

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01239\18. Исследования выполнены в ЦКП ССМ НГТУ.

#### Список литературы

1. Carter C. Barry, Norton M. Grant. Ceramic materials: science and engineering. – Luxembourg:Springer, 2007. – 716 с.
2. Hannink R.H.J., Kelly P.M., Muddle B.C. Transformation toughening in Zirconiacontaining ceramics // Journal of the American Ceramic Society. – 2000. – Vol. 83. – № 3. – P. 461–487.
3. Taktak R., Baklouti S., Bouaziz J. Effect of binders on microstructural and mechanical properties of sintered alumina //Materials characterization. – 2011. – Т. 62. – №. 9. – С.912 – 916.
4. Веселов С. В., Стукачева Н.С., Кузьмин Р.И. и др. Структура и механические свойства керамических материалов системы  $Al_2O_3$ - $ZrO_2$  //Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2016. – №. 4. – С. 207-217.
5. Ануфриенко Д.А., Тимаревский Р.С., Черкасова Н.Ю. Влияние параметров формования пресс-порошка на структуру и свойства спеченной керамики// Современное материаловедение: материалы и технологии новых поколений. – 2015. – № 3. – С. 208-211.

### ПРОСТОЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ CU, CO, FE, NI ПУТЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ИХ ОКСАЛАТОВ

*О. А. ХАРСКАЯ, А. П. ИЛЬИН*

Томский политехнический университет

E-mail: [harskaya.olya@yandex.ru](mailto:harskaya.olya@yandex.ru)

Перспективными материалами для газовых сенсоров являются нанокompозиты, включающие несколько оксидов. Имеются данные о том, что системы на основе  $SnO_2$ - $Fe_2O_3$  обладают высокой чувствительностью к этанолу [1], а нанокompозиты  $In_2O_3$ - $Ga_2O_3$ - $Fe_2O_3$  позволяют детектировать даже низкие концентрации  $NO_2$  (2 ppm и менее) [2]. Порошки оксидов меди и никеля, применяют в качестве сорбентов гетероатомных соединений из нефти.

Повышение активности порошков связано с уменьшением диаметра их частиц, но при переходе к нанопорошкам в них возрастает доля гидроксидов, карбонатов и сорбированных газов (в сумме до 10 мас. %), поэтому предлагается способ получения микронных порошков с диаметром частиц в диапазоне 1-5 нм, которые имеют высокую активность при небольшом содержании примесей.

В данной работе представлены результаты получения микронных порошков оксидов металлов (Cu, Co, Ni, Fe) термическим разложением их оксалатов при нагревании до 500 °С. Термическое разложение оксалатов проводили в кварцевой трубке с внешним нагревателем, в процессе нагрева непрерывно подавался воздух. Оксалаты синтезировали путем проведения обменной реакции из растворов сульфатов соответствующих металлов ( $MSO_4$ , где M=Cu, Co, Ni, Fe) и оксалата аммония ( $(NH_4)_2C_2O_4$ ). Осаждение проводили в избытке  $MSO_4$ . В ходе реакции растворы обрабатывались ультразвуком (УЗ). В работе [3] было установлено, что применение УЗ обработки растворов для получения оксалатов металлов позволяет получить кристаллы меньшего размера. Оксалаты металлов как труднорастворимые вещества отфильтровывали, промывали дистиллированной водой и высушивали при комнатной температуре.

Идентификацию оксалатов металлов и полученных при их разложении оксидов проводили с использованием рентгенофазового анализа путем сравнения экспериментальных данных с данными картотеки PDF. Рентгенофазовый анализ проводили с помощью дифрактометра «Дифрей-401», излучение с длиной волны 1,93604. Время съемки – 300 с. Оценку размеров частиц порошков проводили с применением растрового электронного микроскопа Jeol-840 и приставки для микроанализа Link.

Согласно данным рентгенофазового анализа оксалаты представляют собой кристаллические вещества – кристаллогидраты. На рисунке 1 представлены штрих рентгенограммы полученных оксалатов и данные картотеки PDF.

Оксалат железа  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – желтые кристаллы,  $T_{\text{разл}} = 378^\circ\text{C}$ . Продуктом термического разложения оксалата железа на воздухе является оксид железа (III) (рис.1*а,б*), что подтверждается путем сравнения экспериментально полученных данных с данными картотеки PDF ( $d=2,711; 2,550; 1,702$  нм).  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  представляет собой красные кристаллы, размер которых 1 нм.

Оксалат никеля  $\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – зелено-голубые кристаллы,  $T_{\text{разл}} = 369^\circ\text{C}$ . Термическое разложение оксалата никеля в атмосфере воздуха приводит к образованию оксида никеля (II) в качестве продукта реакции (рис.2*а,б*), о чем свидетельствует рентгенограмма образца ( $d=2,132; 2,447; 1,476$  нм).  $\text{NiO}$  представляет собой серо-зеленые кристаллы размером 3 нм.

Оксалат кобальта  $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – розовые кристаллы,  $T_{\text{разл}} = 369^\circ\text{C}$ . В результате термического разложения оксалата кобальта на воздухе образуется оксид кобальта (II,III), о чем свидетельствует совпадения рефлексов, соответствующих экспериментальным и табличным данным ( $d=2,466; 1,430; 2,852$  нм) (рис.3*а,б*).  $\text{Co}_3\text{O}_4$  представляет собой черные кристаллы, с размером зерна 5 нм.

