

**ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ МЕТОДОВ В ТЕХНОЛОГИЮ
ФОРМИРОВАНИЯ МОКС-ТОПЛИВА**

Р.С. Еремеев, Д.М. Хорохорин, И.В. Банников

Научный руководитель - В.А. Хан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: dmh1@tpu.ru

Изотопы находят все большие перспективы применения во многих отраслях. Наибольшее применение изотопы находят в ядерной энергетике. Например, U^{235} служит топливом на АЭС.

МОКС-топливо содержит смесь оксидов плутония и природного урана, обогащённого урана или обедненного урана. МОКС-топливо ведет себя в цепной реакции сходно (хотя и не совсем идентично) с оксидом низкообогащенного урана и может применяться как дополнительное топливо для наиболее распространенного типа ядерных реакторов, например, легководных на тепловых нейтронах. Однако, более эффективным использованием МОКС-топлива является сжигание в реакторах на быстрых нейтронах.

МОКС топливо можно получать путем переработки облученного топлива с энергетических реакторов. В процессе переработки из него выделяются изотопы плутония, например, для топлива после достаточно длительной кампании почти 2/3 приходится на изотопы Pu^{239} и Pu^{241} (делящиеся в реакторах на тепловых нейтронах), а около 1/3 - Pu^{240} . Содержание оксида плутония в МОКС-топливе составляет от 1,5 до 25-30 весовых %.

В настоящее время в РФ разработана технология формирования МОКС-топлива. Однако, характеристики топлива далеки от оптимальных из-за значительного отличия размеров частиц смешиваемых порошков оксидов плутония и урана. Также необходимо учитывать возможность появления брака при производстве МОКС-топлива по существующей технологии. В настоящее время бракованные таблетки механически размалываются в порошок для повторного формирования топливных таблеток.

Альтернативой механического размола является лазерное испарение спрессованной смеси оксидов с последующим формированием нанопорошка. Очевидно, что по такой технологии можно формировать порошок с очень высокой гомогенностью, из-за формирования дисперсных частиц с размерами, менее 20 нм. Температура кипения оксида урана – 3640К, оксида плутония – 2800К. Понятно, что такой разнице температур кипения нуклеацию оксида урана можно считать гомогенной, а оксида плутония – гетерогенной. Можно предполагать, что при температуре ниже 2800К оксид плутония будет конденсироваться на частицах оксида урана. При этом формируется дисперсная частица, ядро которого представляет оксид урана, а оболочка – оксид плутония. Также вероятно формирование небольшого количества дисперсных частиц, содержащих лишь оксид плутония. Равномерность перемешивания оксидов в топливной таблетке во многом будет определяться гранулометрическим составом образующегося порошка.

В докладе анализируются различные физико-химические процессы, протекающие при нуклеации смеси двух оксидов, испаряемых одновременно с поверхности твердого тела с помощью инфракрасного излучения импульсного лазера.

При проведении экспериментов по формированию двухкомпонентной смеси из неравновесной низкотемпературной плазмы некоторые исследователи моделируют смесь оксидов урана и плутония с помощью смеси оксидов церия и неодима. Однако, даже поверхностное рассмотрение свойств смесей показывает,

что при формировании нанопорошков смесь $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$ не совсем аналогична смеси $\text{Nd}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$. В настоящей работе для экспериментального моделирования теплофизических свойств смеси $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$ используется смесь $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ более близкий по разности температур кипения. По теплопроводности смесь $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ также ближе к $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$, чем $\text{Nd}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$. Значительное различие по плотности рассматриваемых оксидов, при формировании наночастиц в плазменном потоке, не имеет существенного значения.

В докладе приводятся анализ экспериментальных данных по рентгенофазной диагностике и SEM-изображений наночастиц, содержащих смесь оксидов $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$. Экспериментальные данные показывают, что оксиды перемешаны более равномерно, чем механическая смесь исходных порошков.