

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОПОРОШКОВ СЕРЕБРА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ  
ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ**

А.Ю. Мосолков, Ф.Е. Сапрыкин

Научный руководитель: к.х.н. Журавков С.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ornitolog99@gmail.com

**INVESTIGATION OF PROPERTIES OF ELECTRIC DISPERSED NANOPOWDER SILVER IN  
DIFFERENT MEDIUMS**

A.Yu. Mosolkov, F.E. Saprikin

Scientific Supervisor: Ph.D. S. P. Zhuravkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail:ornitolog99@gmail.com

*The work presents research of properties of nanopowder silver obtained by electrical dispersion. Specific surface area, electrokinetic potential and phase composition of nanopowders obtained in different mediums have been presented.*

Нанопорошки серебра интересны своими уникальными свойствами, которые используются в различных отраслях промышленности и в медицине [1, 2]. Проявление различных свойств зависит не только от размеров частиц серебра, но также связано с их структурой, строением и средой в которой их получают. Одним из известных методов получения наноразмерных порошков (НП) является электроискровое диспергирование (ЭИД). Целью данной работы являлось получение НП серебра (Ag) методом ЭИД в дистиллированной воде и гексане, а также изучение их физико-химических свойств.

**Методика эксперимента** В данной работе для получения наночастиц серебра нами использовалась установка по электроимпульсному диспергированию металлов. Экспериментальная установка состоит из импульсного источника питания и реактора, изготовленного из диэлектрического материала, в котором размещены электроды из Ag (рис.1). Межэлектродный промежуток заполнен гранулами из Ag с

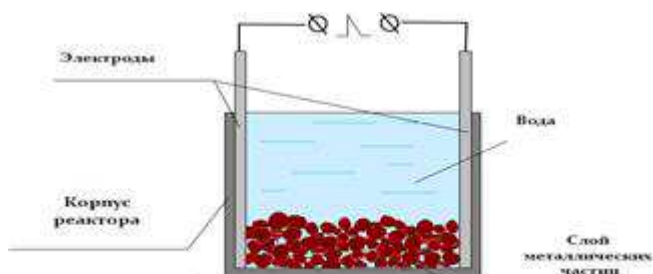


Рис 1. Схема рабочего реактора электроимпульсного диспергирования

диаметром 2÷4 мм, длиной 5÷8 мм. Под действием импульсов электрической энергии между гранулами Ag, находящимися в межэлектродном промежутке, возникает множество микроразрядов, вызывающих эрозию гранул. Вследствие небольших зазоров между контактирующими гранулами энергия импульса расходуется в основном

на локальный нагрев металла в области контакта, испарение и отрыв мельчайших частиц металла от основы. В результате происходит плавление, испарение и разбрызгивание (диспергирование) расплавленного металла [3].

В качестве рабочей жидкости в реакторе использовали гексан и дистиллированную воду. Слой рабочей

жидкости (суспензию) после каждого диспергирования над дисперсной металлической загрузкой, сливали в стакан. Затем в реактор заливали следующую порцию рабочей жидкости для повторения процесса. После накопления определенного количества порошка Ag в виде суспензии, проводили отстаивание частиц в специальном стакане в течение 10 минут, в ходе которых под действием гравитационных сил частицы с размером более 1 мкм выпадали в осадок. Затем верхнюю часть суспензии сливали и из полученной суспензии выделяли наноразмерные частицы Ag с помощью центрифуги при скорости вращения ротора 10000 оборотов/мин в течение 30 минут. Полученные влажные осадки объединяли путем концентрирования их на чашке Петри. Полученный концентрат сушили в вакуумном сушильном шкафу при температуре не более 40 °С, в случае с порошком полученным в воде, нагревание проводилось в несколько этапов на протяжении не менее 3-4 часов.

Величину удельной поверхности порошка серебра определяли по тепловой десорбции азота с помощью анализатора удельной поверхности и пористости «Сорбтометр М», программное обеспечение которого рассчитывает величину удельной поверхности исследуемого образца по методу БЭТ.

Для определения дзета-потенциала ( $\zeta$ ) использовался метод движущейся границы [4], определяя скорость перемещения границы раздела золь-контактная жидкость и рассчитывают электрофоретическую подвижность, по которой вычислялось электрокинетическое значение потенциала.

Исследование фазового состава и структурных параметров образца проводилось на дифрактометре «Shimadzu XRD-7000» на CuK $\alpha$ -излучении.

Исследование морфологии наночастиц Ag проводили методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с помощью электронного микроскопа JEM-2100 (JEOL).

