

Сатывалдиев А.С.

## СИНТЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ НАНОСТРУКТУР МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Satyvaldiev A.S.

### SYNTHESIS OF METAL AND METAL-CONTAINING NANOSTRUCTURES BY ELECTRIC SPARK DISPERSING METHOD

УДК 621.762.214

*С использованием просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии показаны возможности синтеза нано порошков меди, никеля и алюминия, и карбидов титана и вольфрама сферической формы с достаточно узким распределением по размерам в условиях электроискрового диспергирования.*

*Using transmission and scanning electron microscopy shows possible synthesis of nano copper, aluminum and nickel, and carbides of titanium and tungsten of a spherical shape with a relatively narrow size distribution in terms of electric-dispersion process.*

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию физических и химических свойств наноразмерных структур металлов и металлосодержащих соединений, разработке методов и изучению закономерностей их синтеза, выяснению возможности их применения в различных областях техники и промышленности. На основе металлических и металлосодержащих наноструктур производятся материалы с повышенными физико-механическими характеристиками, бактерицидными, магнитными и каталитическими свойствами, которые необходимы для решения проблем современной энергетики, химической промышленности, биотехнологии, медицины, защиты окружающей среды. Для широкого внедрения наноматериалов необходимы эффективные методы синтеза наноразмерных частиц различной природы.

В этом плане перспективным является метод электроискрового диспергирования, который позволяет получить высокодисперсные порошки различных токопроводящих материалов (металлов, сплавов, твердых сплавов на основе карбидов) различных металлов. Формирование наноструктур происходит, как правило, в неравновесных условиях, а это требует создания специальных условий и зачастую, сложного оборудования [1]. В методе электроискрового диспергирования (ЭИД) высокодисперсные порошки образуются в результате высокоэнергетического воздействия на вещество, и продукты синтеза подвергаются высокоскоростной закалке, а это способствует сохранению метастабильных (неравновесных) фаз и получению высокодисперсных порошков металлов [2].

Целью данной работы является изучение дисперсности и морфологии наноструктур меди, никеля, алюминия и карбидов титана и вольфрама, синтезированных методом электроискрового диспергирования.

Ранее [3-5] нами показаны возможности образования высокодисперсных порошков соответствующих металлов при электроискровом диспергиро-

вании меди, никеля, алюминия в гексане и спирте, а возможности синтеза высокодисперсных карбидных соединений титана и вольфрама в условиях искрового разряда установлены в работе [6]. Подробное изучение дисперсности и морфологии синтезированных порошковых материалов не были изучены.

Для получения нанопорошков металлов и карбидов титана и вольфрама в условиях электроискрового диспергирования нами использована лабораторная установка, где искровой разряд создается с помощью РС-генератора [2]. Электроды были изготовлены из соответствующих металлов, а в качестве диэлектрической среды для синтеза нанопорошков металлов были использованы гексан, этиловый спирт (96%), для синтеза карбидов - гексан.

Продукты электроискрового диспергирования находятся в составе твердой фазы, поэтому она отделялась от жидкой фазы декантацией. Твердые продукты, полученные в гексане, промывались чистым гексаном и этиловым спиртом для удаления продуктов пиролиза диэлектрика, затем и высушивались. Продукты, полученные в этиловом спирте, промывались спиртом и высушивались. Одним из продуктов термического пиролиза углеродсодержащих сред является свободный углерод в виде сажи, который находится в составе твердых продуктов.

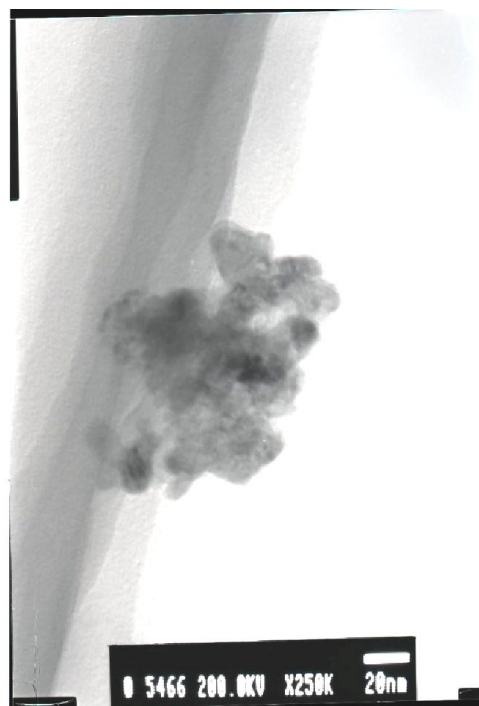
Дисперсность и морфология продуктов установлены методом электронной микроскопии. Микрофотографии продуктов сняты на просвечивающем электронном микроскопе JEOL-2000FX и эмиссионном сканирующем электронном микроскопе JOEL JSM-7600F.

