

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКОВ ОКСИДОВ РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

Головков Н.И., Алюков Е.С.

Научный руководитель: Новоселов И.Ю.

Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [golniigo@gmail.com](mailto:golniigo@gmail.com)

Одним из приоритетных направлений развития современного материаловедения являются технологии на основе наноразмерных порошков [1]. В частности, оксид иттрия ( $Y_2O_3$ ) имеет широкий спектр применения: высокотемпературная керамика из него используется в агрессивных средах (поршни двигателей, детали турбин) благодаря своей химической стойкости; прозрачная керамика из данного материала обладает высоким светопропусканием в видимой и ИК-области спектра, высокими температурой плавления и термостойкостью, хорошими электрофизическими свойствами. Диоксид циркония ( $ZrO_2$ ) – высокотехнологичный материал, использующийся для получения высокоогнеупорных изделий, жаростойких эмалей, тугоплавких стекол, различных видов керамики, пигментов, твердых электролитов, катализаторов, в создании теплозащитных экранов космических аппаратов, в эндопротезировании и стоматологии, для изготовления режущих инструментов т.д.

Наиболее распространенными технологиями получения наноразмерных оксидов являются лазерная сублимация, химическое осаждение, гидротермальный метод и золь-гель технология, к недостаткам которых следует отнести: многостадийность, высокую продолжительность процессов, низкую производительность, необходимость использования большого количества химических реагентов, неоднородное распределение фаз в порошках, высокую себестоимость. В то же время, для получения оксидных нанопорошков перспективным является плазмохимический синтез из водных нитратных растворов (ВНР) с преимуществами: одностадийность, высокая скорость процесса, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, компактность технологического оборудования. Однако плазменная обработка только ВНР из-за высоких энергозатрат (до 4,0 кВт·ч/кг) не находит широкого применения, а существенно снизить энергозатраты и повысить производительность возможно путем введения органического компонента в состав ВНР для образования водно-органического нитратного раствора (ВОНР).

Для проведения экспериментальных исследований были выбраны азотнокислые соли иттрия и циркония: нитрат иттрия ( $Y(NO_3)_3$ ) и нитрат цирконила ( $ZrO(NO_3)_2$ ). На первом этапе готовились водные растворы солей с добавлением органического компонента – этилового спирта ( $C_2H_5OH$ ). На втором этапе производилось диспергирование ВОНР в плазмохимический реактор, где они подвергались обработке в воздушной плазме высокочастотного факельного разряда. Синтезированные в плазме порошки собирались для проведения анализа их основных физико-химических свойств: площади удельной поверхности, размера частиц и фазового состава.

Для определения площади удельной поверхности порошков проводился БЭТ-анализ, который показал, что величина площади удельной поверхности для порошка  $Y_2O_3$  составляет  $\approx 30$  м<sup>2</sup>/г, для порошка  $ZrO_2 \approx 13$  м<sup>2</sup>/г.

Анализ морфологии и размера частиц исследовались методами сканирующей (СЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Анализы показали, что частицы порошков имеют овальную форму, СЭМ показала агломерированность порошков обоих оксидов. Наибольшее количество частиц по данным ПЭМ лежит в интервале 40–50 нм для  $Y_2O_3$  и в интервале 60–70 нм для  $ZrO_2$ .

Фазовый состав определялся рентгено-фазовым анализом (РФА). Результаты РФА показали, что  $Y_2O_3$  в пробе находится в кубической фазе, в то время как  $ZrO_2$  в тетрагональной и кубической фазах, незначительные примеси объясняются технологическими аспектами плазмохимического синтеза.

Результаты анализов подтверждают, что полученные порошки оксидов иттрия и циркония можно отнести к классу нанодисперсных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алымов, М. И. Механические свойства нанокристаллических материалов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.