

6. **Grigoriev, S. N.** Prospects for tools with ceramic cutting plates in modern metal working / *S. N. Grigoriev, V. V. Kuzin* // *Glass and Ceramics*. — 2011. — Vol. 68, № 7/8. — P. 253–257.

7. **Кузин, В. В.** Эффективное применение высокоплотной керамики для изготовления режущих и деформирующих инструментов / *В. В. Кузин* // *Новые огнеупоры*. — 2010. — № 12. — С. 13–19.

Kuzin, V. V. Effective use of high density ceramic for manufacture of cutting and working tools / *V. V. Kuzin* // *Refractories and Industrial Ceramics*. — 2010. — Vol. 51, № 6. — P. 421–426.

8. **Волосова, М. А.** Влияние покрытия из нитрида титана на структурную неоднородность напряжений в оксидно-карбидной керамике. Часть 1. Методика исследования / *М. А. Волосова, С. Н. Григорьев, В. В. Кузин* // *Новые огнеупоры*. — 2014. — № 8. — С. 28–31.

Volosova, M. A. Effect of titanium nitride coatings on stress structural inhomogeneity in oxide-carbide ceramic. Part 1. Research procedure / *M. A. Volosova*,

S. N. Grigor'ev, V. V. Kuzin // *Refractories and Industrial Ceramics*. — 2014. — Vol. 55, № 4. — P. 338–340.

9. **Kuzin, V. V.** Microstructural model of ceramic cutting plate / *V. V. Kuzin* // *Russian Engineering Research*. — 2011. — Vol. 31, № 5. — P. 479–483.

10. **Kuzin, V. V.** Stress-strain state of ceramic cutting plate / *V. V. Kuzin, V. I. Myachenkov* // *Russian Engineering Research*. — 2011. — Vol. 31, № 10. — P. 994–1000.

11. **Grigoriev, S. N.** Automated thermal-strength calculations of ceramic cutting plates / *S. N. Grigor'ev, V. I. Myachenkov, V. V. Kuzin* // *Russian Engineering Research*. — 2011. — Vol. 31, № 11. — P. 1060–1066.

12. **Kuzin, V.** Method of investigation of the stress-strain state of surface layer of machine elements from a sintered nonuniform material / *V. Kuzin, S. Grigoriev* // *Applied Mechanics and Materials*. — 2014. — Vol. 486. — P. 32–35. ■

Получено 03.03.15

© М. А. Волосова, С. Н. Григорьев, В. В. Кузин, 2015 г.

К. т. н. **Ю. Г. Трифонов**¹, д. т. н. **А. Д. Шляпин**², к. т. н. **А. Ю. Омаров**²,
к. т. н. **В. П. Тарасовский**^{2, 3} (✉)

¹ ФГУП ИРЕА «Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химических реактивов и особо чистых химических веществ», Москва, Россия

² ФГБОУ ВПО «Московский государственный индустриальный университет», Москва, Россия

³ ЗАО «НТЦ «Бакор», Москва, г. Щербинка, Россия

УДК 666.762.1-492.2.017:620.186

ВЫСОКОПОРИСТЫЙ ПРОЧНЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ХИМИЧЕСКИМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, СОДЕРЖАЩЕГО ЛИТИЙ

Показано, что методом химического диспергирования можно получать порошки с заданной морфологией частиц. Проведенное компьютерное моделирование структуры керамики позволяет прогнозировать ее свойства. Получен керамический материал с открытой пористостью 43–45 % и пределом прочности при изгибе 60–65 МПа.

Ключевые слова: химическое диспергирование, алюминий-литиевый сплав, пористая керамика, пластинчатый порошок, легированный гидроксид.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее [1, 2] были подробно описаны особенности порошков гидроксида алюминия, образующегося в результате химического диспергирования алюминиевых сплавов. Было показано,

что методом химического диспергирования могут быть получены порошки, обладающие уникальным фазовым составом и своеобразной морфологией частиц и агломератов. Подробно описан порошок гидроксида алюминия, образующийся в результате химического диспергирования алюминиевого сплава В-1469, содержащего литий [3]. На основании проведенных исследований показано, что порошок имеет особое пластинчатое строение. Пласти-



В. П. Тарасовский
E-mail: tarasvp@mail.ru

ны порошка имеют толщину 1,0–1,5 нм, а наибольший линейный размер пластины 0,2–0,5 мкм. Порошок с такой морфологией частиц был получен впервые. Частицы порошка пластинчатой формы могут образовывать различные типы микроструктуры при получении из них керамических материалов. В настоящей работе изучен керамический материал из полученного ранее порошка по методике, приведенной в работе [3].