Микрофотографии наноструктур металлов и карбидов представлены на рис.1-4. Микрофотографии наночастиц меди, никеля и алюминия, синтезированные в спирте, получены с использованием просвечивающего электронного микроскопа, а микрофотографии продуктов ЭИД меди, никеля, алюминия в гексане, а также карбидных продуктов титана и вольфрама получены с помощью сканирующего электронного микроскопа.

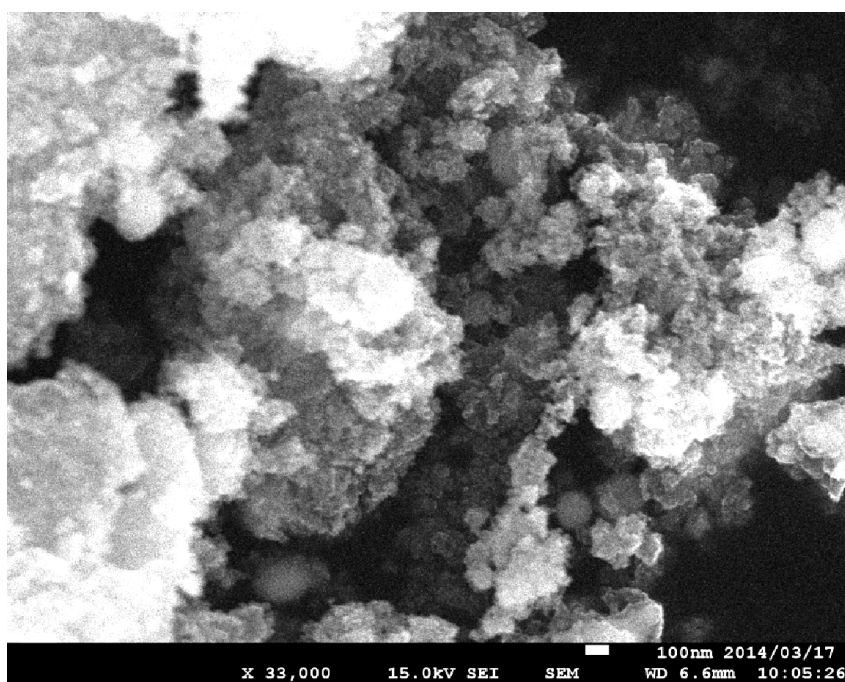
Анализ микрофотографий показывает, что дисперсность и морфология продуктов электроискрового диспергирования металлов зависит от природы металлов. При электроискровом диспергировании меди и никеля, не зависимо, от природы жидкой среды образуются сферические металлические наноструктуры с размерами частиц менее 10 нм. Это подтверждают оба метода электронной микроскопии. В составе продуктов электроискрового диспергирования алюминия имеются наноструктуры с различной морфологией. На микрофотографиях, полученных с помощью



а.

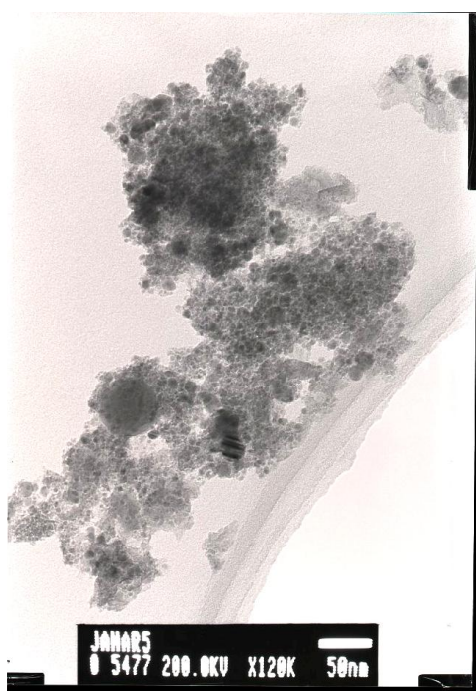


б.

