

В радиобиологии и радиоэкологии широко применяются короткоживущие изотопы различных элементов, которые служат маркерами для отслеживания переноса и усвоения представляющих интерес веществ. Содержание рассматриваемых радиоизотопов в естественной смеси крайне мало, а период полураспада зачастую составляет дни или часы, поэтому наиболее финансово и ресурсоэффективным методом их получения для исследовательских целей является наработка в непосредственной близости от места проведения исследования. Использование метода нейтронной активации примечательно тем, что позволяет задействовать в производстве изотопов как исследовательский ядерный реактор, так и циклотрон Томского политехнического университета.

В таблице 1 приведены краткие сведения о путях наработки некоторых радиоизотопов, описанных в литературе. Информация о сечениях реакции для соответствующих энергий нейтронов получена из базы данных ENDF/B-VIII.0.

Таблица 1. Реакции получения некоторых радиоизотопов

Реакция	Содержание исходного изотопа*, %	Материал мишени	Диапазон энергий нейтронов, эВ	Сечение реакции σ , барн
$^{32}\text{S}(n, p)^{32}\text{P}$	94,99	S	$2 \cdot 10^6 - 10^7$	0,02–0,37
$^{31}\text{P}(n, \gamma)^{32}\text{P}$	100	P (красный)	$10^{-5} - 10$	8,4–0,01
$^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$	75,76	NaCl, KCl, BaCl ₂	$10^{-5} - 10$	24–0,02
			$397 - 10^6$	34–6,5
$^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$	99,64	AlN	$10^{-5} - 750$	91–0,01
			$4,9 \cdot 10^5 - 10^7$	0,38–0,05
$^{81}\text{Br}(n, \gamma)^{82}\text{Br}$	49,31	KBr (безводный)	$10^{-5} - 500$	26,5–0,02
$^{23}\text{Na}(n, \gamma)^{24}\text{Na}$	100	Na ₂ CO ₃ (безводный)	$10^{-5} - 500$	26,5–0,006
			$2,6 \cdot 10^3 - 4,5 \cdot 10^3$	0,32–0,001
$^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$	100	Al	$1,3 \cdot 10^6$	0,125
$^{50}\text{Cr}(n, \gamma)^{51}\text{Cr}$	4,35	Cr, K ₂ CrO ₄	$10^{-5} - 10^3$	774–0,07
			$3 \cdot 10^3 - 7,75 \cdot 10^5$	0,1–0,001
$^{45}\text{Sc}(n, \gamma)^{46}\text{Sc}$	100	Sc ₂ O ₃	$10^{-5} - 300$	1366–0,1
			$3,3 \cdot 10^3 - 10^5$	3–0,03

Большинство рассмотренных материалов мишеней характеризуются высоким содержанием исходных изотопов, однако сечения реакции значительно варьируются с изменением энергий нейтронов. По этой причине для обоснования рациональности получения того или иного радиоизотопа необходимо проводить расчёт для конкретных условий облучения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТОЛЕРАНТНОГО МОХ-ТОПЛИВА

В.С. Расторгуев, И.Ю. Новоселов, А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: vir12@tpu.ru

Использование топливных оксидных композиций (ТОК) на основе изотопов уран-238 и плутоний-239 для АЭС с реакторами на быстрых нейтронах не потребует дорогостоящего изотопного обогащения, но имеет серьезный недостаток – низкую теплопроводность [1]. Без охлаждения это приведет к повышению температуры топлива, развитию парциркуляционной реакции и разрушению ТВЭЛов. Создание устойчивого к аварийным ситуациям толерантного уран-плутониевого топлива, включающего диоксида урана и плутония, равномерно распределенные в матрице с высокой теплопроводностью и малым поперечным сечением поглощения нейтронов, позволит решить эту проблему.

Плазмохимический синтез ТОК в воздушно-плазменном потоке из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), в отличие от применяемых методов получения (раздельное получение и механическое смешение, золь-гель и др.), 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 экспериментальных исследований процесса плазмохимического синтеза модельных оксидных композиций (МОК) из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон, водные нитратные растворы неодима (вместо урана), самария (вместо плутония) 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 5 до 50 % в составе МОК «Sm₂O₃-Nd₂O₃-MgO» при различных значениях $\alpha = \text{Sm}_2\text{O}_3 / (\text{Sm}_2\text{O}_3 + \text{Nd}_2\text{O}_3)$ приводит:

- (при $\alpha = 0,1$) к снижению размера частиц МОК в водной суспензии с 13,5 до 4,3 мкм, увеличению Суд порошков с 10,1 до 21,0 м²/г и снижению размера «кристаллитов» в МОК с 79 до 38 нм;

- (при $\alpha = 0,2$) к снижению размера частиц МОК в водной суспензии с 12,9 до 5,3 мкм, увеличению Суд порошков с 10,0 до 12,6 м²/г и снижению размера «кристаллитов» в МОК с 79 до 63 нм;

- (при $\alpha = 0,3$) к снижению размера частиц МОК в водной суспензии с 6,6 до 4,7 мкм, снижению Суд порошков МОК с 15,2 до 11,9 м²/г. Это подтверждает возможность плазмохимического синтеза наноструктурных топливных оксидных композиций из диспергированных растворов ВОНР.

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., Shamanin I.V., Alyukov E.V., Gusev A.A/ Plasmachemical Synthesis of Nanopowders of Yttria and Zirconia from Dispersed Water-Salt-Organic Mixtures // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 1938, Article number 020010. – p. 1-7

ЗАЩИТНЫЕ ZrO₂/Cr ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ

С.Е. Ручкин, Д.В. Сиделёв

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: ruchkin.2010.2010@mail.ru

Циркониевые оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) ядерных реакторов водо-водяного типа не обладают стойкостью к окислению при высоких температурах (~600 °С и выше). Модификация их поверхности с помощью напыления защитного хромового покрытия методом магнетронного распыления позволяет существенно повысить их защитные параметры при нормальных и аварийных условиях работы реактора [1]. При высоких температурах (900 °С и выше) существенно повышается коэффициент диффузии Cr в Zr сплавах, формируется эвтектический слой Zr-Cr ($T_{m1} = 1332$ °С), происходит оплавление поверхности ТВЭЛа и последующее его ускоренное окисление. Для решения данной проблемы предлагается применить многослойное покрытие на основе периодической структуры ZrO₂/Cr, выполняющей роль диффузионного барьера на границе раздела защитное покрытие- циркониевый сплав. Поэтому цель данной работы – определить влияние барьерного слоя ZrO₂/Cr на защитные свойства циркониевого сплава Э110 при высокотемпературном окислении.

С помощью ионно-плазменной вакуумной установки было получено четыре серии покрытий ZrO₂/Cr с шагом периодической структуры 100, 250, 750 и 1500 нм. Схема и параметры установки для напыления детально