

ГАП отвечают требованиям ГОСТ по соответствию объемной плотности и предела прочности при сжатии.

Список литературы:

1. Микульский В.Г. и др. Строительные материалы и изделия – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 520 с
2. Магдеев У.Х., Гиндин М.Н. Современные технологии производства ячеистого бетона // Строительные материалы. – 2001. – № 2.
3. <http://litebeton.ru/statya/smachivaemost-alyuminievyyh-gazoobrazovateley>

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СПЕКАНИЯ КЕРАМИКИ ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ МЕТОДОМ ДИЛАТОМЕТРИИ

А.Ф. Тайыбов, магистрант гр. 4БМ33,

С.А. Степанюк, студент гр. 4Б13,

М.О. Горячев, студент гр. 4Б22,

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(923)-407-85-22*

E-mail: tayybov@tpu.ru

Введение. Керамические материалы все шире используются в промышленности. Преимуществами керамики, по сравнению с металлическими и полимерными конструкционными материалами, является способность к эксплуатации в условиях воздействия высоких температур и коррозионно-активных сред без значительной деградации механических свойств во времени и многие другие [1]. Керамические материалы обладают большей биологической совместимостью, чем металлы и полимеры, и это позволяет использовать их в медицине, как для имплантации искусственных органов, так и в качестве конструкционных материалов в биотехнологии и генной инженерии [2].

Порошки оксида алюминия широко применяются для изготовления керамических изделий. Они применяются в тех областях, где необходимы высокие показатели износостойкости, плотности, твердости, прочности при изгибе, стойкости к коррозии изделий, термостойкости и др. Значительно улучшить свойства керамики позволяет использование нанопорошков [3].

В настоящее время всё большее значение среди различных методов производства наноматериалов приобретают химические методы получения различных классов химических соединений в нанодисперсном состоянии. Этот факт, очевидно, связан с тем, что данные методы сочетают технологическую простоту и экономичность с довольно высоким качеством получаемого продукта [4].

Немаловажную роль при синтезе и консолидации нанопорошков играет режим термообработки. Правильный подбор режима обеспечит качество нанопорошка, нужные условия для компактирования, а также влияет на плотность и температуру спекания при последующей консолидации.

Целью исследования является подбор оптимального температурного режима для обработки порошков, полученных химическими методами. Для достижения поставленной цели необходимо синтезировать порошки Al_2O_3 , при различных температурных режимах, изучить их свойства и состав; оценить дилатометрические характеристики прессовок (кинетика спекания, коэффициенты линейного термического расширения (КЛТР)).

Экспериментальные методики. В настоящей работе, для получения нанодисперсного Al_2O_3 , применяли метод прямого химического осаждения, основанный на реакции получения гидроксидов металлов с последующей их дегидратацией и восстановлением. Использовали 1 М водный раствор нитрата алюминия и аммиак в качестве осадителя. Отжиг порошка, был проведен при пяти различных режимах: 1) $T = 1200^\circ\text{C}$; 2) изотермическая выдержка при $T = 1200^\circ\text{C}$ 3 часа; 3) $T = 550^\circ\text{C}$ (1 ч.), $T = 1200^\circ\text{C}$ (3 ч.); 4) $T = 550^\circ\text{C}$ (2 ч.), $T = 1200^\circ\text{C}$ (1 ч.); 5) $T = 550^\circ\text{C}$ (2 ч.), $T = 1200^\circ\text{C}$ (3 ч.).

Для установления фазового состава и определения среднего размера частиц порошки исследовали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре SHIMADZU XRD – 7000 X –RAY. Для получения данных о морфологии порошков использовали растровую электронную микроскопию (JEOL JSM-7500FA).

Для изучения процессов спекания и определения коэффициентов линейного расширения компактов на основе синтезированных порошков, нами были использованы модельные цилиндрические образцы ($h \approx 3$ мм; $d \approx 6$ мм), полученные с помощью одноосного холодного прессования ($P = 624$ МПа). Также для сравнения был изготовлен компакт из порошка коммерческой марки ALMATIS ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{B-1}$, 6% нано).

