

3. Вальков А.В. Экстракция редкоземельных элементов смесями изомеров трибутилфосфата с нитратом триалкилметиламмония / А.В. Вальков, Н.Д. Хмелевская // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2018. – № 61. – Вып. 7. – С. 54-60. – DOI: 10.6060/ivkkt.20186107.5676.
4. Черножуков Н.И. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. В 3 частях. Часть 3 / Н.И. Черножуков. – 6-е изд. – Москва : Химия, 1978. – 424 с., ил.

Ли Вэньди (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Илела Алфа Эдисон,
канд. техн. наук, доцент

СИНТЕЗ НАНОПОРОШКА $MgAl_2O_4-Ag$ С ПОМОЩЬЮ НАНОРАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ

Введение. Серебро обладает целым комплексом уникальных свойств в том числе антибактериальных и противовирусных. В качестве антибактериального агента нано-серебро имеет большую удельную поверхность, малый размер частиц, легко контактирует с патогенными микроорганизмами и может проявлять максимальную биологическую активность [1]. Ограничением широкого использования серебра является его токсичность, одним из способов подавления которой является включение данного металла в состав инертного композиционного материала, например, полимера или керамики. В данной работе для этих целей предложено использовать алюмомагниевою шпинель.

В настоящее время композиционный материал на основе алюминия и магния широко используют благодаря исключительным физическим и химическим свойствам также низкой токсичности [2–4]. Одним из традиционных методов, который часто используется для получения $MgAl_2O_4$, является химический. В нашей работе мы предлагаем для получения нанопорошков $MgAl_2O_4-Ag$ использовать установку Nano Spray Dryer B-90. Она позволяет быстро получить чистый порошок [5].

Экспериментальная часть. Для подготовки прекурсоров готовили 1 М растворы нитратов алюминия и магния, выдерживали их в течение суток. Затем готовили суспензию гидроксидов методом обратного используя как осадитель аммиак. Использовали два соотношения между

ионами алюминия и магния: $[Al^{3+}]:[Mg^{2+}] = 80:20$ и $90:10$. Промывали осадок до нейтрального pH и добавляли 0,001 М нитрата серебра.

Порошки $MgAl_4O_2$ выделяли из суспензии с помощью аппарата Nano Spray Dryer B-90. В ходе эксперимента использовали следующие параметры сушки: скорость газового потока 140 л/мин, относительная интенсивность распыления = 56%. Для подбора оптимальных условий варьировали температуру от 70 до 80 °С, давление от 3100 до 4100 Па, время работы установки – 5 часов (по мере заполнения коллектора), использовали максимальный размер сопла – 7 мкм, обеспечивающий большую скорость выхода продукта.

Порошки анализировали методами термического и рентгенофазового анализа.

Результаты и обсуждение. Для определения поведения полученных образцов при температурной обработке был проведен ТГ-ДСК анализ (рис 1.) шпинели со серебром и без серебра.

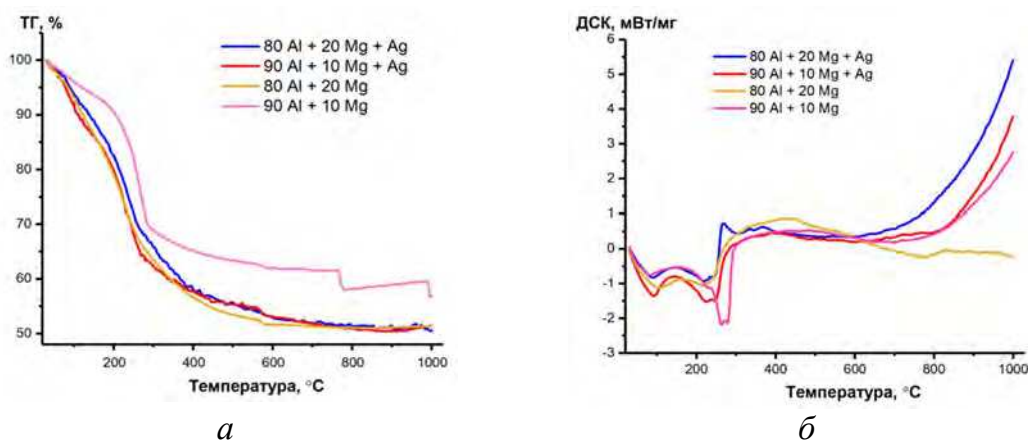


Рис. 1. ТГ-ДСК анализ порошков, выделенных из суспензий $[Al^{3+}]:[Mg^{2+}]:[Ag^+]$ различного состава

