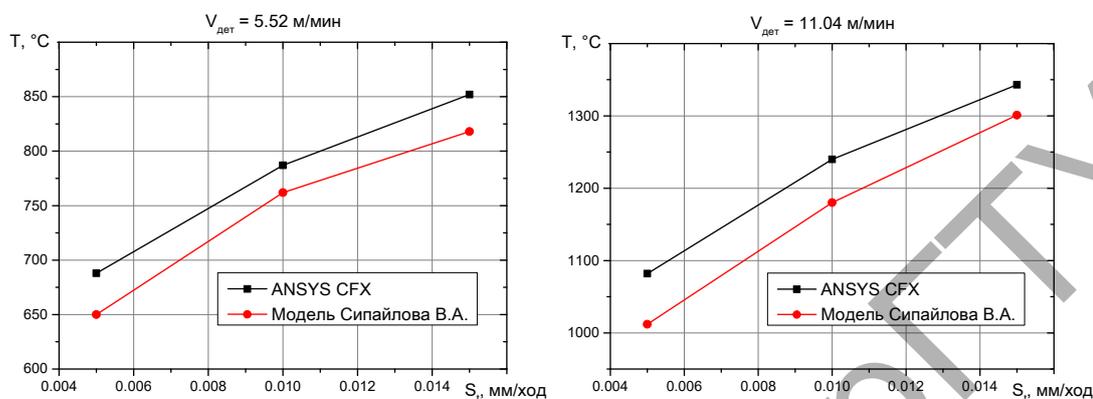


пайлова В.А. [2] Сравнение результатов расчета по двум разным методикам представлено на рисунке 2 в виде графиков.

Планируется проведение экспериментальных исследований, с целью дальнейшего подтверждения адекватности модели.



а –  $V_{\text{кр}} = 35 \text{ м/с}$ ,  $V_{\text{заг}} = 5,5 \text{ м/мин}$

б –  $V_{\text{кр}} = 35 \text{ м/с}$ ,  $V_{\text{заг}} = 11,04 \text{ м/мин}$

Рисунок 2 – Зависимость температуры от режимов резания

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лурье Г.Б. Шлифование металлов. М.: Машиностроение, 1969. 172 с.
2. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. – М.: Машиностроение, 1978 – 167 с.

УДК 544.22

### УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИНТЕЗ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА ( $\text{WO}_3$ ) И ОКСИДОВ КОБАЛЬТА ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ , $\text{CoO}$ , $\text{CoOOH}$ )

*Гайдук Ю.С., Ломоносов В.А., Савицкий А.А.*

Белорусский государственный университет  
Минск, Республика Беларусь

В последнее время достаточно широко изучаются возможности ультразвукового метода для получения нанодисперсных оксидов металлов. В литературе имеются лишь единичные публикации, посвященные изучению ультразвукового синтеза оксида вольфрама [1], а публикаций, посвященных ультразвуковому синтезу оксидов и гидроксосоединений кобальта, авторами не обнаружено.

Известно, что в большинстве случаев уменьшение размера частиц и увеличение удельной поверхности приводит к заметному возрастанию газовой чувствительности оксидов. Золь-гель метод, равно как и гидротермальный, позволяют получать оксид вольфрама с размером частиц  $15 \div 100 \text{ нм}$ .

Целью настоящей работы являлось изучение структурных и морфологических особенностей оксидов вольфрама, кобальта и оксигидроксида кобальта, полученных в процессе ультразвукового синтеза, по сравнению с традиционными методиками.

**Методика эксперимента.** Оксид вольфрама и оксид кобальта получали из 1,23 М водного раствора вольфрамата натрия  $\text{Na}_2\text{WO}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$  путем капельного вливания в 12 М раствор азотной кислоты. Оксид кобальта  $\text{Co}_3\text{O}_4$  получали из 2,3 М водных растворов сульфата кобальта  $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  путем добавления 9,24 М водного раствора аммиака и последующего удаления электролитов. Оксид  $\text{CoO}$  получали прокаливанием  $\text{Co}_3\text{O}_4$  на воздухе в течение 2 ч при 920 °С.

