

АННОТАЦИЯ

Название работы: «Влияние наноразмерного неорганического пластификатора AlOON на механические свойства корундовой керамики».

В данной работе представлены результаты НИОКР, направленных на разработку технологии получения корундовой керамики из порошка $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ марки М1 российского производства. В рамках этого направления основной задачей является изучение влияния неорганического пластификатора AlOON на прессуемость исходного порошка и механические характеристики материала после спекания. Это вещество обладает наноразмерной волокнистой структурой и получено в виде ксерогеля в результате гидролиза нитрата алюминия в мягких условиях (разложение мочевины при повышенных температурах). Исследована структура исходного порошка и неорганического пластификатора AlOON методами электронной растровой и просвечивающей микроскопии. Отработана методика прессования и спекания образцов. Исследованы механические свойства керамик методом индентирования. Определен предел прочности керамик на разрушение. Проведен сравнительный анализ механических характеристик образцов корундовой керамики изготовленных из порошка корунда марки М1 российского производства без пластифицирующих добавок и с добавлением 1 масс.% неорганического пластификатора AlOON .

Установлено, что введение 1 масс.% неорганического пластификатора AlOON в исходный порошок позволяет снизить необходимое давление прессования на 10% без потери плотности и целостности керамического изделия. Обнаружено, что у образцов керамики, формуемой с добавлением неорганического пластификатора AlOON , твердость образцов выше в среднем на 5%, а предел прочности на 7% по сравнению с образцами, изготовленными без добавки.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ РАБОТЫ

1. Кузьмина Юлия Олеговна, ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет», физический факультет, специальность «Наноматериалы», II курс.

2. Груздева Екатерина Васильевна. ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет», физический факультет, специальность «Наноматериалы», II курс.

Научный руководитель:

Сирота Вячеслав Викторович

Должность: заместитель директора ЦКП БелГУ,

Ученая степень: к.ф.-м.н.

ОТЗЫВ

научного руководителя на работу «Влияние наноразмерного неорганического пластификатора AlOON на механические свойства корундовой керамики», выполненную студентами физического факультета Кузьминовой Юлией Олеговной и Груздевой Екатериной Васильевной

Кузьминова Ю.О. и Груздева Е.В. в 2009 г. с отличием закончили первый курс обучения в Белгородском государственном университете по специальности 210602.65 Наноматериалы (физический факультет).

Кузьминова Ю.О. и Груздева Е.В. начали заниматься научной деятельностью в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Белгородского государственного университета, будучи студентками 1-го курса. За время работы Юлия Олеговна и Екатерина Васильевна проявили способности, необходимые для ведения научной работы, освоила работу на современном технологическом и научном оборудовании (изостатический пресс, вибрационная мельница, микротвердомер Instron, оптический микроскоп Olympus 51).

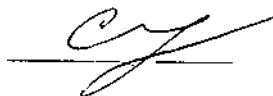
В настоящее время Кузьминова Ю.О. и Груздева Е.В. занимаются научной работой в рамках проекта «Развитие механизмов эффективной интеграции научной и образовательной деятельности при подготовке специалистов в области физического материаловедения на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием» (аналитическая ведомственная целевая программа «Развитие научного потенциала высшей школы»).

Рекомендуемая для участия в конкурсе на соискание премии имени члена корреспондента РАН, профессора МГУ Н.Н. Олейникова в категории «новые методы получения неорганических материалов, в том числе наноматериалов» научная работа Кузьминовой Ю.О. и Груздевой Е.В. «Влияние наноразмерного неорганического пластификатора AlOON на механические свойства корундовой керамики» посвящена актуальной проблеме – разработке технологии получения корундовой керамики из порошка α -Al₂O₃ марки М1 российского производства, предназначенных для создания керамических изделий с высокими эксплуатационными характеристиками.

Личный вклад Кузьминовой Ю.О. и Груздевой Е.В. в представляемую работу заключается в следующем:

- Подготовка шихты, прессование и отжиг экспериментальных образцов.
- Проведение предварительных исследований структуры экспериментальных образцов методами оптической микроскопии.
- Проведение механических испытаний методом индентирования.
- Проведение сравнительного анализа результатов механических испытаний образцов керамик α -Al₂O₃ + 1 масс.% AlOON и α -Al₂O₃ без добавок.

Научный руководитель,
заместитель директора ЦКП БелГУ,
к.ф.-м.н.



В.В. Сирота

Влияние неорганического наноразмерного пластификатора AlOОН на механические свойства корундовой керамики

Введение

Структура и свойства керамик, получаемых по порошковой технологии, в значительной мере зависят от свойств исходных порошков. Возможность создания керамических материалов нового поколения с принципиально новыми характеристиками «структура — свойства» открывается при использовании в технологии их получения наноразмерных порошков.

Керамика - это особым образом обработанные смеси различных неорганических веществ в тонкоизмельченном состоянии. Детали и сборочные единицы из керамики широко применяют в электронике, автоматике, телемеханике, вычислительной технике, квантовой электронике и др. благодаря ряду свойств: нагревостойкости, высокой механической прочности, малым диэлектрическим потерям, инертности к ряду агрессивных сред, стабильности и надежности работы в течение длительного времени при термоударах, изменении влажности и давления, радиационной стойкости.

