

ХАРАКТЕРИСТИКА НАНОПОРОШКОВ Al_2O_3-Ag , ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ СУСПЕНЗИЙ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Евграфов А.М.¹, Илела А.Э.², Лямина Г.В.²

¹НИ ТПУ, ИШНПТ, гр. 4БМ22,

E-mail: ame16@tpu.ru

²НИ ТПУ, ИШНПТ, доц.

Введение

Наночастицы серебра (НЧ) известны своими антибактериальными свойствами: за счет малого размера, большой удельной поверхности и растворимости они легко вступают в контакт с патогенными микроорганизмами и проявляют максимальную биологическую активность [1, 2].

Ограничением широкого применения наночастиц серебра является их токсичность, одним из способов подавления которой является включение его в инертную матрицу, например, полимерную или неорганическую [3]. В нашей работе мы предлагаем использовать оксиды металлов, например алюминия или магния, в качестве инертного носителя для закрепления серебра и снижения его токсичности.

В качестве метода получения порошка предложено использовать химическое осаждение в щелочной среде из растворов смеси солей алюминия и серебра. Выделение образовавшихся осадков проводили тремя способами: СВЧ-сушкой, фильтрацией и с помощью установки нанораспылительной сушки [4]. Метод распылительной сушки позволяет избежать агломерации частиц, добиваться их меньшего разброса по размерам и получать частицы сферической формы. Применение такого метода позволяет в одну стадию получать частицы, содержащие два или более веществ, при этом состав продукта контролируется значительно точнее, за счет отсутствия селективности при выделении твердой фазы.

Целью данной работы было изучить морфологию и фазовый состав частиц Al_2O_3-Ag , полученных различными способами.

Экспериментальная часть

Для подготовки суспензии готовили 1 М раствор нитрата алюминия и добавляли в него при перемешивании 1 М раствор гидроксида аммония в эквимолярном соотношении. Полученный осадок промывали дистиллированной водой до полного удаления следов аммиака. К промытому осадку добавляли 0,001 М раствор нитрата серебра при перемешивании. Выделение порошка из суспензии производили при помощи фильтрации при комнатной температуре (Ф), нанораспылительной сушкой (НРС) при 75 °С (Nanospray Drying B-90) и СВЧ-сушкой. Затем порошок подвергали термообработке при 600 °С.

Для характеристики продукта применяли рентгенофазовый анализ (рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-7000); растровую электронную микроскопию (JEOL JSM-7500FA) и газо-адсорбционный метод БЭТ (БЭТ-анализатор МЕТА СОРБИ-М).

Результаты и обсуждение

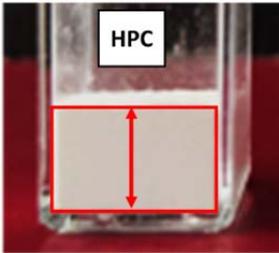
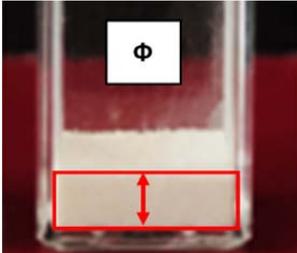
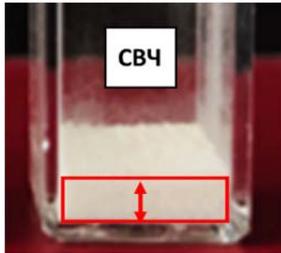
На первом этапе оценивали цвет порошков (табл. 1). Сразу после выделения до термообработки порошки имели серовато-белый цвет, указывающий на наличие окисленных форм серебра. После термообработки цвет сохранялся, но становился менее интенсивным.

Сравнительную удельную поверхность частиц можно оценить по объему, который занимает порошок. В таблице представлены фотографии стеклянных кювет, куда насыпали порошки одинаковой массы. Видно, что частицы, полученные с использованием НРС, занимают существенно больший объем по сравнению с другими образцами. Согласно предварительной оценке, большую удельную поверхность будут иметь именно данные частицы, и минимальную – порошок, полученный СВЧ-сушкой. Это предположение подтверждают данные БЭТ: значение $S_{уд}$ для Al_2O_3-Ag (НРС) в 1,6 и 1,9 раза превышает таковое значение для Al_2O_3-Ag (Ф) и для Al_2O_3-Ag (СВЧ), соответственно.

Согласно данным РФА, после термообработки оксид алюминия находится в γ -фазе во всех трех образцах, средний размер кристаллитов составляет 10 нм. Содержание серебра в частицах низкое и может не проявляться на дифрактограммах. Однако для образца Al_2O_3 -Ag (НРС) обнаружена фаза оксида серебра (процентное соотношение в данном случае определено с большой погрешностью). Этот факт демонстрирует возможности нанораспылительной сушки к более полному и неселективному выделению частиц различной природы.

Таблица 1

Характеристики порошков Al_2O_3 -Ag, полученных различными методами

Способ получения	НРС	Ф	СВЧ
Фото порошков (0,027 г)			
$S_{уд}$, м ² /г	259 ± 1	167 ± 1	134 ± 1
Фазовый состав, %	γ - Al_2O_3 : 99,6 Ag ₂ O: 0,4	γ - Al_2O_3 : 100	γ - Al_2O_3 : 100
ОКР, нм	10 10	8	10

Помимо высокой удельной поверхности и большей степени извлечения серебра, порошки, полученные с использованием НРС, имеют сферическую форму и узкое распределение по размерам (рис. 1). Таким образом, они являются наиболее перспективными для дальнейшей разработки и применения в качестве антибактериальных препаратов.

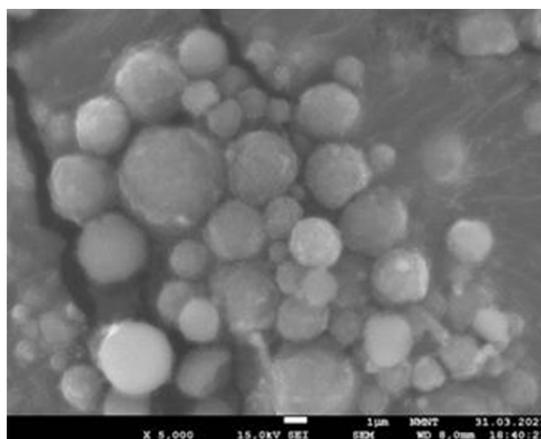


Рис. 1. РЭМ изображение Al_2O_3 -Ag (НРС) после отжига при 600 °С

Список литературы

1. Yin I. X., et al. The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry // International Journal of Nanomedicine. – 2020. – Vol. 2020. – P. 2555–2562.
2. Bruna T., Bravo F. M., Jara P., Caro N. Silver nanoparticles and their antibacterial applications // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – Vol. 22 (13). – Art. 7202.
3. Dakal T.C., Kumar A., Majumdar R.S., Yadav V. Mechanistic basis of antimicrobial actions of silver nanoparticles // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 7. – Art. 1831.
4. Лямина Г.В., Илела А.Э. и др. Получение нанопорошков оксида алюминия и циркония из растворов их солей методом распылительной сушки // Бутлеровские сообщения. – 2013. –Т. 33. –№ 2. – С. 119–124.