Для получения гидрозоля  $\text{CoOOH}$  56 г  $\text{KOH}$  в 300 мл  $\text{H}_2\text{O}$  приливали при перемешивании по каплям к раствору 90 г  $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  в 1300 мл  $\text{H}_2\text{O}$ , содержащему 12 мл  $\text{Br}_2$ . После формирования золя (3 ч) и однократной декантации осадок промывали до исчезновения следов электролитов.

Ультразвуковой синтез проводили из растворов тех же концентраций, с той же последовательностью и скоростью смешения реагентов в ультразвуковой ванне BOUDOLIN с частотой 29 кГц.

Рентгенографические исследования проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3 ( $\text{Co-K}\alpha_1$ -излучение), для расчетов значений ОКР использовали одинарный рефлекс с индексами Миллера [1 2 0]. Образование и изменение фазового состава  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и  $\text{CoOOH}$  изучали на дифрактометре ДРОН-3 ( $\text{Cu-K}\alpha$ -излучение).

Средние размеры кристаллитов (области когерентного рассеяния, ОКР) определяли по формуле Дебая–Шеррера (1):

$$D=0,9\lambda/\beta\cos\alpha \quad (1)$$

Параметры кристаллической решётки определяли при помощи компьютерной программы UnitCell по методу Холланда–Редфрена.

Удельную поверхность по методу низкотемпературной адсорбции азота (БЭТ) определяли на установке Клячко–Гурвича. Относительная погрешность измерения составляла  $\pm 20\%$ .

**Результаты и обсуждение.** Рентгенографические исследования процесса образования оксида вольфрама показали формирование на стадии сушки ксерогеля  $\text{H}_2\text{WO}_4$  [PDF 18–1420]. Отжиг при 200 – 800 °С приводил к формированию моноклинной структуры  $\text{WO}_3$  [PDF 87–2404]. При 220 °С степень кристаллизации оксида вольфрама ещё невысока, в то время как рентгенограммы образцов, отожжённых при 600 °С и 800 °С, практически идентичны, что указывает на завершение процесса кристаллизации до 600 °С (таблица 1).

Высушенный при 20 °С ксерогель, полученный из вольфрамата натрия по вышеописанной методике, представляет собой гидратированную вольфрамовую кислоту  $\text{H}_2\text{WO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  [PDF 87–2404], которая при отжиге теряет воду и кристаллизуется в виде моноклинной модификации триоксида вольфрама. После отжига при 200 – 850 °С (2 ч) образцы имели ОКР от 60 до 200 нм.

При ультразвуковом сопровождении процесса синтеза ксерогель  $\text{H}_2\text{WO}_4$  уже содержит в значительном количестве частицы  $\text{WO}_3$  [PDF 87–2404], а материал, отожжённый при 200 – 850 °С, характеризуется более низкими значениями ОКР. Так, отжиг ксерогеля приводил к образованию оксида вольфрама с ОКР 90 – 100 нм (300 °С, 2 ч) и 160 – 170 нм (600 °С, 2 ч) при стандартном проведении золь-гель

процесса. В то же время для материала, полученного с ультразвуковым сопровождением, эти значения составляют 50 и 140 – 150 нм, соответственно.

Материал, полученной высушиванием осаждённых гидроксосоединений кобальта, представлял собой аморфный продукт с удельной поверхностью 16,4 м<sup>2</sup>/г. Последующий отжиг приводил к разложению смеси гидроксо- и оксосоединений и образованию Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> [JCPDS 73–1701] с ещё меньшими значениями удельной поверхности. По мере увеличения температуры отжига степень кристаллизации увеличивается, ширина пиков и ОКР растёт (таблица 1), что также указывает на протекание процесса спекания.

Высушенный при 20 °С гидрозоль CoOOH представлял собой практически аморфный продукт с рядом слабовыраженных рефлексов кристаллической фазы. Отжиг при 180 °С приводил к заметному росту степени кристалличности, материал представлял собой CoOOH ромбоэдрической структуры с пространственной группой R3m [JCPDC 14–0673].

Таблица 1. Параметры кристаллической решётки и удельная поверхность WO<sub>3</sub> и соединений кобальта (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CoO, CoOOH).