Изделия из чистых оксидов используют в условиях нормальных или умеренно высоких температур, так как они обладают очень высокой механической плотностью хорошими электрофизическими свойствами, исключительно большой теплопроводностью. Керамику, состоящую в основном из оксида алюминия, принято называть корундовой керамикой в соответствии с названием природного минерала корунда, представляющего собой чистый оксид алюминия $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ [1].

Корундовая керамика благодаря уникальному сочетанию свойств широко применяется в современной технике. На ее основе создан широкий спектр высококачественных материалов для электроники, электротехники, машиностроения и ряда других отраслей промышленности. Физические и механические свойства керамик определяются характером химической связи и кристаллической структурой. Химические связи в керамиках весьма прочны, поэтому керамики характеризуются также высокими температурами плавления и химической устойчивостью. Существует множество различных керамических групп, которые различаются количеством оксида алюминия Al_2O_3 в составе материала. В зависимости от состава и доли чистого Al_2O_3 изменяются свойства конечного керамического материала. Так, например, с растущей долей Al_2O_3 в составе увеличивается

прочность материала на изгиб, модуль Юнга, теплопроводность. Al_2O_3 - является важнейшим материалом оксидной технической керамики. Основные свойства материала:

- очень высокая прочность;
- высокая твёрдость;
- стабильность при высоких температурах;
- высокая износостойчивость;
- высокое сопротивление коррозии, даже при высоких температурах;
- высокая теплопроводность;
- устойчивость к агрессивным средам.

Однако распространенные керамики на основе Al_2O_3 с крупнокристаллической структурой характеризуются хрупкостью, низкой трещиностойкостью и высокой чувствительностью к эрозионному и абразивному воздействию, что значительно ограничивает их износостойкое применение. Создание и использование прочной керамики на основе оксида алюминия приведет к многократному улучшению эксплуатационных характеристик широкого спектра объектов техники. Известно, что многократное повышение износостойкости керамик, в том числе на основе Al_2O_3 , может быть реализовано на пути создания материала с тонкой однородной структурой, предельной плотностью, высокой твердостью и трещиностойкостью.

Основными этапами технологического процесса изготовления керамических изделий являются [3-7]:

- приготовление гранулята;
- формование;
- обжиг;
- механическая обработка;
- спекание.

Приготовление гранулята

В приготовлении керамической массы важнейшими операциями являются: составление шихты, измельчение исходных материалов, гранулирование и сушка керамических масс.

Составление шихты (шихта - исходные материалы) - важнейшая операция, определяющая качество и свойства керамики. Состав шихты обычно рассчитывают в массовых процентах. Исходные материалы измельчают до однородного тонкодисперсного состояния и смешивают.

Измельчение материалов. Исходные материалы, синтезированные химические соединения (иногда и спеченный керамический материал) в виде кусков разного размера с различными физическими свойствами размельчают механическим путем (дробят и размалывают). Сначала производят грубое дробление. Измельченный материал просеивают через металлические сита и пропускают через магнитный сепаратор для отделения ферромагнитных примесей. Частицы, не прошедшие через сита, возвращаются для повторного дробления. Измельченный материал поступает для повторного мелкого помола, обычно совмещаемого со смешиванием компонентов. Часто помол осуществляется с добавлением воды (поэтому его в отличие от сухого называют мокрым или шликерным) в шаровых мельницах, а жидкую керамическую массу называют шликером. Шаровая мельница - это вращающийся цилиндрический барабан, футерованный внутри керамическими плитками, по которым перекатываются керамические шары. Работа шаровой мельницы основана на дробящем действии падающих шаров и на истирании шарами зерен материала. Рекомендуют соотношение материала, шаров и воды 1:2:1.

Кроме того, применяют вибровращательные мельницы (амплитуда колебаний 3 – 4 мм при частоте вращения до 3000 об/мин.), обеспечивающие меньшее загрязнение измельчаемого материала материалом мелющих тел. Наиболее производительным оборудованием являются аттриторы - шаровые мельницы с неподвижным вертикально расположенным цилиндром, внутри которого расположены стержни, перемещающие вверх измельчаемый материал и шары.

В барабанной мельнице с мелющими телами из высокоплотной алюмооксидной керамики в режиме сухого помола (без добавления поверхностно-активных веществ) порошки также могут подвергаться механической обработке. Скорость вращения барабана обеспечивает ударно-сдвиговой режим воздействия мелющих тел на порошок. Продолжительность механической обработки варьируется от 1 до 50 часов.

Для окисной высококачественной керамики используют более экономически выгодный химический метод получения керамических порошков - метод одновременного осаждения нерастворимых осадков.

Смесь исходных материалов получают: 1) смешиванием тонкодисперсных компонентов; 2) одновременным тонким измельчением и смешиванием исходных компонентов; 3) химическим методом.