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исходный порошок гидроксида алюминия получали методом химического диспергирования алюминиевой стружки, содержащей литий. Для получения 200 г порошка для исследования было использовано 150 г алюминиевой стружки и 850 мл 2 М водного раствора NaOH. В результате протекающей экзотермической реакции между алюминиевой стружкой и щелочным раствором образовывался осадок легированного гидроксида алюминия. Осадок многократно промывали до достижения pH = 8,7. Промытый осадок сушили при 70 °С, затем прокаливали при 1350 °С в течение 1 ч. Результаты исследований порошка после синтеза на рентгеновском анализаторе «GNR Explorer 3000» показали, что порошок в основном состоит из оксида алюминия в виде корунда. Микроструктура порошка после сушки показана на рис. 1 (РЭМ «Quanta 3D FEG»).

В синтезированный порошок вводили 10 %-ный водный раствор поливинилового спирта марки 11/2 и высушивали шихту в сушильном шкафу при 100 °С до постоянной массы. Из подготовленной пресс-шихты на гидравлическом прессе ПМ-50 формовали образцы в виде призм размерами 7×7×35 мм и цилиндров диаметром 8 и высотой 12 мм. Давление прессования 2,5 т/см². Полученные образцы обжигали при 1500 °С в течение 1 ч на воздухе (скорость нагрева 300 °С/ч).

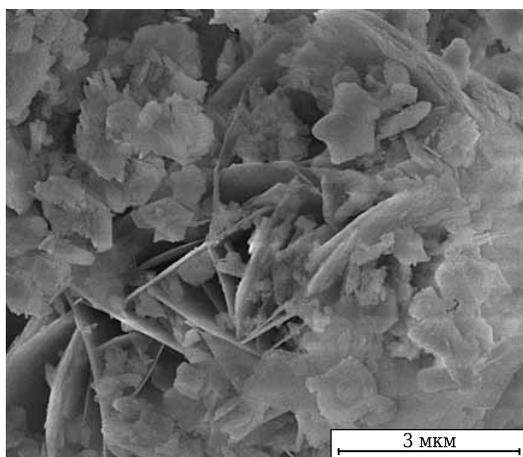


Рис. 1. Микроструктура исходного порошка после сушки при 70 °С

СТРУКТУРА КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Микроструктура образца керамики после обжига показана на рис. 2. На основании анализа микроструктуры керамики можно сделать вывод, что ею унаследованы характерные признаки структуры исходного порошка. В структуре керамики можно наблюдать пластинчатые кристаллы, образующие некоторый каркас при их пересечении. Наблюдаются как открытые поры и каналы, так и закрытые поры. Размер пор не превышает 1 мкм. Поры, очевидно, представляют собой систему сообщающихся каналов. Для более подробного изучения особенностей микроструктуры образца ионным пучком микроскопа было выполнено 7 кросс-сечений вдоль одной прямой. Одна из фотографий микроструктуры показана на рис. 3. На основании анализа этих фотографий можно сделать вывод, что образец должен обладать высокими пористостью и прочностью. Высокие значения пористости и прочности должны достигаться вследствие того, что структура керамики сложена из ориентированных определенным образом пластинчатых кристаллов оксида алюминия.

