

ПЛАЗОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ДИСПЕРСИОННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗООХЛАЖДАЕМЫХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА

А.Г. Каренгин, А.А. Каренгин, А.А. Кузнецова, И.Ю. Новоселов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: karengin@tpu.ru

Одним из перспективных направлений развития ядерной водородной энергетики в России является использование высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов для энергоэффективного производства водорода в процессе паровой конверсии метана.

Применяемое ядерное топливо (ЯТ) в виде керамики из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, наряду с достоинствами имеет и существенные недостатки: низкая теплопроводность, высокая хрупкость и склонность к растрескиванию, короткий цикл использования (3-5 лет), ограниченные природные запасы изотопа уран-235, наработка энергетического плутония [1].

Использование изотопов торий-232 и плутоний-239 не требует дорогостоящего изотопного обогащения, а цикл использования ЯТ на их основе может быть доведен до 10–15 лет [2]. При этом прогнозных запасов тория в земной коре в 3-5 раз больше, чем урана, а применение такого ЯТ резко снижает наработку энергетического плутония, дает возможность создания сверхмалых (до 10 МВт) и малых (до 100 МВт) энергетических ядерных установок для производства водорода в удаленных и труднодоступных регионах. Однако у этого ЯТ остается недостаток – низкая теплопроводность.

Перспективным является использование дисперсионного ядерного топлива (ДЯТ) в виде топливных оксидных композиций (ТОК), включающих оксиды делящихся металлов (уран, плутоний, торий), равномерно распределенных в оксидной матрице с высокой теплопроводностью и малым поперечным сечением поглощения нейтронов. Общими недостатками применяемых технологий получения ТОК (раздельное получение и механическое смешение, «золь–гель» процесс и др.) являются многостадийность, продолжительность, неравномерное распределение фаз, необходимость использования большого количества химических реагентов, высокие энерго- и трудозатраты [1, 2].

Применение газоразрядной плазмы для плазмохимического синтеза ТОК из диспергированных водных нитратных растворов (ВНР) обеспечивает одностадийность, высокую скорость, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, гомогенное распределение фаз [3]. Однако плазменная переработка только растворов ВНР требует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т) и не позволяет получать в одну стадию ТОК требуемого фазового состава без дополнительного водородного восстановления. К преимуществам плазмохимического синтеза ТОК из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны) и растворы ВНР, следует отнести одностадийность, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, равномерное распределение и требуемый состав фаз, низкие энерго- и трудозатраты [4].

В работе представлены результаты теоретических исследований процесса плазмохимического синтеза ТОК из диспергированных растворов ВОНР, включающих органический компонент (этанол, ацетон), водные нитратные растворы делящихся (уран, торий) и матричных (магний, иттрий) металлов, а также результаты экспериментальных исследований процесса на модельных растворах ВОНР, включающих неодим (вместо урана) и церий (вместо тория).

Для исследования физико-химических свойств полученных порошков проводились лазерная дифракция водных суспензий, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ порошков. Определены составы растворов ВОНР и режимы их переработки, обеспечивающие в воздушно-плазменном потоке получение наноструктурных оксидных композиций.

Полученные результаты могут быть использованы при создании технологии плазмохимического синтеза ТОК ДЯТ для высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов для производства водорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248.
2. Алексеев С.В., Зайцев В.А. Торий в ядерной энергетике. – М.: Техносфера, 2014. – 288 с.
3. Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: Физматлит, 2003. – 759 с.
4. Novoselov I.Yu., Karengin A.G., Babaev R.G. Simulation of Uranium and Plutonium Oxides Compounds Obtained in Plasma // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 1938. – P. 1–5.