

Расчёт производили с учётом экспериментально определённых потерь масс оксидов при температурной обработке. В качестве исходных компонентов использовали оксиды лантана, тербия, празеодима и аморфный бор. Для лучшего смешивания компонентов к порошкам добавляли изопропиловый спирт (ИПС). Смешивание проводили с помощью мелющих тел в турбулентной мешалке в течение четырёх часов. После окончания перемешивания смеси просушили при температуре 30 °С под вакуумом для удаления ИПС. Затем из смесей сформировали таблетки при давлении 1,5 МПа. Синтез проводили в вакуумной печи при давлении 10^{-2} Па и температуре 1650 °С в течение двух часов. Состав полученных смесей исследовали с помощью рентгенофазового анализа и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Дисперсность и морфологию изучали с помощью электронной микроскопии. По результатам анализов установили, что системы состоят исключительно из гексаборидов, синтезированные соединения представляют собой агломераты крупных частиц с размером около 250 мкм и все составы имеют схожую морфологию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Makeev K. M. et al. Obtaining of crystals of polyelemental solid solutions of rare earth hexaborides //Technical Physics Letters. – 2016. – Т. 42. – №. 1. – С. 1-3.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТОЛЕРАНТНОГО REMIX-ТОПЛИВА

А.А. Суняйкина, А.А. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: suniaikina.anna2000@yandex.ru

Одним из приоритетных направлений развития атомной энергетики в России является использование уран-плутониевого ядерного топлива (REMIX-топлива) в виде топливных оксидных композиций (ТОК), получаемых из неразделенной смеси водных нитратных растворов урана и плутония, образующейся при переработке отработавшего ядерного топлива. Однако у этого топлива, наряду с достоинствами есть и серьезный недостаток – низкая теплопроводность [1]. В аварийных ситуациях без охлаждения это приведет к повышению температуры топлива, развитию пароциркониевой реакции и разрушению циркониевых оболочек ТВЭЛов. Решением этой проблемы является создание устойчивого к аварийным ситуациям уранового толерантного REMIX-топлива, включающего делящиеся материалы из диоксида урана и плутония, равномерно распределенные в оксидной матрице с высокой теплопроводностью и малым поперечным сечением поглощения нейтронов [2].

В работе представлены результаты экспериментальных исследований процесса плазмохимического синтеза модельных оксидных композиций (МОК) из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и водные нитратные растворы неодима (вместо урана), самария (вместо плутония) и иттрия. В ходе исследований проводились лазерная дифракция водных суспензий МОК, сканирующая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ полученных порошков.

Показано, что увеличение массовой доли матрицы (Y_2O_3) в составе МОК «оксид неодима–оксид самария–оксид иттрия» от 10 до 30 % (при $f_d = 50$ Гц, $Q_{ов} = 2,8$ кг/с, $\alpha = Nd_2O_3/(Nd_2O_3+Sm_2O_3) = 0,1$) приводит к снижению размера частиц в водных суспензиях после узла «мокрой» очистки с 12,1 до 11,2 мкм. При этом удельная поверхность порошков ($S_{уд}$) увеличивается с 5,5 г до 7,8 м²/г, а размер «кристаллитов» в них снижается с 47 до 115 нм.

Увеличение массовой доли матрицы (Y_2O_3) с 10 до 30 % в составе МОК (при $f_d = 50$ Гц, $Q_{ов} = 2,8$ кг/с, $\alpha = 0,3$) также приводит к снижению размера частиц в водных суспензиях с 13,6 до 10,2 мкм. При этом $S_{уд}$ порошков увеличивается с 6,9 до 8,6 м²/г, а размер «кристаллитов» в них снижается с 118 нм до 93 нм.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании энергоэффективной технологии плазмохимического синтеза наноструктурных топливных оксидных композиций из растворов ВОНР для толерантного REMIX-топлива.

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.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ПЛУТОНИЙ-ТОРИЕВОГО ТОЛЕРАНТНОГО ТОПЛИВА

К.С. Иванов, Д.С. Щербина, А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: ksi5@tpu.ru

При использовании топливных оксидных композиций (ТОК), включающих изотопы плутоний-239 и торий-232, отпадает необходимость в дорогостоящем изотопном обогащении и появляется возможность создания ядерных энергетических установок для «сжигания» накопленных запасов оружейного плутония. Однако у этого топлива есть серьезный недостаток – низкая теплопроводность [1]. В аварийных ситуациях без охлаждения топлива это приведет к повышению температуры, развитию пароциркониевой реакции и разрушению оболочек ТВЭЛов. Решением этой проблемы является создание устойчивого к аварийным ситуациям плутоний-ториевого толерантного ядерного топлива (Accident Tolerant Fuel), включающего диоксиды плутония и тория, равномерно распределенные в оксидной матрице с высокой теплопроводностью и малым поперечным сечением поглощения нейтронов.

В отличие от применяемых методов получения топливных оксидных композиций (раздельное получение и механическое смешение, золь-гель и др.), плазмохимический синтез ТОК в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны), имеет следующие преимущества: одностадийность, высокая скорость, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, низкие энергозатраты [2].

В работе представлены результаты исследований процесса плазмохимического синтеза модельных оксидных композиций (МОК) из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и смешанные водные нитратные растворы самария (вместо плутония), церия (вместо тория) и магния. В ходе исследований проводились лазерная дифракция водных суспензий МОК, сканирующая электронная микроскопия, БЭТ-анализ и рентгенофазовый анализ полученных порошков.

Установлено, что при расходе воды на «закалку» (2,8 кг/с) и частоте диспергатора (50 Гц), увеличение массовой доли матрицы (MgO) с 10 до 30 % в составе МОК « $Sm_2O_3-Ce_2O_3-MgO$ » приводит при значениях $\alpha = Sm_2O_3/(Sm_2O_3+Ce_2O_3)$ к снижению размера частиц МОК в водных суспензиях после узла «мокрой» очистки с 9,4 до 7,4 мкм ($\alpha = 0,1$), с 12,9 до 5,3 мкм ($\alpha = 0,2$) и с 6,6 до 4,7 мкм ($\alpha = 0,3$). При этом размер «кристаллитов» в частицах не превышает 90 нм, что подтверждает возможность плазмохимического синтеза наноструктурных топливных оксидных композиций из диспергированных растворов ВОНР.