

нитратные растворы неодима (вместо урана), 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 доли матрицы (MgO) с 10 до 30 % в составе МОК «Nd₂O₃-Ce₂O₃-MgO» приводит при различных значениях $\alpha = \text{Nd}_2\text{O}_3/(\text{Nd}_2\text{O}_3+\text{Ce}_2\text{O}_3)$ к снижению размера частиц МОК в водных суспензиях после узла «мокрой» очистки с 9,8 до 9,3 мкм ($\alpha = 0,5$); с 8,9 до 6,8 мкм ($\alpha = 0,6$) и с 6,6 до 4,7 мкм ($\alpha = 0,7$). При этом размер «кристаллитов» в частицах не превышает 70 нм, что 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., Babaev R.G. Simulation of Uranium and Plutonium Oxides Compounds Obtained in Plasma // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 1938, Article number 020016. – p. 1-5.

ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБКИ И СВАРНОГО ШВА ТВЭЛА ОТ ЧАСТИЦ УРАН-ПЛУТОНИЕВОГО ТОПЛИВА

Д.М. Хорохорин, В.А. Хан, О.Г. Баранов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: dmh1@tpu.ru

Создание двухкомпонентной ядерной энергетики необходимо для решения проблем по обращению с отработавшим ядерным топливом. Использование быстрых реакторов позволяет вовлечь в ядерный топливный цикл большее количество изотопов за счет использования топливных композиций с продуктами переработки ОЯТ. Например, обедненный уран, высокофононовый плутоний и минорные актиниды могут использоваться при производстве оксидного уран-плутониевого топлива. Поэтому ведутся работы по изготовлению мокс-топлива.

Фабрикация мокс-топлива состоит из загрузки трубы в сборе топливными таблетками, формирование внутри твэла заданной газовой смеси и последующая герметизация трубы. При загрузке трубы в сборе топливными таблетками, частицы и пылинки топлива могут оседать на поверхности трубки, а также находится в области механического взаимодействия торца трубки с таблеткой. В процессе герметизации трубы в сборе, частицы уран-плутониевого топлива фиксируются в сварном шве. Таким образом, загрязнение на поверхности твэла в основном состоит из частиц топлива на поверхности, удерживающихся за счет сил адгезии и фиксированных в сварном шве.

Существующие методы сухой дезактивации поверхности твэла не обеспечивают требуемый коэффициент дезактивации и могут приводить к отбраковке продукции. Поэтому актуальна разработка новых методов дезактивации поверхности твэла. Из-за различия по теплофизическим свойствам металлов и оксидных частиц, а также способности поглощать электромагнитную волну с разной эффективностью, возможно селективно испарять фиксированные частицы на пороговых режимах высокоинтенсивным лазерным излучением.

Для экспериментальных исследований лазерной дезактивации трубки твэла из стали ЧС-68 от оксидных частиц уран-плутониевого топлива собрана установка, состоящая из источника импульсного лазерного излучения с активным элементом из YAG:Nd, фокусирующей линзы, позиционирующего устройства. В качестве образцов использованы фрагменты трубки и сварного шва твэла с нанесенной на них радиоактивных пылинок. Поверхность образцов подвергалась воздействию импульсным лазерным излучением с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм в режиме свободной генерации. Активность образцов определяли с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра.

Область лазерного воздействия исследовалась с помощью электронного микроскопа с энергодисперсионным анализатором и оптического профилометра.

В докладе обсуждаются экспериментальные результаты, полученные при дезактивации поверхности и сварного шва твэла от оксидных частиц уран-плутониевого топлива. Для объяснения получаемых экспериментально результатов составлена математическая модель процессов, протекающих в области пятна лазерного излучения: нагрев пылинок и металла, плавление частиц оксида и нагрев расплава, а также перенос тепла через металл.

АНАЛИЗ СВОЙСТВ ТАБЛЕТОК ИЗ МОДЕЛЬНОГО ДИСПЕРСИОННОГО ТОПЛИВА

Р.Г. Бабаев, Д.Г. Видяев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: vidyaevdg@tpu.ru

В современной атомной энергетике обычно применяется керамическое ядерное топливо [1], имеющее существенный недостаток – низкий коэффициент теплопроводности. Одно из возможных решений этой проблемы состоит в использовании дисперсионного ядерного топлива [2], обладающего более высоким коэффициентом теплопроводности за счет материала матрицы, что позволяет не только увеличить количество отводимой теплоты, но и уменьшить термическое напряжение топливной таблетки и в результате повысить безопасность применения ядерных энергетических установок.

Материалами матрицы, в которую диспергированы топливные частицы, могут выступать металлы, сплавы, а также неметаллы, в частности, графит. Данная работа посвящена исследованию дисперсионного топлива с углеродной матрицей, и цель её заключалась в проведении анализа физических свойств таблеток из модельного дисперсионного топлива, изготовленного на основе оксидов-имитаторов и углеродной матрицы.

Состав пресс-порошков, используемых для получения исследуемых модельных топливных таблеток, включал технический углерод и имитаторы делящихся материалов. В качестве имитаторов оксидов тория, урана и плутония, в составе таблеток использовались оксиды церия, неодима и самария, которые, согласно периодической системе элементов, обладают наиболее близкими к ним свойствами.

В процессе работы исследована плотность изготовленных под давлением до 100 МПа таблеток, с различным содержанием оксидов имитаторов [3], после прессования и нагрева. Установлено, что явной зависимости плотности полученных таблеток от давления прессования не наблюдается.

С помощью модели с дроблением ячейки адиабатическими плоскостями (ВАД) [4] выполнен расчет коэффициентов теплопроводности дисперсионного топлива с углеродной матрицей и его модельного варианта при содержании делящегося вещества в пределах от 5% до 20 %. Установлено, что значения теплопроводности реальных и модельных топливных таблеток близки по значениям, что позволяет говорить о возможности использования модельных оксидов при проведении в дальнейшем практических измерения теплопроводности таблеток из дисперсионного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самойлов А.Г. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов.– М.: Энергоатомиздат, 1996.– 400 с.
2. Алексеев С. В. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
3. Видяев Д.Г., Зайцев И.К. Исследование процесса получения оксидов имитаторов компонент дисперсного топлива // Изотопы: технологии, материалы и применение: Тезисов докладов VII Междунар. научн. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Томск, 2021. – С. 145.
4. Мендоса О., Каренгин А.Г., Новоселов И.Ю., Шаманин И.В. Определение теплофизических свойств композиционного материала с использованием различных моделей // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2017. – №2. – С. 178–183.