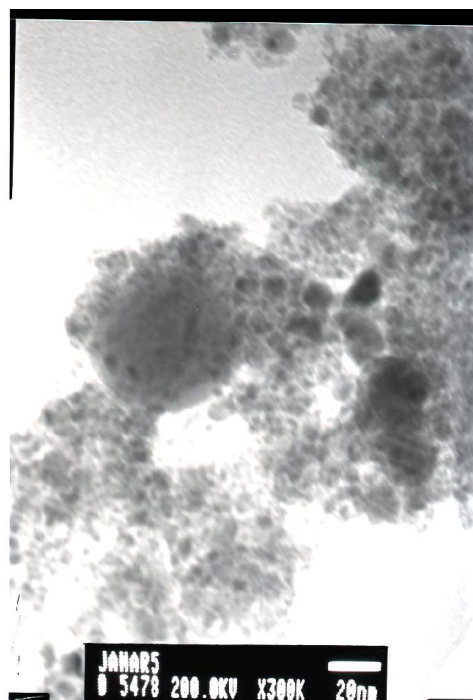


в.

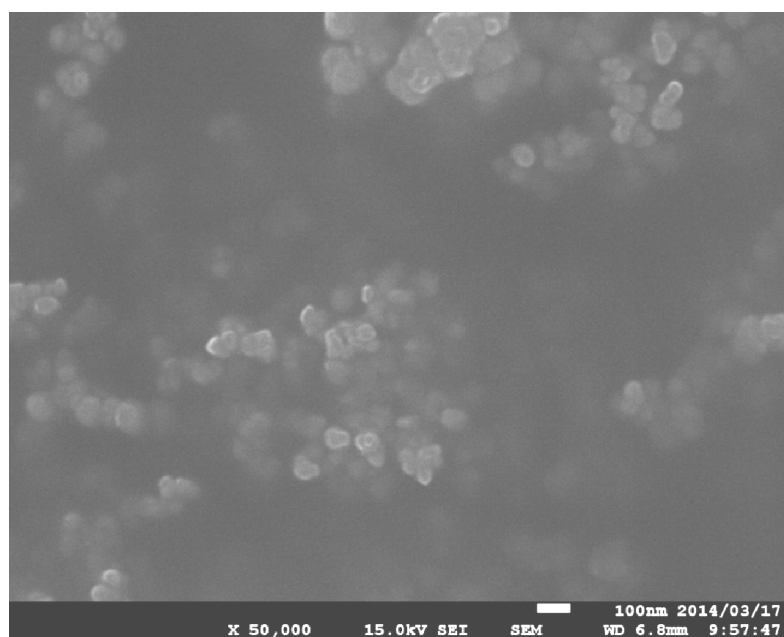
**Рис. 1.** Микрофотографии наночастиц меди, синтезированные методом ЭИД в спирте (а, б) и гексане (в).



а.

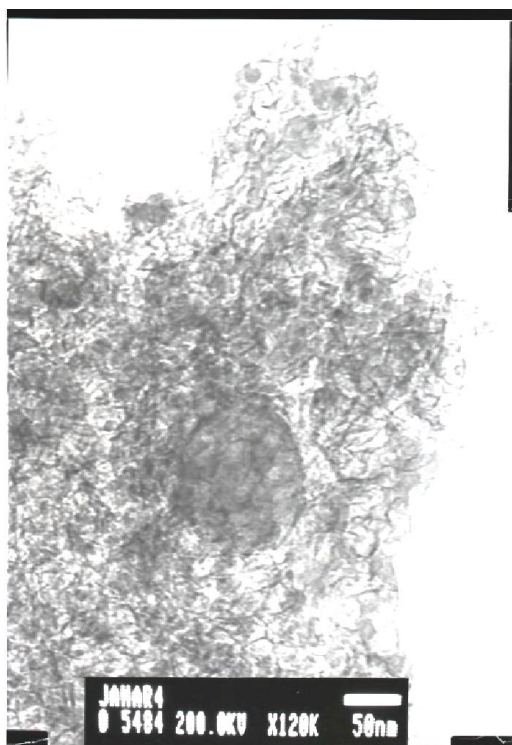


б.