**Результаты экспериментов и их обсуждение** На рис. 2 (а, б) приведены микрофотографии образцов порошка Ag полученных в гексане и дистиллированной воде. Согласно изображениям, представленным на рис. 2, форма частиц Ag преимущественно сферическая, присутствуют как крупные частицы,

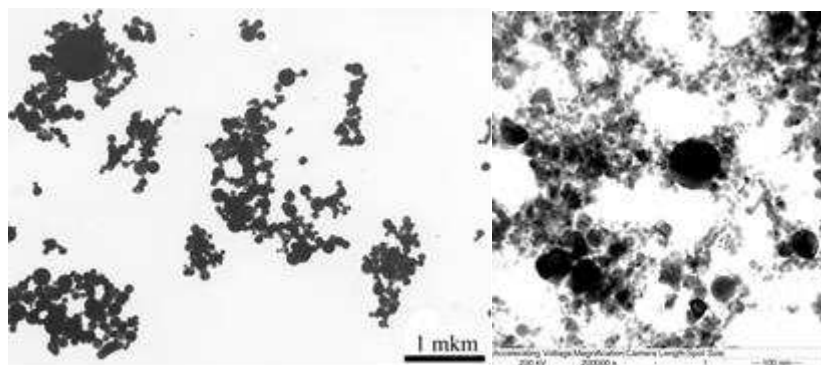


Рис. 2. Микрофотографии частиц серебра: а – полученные в воде; б – полученные в гексане

образующиеся в результате плавления и разбрызгивания металла, так и мелкие, происхождение которых, вероятно связано с испарением металла и последующей конденсацией паров.

Расчетная величина площади удельной поверхности для порошка Ag,

полученного в гексане составила 5,75 м<sup>2</sup>/г, а для порошка, полученного в воде, - 3,44 м<sup>2</sup>/г. Исходя из этих данных можно предположить, что у нанопорошка, полученного в гексане, на поверхности частиц образуется углеродная пленка, которая останавливает рост зерен в отличие от частиц, полученных в воде.

Важнейшей характеристикой наночастиц является электрокинетический потенциал или  $\zeta$ -потенциал, который является характеристикой стабильности системы и способности частиц к агломерации. Согласно экспериментальным данным частицы Ag, полученные в гексане, имеют значение  $\zeta$  – потенциала -59,73

$\pm 11,68$  мВ (при pH = 5,96), а частицы Ag, полученные в дистиллированной воде, имеют значение  $-60,28 \pm 11,74$  мВ, что позволяет считать суспензии стабильными.

Анализ фазового состава порошка, полученного методом ЭИД как в воде, так и в гексане показал, что продукт состоит в основном из хорошо окристаллизованных частиц, с четкими дифракционными линиями, соответствующими Ag ( $2\theta = 38,14$ ,  $I = 2342$ ;  $2\theta = 44,32$ ,  $I = 1002$ ;  $2\theta = 64,45$ ,  $I = 588$ ;  $2\theta = 77,41$ ,  $I = 630$ ;  $2\theta = 81,55$ ,  $I = 242$ ). Расчет параметров кристаллической решетки НП Ag проводили по методу Ритвельда. Установлено, что НП Ag имеют кубическую кристаллическую решетку с параметрами, близкими к стандартным -  $a = b = c = 4,0871$  Å.

В результате проделанной работы были сделаны следующие выводы:

В зависимости от природы дисперсионной среды гексан и вода, величина удельной поверхности нанопорошков различна  $5,75$  м<sup>2</sup>/г и  $3,44$  м<sup>2</sup>/г соответственно.

По полученным значениям дзета-потенциала равным  $-59,73$  и  $-60,28$  мВ можно заключить, что метод электроискрового диспергирования позволяет получать стабильные суспензии нанопорошков серебра.

Результаты рентгенофазового анализа позволяют утверждать, что продукт состоит из хорошо окристаллизованных частиц и имеет четкие дифракционные линии соответствующие серебру.

Авторы выражают благодарность Качаеву А.А. (Нано-Центр ТПУ) за помощь в проведении и интерпретации результатов рентгенофазового анализа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wong K. V., De Leon O. 2010, Applications of nanofluids: Current and Future, Advances in Mechanical Engineering, 2010:1–11.
2. Cao G. Nanostructures and Nanomaterials, Imperial College Press, 2004. – P. 433.
3. Журавков С.П., Плотников Е.В., Мартемьянов Д.В., Яворовский Н.А., Xasse U., Zander S. Изучение свойств наноразмерных частиц серебра, полученных электроимпульсным методом // Известия вузов. Физика, 2013. – Т. 56. – № 7/2. – С. 141–145.
4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы). – М.: Химия, 1982. – 400 с.