Для изучения процессов спекания прессовок из порошков оксидов алюминия и циркония, а также для определения КЛТР спеченных образцов был использован высокотемпературный вакуумный дилатометр NETZSCH DIL 402 E/7/G-Py. Нагрев температуры происходил в газовой атмосфере аргона. Программа спекания состояла в нагреве прессовок до температуры 1610°C со скоростью 2 К/мин и выдержка в течении часа при этой температуре. Затем при тех же условиях производили съёмку эталона того же размера для коррекции. Эталонами выступали стандартные образцы из алунда. До и после съёмки спекания производили измерения длины образцов. Программа измерения КЛТР состояла в нагреве спеченных образцов до температуры 1200°C со скоростью 5 К/мин, а затем охлаждения до начальной температуры при той же скорости.

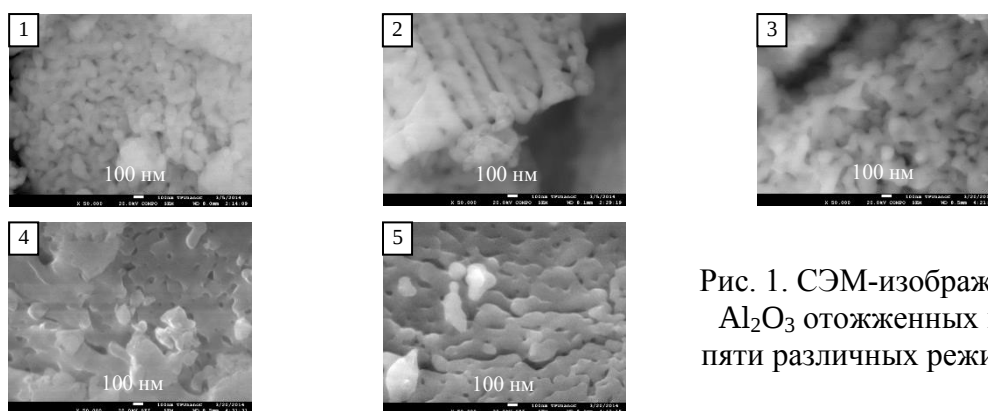


Рис. 1. СЭМ-изображения Al_2O_3 отожженных при пяти различных режимах.

Результаты и их обсуждения. На первом этапе нами было оценено влияние температуры отжига на фазовый состав и морфологию порошков, полученных

методом химического осаждения, для того, чтобы использовать полученные результаты при отработке методик синтеза порошков другими методами.

Проведенный рентгенофазовый анализ показал, что все порошки находятся в фазе α -корунда. В таблице 1 представлен размер областей когерентного рассеяния (ОКР) частиц оксидов алюминия. Из которой видно, что наименьшим ОКР обладает порошок, который нагревали до температуры 1200 °С без изотермической выдержки. А наибольшим ОКР обладает порошок, который нагревали при режиме $T = 550$ °С (1ч), $T = 1200$ °С (3ч). Тоже самое подтверждают СЭМ-изображения (рис. 1), на которых видно, что особо крупные агломераты наблюдаются при предварительной изотермической выдержке образцов при 550 °С (рис. 1, 4, 5).

Таблица 1. Размер областей когерентного рассеяния частиц оксидов алюминия.

Температурный режим	Размер ОКР
$T = 1200^\circ\text{C}$	64,35 нм
$T = 1200^\circ\text{C}$ (3ч)	71,45 нм
$T = 550^\circ\text{C}$ (1ч), $T = 1200^\circ\text{C}$ (3ч)	91,42 нм
$T = 550^\circ\text{C}$ (2ч), $T = 1200^\circ\text{C}$ (1ч)	79,94 нм
$T = 550^\circ\text{C}$ (2ч), $T = 1200^\circ\text{C}$ (3ч)	83,71 нм

Наиболее деагломерированы порошки, которые нагревали до температуры 1200 °С без изотермической выдержки (рис. 1, 1). На рисунке 2 представлены кривые спекания оксида алюминия. Из графиков видно, что процесс спекания у прессовок из синтезированных порошков начинается при температуре в диапазоне от 970 °С до 1030 °С, а у прессовки из порошка ALMATIS при 1160 °С.

