

содержание моноклинной и тетрагональной фаз при этих температурах примерно одинаково. Однако исследования показали, что дестабилизация структуры нанопорошка  $ZrO_2$  плазмохимического синтеза, вводимого в шихту в качестве спекающей добавки, не приводит к снижению плотности и износостойкости алюмоциркониевой керамики.

Анализ размеров частиц керамики, спеченной при температуре  $1580^\circ\text{C}$ , свидетельствует

о том, что не только наличие  $ZrO_2$  в составе керамики в исследуемом диапазоне ограничивает рост зерна оксида алюминия, а введение нанопорошка диоксида циркония (не более 15 мас.%) еще больше препятствует процессу рекристаллизации (рис. 2). Следствием чего является более мелкий размер зерна того и другого оксида и более высокие механические характеристики керамики.

### Список литературы

1. *Керамические материалы на основе диоксида циркония* / Жигачев А.О., Головин Ю.И., Умрихин А.В. и др. – М.: Техносфера, 2018. – 358 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФИДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

М.Н. Титов

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Ан

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, titov081197@gmail.com*

Использование сульфида вольфрама полученного с помощью метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) представляют интерес в трибологии, водородной энергетике.

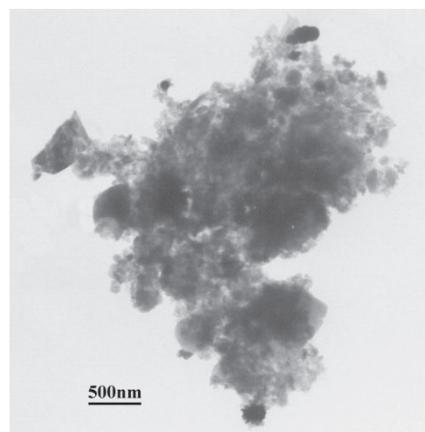
На примере работ [1, 2] было показано влияние частиц сульфидов на уменьшение коэффициента трения, при этом сульфиды, полученные методом СВС имеют более лучшие значения коэффициента трения чем сульфиды, получаемые промышленными способами

Фотоэлектрохимические материалы на основе данных сульфидов могут найти практическое использование в получении наночешуек для фотокаталитического разложения воды в водородной энергетике. Для данного процесса используются двойные сульфиды железа и вольфрама или тройные на основе сульфидов железа, вольфрама и молибдена.

Целью данной работы является получение сульфидов вольфрама методом СВС с использованием смесей нанодисперсного порошка металла и элементарной серы, а также исследование их свойств для дальнейшего использования их при создании фотоэлектрохимических материалов.

Получение порошков металлов происходит на установке ЭВП. Принцип работы приведен в работе [3]. Основные параметры взрыва для получения порошков приведены в таблице 1. Все взрывы проводили в атмосфере аргона при давлении в 0,2 МПа.

Для синтеза сульфидов использовали реактор постоянного давления. Порошки металла и серы смешивали и формировали образцы цилиндрической формы ( $d=30$  мм), затем смесь помещалась в установку. В установке смесь поджигалась, затем происходит реакция с видимым



**Рис. 1.** Микрофотография частиц дисульфида вольфрама

процессом горения, повышения температуры и давления. Спустя 10 минут после окончания синтеза спек сульфидов собирается, измельчается и просеивается через сито с размером ячейки 45 мкм. Полученные сульфиды представляют собой слоистые агломераты с толщиной слоя от 10 до 60 нм и длиной от сотни нанометров до нескольких микрон. На рисунке 1 представлена фотография частиц дисульфида вольфрама полученных просвечивающим микроскопом.

В ходе работы были получены наноструктурные порошки вольфрама в среде аргона. Синтезируя данные порошки с порошком элементарной серы получены слоистые сульфиды

### Список литературы

1. An V., Irtegov Y., & De Izarra C. *Study of Tribological Properties of Nanolamellar WS<sub>2</sub> and MoS<sub>2</sub> as Additives to Lubricants. Journal of Nanomaterials, 2014. [865839].*
2. Ан В.В., Иртегов Ю.А., Яворовский Н.А., Галанов А.И., Погребенков В.М. *Трибологические свойства нанослоистых дисульфидов вольфрама и молибдена // Известия Высших*

**Таблица 1.** Параметры взрыва W проводников в атмосфере Ar

Индуктивность (мГн)	0,76
Емкость конденсатора (мкФ)	3,3
Напряжение (кВ)	31
Длина проводника (мм)	70
Диаметр проводника (мм)	0,24

вольфрама. Длина данных сульфидов составляет от сотни нанометров до нескольких микрон, толщина от 10 до 60 нм. Данный сульфид возможно использовать в триботехнических материалах или при получении фотоэлектрохимических элементов.

*Ученых Заведений. Физика, 2011.– Т.54.– №11.– С.326–331.*

3. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Коршунов А.В. *Репорт. Особенности физико-химических свойств нанопорошков и наноматериалов.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.– 196 с.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА ГИДРОКСИАПАТИТ-ПОЛИЛАКТИД

Н.Е. Торопков

*Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.С. Петровская*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, zerogoff@gmail.com*

Поиск оптимальных имплантатов для различных дефектов костей, все еще остается актуальной проблемой в инженерии костной ткани. Синтетический биоматериал должен быть похож или имитировать свойства кости и должен функционировать в качестве каркаса для ускорения регенерации костной ткани [1]. На данный момент известны многочисленные синтетические биоматериалы для возможных применений восстановления кости.

Композиты, приготовленные из поли (молочной кислоты), поликапролактона, поли (пропиленфумарата) и керамики, продемонстрировали значительный успех в тканевой инженерии [2]. Тем не менее существует физическое ограничение на количество наполнителя, которое может быть включено в составную матрицу, Кроме того, также необходимо обеспечить равномерное диспергирование наполнителя в матрице

для улучшения механических свойств. Было замечено, что функциональные группы, такие как фосфаты, сульфаты, фториды и гидроксильные группы, могут индуцировать зародышеобразование гидроксиапатита (ГАП) в полимере. Поэтому это исследование было направлено на разработку композитов для склеивания костей с хорошими механическими свойствами. Целью работы являлось исследование биоразлагаемых биомиметических композитов, полученных из полилактида и нано-гидроксиапатита, для замены костей.

Для получения композита использовали полилактид из D, L-лактида (ПЛА) и гидроксиапатита (ГАП), полученный методом осаждения. Исследуемые композиты на основе полилактида содержат ГАП в количестве 30%. В ходе проведенных механических испытаний было выяснено что прочность , что прочность на сжатие со-