Все измельченные керамические массы по технологическим особенностям разделяют на три группы: 1) пластичные массы - материалы, в шихте которых содержится значительное количество глинистых веществ; 2) малопластичные массы - материалы с

малым количеством глинистых веществ; 3) непластичные массы - материалы из безглинистой шихты. Состав шихты определяет в значительной мере технологию приготовления массы к формованию. Для обеспечения возможностей бездефектного формирования при подготовке шихты необходимо малопластичные и непластичные массы сделать пластичными. С этой целью в керамическую массу вводят пластифицирующие добавки после выполнения мелкого помола.

Важной характеристикой помола является равномерность химического состава в единице объема соответствующих компонентов. Распределение компонентов смеси по объему определяется с помощью химического или рентгенографического анализа.

Формование

Операция формования предназначена для придания заготовкам из порошков формы, размеров и механической прочности, необходимых для последующего изготовления изделий, обладающих комплексом заданных функциональных и механических свойств. Как правило, это может быть достигнуто приложением давления к заготовке тем или иным способом. Окончательные свойства получаемых изделий во многом зависят от плотности сформованных заготовок и распределения плотности по их объёму. Общая относительная плотность заготовок и характер распределения плотности по объёму определяются рядом факторов [2]:

1. Способом формования (прессования);
2. Прикладываемым давлением;
3. Средним размером зерен или частиц порошка;
4. Гранулометрическим составом материала;
5. Состоянием поверхности частиц;
6. Степенью искажения кристаллической решетки частиц порошка;
7. Состоянием поверхности стенок пресс-форм в случае их использования;
8. Наличием смазок при формовании в пресс-формах.

К основным **видам процессов формования заготовок** относятся следующие:

- Прессование на гидравлических или пневматических прессах в пресс-формах;
- Изостатическое прессование (газовое, жидкостное);
- Горячее литьё под давлением из термопластичных шликеров;
- Мундштучное прессование на экструзионных машинах;
- Горячее прессование;
- Взрывное (детонационное) формование;

- Вибрационное уплотнение;
- Формование электромагнитным импульсом.

Среди разнообразия методов холодного компактирования порошковых материалов был выбран метод холодного изостатического (гидростатического) прессования. Гидростатическое (изостатическое) прессование дает на сегодняшний день наилучшие результаты. Недаром все ведущие европейские компании по производству высокопрочной и высокоточной керамики, такие как DEGUSSA, FRIATEC, американская компания ACCI и их дочерние компании используют именно эту технологию. Преимущества этого метода перед всеми остальными очевидно: высокая плотность заготовок (до 75% теоретической плотности для керамик и до 100% для металлов), отсутствие напряжений в прессовке, возможность получения изделий сложной формы, высокая производительность. После изостатического прессования можно получать настолько прочное «сырое» изделие, что оно легко обрабатывается обычными инструментами, изготовленными из быстрорежущей стали. Это позволяет получать конечное изделие из керамики геометрической формы практически любой сложности, повысить точность изготовления изделий и свести конечную обработку (полировку поверхности изделий, которая является наиболее дорогостоящей и времязатратной) до минимума, что чрезвычайно важно с точки зрения экономичности технологии.

Спекание

Сформованные изделия или предварительно спрессованные смеси исходных веществ подвергают обжигу - сложному процессу спекания, в результате которого создается материал определенного фазового состава с заданными свойствами. Обжиг проводят в специальных камерных или туннельных печах непрерывного действия. Температуры обжига колеблются от 900°C для строительных керамик до 2000°C для огнеупорной керамики.

Спекание, как процесс упрочнения и уплотнения спекаемого тела, сопровождается рядом физико-химических явлений, происходящих при обжиге керамики. Образование достаточно прочного твердого тела из конгломерата непрочно и временно связанных частиц или зерен – одна из отличительных особенностей спекания. Вторая особенность – изменение объема и пористости спекаемого тела. Кроме этих основных и характеризующих спекание процессов при обжиге керамики возможны такие процессы, как полиморфные превращения, процессы разложения или соединения с образованием новых кристаллических, стекловидных и газовых фаз, рост и растворение кристаллов и другие.

Спекание – следствие переноса вещества, происходящего в результате изменения поверхностной энергии в различных участках системы. Перенос вещества может осуществляться различными путями. В настоящее время считают установленными и

теоретически обоснованными несколько механизмов переноса вещества при обжиге керамических материалов, следствием которых является спекание: диффузионное, жидкостное, за счет испарения и конденсации, за счет пластической деформации, реакционное.

Спекание и рекристаллизация корунда зависят от температуры и длительности обжига; дисперсности корунда; кристаллохимического состояния; начальной плотности сырца; наличия загрязняющих или специально вводимых примесей; газовой среды при обжиге.

Дисперсность корунда оказывает решающее влияние не только на температуру его спекания, но и вообще на возможность спекания. Диффузионный механизм спекания самым тесным образом связан со структурой и наличием дефектов в кристаллической решетки спекаемого материала. Чем больше дефектов имеют кристаллическая решетка и поверхность спекаемого кристалла, тем больше его поверхностная энергия. Реальные тонкоизмельченные кристаллические тела всегда различаются между собой величиной свободной энергии. При соприкосновении мельчайших кристаллических частиц в процессе нагревания происходит перенос вещества с большей свободной энергией в места контакта в направлении частицы с меньшей свободной энергией, так как по законам термодинамики всякая система стремится к выравниванию уровней энергии. Таким образом, движущей силой и энергетическим источником переноса вещества диффузией является разность значений свободной энергии в места контакта вещества [1].

