что обеспечивает получение высокоплотной керамики с однородной структурой и улучшенными прочностными характеристиками. Получение корундовой керамики с высоким значением прочности на изгиб является актуальной задачей при изготовлении керамических подложек для электроники и радио-

электроники. Керамические подложки, изготовленные из оксида алюминия, являются основой для создания гибридных интегральных систем, резисторов, керамических конденсаторов и других полупроводниковых элементов и электротехнических изделий.

В настоящей работе предлагается новый способ получения корундовой керамики с высоким значением прочности на изгиб из образцов α - Al_2O_3 , полученных при термической обработке бёмита (AlOOH) при 1300°C в течение 5 ч.

Бёмит AlOOH как исходное сырьё для синтеза корундовой керамики был получен двумя параллельными способами в автоклаве из гидраргиллита марки МДГА: при 200°C в воде в течение 3 сут (образец 1, рис. 1а) и при 200°C в 0,4 мас.% растворе ацетата магния в течение 3 сут (образец 2, рис. 1б). Согласно данным СЭМ-изображений, частицы бёмита независимо от способа получения имеют изометрический габитус со средним размером порядка 1 мкм.

Синтезированные порошки бёмита подвергали дополнительному сухому измельчению в планетарной мельнице корундовыми шарами в течение 5 мин. Из измельчённых порошков формировали балочки размером $40 \times 6 \times 5$ мм с использованием в качестве связки раствора поливинилового спирта. Последующее прессование проводили при давлении 100 МПа. Отпрессованные образцы для удаления связки обжигали на воздухе при температуре 1400°C в течение 1 ч. Усадка образцов после термической обработки при 1400°C составила 3,5 мас.% для образца 1 и 5,8 мас.% для образца 2.

¹ Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук, Москва

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

³ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва

*E-mail: panasyuk@igis.ras.ru

**E-mail: irina135714@yandex.ru

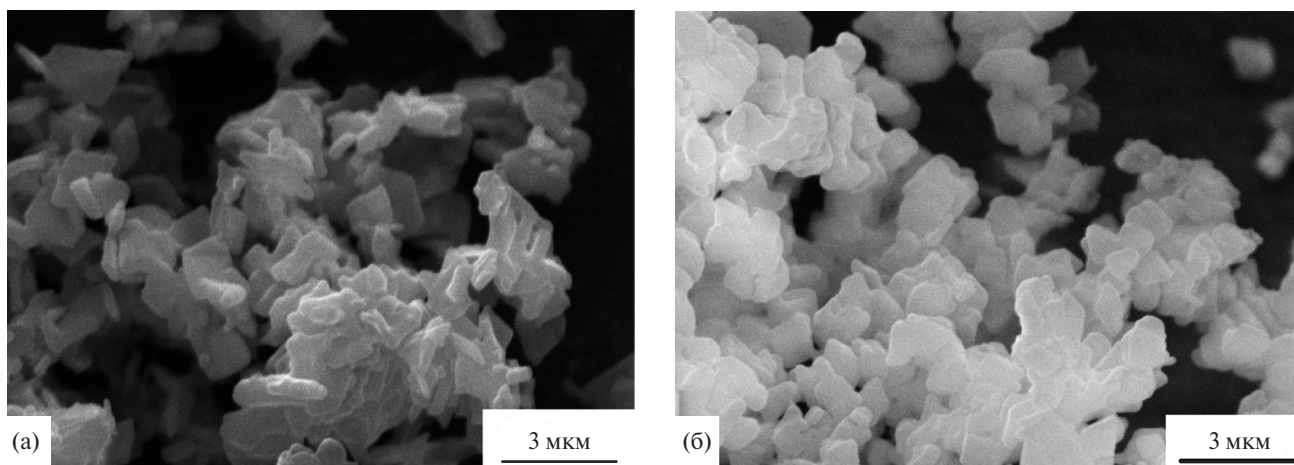


Рис. 1. СЭМ-изображения бёмита, полученного при обработке гидраргиллита марки МДГА в автоклаве при 200 °С в течение 3 сут в воде (а) и в 0,4 мас.% растворе ацетата магния (б).