ТГ-кривые для всех образцов имеют схожий характер. Эндо-эффекты в области от 100 до 280 °С относятся к удалению адсорбированной воды. Наиболее выражен этот сигнал и смещен в область больших температур для частицы соотношением $[Al^{3+}]:[Mg^{2+}] = 90:10$. Явный экзо-эффект начинает проявляться после 600° С и соответствует кристаллизации оксида алюминия, так как потери массы в данном температурном интервале не наблюдается. Зафиксировать сигналы связанные с кристаллизацией шпинели или превращениями серебра не удалось. Однако, очевидно, что не следует использовать для обработки температуры выше 600° С, чтобы сохранить пористость образца.

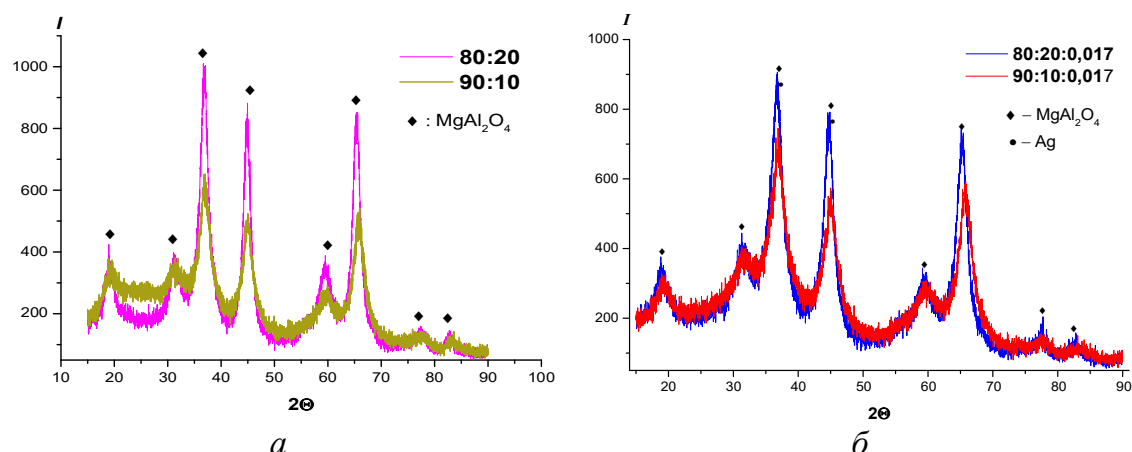


Рис. 2. РФА шпинели (а) и шпинели с нанесенным серебром (б), полученных из суспензий различных составов

На рисунке 2 представлены дифрактограммы порошков, полученных нанораспылительной сушкой, а в таблице 1 приведены размеры ОКР и фазовый состав продукта. По характеру дифрактограмм видно, что часть оксидов находятся в аморфном состоянии. Отличие между композитами с разным соотношением алюминия и магния в интенсивности сигналов, а, соответственно, в количестве окристаллизованной фазы. Для обоих составов, содержащих серебро наблюдаются его сигналы на дифрактограмме. Размеры ОКР не значительно отличаются между порошками с разным соотношением алюминия и магния. При добавлении серебра размеры ОКР шпинели увеличиваются.

Таблица 1

Фазовый состав и размер ОКР

[Mg ²⁺]:[Al ³⁺] : [Ag]	Фазовый состав (%)	ОКР, нм
80 : 20 : 0	MgAl ₂ O ₄ : 100	12,16
80 : 20 : 0,017	MgAl ₂ O ₄ : 99,9 Ag : 0,1	20,67 8,37
90 : 10 : 0	MgAl ₂ O ₄ : 100	10,11
90 : 10 : 0,017	MgAl ₂ O ₄ : 99,8 Ag : 0,2	18,10 5,40

На рисунке 3 показаны РЭМ изображения шпинели с серебром.