Состав и температура отжига (время отжига 2 ч)	a, нм	b, нм	c, нм	β, °	ОКР, нм	S, м <sup>2</sup> /г
WO <sub>3</sub> ×H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ), высушенный при 20 °С ксерогель	7,398	6,931	3,7176	91,04	70 – 80	29,9 ÷ 31
WO <sub>3</sub> , золь-гель, 200 °С	7,328	7,527	7,732	91,40	70 – 80	51 ÷ 52
WO <sub>3</sub> , золь-гель, 350 °С	7,317	7,527	7,726	91,34	100	—
WO <sub>3</sub> , золь-гель, 450 °С	7,297	7,539	7,693	90,93	100 – 110	—
WO <sub>3</sub> , золь-гель, 650 °С	7,297	7,530	7,711	90,91	160 – 170	2,9 ÷ 3,5
WO <sub>3</sub> , золь-гель, 850 °С	7,299	7,537	7,698	90,90	200 – 210	—
WO <sub>3</sub> ×H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ), ультразв., сушка 20 °С	смесь WO <sub>3</sub> и H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>					—
WO <sub>3</sub> , ультразв., 300 °С, 2 ч	7,3226	7,512	7,668	90,73	50	—
WO <sub>3</sub> , ультразв., 600 °С, 2 ч	7,2964	7,5606	7,6880	90,446	140 – 150	23
Состав и условия отжига	a, нм	ОКР, нм				
CoO <sub>x</sub> , высушенный при 20 °С ксерогель	смесь оксо- и гидроксо- соединений кобальта					
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , золь-гель, 200 °С	8,064	80 – 100				
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , золь-гель, 300 °С	8,068	110 – 120				
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , золь-гель, 450 °С	8,081	200				
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , золь-гель, 600 °С	8,089	250				

Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , золь-гель, 800 °С	8,084	400		
CoO <sub>x</sub> , ультразв., высушенный при 20°С ксерогель	смесь оксо- и гидро-ксо-соединений кобальта			
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , ультразв., 300 °С, 2 ч		2 – 3		
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , ультразв., 600 °С, 2 ч		5 – 6		
CoO, золь-гель, 920 °С		40 – 50		
CoO, ультразв., 920 °С		40 – 50		
Состав и условия отжига	а, нм	с, нм	ОКР, нм	S, м <sup>2</sup> /г
CoOОН, осаждение, высушенный при 20°С гидрозоль	2,881	13,16	4 ÷ 5	74 ÷ 85
CoOОН, осаждение, 180 °С, 2 ч	2,86	13,233	5 ÷ 6	110
CoOОН, ультразв. синтез, высушенный при 20°С гидрозоль	2,866	13,199	5	115
CoOОН, ультразв. синтез, 180°С, 2 ч	2,87	13,210	6	85

**Выводы.** Ультразвуковой синтез оксидов вольфрама (WO<sub>3</sub>) и кобальта (Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CoO) является эффективным способом получения нанодисперсных поликристаллических материалов. По сравнению с традиционным золь-гель методом ультразвуковой синтез позволяет получить материалы с большей удельной поверхностью и меньшим эквивалентным диаметром частиц, что изменяет ширину запрещённой зоны и энергию активации проводимости. Такие изменения приводят к росту газовой чувствительности и снижением рабочей температуры датчиков. В случае синтеза CoOОН ультразвуковое воздействие не оказывает существенного воздействия на размер и морфологию получаемых частиц.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Vijaya K. Rangari, Tarig A. Hassan, Quentin Mayo and Shaik Jeelani. Effect of ultrasound on tungsten oxide nanoparticles and its applications in epoxy nanocomposites. Proceeding of 16th international conference on composite materials, June 22 – 26, 2014, Seville, Spain. – P. 1 – 5.

УДК 621.793

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Девойно О.Г.<sup>1</sup>, Жарский В.В.<sup>2</sup>, Кардаполова М.А.<sup>1</sup>, Пилипчук А.П.<sup>3</sup>*

1) Белорусский национальный технический университет,

2) 000 «Рухсервомотор», 3) Военная академия Республики Беларусь,  
г. Минск, Беларусь

В промышленности все более широкое распространение получают новые технологии, использующие в качестве инструмента высококонцентрированные источники нагрева, к которым относится и технология лазерной поверхностной термообработки. Появление мощных твердотельных лазеров, в частности оп-