Механическая обработка

Различают механообработку до и после обжига керамики. Механообработка необожженной керамики производится с целью получения более сложной формы детали и выполняется с помощью твердосплавного инструмента. С этой целью заготовки пропитывают парафином или церезином при температуре 80-100 °С в течение 20-60 мин. После предварительной сушки до 2-3% - ой влажности.

Механическая обработка необожженной керамической массы включает также очистку изделий (снятие выступов и неровностей), резку на требуемые размеры. Для очистки изделия используют инструменты типа заостренных ножей; стержней, скребков и т. д. Крепление изделия осуществляется с помощью клеящих веществ (церезина, воска, канифоли и др.).

Механообработку после обжига осуществляют с целью увеличения точности размеров и формы, а также для получения высококачественной поверхности. Обработку выполняют в этом случае на шлифовально-доводочных станках. Для обработки применяют

также ультразвуковую обработку, алмазную обработку. Разрезку осуществляют на специальных станках вольфрамовой проволокой в сочетании с абразивной суспензией или алмазными пилами.

Обжиг

После механической обработки техническую керамику в зависимости от состава и свойств обжигают, начиная от умеренных температур (1200 – 1300 °С) до весьма высоких (2000-2500 °С). Ввиду чувствительности некоторых материалов к действию газовой среды из-за реакций окисления - восстановления их обжигают в условия определённой регулируемой газовой среды. В этом отношении особенно чувствительны ферриты, керметы, рутиловые и некоторые другие составы керамики. В ряде случаев изделия следует обжигать среди нейтральных газов – аргона, гелия, иногда – в восстановительной среде водорода, аммиака, окиси углерода и других. Многообразие видов технической керамики, для обжига которых требуются самые различные температурные и газовые условия обжига, вызвало необходимость разработки специальных конструкций печей или приспособления существующих печей для обжига такой керамики.

Очевидно, что задача получения керамических материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками, в конечном счете, сводится к использованию наноразмерных порошков однородного гранулометрического состава в качестве исходного сырья. Однако российские производители абразивной продукции получают в качестве отходов производства порошок $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ марка М-1(-1мкм), и задача его рационального использования на сегодняшний день является очень актуальной. Порошок такой крупности достаточно плохо прессуется традиционными методами, а использование органических пластификаторов приводит к высокой пористости изделия и большому разрасту зерна при спекании, что обеспечивает низкие эксплуатационные характеристики традиционной корундовой керамики. Для стабилизации кристаллической структуры керамики оксида алюминия оказывается эффективным введение неорганического пластификатора AlOОН . Наличие его небольшой доли улучшает формуемость композитного нанопорошка при прессовании и в ходе последующих термообработок минимизирует микронапряжения в керамике. В ряде независимых исследований [8] были установлены и другие уникальные свойства этого материала: плотность – 13 – 80 кг/м³, пористость – до 99 %, теплопроводность – 0,01 – 0,03 Вт/(м·К) в диапазоне температур 130 – 1570 К, удельная поверхность – до 800 м², сорбционные и каталитические характеристики не уступают многим лучшим сорбентам и катализаторам.

Результаты изучения практических применений AlOОН позволили установить, что использование этого вещества в технологиях получения теплоизоляции, сорбентов, катализаторов, полимерных и резинотехнических изделий позволяет существенно улучшить характеристики указанных материалов. С помощью применения малых добавок наноструктурированного AlOОН улучшаются свойства конструкционной, функциональной и топливной керамики. В работе [8] было показано, что небольшие добавки аэрогеля (не превышающие 3 % мас.) значительно (до нескольких десятков процентов) повышают прочность, трещиностойкость, рабочую температуру и другие основные характеристики керамических материалов на основе Si₃N₄, SiC, UO₂, ZrO₂ и др. Указанное свойство аэрогеля AlOОН может быть использовано при создании керамических материалов с улучшенными характеристиками для широкого круга практического применения.

Экспериментальная часть

Материал и методика исследований.

В качестве материала для исследования использовали порошок α -Al₂O₃ марки М1 российского производства, ксерогель AlOОН и полученный в результате гидролиза нитрат алюминия в мягких условиях (разложение мочевины при повышенных температурах). После введения неорганического пластификатора смесь α -Al₂O₃ и ксерогеля AlOОН сушили при температуре 60°C в течение 12 часов, а затем подвергли механической обработке в вибрационной мельнице в течение 1 часа с частотой вращения 700 оборотов в минуту.

Формование образцов осуществляли методом холодного изостатического прессования до давления 300 МПа. Спекание проводили в два этапа: при температуре 1250°C в течении 1,5 часа, а затем, после придания образцам необходимой формы и размеров, 1600°C в течении 3 часов.