Оксалат меди  $\text{CuC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – светло-голубые кристаллы,  $T_{\text{разл}} = 276^\circ\text{C}$ . Продуктом термического разложения оксалата меди на воздухе является оксид меди (II) (рис.4*а,б*), о чем свидетельствуют данные рентгенофазового анализа ( $d=2,527; 2,323; 2,310$  нм).  $\text{CuO}$  представляет собой черные кристаллы размером 5 нм.

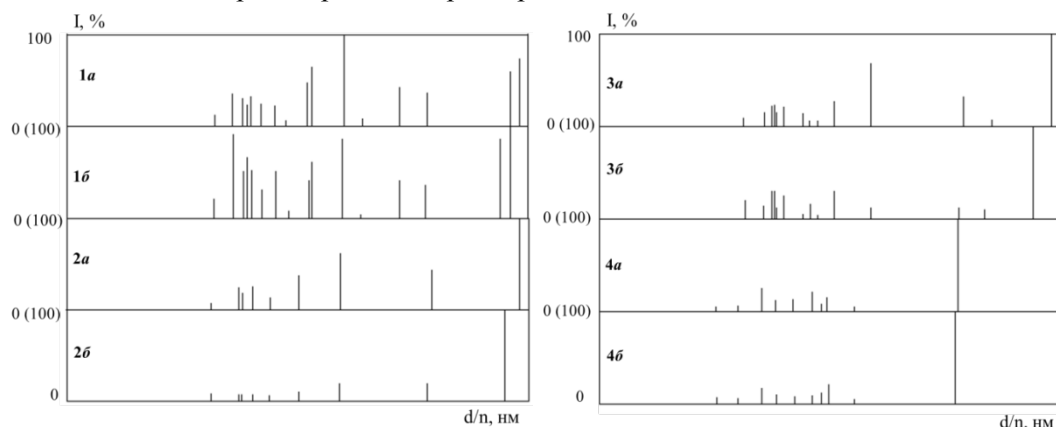


Рисунок 1 – Штрих рентгенограммы полученных оксалатов: 1*а*)  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (эксп); 1*б*)  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (табл); 2*а*)  $\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (эксп); 2*б*)  $\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (табл); 3*а*)  $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (эксп); 3*б*)  $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (табл); 4*а*)  $\text{CuC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (эксп); 4*б*)  $\text{CuC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (табл)

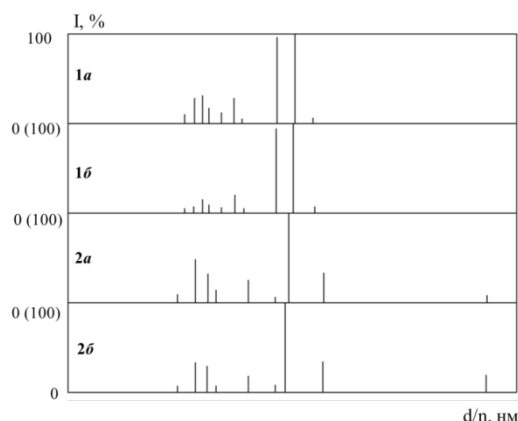


Рисунок 2 – 1а)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (эксп); 1б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (табл); 2а)  $\text{NiO}$  (эксп); 2б)  $\text{NiO}$  (табл)

Термическое разложение оксалатов металлов в атмосфере воздуха приводит к образованию оксидов соответствующих металлов с диаметром частиц в диапазоне 1-5 нм.

Оксиды меди, кобальта, никеля и железа при нагревании легко восстанавливаются метаном и природным газом, поэтому изучаемые оксиды являются перспективными материалами для создания катализаторов дегидрирования углеводородов, сорбентов и сенсоров.

#### Список литературы

1. Ивановская М. И. Структура и газочувствительные свойства нанокompозита  $\text{SnO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$  // Перспективные материалы – 2004. – №3. – С. 234 – 241.
2. Гайдук Ю. С. Влияние добавки  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  на газочувствительные свойства оксидной композиции  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3$  // Химическая технология – 2007. – №5. – С. 121-125.
3. Пивоваров Д. А. Влияние ультразвуковой обработки оксалатов меди, никеля и кобальта на их структуру и термическую устойчивость // Фундаментальные исследования – 2013. – №1. – С. 731 – 735.

### ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ СТЕКЛОВОЛОКОН ОБРАБОТКОЙ СИЛАНСОДЕРЖАЩИМ МОДИФИКАТОРОМ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

С.В. ПАНИН<sup>1,2</sup>, ХУАН ЦИТАО<sup>1</sup>, Л.А. КОРНИЕНКО<sup>2</sup>, В.О. АЛЕКСЕНКО<sup>1,2</sup>, Л.Р. ИВАНОВА<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: [svp@ispms.tsc.ru](mailto:svp@ispms.tsc.ru)

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) обладает повышенными характеристиками ряда механических и функциональных свойств, в частности высоким сопротивлением изнашиванию, низким коэффициентом трения, устойчивостью к воздействию кислот и щелочей, ультрафиолетового и гамма-излучения и микроорганизмов [1]. Поэтому СВМПЭ широко применяется в машиностроении и медицине. Однако широкое промышленное внедрение СВМПЭ сдерживается его низкими механическими характеристиками. [2] Одним из путей решения указанной проблемы является введение волокнистых наполнителей различного класса.

Стекловолокно обладает высокой прочностью и жесткостью, хорошей теплопроводностью и широко используется в качестве наполнителя для полимерных