

**МОДИФИЦИРОВАНИЕ ОКСИГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБЛАДАЮЩИХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

*С.О. МАГОМАДОВА, Л.Н. ШИЯН, Е.Н. ГРЯЗНОВА*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
E-mail: valishevskaya\_s@mail.ru

**MODIFICATION OF ALUMINUM OXYHYDROXIDE TO OBTAIN NANOCOMPOSITE MATERIALS HAVE MANY FUNCTIONAL PROPERTIES**

*S.O. MAGOMADOVA, L.N. SHIYAN, E.N. GRYAZNOVA*

Tomsk Polytechnic University  
E-mail: valishevskaya\_s@mail.ru

*Annotation.* It was shown the method of modified nanomaterials. The aluminum oxyhydroxide was modified by copper ions (II) during the synthesis. It was shown that modified aluminum oxyhydroxide has new function properties. In the phase composition of the samples modified and reduced content hydroxid and oxyhydroxide aluminum phases, which leads to a drop of the specific surface area from 254,52 to 15,84 m<sup>2</sup>/g.

**Введение.** В настоящее время в научно-исследовательских коллективах ставятся задачи по разработке наносистем нового поколения, а именно многоуровневых композитных наноматериалов обладающих много функциональными свойствами. Так, к примеру, оксигидроксид алюминия, находит применение для улучшения прочностных свойств, для повышения термостойкости, применяются в качестве сорбентов, а также в качестве модификаторов для мембран благодаря своим техническим характеристикам [1–4].

Вместе с тем поиск новых возможностей применения этого материала следует считать перспективной задачей, и одним из способов ее решения является применение метода модифицирования. В связи с этим целью данной работы является получение модифицированного оксигидроксида алюминия ионами металлов переходной группы. Ионы меди, относящиеся к металлам переходной группы, могут использоваться в качестве модификаторов наноматериалов, для повышения коррозионностойкости, увеличения электропроводности и повышения каталитических свойств материалов, благодаря своим химическим свойствам [5–6].

**Модифицирование оксигидроксида алюминия.** Объектом исследования являлся оксигидроксид алюминия, микрофотография которого представлена на рисунке 1.

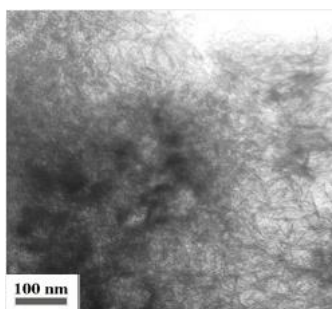
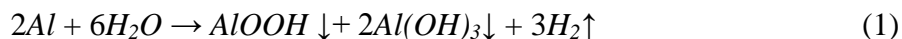


Рисунок 1 – Микрофотография оксигидроксида алюминия

В качестве модификатора использовали ионы меди (II), образующиеся при диссоциации их соли квалификации ч. д. а.

Классической реакцией взаимодействия нанопорошка алюминия с водой является реакция 1. Нанопорошок алюминия получен методом электрического взрыва проводника в среде аргона с дальнейшей пассивацией на воздухе. В этой реакции образуются два твердых продукта, но только оксигидроксид алюминия обладает развитой поверхностью с сорбционными свойствами.



Идея модифицирования оксигидроксида алюминия ионами меди (II) состояла в совмещении стадии получения и модифицирования. Так как получение оксигидроксида алюминия протекает в водной среде, то и процесс модифицирования ионами меди можно осуществляться в водной среде. Последовательность получения модифицированного оксигидроксида алюминия заключается в приготовлении суспензии состоящей из точной навески нанопорошка алюминия, а вместо воды используется водный раствор соли модификатора. Полученную суспензию диспергировали в ультразвуковой ванне в течении 5 мин, для получения гомогенной системы. Далее суспензию помещали в термостат при 60 °С на 6 часов для протекания синтеза. После истечения данного времени осадок разделяли на фильтре с дальнейшей сушкой при 105 °С до постоянной массы. По данной методике было получено пять образцов (таблице 1).

Таблица 1 – Свойства исследуемых образцов

№ образца	Концентрация меди в образце, мас. %	Величина площади удельной поверхности, м <sup>2</sup> /г	Содержание металлического алюминия, мас. %
0	0,0	286,55	0,2
1	0,4	254,52	1,0
2	0,6	225,30	2,9
3	3,7	86,70	21,0
4	12,3	15,84	50,8

Концентрацию ионов меди в растворе и в составе модифицированных образцов определяли по ГОСТ 4388-72. Для определения концентрации меди в модифицированном оксигидроксида алюминия навеску образца (15 мг) растворения в 50 мл разбавленной серной кислоты (2:3). Результаты химического анализа показали, что в модифицированных образцах присутствуют ионы модификатора и их концентрация увеличивается с повышением концентрации модификатора в растворе при синтезе.

Содержание металлического алюминия определяли волюмометрический метод. Площадь удельной поверхности измеряли методом тепловой десорбции азота при помощи прибора Сорботметр М (Россия). Как видно из таблицы 1 с увеличением концентрации модификатора в растворе происходит увеличение содержания металлического алюминия и снижение площади удельной поверхности. Такой характер изменений, как площади удельной поверхности, так и состава можно объяснить большим содержанием модификатора в растворе при синтезе оксигидроксида алю-

миния, вследствие чего ионы модификатора сорбируются на поверхности металлической частицы, блокируя центры роста оксигидроксида алюминия.