Рис. 1. Внешний вид образцов из оксида алюминия для механических испытаний.

Анализ фазового состава ксерогеля AlOOH производили методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Rigaku Ultima IV ($\text{CuK}\alpha$ – излучение, Ni - фильтр), а морфологию исследовали на просвечивающем электронном микроскопе JEOL 2100. Структуру спеченных образцов керамик исследовали с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D.

Твердость определяли методом индентирования по Виккерсу при нагрузке 2 Н. Предел прочности определяли на испытательной машине Instron 300LX по стандартной методике.

Результаты и обсуждение.

При отработке режимов прессования установлено, что использование наноразмерного платификатора AlOOH позволило снизить необходимое давление прессования на 10% без потери плотности и целостности керамического изделия с 400 до 350 МПа. По результатам дилатометрии установлено, что спекание компактированного порошка $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 + 1\text{масс.}\% \text{AlOOH}$ начинается с температуры 1207°C (рис. 2). Для повышения качества механической обработки исследуемых образцов была выбрана температура предварительного спекания 1250°C , поскольку, при данной температуре процесс спекания уже начался и механическая прочность увеличилась, а усадка составила менее 1%. В результате спекания при температуре 1600°C усадка составила 13 - 15 % от первоначального размера.

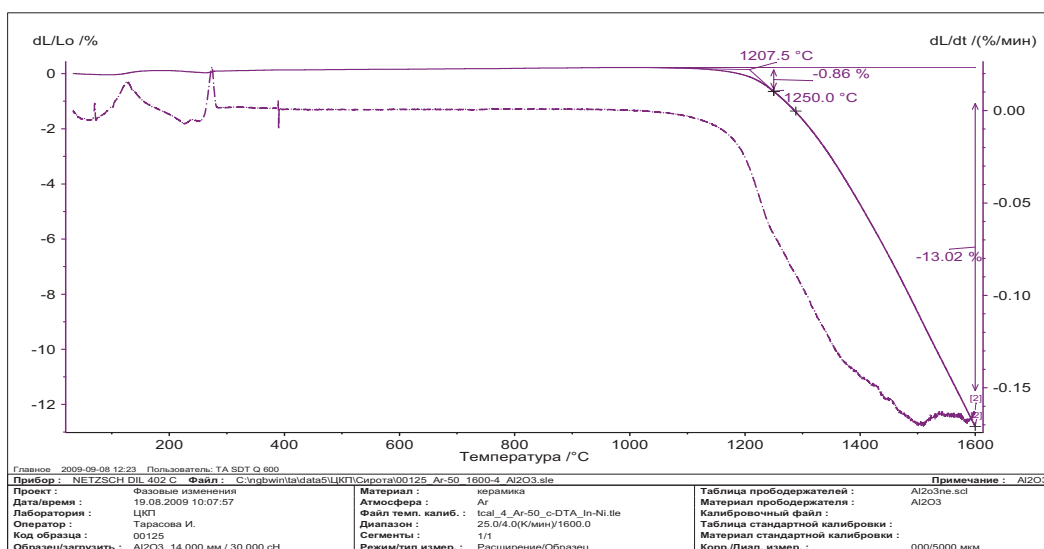


Рис. 2. Результаты дилатометрии образца $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 + 1\text{масс.}\% \text{AlOOH}$.

Фазовый состав полученного образца AlOOH изучали методом рентгенофазового анализа в диапазоне углов $5 < 2\theta < 85$ град., скорость счетчика 30/мин., шаг сканирования $0,0202\theta$. Дифрактограмма свежеприготовленного образца AlOOH представлена на рис. 3.