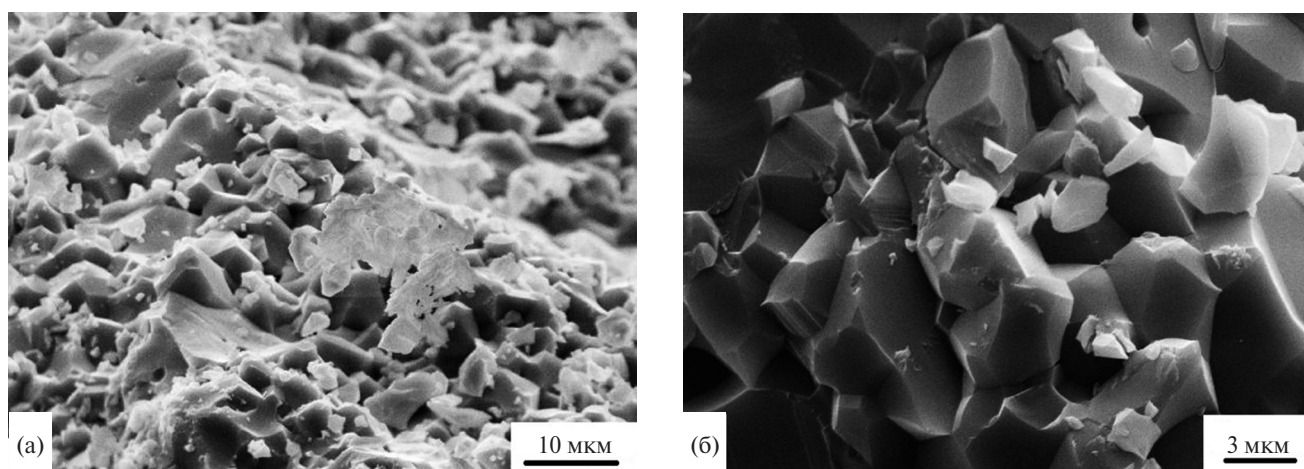


Рис. 2. СЭМ-изображения поверхности (а) и внутренней структуры (б) корундовой керамики, полученной при отжиге в вакууме при 1650 °С в течение 2 ч бёмита, синтезированного при обработке гидраргиллита марки МДГА в автоклаве при 200 °С в 0,4 мас.% растворе ацетата магния в течение 3 сут.

Для получения корундовой керамики отпрессованные балочки обжигали в вакуумной печи при 1650 °С в течение 2 ч. Характеристика полученной керамики из образцов 1 и 2 представлена в табл. 1.

Образцы синтезированной корундовой керамики подвергались шлифованию и полированию одной поверхности для определения степени шероховатости с помощью микропрофилографа. Для всех образцов шероховатость поверхности была одинаковой. Глубина максимальных впадин составила 0,05–0,08 мкм, что соответствует 13-му классу чистоты поверхности. На рис. 2 и 3 представлены СЭМ-изо-

бражения поверхности и внутренней структуры синтезированной корундовой керамики.

Согласно результатам, представленным в табл. 1, прочность на изгиб у образца 1, полученного при отжиге в вакууме при 1650 °С в течение 2 ч бёмита, синтезированного при обработке гидраргиллита марки МДГА в автоклаве при 200 °С в 0,4 мас.% растворе ацетата магния в течение 3 сут, составляет 400 МПа. Таким образом, добавка и равномерное распределение оксида магния в бёмите способствуют получению корундовой керамики с высокой плотностью, мелким зерном, хорошими механическими свойствами.

Таким образом, в работе предложен новый способ получения корундовой керамики с высоким значением прочности на изгиб из образцов $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, полученных при термической обработке мелкокристаллического бёмита AlOOH с добавкой до 0,4 мас.% оксида магния.

Таблица 1. Характеристика корундовой керамики, полученной из образцов 1 и 2

Параметр	Образец 1	Образец 2
Общая усадка, мас.%	22,4	18,8
Плотность, г/см ³	3,93–3,96	3,75
Прочность на изгиб, МПа	400	185