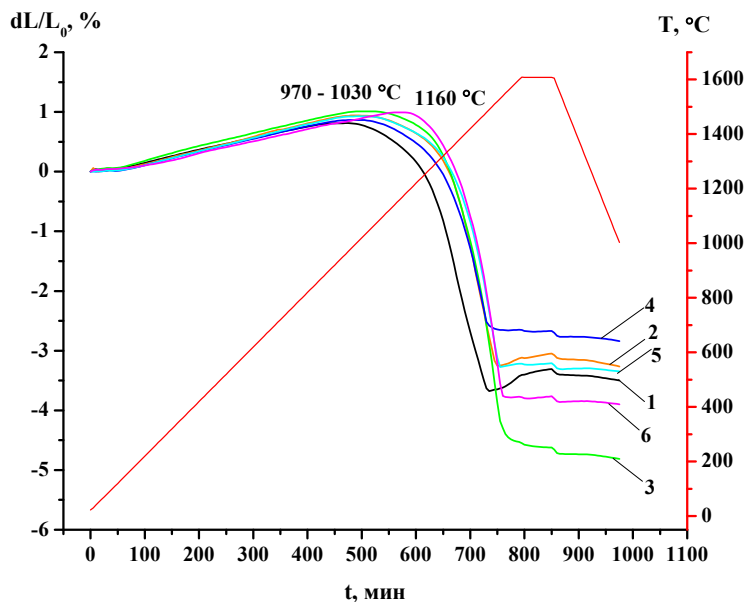


Рис. 2. Кинетические кривые спекания оксида алюминия: (1) – Al_2O_3 (химическое осаждение $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; $T=1200^\circ\text{C}$), (2) – Al_2O_3 ($T=1200^\circ\text{C}$ (3ч)), (3) – Al_2O_3 ($T=550^\circ\text{C}$ (1ч); $T=1200^\circ\text{C}$ (3ч)), (4) – Al_2O_3 ($T=550^\circ\text{C}$ (2ч); $T=1200^\circ\text{C}$ (1ч)), (5) – Al_2O_3 ($T=550^\circ\text{C}$ (2ч); $T=1200^\circ\text{C}$ (3ч)), (6) – Al_2O_3 (6% nano) ALMATIS.

Сравнивая данные таблицы 2 и рисунка 2 видно, что величина ступени при спекании не всегда соответствует значениям плотности и усадки. Например, согласно данным таблицы образец 1 имеет минимальную плотность и, соответственно, максимальную усадку по сравнению с остальными образцами. Однако величина ступени на графике до изотермы имеет среднее значение. При высоких температурах при спекании одновременно проходит два процесса: усадка образца и термическое расширение. Тот факт, что при нагревании поведение образцов не соответствует ожидаемому, скорее всего, связано с явлением схлапывания пор (рис. 3).

Таблица 2. Плотность прессовок и усадка после спекания компактов из оксида алюминия.

№	1	2	3	4	5	6
Режим термообработки (Т), °С	1200	1200 (3ч)	550 (1ч), 1200 (3ч)	550 (2ч), 1200 (1ч)	550 (2ч), 1200 (3ч)	Al ₂ O ₃ _6% нано (ALMATIS)
Плотность прессовок, г/см ³	2,03	2,20	2,29	2,25	2,26	2,45
Усадка после спекания, %	13,65	11,55	9,48	10,88	9,80	9,15

