

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НАНОРАЗМЕРНЫХ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ «UO₂-ThO₂-MgO» ДЛЯ УРАН-ТОРИЕВОГО ДИСПЕРСИОННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

А.Е. Тихонов, В.И. Расторгуев, А.А. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: aet13@tpu.ru

В отличие от применяемого ядерного топлива из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, имеющего низкую теплопроводность, короткий цикл использования и ограниченный ресурс изотопа уран-235, перспективным является уран-ториевое дисперсионное ядерное топливо (ДЯТ) из оксидов делящихся металлов (уран, торий), равномерно распределенных в оксидной матрице, имеющей высокую теплопроводность и низкое сечение резонансного поглощения нейтронов [1]. При использовании изотопа торий-232 не требуется дорогостоящее изотопное обогащение и появляется возможность создания энергетических установок сверхмалой (до 10 МВт) и малой (до 100 МВт) мощности.

Плазмохимический синтез сложных оксидных композиций (СОК) из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны), в отличие от применяемых методов получения СОК путем отдельного получения и механического смешения оксидов металлов, имеет следующие достоинства: одностадийность, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, низкие энерго- и трудозатраты [2].

В работе представлены результаты исследований процесса плазмохимического синтеза СОК из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и смешанные водные нитратные растворы неодима (вместо урана), церия (вместо тория) и магния. Подготовленные растворы ВОНР подавались (300 л/ч) через диспергатор в реактор плазменного модуля на базе ВЧФ-плазмотрона, где в воздушно-плазменном потоке при температурах ≥ 1000 °С осуществлялся синтез СОК, далее в узле «мокрой» очистки происходило их резкое охлаждение («закалка») с образованием водных суспензий СОК, которые отстаивали, фильтровали и прокачивали в течение 20 минут при температуре 150 °С.

В ходе исследований проводились лазерная дифракция водных суспензий СОК, сканирующая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ полученных порошков. Установлено, что при расходе воды на «закалку» (2,8 кг/с), частоте диспергатора (50 Гц) и различных значениях $\alpha = \text{Nd}/(\text{Nd} + \text{Ce})$ увеличение доли MgO (10...30 %) в составе СОК «Nd₂O₃-Ce₂O₃-MgO» приводит: к снижению размера частиц водных суспензий СОК с 9,8 до 9,3 мкм (при $\alpha = 0,5$); с 8,9 мкм до 6,8 мкм (при $\alpha = 0,6$) и с 6,6 мкм до 4,7 мкм (при $\alpha = 0,7$). При этом, размер «зерен» в частицах СОК не превышает 70 нм, что подтверждает плазмохимический синтез наноразмерных СОК из растворов ВОНР.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-19-00136).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
2. Novoselov I. Yu., Karengin A.G., Babaev R.G. Simulation of Uranium and Plutonium Oxides Compounds Obtained in Plasma // AIP Conference Proceedings. – 2018. – V. 1938. – P. 1-5.