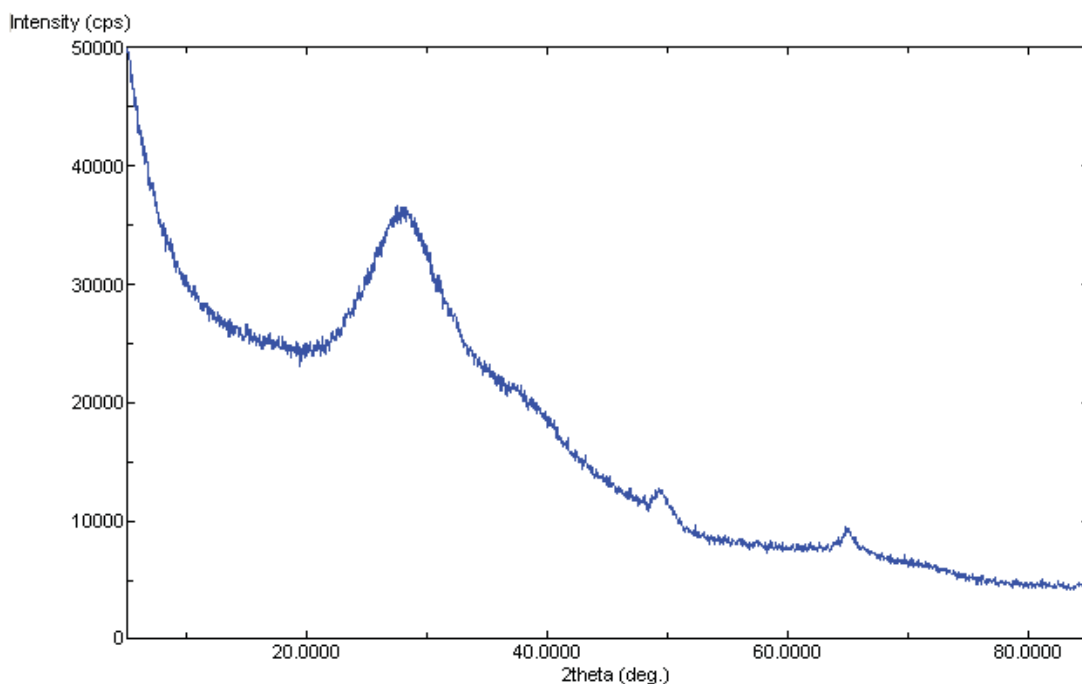


Рис. 3. Дифрактограмма свежеприготовленного оксигидроксида алюминия.

Как следует из приведенных данных (рис. 3), спектр образца характеризуется наличием сильно уширенных пиков, что затрудняет интерпретацию дифрактограммы. Наличие широких линий на дифрактограмме может быть связано с нанодисперсным состоянием кристаллической фазы, высокая интенсивность фона с наличием аморфной фазы.

На рис. 4 представлена дифрактограмма порошка оксигидроксида алюминия, прокаленного при 300°C на воздухе в течение трех часов.

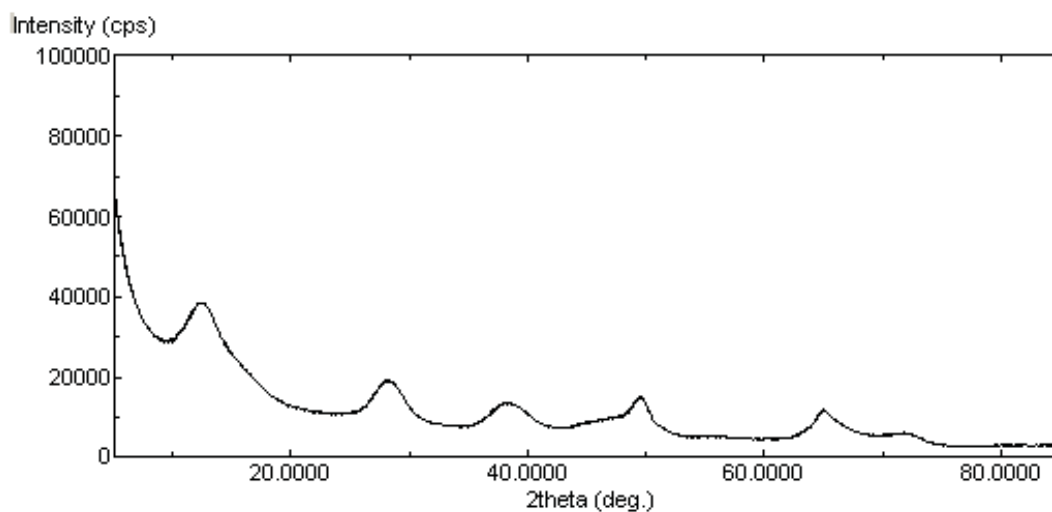
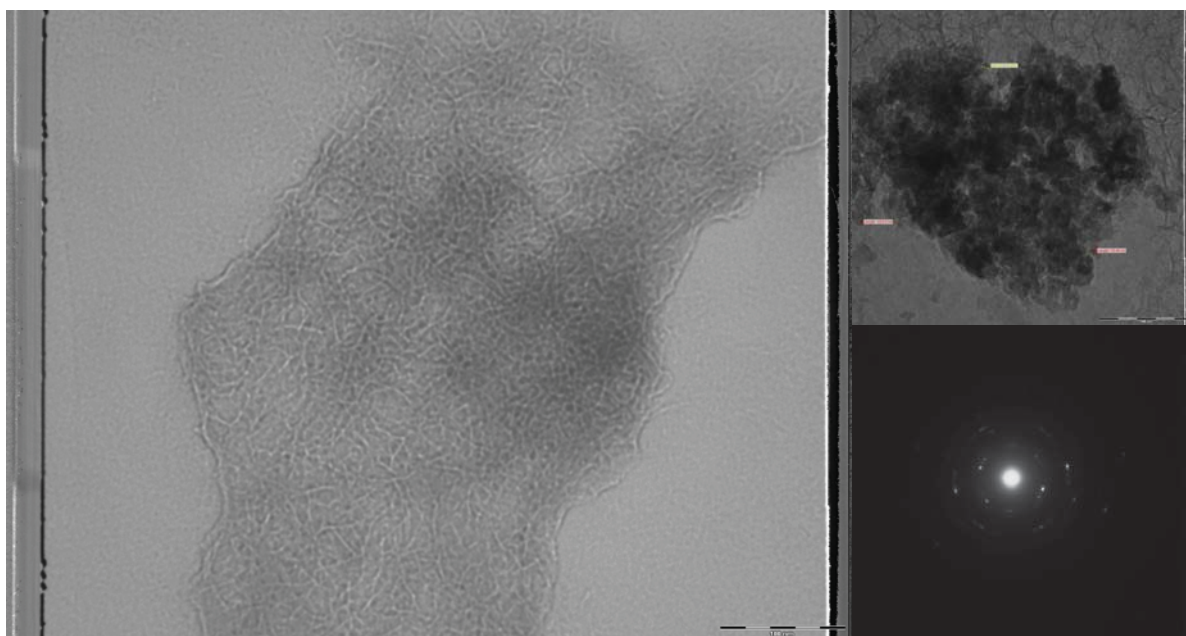
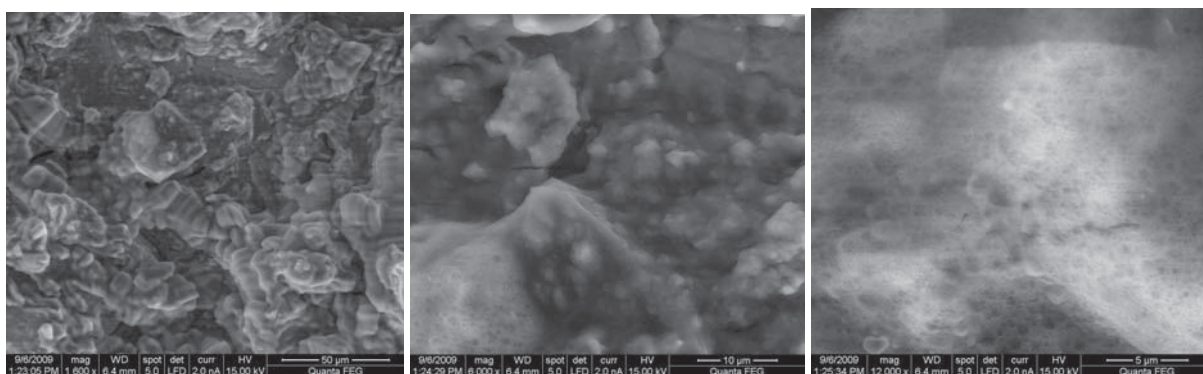


