

О ВОЗМОЖНОСТИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

А.И. Циммерман, Ю.Л. Шаненкова, М.И. Гуков
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Сивков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, alextsimmer@yandex.ru

В последние годы нанокристаллические материалы привлекают внимание научного мира благодаря проявлению таких свойств, как: повышенная твердость, высокая удельная теплоемкость и т.д. [1]. Обоснование данных свойств материала в нанокристаллическом состоянии обычно связывается с проявлением различных размерных эффектов на зернах наноразмерных частиц. Нанокристаллические оксиды выглядят наиболее перспективными относительно других материалов, поскольку обладают повышенной химической и термостабильностью. Наноксиды не изменяют своей структуры и размеров зерна даже при температуре порядка 800 К [2].

Оксид алюминия является одним из наиболее часто используемых благодаря своим привлекательным механическим свойствам: твердость, прочность и вязкость [3]. На данный момент известны две наиболее широко распространенные и стабильные фазы Al_2O_3 : корундовый $\alpha-Al_2O_3$ и шпинель дефектного типа $\gamma-Al_2O_3$ [4, 5]. Применяют оксид алюминия в ракетном топливе, взрывчатых веществах, пиротехнике, а также в качестве изоляторов и т.д. [6–8].

Получают оксид алюминия разнообразными методами, один из главных методов – промышленный метод Байера [9]. Однако освоенный промышленностью метод Байера не удовлетворяет требованиям по высокой химической чистоте, а также длителен по времени получения материала.

Известен метод плазмодинамического синтеза на основе импульсного сильноточного коаксиального магнитоплазменного ускорителя эрозионного типа. Основными преимуществами данного метода являются: быстрдействие, простота получения и экологичность технологии [10]. Простота метода заключается в том, что, используя в качестве ствола трубу из алюминиевого сплава, в составе которого около 5%

магния, и при закачке в камеру-реактор газобразного прекурсора – кислорода, возможно получение уникальных фаз оксида алюминия. Синтез Al_2O_3 осуществлялся за счет эрозии Al ствола. При протекании дуги по ускорительному каналу происходит наработка основного материала (Al), после чего он выносится в камеру, где вступает в плазмохимическую реакцию с кислородом, образуя требуемый продукт.

Синтезированный продукт анализировался следующими современными методами: методом рентгеновской дифрактометрии (Shimadzu XRD 7000S) и методом просвечивающей электронной микроскопии (Philips CM 12).

Расшифровка рентгеновской дифрактограммы проведена с помощью программы Search-Match и базы структурных данных PDF2. В результате расшифровки были идентифицированы следующие фазы: $Al_{2,667}O_4$ (cubic, SP Fd-3m, no. 227, $a=7,94800 \text{ \AA}$, 80–1385) и $MgAl_2O_4$ (cubic, SP Fd-3m, no. 227, $a=7,96121 \text{ \AA}$, 72–6955).

Результаты рентгеноструктурного анализа полученного материала подтверждаются данными просвечивающей электронной микроскопии. Были получены светлопольные рисунки при разных увеличениях, а также дифракционная картина синтезированного продукта. Размер частиц данного продукта не превышает 250 нм. Электронная дифракция с выделенной области (SAED) в большинстве своем имеет точечно-кольцевой характер. Расшифровка ее результатов позволяет подтвердить синтез указанных выше фаз.

В работе была экспериментально показана возможность получения синтеза нанодисперсного оксида алюминия в системе, основанной на использовании импульсного сильноточного коаксиального магнитоплазменного ускорителя эрозионного типа.

Список литературы

1. Зацепин Д.А. и др. // *Физика твердого тела*, 2004. – Т.46. – №11. – С.2064–2068.
2. Ishida Y. // *Nanostructured materials*, 1995. – Т.6. – №1–4. – С.115–124.
3. Ma B. et al. // *Ceramics International*, 2015. – Т.41. – №2. – С.3237–3244.

4. *Batra I.P. et al. // Journal of Physics C: Solid State Physics, 1982. – Т.15. – №26. – С.5399.*
5. *Xu Y.N., Ching W.Y. // Physical Review B., 1991. – Т.43. – №5. – С.4461.*
6. *Dreizin E.L. // Progress in Energy and Combustion Science, 2009. – Т.35. – №2. – С.141–167.*
7. *Gromov A. et al. // International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion, 2014. – Т.13. – №5.*
8. *Meda L. et al. // Materials Science and Engineering: C., 2007. – Т.27. – №5. – С.1393–1396.*
9. *Green J.A.S. Aluminum recycling and processing for energy conservation and sustainability. – ASM International, 2007.*
10. *Sivkov A. et al. // Advanced Powder Technology, 2016. – Т.27. – №4. – С.1506–1513.*

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРДИЕРИТОВОЙ КЕРАМИКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А. Черепанова, Е.В. Дьяконова

Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.А. Хабас

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ai_cherepanova@mail.ru*

Применение кордиеритовой керамики очень обширно. Одним из интересных применений его являются керамические фильтры [1]. Одними из главных характеристик для данных изделий являются общая и проницаемая пористости. Однако с увеличением пористости соединений механические свойства падают. В связи с этим возникла проблема упрочнения пористой керамики. Поэтому целью данной работы является изучение влияния добавки нанопорошка алюминия и способа получения пористой кордиеритовой керамики на ее прочностные характеристики.

В качестве основного сырья были взяты глина с содержанием оксида алюминия 40,4% и оксида кремния 37,2% и магнезиальный силикат (оксида магния 39%). Массовое соотношение было рассчитано с учетом получения 100% фазы кордиерита. Были приготовлены 5 групп образцов. В первых двух группах проводили предварительный синтез кордиерита в шихтах с введением бокситов (I) или глинозема (II) (для баланса по алюминию) при температуре 1300 °С.

Полученный кордиерит измельчали до

фракций менее 500 мкм. Следующие две группы образцов готовили из минерального сырья без предварительного синтеза кордиерита (III, IV). Также в качестве образцов сравнения был взят тонкомолотый готовый кордиерит с фракцией менее 63 мкм (V).

В качестве порообразователя и выгорающей связки были взяты карбамид и парафин. Для упрочнения керамики был применен нанопорошок алюминия (НПА). Для того чтобы увидеть и проследить влияние нанопорошка алюминия на изменение свойств кордиеритовой керамики, его вводили в шихту в количестве 0,5, 1,0 и 1,5 мас. %.

Формовались образцы полусухим прессованием парафино-минерального гранулята в виде цилиндров. Обжиг проводился при температуре 1300 °С в течение двух часов при максимальной температуре.

Проницаемая пористость измерялась соотношением объема тела с объемом всасываемой жидкости. Полученные значения и зависимости прочности при сжатии и проницаемости представлены на рис. 1.

Таблица 1. Компонентный состав шихт пористой кордиеритовой керамики

№	Минеральная смесь	Глина, %	Магнезиальный силикат, %	Глинозем, %	Боксит, %
I	Синтезированный кордиерит из шихты с добавкой бокситов	57,3	26,7	–	16
II	Синтезированный кордиерит из шихты с добавкой глинозема	60	30	10	
III	Сырая смесь с бокситом	57,3	26,7	–	16
IV	Сырая смесь с глиноземом	60	30	10	