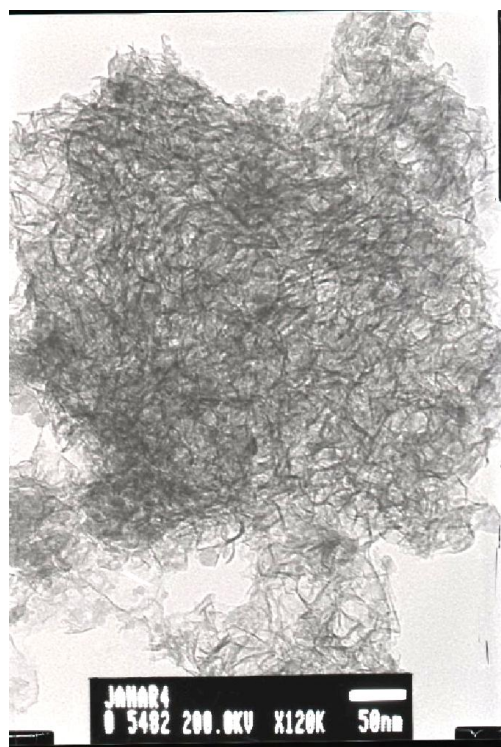


в.

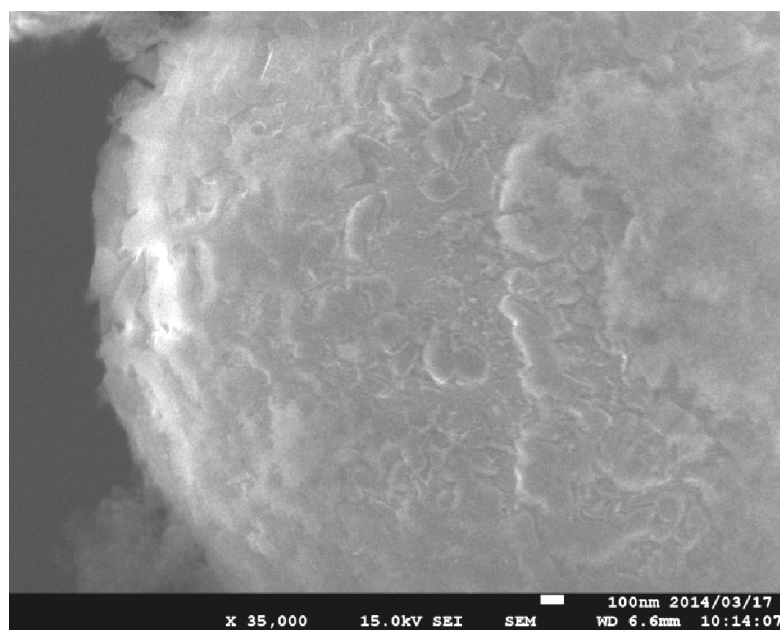
**Рис. 2.** Микрофотографии наночастиц никеля, синтезированные методом ЭИД в спирте (а. б) и гексане (в).



а.



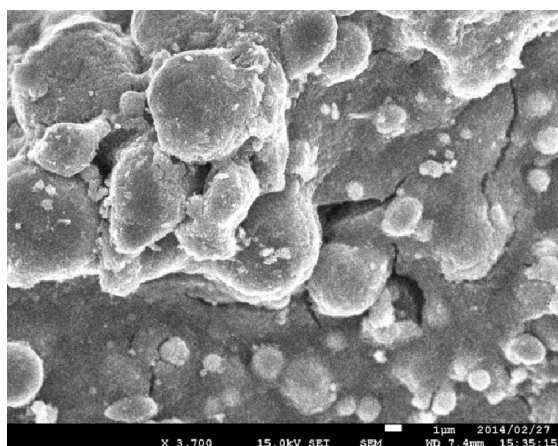
б.



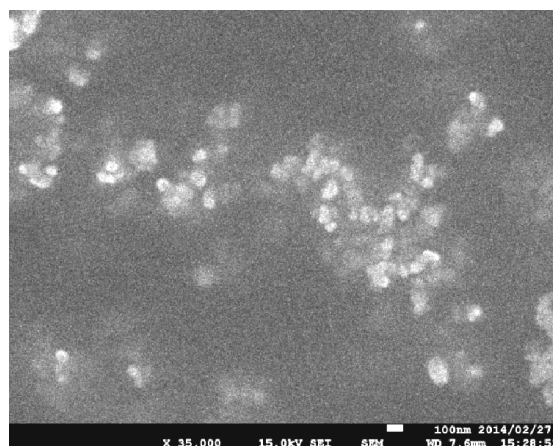
в.