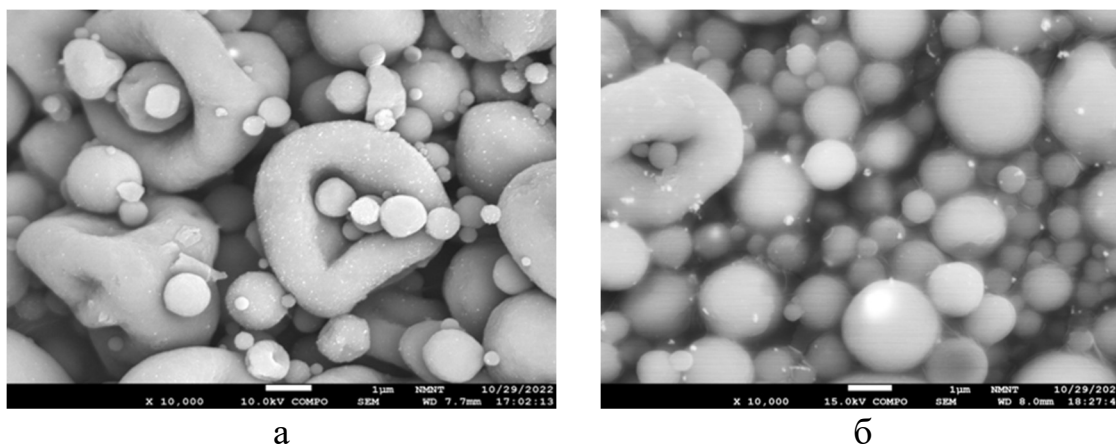


Рис. 3. РЭМ изображения шпинели с серебром при различных соотношениях, $[Al^{3+}]:[Mg^{2+}]:[Ag^{+}] = 80:20:0,017$ (а) ; $90:10:0,017$ (б)

До термообработки часть частиц имеет форму сфер, а часть неправильную форму «сжатого» эллипсоида. Такие формы характерны для частиц с хорошей адгезией, при распылении, очевидно наблюдается искажение сферической формы за счет прилипания частиц к стенкам установки. После отжига большая часть частиц имеет сферическую форму. Хорошо видно распределения серебра на частицах шпинели: при большем содержании алюминия в системе (рис.3, б), часть частиц серебра расположена на поверхности и не включена в объем основных частиц. Очевидно, что при помещении в жидкую среду такие частицы будут легко диффундировать в раствор.

Полученные порошки в дальнейшем могут быть использованы для разработки противовирусных и антибактериальных препаратов, вводимых в организм энтерально.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Younas M., Ahmad M.A., Jannat F.T. 18-Role of silver nanoparticles in multifunctional drug delivery // Nanomedicine manufacturing and applications. –2021. –P. 297-319.
2. Elmhamdi A., Kais N. Synthesis, characterization and ionic conductivity of $MgAl_2O_4$ // European Journal of Chemistry. –2015. –Vol. 6(3). – P.314.

3. Yuan L., Liu Z., He X., Ma B, Zhu Q. Fabrication and characterization of porous MgAl₂O₄ ceramics via a novel aqueous gel-casting process // *Materials*. –2017. –Vol. 11(1). – P.1376.
4. Maksoud M.I.A., Ghobasy M.M., Kodous A.S. Insights on magnetic spinel ferrites for targeted drug delivery and hyperthermia applications // *Nanotechnology Reviews*. –2022. –Vol. 11. –P.372–413.
5. Lyamina G.V., Ilela A.E., Dvilis E.S. Medical ceramics from powders of the system Al₂O₃-ZrO₂-Y₂O₃ obtained on an installation of nanospray drying // *Nanotechnologies in Russia*. –2018. –Vol. 13. –P. 5-6.

Ли Сяоянь(Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Илела Алфа Эдисон,
канд. техн. наук, доцент

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА ИЗ СУСПЕНЗИЙ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Введение. Оксид цинка применяется во многих областях, таких как катализ, солнечная энергетика, датчики газа и т.д [1]. Нанопорошок на основе цинка обладают низкой токсичностью и являются привлекательными материалами для биомедицинских применение [2, 3]. Материал на основе ZnO отличается высокой коррозионной стойкостью, устойчив к воздействию большинства органических и неорганических кислот и солей поэтому часто использовать в качестве ингибитора коррозии [4].

Распространенными методами получения нанопорошков оксида цинка являются золь-гель, гидротермальный синтез и химическое осаждение.

В работе использовалась установка распылительной сушки. Размер нанопорошка, полученного этим методом, составляет 100 нм – 5 мкм. Нанораспылительная сушилка В-90 обладает уникальной способностью генерировать частицы размером в субмикронный или даже нанометровый диапазон и может обрабатывать образцы на уровне миллиграммов с высоким выходом (90%). Нанораспылительное сушильное устройство представляет собой экономичный, эффективный, быстрый и адаптируемый метод получения наночастиц ZnO.

Целью настоящей работы являлись синтез и сравнение характеристик порошков оксида цинка, полученного различными способами.