Фазовый состав полученных образцов анализировали при помощи рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD-7000S (Япония). В таблице 2 представлены результаты рентгенофазового анализа исходного и модифицированного оксигидроксида алюминия.

Таблица 2 – Фазовый состав синтезируемых образцов

№	Концентрация меди в образце, мас. %	Фазовый состав, %
0	0	<i>Al; AlOOH; Al(OH)<sub>3</sub></i>
1	0,4	<i>Al; AlOOH; Al(OH)<sub>3</sub></i>
2	0,6	<i>Al; AlOOH; Al(OH)<sub>3</sub></i>
3	3,7	<i>Al; Cu; AlOOH</i>
4	12,3	<i>Al; Cu</i>

Согласно рентгенофазовому анализу в образцах зафиксированы рефлексы фаз кристаллического *Al(OH)<sub>3</sub>*, аморфного *AlOOH*, а также фазы металлического *Al* и *Cu*. С увеличением содержания модификатора в образцах уменьшается количество гидроксида и оксигидроксида алюминия, вплоть до полного исчезновения.

Синтезируемые образцы являются термически не устойчивыми [7]. Для исследования влияния температуры на формирования структуры модифицированного оксигидроксида алюминия, образцы подвергли термической обработке. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Фазовый состав образцов после прокаливания

Обозначение образцов		0 ( <i>AlOOH</i> )	<i>Cu</i> (0,4 мас.%)	<i>Cu</i> (12,3 мас.%)
<i>t</i> °C	360	<i>AlOOH</i>	<i>Al; AlOOH</i>	<i>Al; CuO</i>
	850	$\gamma$ - <i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	$\gamma$ - <i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	$\alpha$ - <i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> ; <i>CuAl<sub>2</sub></i> ; $\delta$ - <i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>

Прокаливание при температуре 360°С приводит к исчезновению фаз байерита (*Al(OH)<sub>3</sub>*), однако в этих образцах зафиксированы фазы металлического алюминия, который не является конечным продуктом. В модифицированных образцах прокаленных при температуре 850°С формируются различные высокотемпературные оксиды, а именно обнаружены такие фазы, как  $\alpha$ -*Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*, *CuAl<sub>2</sub>* и  $\delta$ -*Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*. Прокаливание при температуре 850°С позволило получить устойчивые многоуровневые системы, которые характеризуется наличием поликристаллов.

#### Выводы

1. Показано, что модифицирование оксигидроксида алюминия ионами меди (II) возможно в процессе его синтезе. Установлено, что модификатор входит в состав получаемого материала в диапазоне концентраций от 0,4 до 3,7 мас. % .

2. Показано, что с увеличением концентрации меди в образце изменяется фазовый состав: снижается содержание бемитной фазы вплоть до полного исчезновения и основными продуктами синтеза являются металлические алюминий и медь.

Снижается величина площади удельной поверхности материала от 285,66 до 15,84 м<sup>2</sup>/г.

#### Список литературы

1. Ooi Y. et al. Clinical experience of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics as a surgical implant //International orthopedics. – 1982. – Т. 6. – №. 2. – С. 93-101.
2. Хан В. А. и др. Разработка комплекса безреагентной очистки воды //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №. 86.
3. Бакина О.В. Закономерности превращения нанопорошков алюмонитридной композиции в водных средах: Автореф. дис. ... к.х.н. – Томск 2012. – 22 с.
4. Грязнова Е. Н. Технология получения модифицированного ионами марганца (II) оксигидроксида алюминия нановолокнистой структуры и материалов на его основе: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.17. 11 :дис. – 2015.
5. Thu T. V. et al. Synthesis of delafossite CuAlO<sub>2</sub> p-type semiconductor with a nanoparticle-based Cu (I) acetate-loaded boehmite precursor //Materials research bulletin. – 2011. – Т. 46. – №. 11. – С. 1819-1827.
6. Xu Z., Yu J., Jaroniec M. Efficient catalytic removal of formaldehyde at room temperature using AlOOH nanoflakes with deposited Pt //Applied Catalysis B: Environmental. – 2015. – Т. 163. – С. 306-312.
7. Волкова Г. И., Иванов В. Г., Кухаренко О. А. Влияние условий синтеза на структуру и свойства ультрадисперсных оксигидроксилов алюминия //Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – Т. 13. – №. 3. – С. 427-432.

### ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВНУТРЕННЕОКИСЛЕННОГО СПЛАВА V–Cr–Zr–W ПОСЛЕ БОЛЬШИХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

*В.Л. РАДИШЕВСКИЙ<sup>1</sup>, И.В. СМIRHOV<sup>1,2</sup>, К.В. ГРИНЯЕВ<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup> Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова

<sup>3</sup> Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: [rvl@myttk.ru](mailto:rvl@myttk.ru)

### THERMAL STABILITY OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES IN INTERNAL OXIDIZED V–Cr–Zr–W ALLOY DURING SEVERE PLASTIC DEFORMATIONS

*V.L. RADISHEVSKY<sup>1</sup>, I.V. SMIRNOV<sup>1,2</sup>, K.V. GRINYAEV<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup> National Research Tomsk State University

<sup>2</sup> Siberian Physical-Technical Institute

<sup>3</sup> Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS

E-mail: [rvl@myttk.ru](mailto:rvl@myttk.ru)

**Annotation.** In this article the study of thermal stability of the microstructure and microhardness of dispersion-strengthened V–Cr–Zr–W alloy after severe plastic deformation by torsion under high pressure through one turn is presented.