Рис. 4. Дифрактограмма порошка оксигидроксида алюминия, прокаленного при 300°C на воздухе в течение трех часов.

Из рис. 4 следует, что пики по-прежнему сильно уширены, присутствие рефлексов в диапазоне углов 2Θ : 12.50, 28.25, 38.27, 45.17, 49.49, 49.52, 64.82, 65.38, $71.83 \pm 0,0202\Theta$, позволяет отнести спектр к бемиту (Bohmite, syn, $\text{AlO}(\text{OH})$, пространственная группа 63:Амам, карточка №211307 (ICDD)).



a)

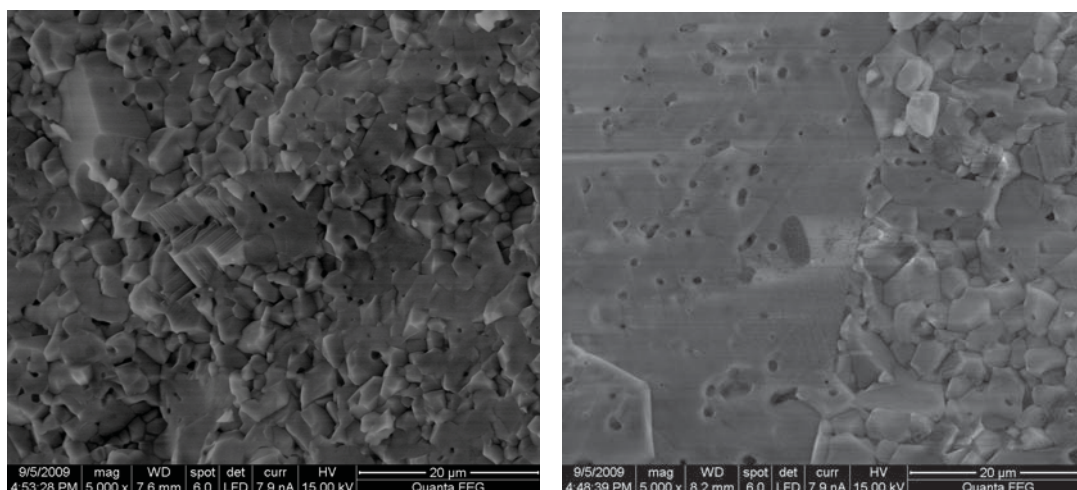


б)

Рис. 5. Изображение структуры ксерогеля AlOOH: а-ПЭМ, б) РЭМ.

Электронно-микроскопические исследования синтезированного ксерогеля показали, что он имеет волокнистую структуру (рис. 5) с вкраплениями агломератов частиц диаметром порядка 10 нм. Длина волокон варьируется в диапазоне от 25 до 100 нм, (диаметры) волокон – до 10 нм. На дифрактограмме наблюдаются кристаллические рефлексы, что подтверждает наноразмерную природу кристаллической фазы.

