

СИНТЕЗ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ УРАН-ТОРИЕВОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В ПЛАЗМЕ ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

А.Е. Тихонов

Научный руководитель: И.Ю. Новоселов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: aet13@tpu.ru

На сегодняшний день значительную часть атомной энергетики составляют АЭС, использующие керамическое ядерное топливо из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235. Такое топливо обладает рядом недостатков, среди которых стоит выделить низкую теплопроводность и необходимость в дорогостоящем изотопном обогащении.

В то же время перспективным направлением дальнейшего развития атомной энергетики является тенденция к созданию дисперсионного ядерного топлива, которое представляет собой композицию ядерного топлива, в котором делящаяся фаза находится в виде частиц (металл, соединение), равномерно распределенных в матрице из неделящегося материала. Такое топливо обладает хорошими механическими свойствами, а материал матрицы и определяет радиационную стойкость и высокую теплопроводность топлива [1].

Основными технологиями получения оксидных композиций для дисперсионного ядерного топлива являются: термическое разложение, восстановление оксидов, электролитическое получение из расплавленных солей, золь-гель процесс. Общими недостатками применяемых технологий являются: многостадийность, высокая стоимость переработки сырья, неравномерное распределение фаз в продукте, необходимость использования большого количества химических реагентов.

В то же время, технология синтеза оксидных композиций в воздушной плазме обладает следующими преимуществами: одностадийность, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц [2,3].

Следует отметить, что переработка азотнокислых растворов в плазме достаточно затратна. Для уменьшения энергозатрат прибегают к добавлению в состав растворов органического компонента, который, окисляясь в воздушной плазме, приносит дополнительную энергию, позволяя увеличить расход перерабатываемого раствора и, таким образом, увеличить выход целевого продукта.

В работе было проведено термодинамическое моделирование процесса плазмохимического синтеза сложных оксидных композиций из водно-органических нитратных растворов (ВОНР), состоящих из делящегося материала и материала матрицы. В качестве делящегося включения рассматривались оксиды урана и тория, в качестве материала матрицы – оксид магния, ацетон использовался в качестве органической добавки. Доля топливного включения в целевой сложной оксидной композиции выбиралась в пределах 90–99 %, при этом соотношения $UO_2/(UO_2 + ThO_2)$ принималось 0,1–0,3, а доля матрицы – в пределах 1–10 %. В результате моделирования были рассчитаны оптимальные составы ВОНР на основе нитратов уранила, тория и магния, а также ацетона. Были определены оптимальные режимы плазменной обработки ВОНР: доля воздушного плазменного теплоносителя (67–71 %), давление (1 атм.) и температурный интервал (1000–2000 К). Показано, что при избытке воздуха, из исходных растворов образуются нецелевые продукты (UO_3 , U_3O_8 , U_4O_9), при недостатке – продукты неполного термического разложения углеводовородов ВОНР (сажа).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для расчета плазмохимического синтеза сложных оксидных композиций для дисперсионного ядерного топлива.

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. Космачев П.В., Власов В.А., Скрипникова Н.К. // Известия вузов. Физика. – 2017. – Т. 60. – № 2. – С. 46–50.
3. Новоселов И.Ю., Подгорная О.Д., Шлотгауэр Е.Э., Каренгин А.Г., Кокарев Г.Г. Плазменная утилизация и магнитная сепарация модельных отходов переработки отработавшего ядерного топлива // Известия вузов. Физика. – 2014. – Т. 57. – №. 2/2. – С. 26–30.