**Рис. 3.** Микрофотографии наночастиц алюминия, синтезированные методом ЭИД в спирте (а, б) и гексане (в).

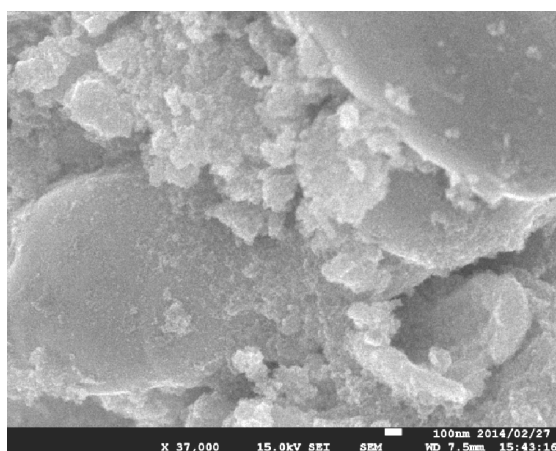




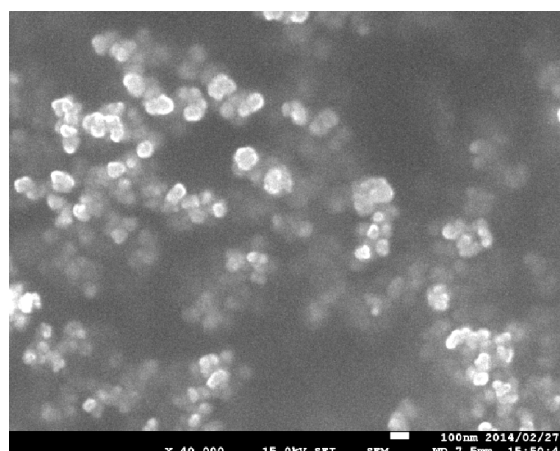
а.



б.



в.



г.

**Рис. 4.** Микрофотографии наночастиц карбидов титана (а, б) и вольфрама (в, г), синтезированные методом ЭИД в гексане.

просвечивающей электронной микроскопии хорошо видны сферические частицы с диаметром до 10 нм и нановолокны различной длины с диаметром менее 5 нм. Наночастицы металлов образуют агрегаты, что видно на микрофотографиях продуктов ЭИД металлов, полученных с помощью сканирующего микроскопа.

В условиях ЭИД синтезированные карбидные частицы титана и вольфрама также имеют сферическую форму. Диаметр карбидных частиц составляет менее 10 нм.

Таким образом, результаты электронно-микроскопического исследования показывают, что в условиях электроискрового диспергирования происходит формирование наночастиц, т.к. в этих условиях физико-химические процессы (фазовые переходы, химические реакции) протекают с высокой скоростью при больших градиентах температуры и давления.

#### Литература:

1. Рыжонков Д.И. Наноматериалы. –М.: БИНОМ, 2010. – 365 С.
2. Сатывалдиев А., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. – 187 с.
3. Бообекова А.А., Сатывалдиев А.С., Осмонканова Г.Н. Изучение возможности получения ультрадис-персных порошков меди в условиях искрового разряда // Вестник КГУ им. И. Арабаева, 2008, вып.11. – С.
4. Котов С., Бообекова А.А., Сатывалдиев А.С., Осмонканова Г.Н. О возможности получения наноразмерного никеля в условиях электроискрового диспергирования // Известия вузов, 2013, №3. – С.116-118.
5. Сварова Р.А., Бообекова А., Сатывалдиев А.С. Каталитическая активность наноразмерного алюминия, полученного в условиях искрового разряда // Известия вузов, 2013, №3. – С.118-121.
6. Насирдинова Г.К., Сатывалдиев А.С. «Синтез наноразмерных карбидов вольфрама и титана в условиях искрового разряда» // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2010, № 3.- С. 145-147.

Рецензент: д.х.н. Шыйгыева Н.