

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТОЛЕРАНТНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА*

А.Г. Каренгин¹, А.А. Каренгин², С.Ю. Кузнецов¹,
И.Ю. Новоселов¹, А.Е. Тихонов¹, Н.И. Головкин¹

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

² *АО «Сибирский химический комбинат», г. Северск, Россия*

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития атомной энергетики является использование устойчивого к авариям толерантного ядерного топлива, содержащего включения из оксидов делящихся металлов, равномерно распределенных в оксидной матрице, имеющей высокую теплопроводность и малое поперечное сечение захвата тепловых нейтронов. Применяемые методы получения оксидных композиций многостадийны, не обеспечивают равномерного распределения и требуемый состав фаз, имеют высокие энерго- и трудозатраты. Предложен плазмохимический синтез наноструктурных оксидных композиций в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов, обеспечивающих существенное снижение энергозатрат, равномерное распределение и требуемый состав фаз.

Ключевые слова: *плазма, плазмохимический синтез, водно-органический нитратный раствор, оксидная композиция, матрица, дисперсионное ядерное топливо.*

Введение

Основу атомной энергетики в России в XXI в. еще будут составлять АЭС с легководными реакторами на тепловых нейтронах, использующие керамическое ядерное топливо из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, у которого наряду с достоинствами есть и серьезный недостаток – низкая теплопроводность [1, 2]. В аварийных ситуациях без охлаждения топлива это приводит к повышению температуры, развитию пароциркониевой реакции циркониевых оболочек теплоделяющих элементов и их разрушению. Решением этой проблемы является создание устойчивого к аварийным ситуациям толерантного топлива (Accident Tolerant Fuel). Одним из перспективных типов ATF-топлива является урановое дисперсионное ядерное топливо, содержащее включения из делящегося материала (диоксида урана), равномерно распределенного в матрице из оксида магния, имеющего высокую теплопроводность и малое поперечное сечение захвата тепловых нейтронов [3]. Использование в качестве матрицы оксидов металлов обусловлено тем, что наиболее изученное и используемое ядерное топливо – оксидное (диоксид урана, диоксид плутония и др.). В табл. 1 приведены теплофизические свойства оксидных матричных материалов [4].

Таблица 1

Теплофизические свойства оксидных матричных материалов

Свойства	Al ₂ O ₃	MgO	CeO ₂	Y ₂ O ₃	ZrO ₂
$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	2054	2827	2400	2430	2000
$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	13.3 (500 $^\circ\text{C}$); 8.2 (1000 $^\circ\text{C}$); 5.8 (1500 $^\circ\text{C}$) -	20.0 (500 $^\circ\text{C}$); 13.0 (1000 $^\circ\text{C}$); 6.0 (1500 $^\circ\text{C}$); 5.0 (2000 $^\circ\text{C}$)	- 1.2 (1000 $^\circ\text{C}$); 0.9 (1500 $^\circ\text{C}$); 1.2 (2000 $^\circ\text{C}$)	4.1 (500 $^\circ\text{C}$); 2.5 (1000 $^\circ\text{C}$); 2.9 (1500 $^\circ\text{C}$); 4.0 (2000 $^\circ\text{C}$)	- 2.2 (1000 $^\circ\text{C}$); 1.5 (1500 $^\circ\text{C}$); 1.8 (2000 $^\circ\text{C}$)

Традиционные методы изготовления оксидных композиций (золь-гель, раздельное получение и механическое смешение и др.) многостадийны, продолжительны, не обеспечивают требуемый состав и равномерное распределение фаз, имеют высокие энерго- и трудозатраты [4]. Применение газоразрядной плазмы для получения оксидных композиций из диспергированных смешанных водных нитратных растворов обеспечивает одностадийность, высокую скорость, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, равномерное распределение фаз [5]. Однако плазменная переработка только водных нитратных растворов требует значительных энергозатрат (до

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-19-00136).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>