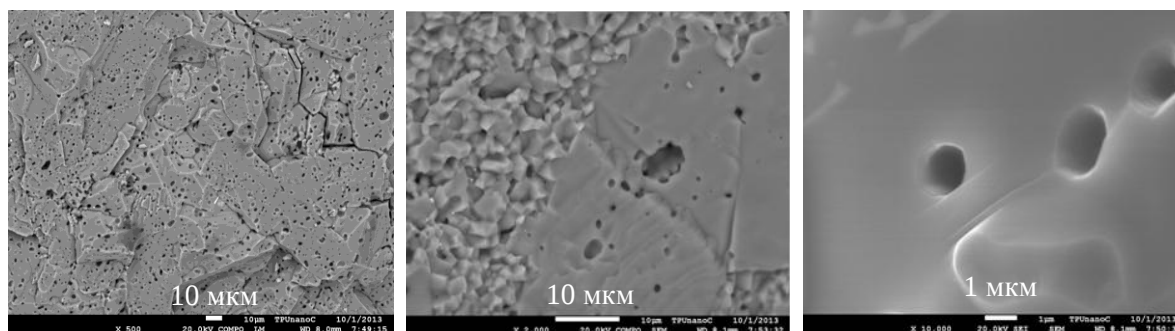


Рис. 3. СЭМ изображение спеченной прессовки из Al₂O₃ в дилатометре

Для всех спеченных образцов был рассчитан коэффициент линейного расширения. В таблице 3 представлены значения КЛТР, рассчитанные на различных участках как при нагревании, так и при охлаждении. Самый низкий КЛТР, при нагревании от 22–1000 °С, имеет первый образец, а самый высокий четвертый. Так же можно заметить, что на участке охлаждения образцы имеют относительно одинаковые КЛТР. Что касается коммерческого порошка, то ALMATIS на участке нагревания имеет довольно высокий КЛТР, а на охлаждении самый низкий по сравнению с остальными образцами.

Таблица 3. КЛТР компактов из оксида алюминия, · 10⁻⁶ (1/К).

№	Температура отжига, °С					
	22-1000	200-1000	300-1000	1000-55	1000-200	1000-300
1	7,63	8,04	8,09	8,04	8,48	8,58
2	7,89	8,79	8,76	8,23	8,71	8,66
3	8,06	8,83	8,86	8,28	8,63	8,68
4	8,42	8,90	8,94	8,34	8,71	8,71
5	8,11	8,34	8,36	7,99	8,43	8,46
6	8,39	8,20	8,36	7,91	8,15	8,26

Выводы. В ходе исследования были синтезированы порошки оксида алюминия при пяти различных режимах. Согласно данным РФА, порошки находятся в фазе α -корунда, а ОКР варьируется от 60 до 90 нм. КЛТР прессовок варьируются от 8 до $9 \cdot 10^{-6}$ (1/К).

Список литературы:

1. А.Э. Илела, А.Ф. Тайыбов, Г.В. Лямина Синтез наноразмерных оксидов алюминия и циркония из водных и водно-спиртовых растворов с полиэтиленгликолем / Сборник научных трудов II Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Высокие технологии в современной науке и технике» (ВТСНТ – 2013), г. Томск 27–29 марта 2013. – Т.1. – С. 182–187.
2. Л.С. Михайленко Исследование кинетики спекания композиционной керамики на основе диоксида циркония методом дилатометрии / XVII Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии» (СТТ-2012), г. Томск 9–13 апреля 2012. – С. 191–192.
3. А.Э. Илела, А.Ф. Тайыбов. Синтез нанопорошков оксидов алюминия и циркония методом распылительной сушки / Сборник научных трудов III Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике» ВТСНТ – 2014, г. Томск 26–28 марта 2014. – С. 94–97.
4. А.Ф. Тайыбов Влияние температуры отжига на морфологию оксида алюминия / Сборник тезисов докладов II Всероссийского конкурса научных докладов студентов «Функциональные материалы: разработка, исследование, применение», г. Томск 22–23 мая 2014. – С. 25.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОРИЗАЦИИ ГАЗОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕМНЫХ ФАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.

*С.А. Антипина, к.т.н., доцент,
С.Ю. Синотенко, студент гр. 4ГМ32
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)-444-555
E-mail: ssinotenko@mail.ru*

Газобетон широко используется как строительный материал во всем мире. В настоящее время его производят более 240 заводов в 50 странах с суммарной мощностью около 60 млн м³ строительных изделий из газобетона. Газобетон по структуре, свойствам и способам производства превосходит традиционные строительные материалы. Газобетон легко обрабатывается: пилится, сверлится, строгаются обычными стальными инструментами, экологически чистый.

Отличительной особенностью газобетонов является высокая общая пористость (от 20 до 98 %). Поровое пространство газобетонов преимущественно состоит из пор сферической формы с размерами, изменяющимися от 0,05 до 3 мм. Значения