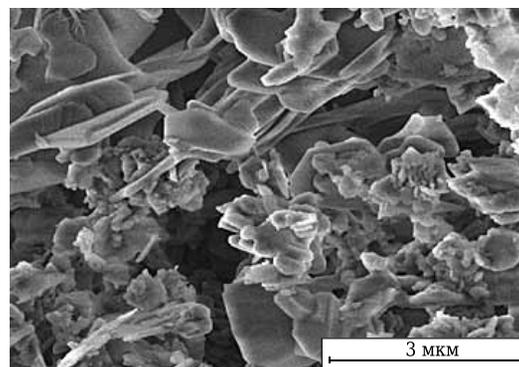


Рис. 2. Микроструктура образца керамики после спекания

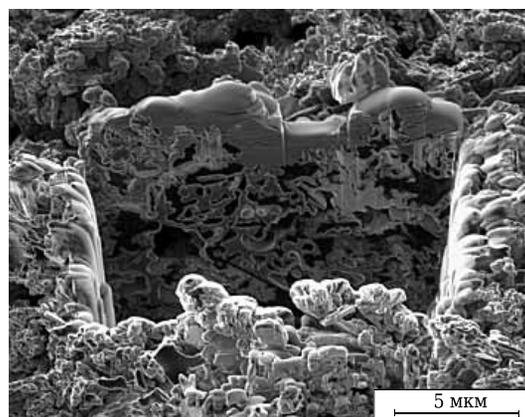


Рис. 3. Микроструктура образца керамики, полученная в результате компьютерного моделирования структуры

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

В результате проведенных исследований установлено, что средняя плотность образца из исследуемого материала $1,7 \text{ г/см}^3$. Плотность материалов, получаемых по описываемой в настоящей работе технологической схеме ранее из безлитиевой алюминиевой стружки [1, 2] (далее «блм»), составляла $2,4\text{--}2,9 \text{ г/см}^3$. Кажущаяся плотность промышленного пористого материала, содержащего 40 % Al_2O_3 и 60 % SiO_2 (далее «пром»), составляет $2,2 \text{ г/см}^3$ [4]. За показатель свойства принимали среднеарифметическое значение результатов испытаний 10 образцов. Открытая пористость изучаемого образца 45,5 %, образца «пром» 41 %, образца «блм» от 5 до 11 %. Общая пористость для исследуемого материала составила 53 %, образца «пром» 43 %, образца «блм» от 8 до 17 %. Закрытая пористость исследуемого материала составила 8,5 % (образца «пром» 2 %, образца «блм» 1 %).

Для общей оценки прочностных свойств материала определяли предел прочности при статическом изгибе. Предел прочности при изгибе

исследуемого материала составил 60–65 МПа, образца «пром» 34–40 МПа, образца «блм» 25–40 МПа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом химического диспергирования можно получать порошки с заданной морфологией частиц. Керамические материалы из пластинчатых частиц обладают высокими пористостью и прочностью.

* * *

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Технология, структура и свойства новых алюмооксидных керамик из химически диспергированных сплавов алюминия с цирконием, ванадием и молибденом» по государственному заданию № 11.425.2014/К на оборудовании Центра коллективного пользования «Научно-технологические технологии в машиностроении».

Библиографический список

1. Трифонов, Ю. Г. Метод химического диспергирования как способ получения нанодисперсного порошка оксида алюминия для изготовления конструкционных нанокерамик с уникальными свойствами / Ю. Г. Трифонов, А. Д. Шляпин, В. П. Алехин [и др.] // Нанотехнология. — 2013. — № 3. — С. 9–13.

2. Шляпин, А. Д. Структура и фазовый состав нового керамического материала / А. Д. Шляпин, А. Ю. Омаров, Ю. Г. Трифонов // Новые огнеупоры. — 2012. — № 12. — С. 31–35.

Shlyapin, A. D. New ceramic material structure and phase composition / A. D. Shlyapin, A. Yu. Omarov, Yu. G. Trifonov // Refractories and Industrial Ceramics. — 2013. — Vol. 53, № 6. — P. 391–394

3. Трифонов, Ю. Г. Изучение порошков, полученных методом химического диспергирования алюминиелитиевых сплавов / Ю. Г. Трифонов, А. Ю. Омаров, Н. А. Касатова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. — 2013. — № 3. — С. 28–32.

4. Гаршин, А. П. Керамика для машиностроения / А. П. Гаршин, В. М. Гропянов, Г. П. Зайцев [и др.]. — М.: Научтехлитиздат, 2003. — 384 с. ■

Получено 22.09.14

© Ю. Г. Трифонов, А. Д. Шляпин,
А. Ю. Омаров, В. П. Тарасовский, 2015 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**ASEAN
Ceramics
2015 Bangkok**

ASEAN Ceramics 2015

9th -11th September 2015 BITEC | Bangkok | Thailand

Southeast Asia's international exhibition of machinery, technology and materials for manufacturing whiteware, heavy clay and advanced ceramics.



**Южноазиатская международная
выставка по керамике —
ASEAN Ceramics 2015**



9–11 сентября 2015 г.

г. Бангкок, Таиланд

<http://asean ceramics.com/>