Образцы керамики обоих типов после завершения спекания состояли исключительно из кристаллической фазы α -Al₂O₃. Изучение поверхности изломов полученных керамик в растровом электронном микроскопе (рис. 6) выявило особенности микроструктуры образцов. Оба образца имеют одинаковую пористость, что говорит о недостаточном времени спекания, однако, в образцах из чистого оксида алюминия наблюдается неравномерность спекания, выделяются участки сильного разраста зерна, в то время как в образце с добавлением наноразмерного пластификатора наблюдается более однородная структура, что говорит о равномерно протекающем процессе спекания.



а)

б)

Рис. 6. Изображение поверхности излома: а) α - Al_2O_3 + 1 масс.% AlOOH , б) α - Al_2O_3 без добавок.

В результате механических испытаний обнаружено, что у образцов керамики, формируемой с добавлением неорганического пластификатора AlOOH , твердость образцов выше в среднем на 5%, а предел прочности на 7% по сравнению с образцами изготовленными без добавки. Результаты сравнительного анализа приведены на рис. 7.

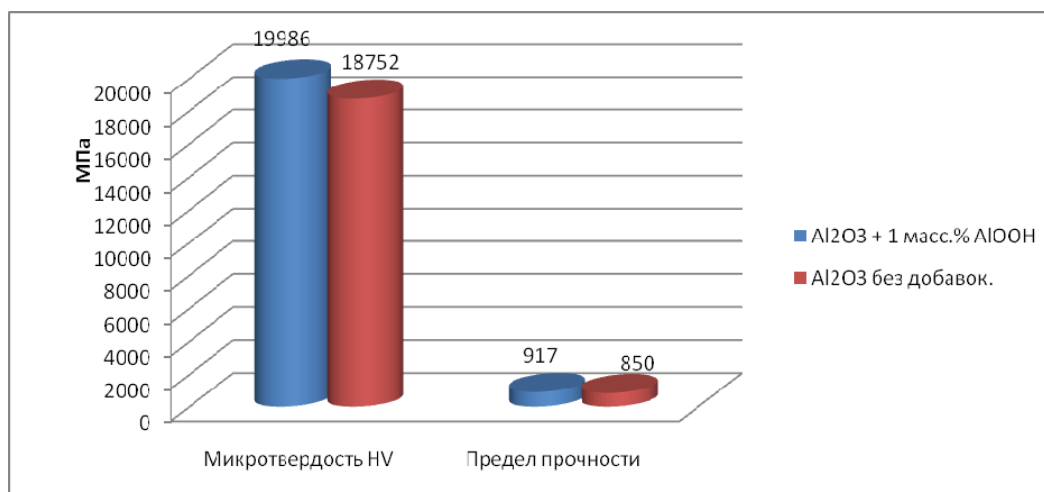


Рис. 7. Сравнительная диаграмма результатов механических испытаний образцов керамик α - Al_2O_3 + 1 масс.% AlOOH и α - Al_2O_3 без добавок.

Выводы

1. Синтезированный наноразмерный пластификатор AlOОН имеет волокнистую структуру с вкраплениями агломератов частиц диаметром порядка 10 нм. Длина волокон варьируется в диапазоне от 25 до 100 нм, (диаметры) волокон – до 10 нм.
2. Использование наноразмерного пластификатора AlOОН позволило снизить необходимое давление прессования на 10% без потери плотности и целостности керамического изделия с 400 до 350 МПа.
3. Обнаружено, что у образцов керамики, формируемой с добавлением наноразмерного пластификатора AlOОН, твердость образцов выше в среднем на 5%, а предел прочности на 7% по сравнению с образцами, изготовленными без добавки.

Список литературы

1. Балкевич В.Л. Техническая керамика. Учебное пособие для вузов. – 2-е издание перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984.
2. Остроушко А.А., Могильников Ю.В. Физико-химические основы получения твердофазных материалов электронной техники. Учебное пособие. УрГУ, 1998.
3. Технология материалов в приборостроении. Под ред. А.Н. Малова. - М.: Машиностроение, 1969.
4. Технология электрокерамики. Под ред. Г.Н. Масленниковой. - М.: Энергия, 1974.
5. Белинская Г.В., Выдрик Г.А. Технология электровакуумной и радиотехнической керамики. - М.: Энергия, 1977.
6. Окадзаки К. Технология керамических диэлектриков. - М.: Энергия, 1976.
7. Бабич Э.А., Улановский Б.М. Технология производства ферритов и радиокерамики. Учебное пособие для техн. училищ. - М.: Высшая школа, 1984.
8. Асхадуллина Р.Ш., Юдинцева П.А. Аэрогель AlOON: Получение, свойства, применение // Нанотехнологии - производству 2005: тр. междунар. науч.-практ. конф., Фрязино, Моск. обл., 30 нояб. - 1 дек.
9. Гудкин М.Ю., Овидько И.А. Предел текучести и пластичности нанокристаллических материалов. // Успехи механики. - 2003. - №1. - с. 68-125.