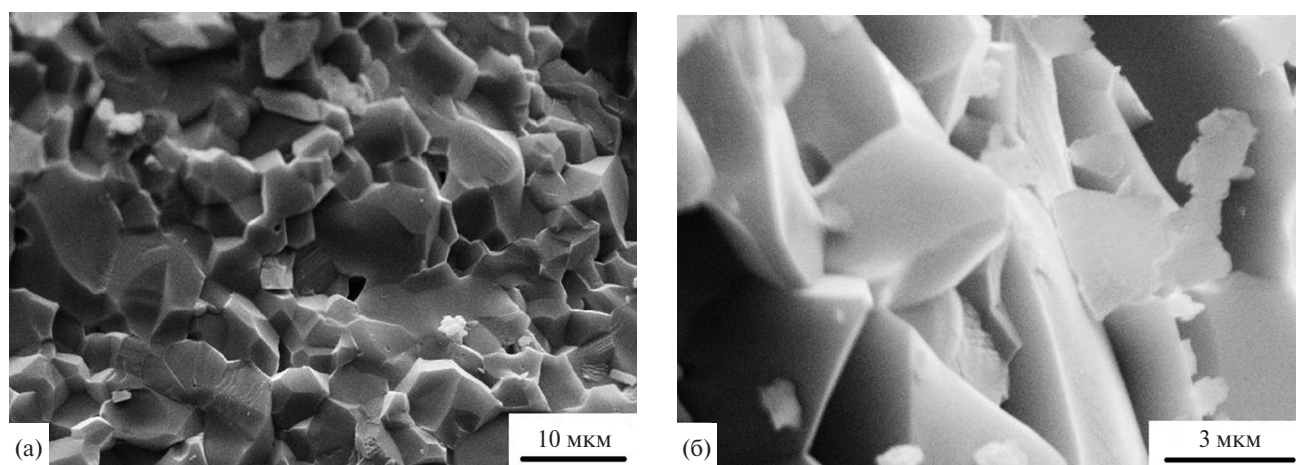


Рис. 3. СЭМ-изображения поверхности (а) и внутренней структуры (б) корундовой керамики, полученной при отжиге в вакууме при 1650 °С в течение 2 ч бёмита, синтезированного при обработке гидраргиллита марки МДГА в автоклаве при 200 °С в воде в течение 3 сут.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках Государственного задания 0088–2014–0003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Komolikov Yu.I., Kashcheev I.D., Pudov V.I. Influence of the Procedure of Getting of a Highly Dispersed Additive on the Properties of Corundum Ceramics // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2018. Т. 58. В. 6. С. 626–629. DOI: 10.1007/s11148-018-0157-9.
2. Митрошин А.Н., Космынин Д.А. Керамика как материал выбора в эндопротезировании коленного сустава // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Мед. науки*. 2016. № 1 (37). С. 98–110.
3. Badaev F.Z., Tarasovskii V.P., Novoselov R.A., Khairi A.K., Reznichenko A.V. The Forming of Alumina-Oxide Ceramics Precursors by Means of Alumina Alloy D16 Chemical Dispersion // *Novye Ogneupory. New Refractories*. 2015. V. 1. P. 10–13. DOI: 10.17073/1683-4518-2015-1-10-13.
4. Panasyuk G.P., Belan V.N., Voroshilov I.L., Kozerozhets I.V., Luchkov I.V., Kondakov D.F., Demina L.I. The Study of Hydrargillite and Gamma-Alumina Conversion Process in Boehmite in Different Hydrothermal Media // *Theor. Foundations of Chemical Eng.* 2013. Т. 47. В. 4. С. 415–421 DOI: 10.1134/S0040579513040143.
5. Kostenko V., Pavlov S., Nikolaeva S. Influence of a High-Power Pulsed Ion Beam on the Mechanical Properties of Corundum Ceramics. 6th Int. Conf.: *Modern Technologies for Non-Destructive Testing*. 2018. Т. 289. UNSP 012019 DOI: 10.1088/1757-899X/289/1/012019.

PRODUCTION OF HIGH-FLEXURAL-STRENGTH CORUNDUM CERAMICS

G. P. Panasyuk¹, E. A. Semenov¹, I. V. Kozerozhets¹, M. N. Danchevskaya², E. S. Lukin³, V. N. Belan¹, I. L. Voroshilov¹, L. A. Azarova¹, Corresponding Member of the RAS A. D. Izotov¹

¹*Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

³*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russian Federation*

Received November 2, 2018

A new method was proposed to produce high-flexural-strength corundum ceramics from α -Al₂O₃ samples synthesized by heat treatment of boehmite AlOOH at 1300 °C for 5 h. It was shown that hydrothermal treatment of MDGA-grade hydrargillite at 200 °C in a 0.4 wt % magnesium acetate solution for 3 days gives finely crystalline boehmite, which is a feedstock for synthesizing corundum ceramics with a flexural strength of 400 MPa.

Keywords: corundum ceramics, flexural strength, boehmite.