

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТИПОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Алюков Е.С., Новоселов И.Ю.

Научный руководитель: Новоселов И.Ю.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: john.judo@mail.ru

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития атомной энергетики является использование дисперсионного ядерного топлива (ДЯТ), в котором включения из делящихся материалов (уран, торий, плутоний) в виде гранулированных оксидных композиций (микросфер) размещают в матрице, имеющей высокий коэффициент теплопроводности. Однако применение матрицы из порошков металлов (алюминия, молибдена, вольфрама и др.) увеличивает коэффициент теплопроводности, но приводит к ухудшению нейтронного баланса из-за высокого резонансного поглощения нейтронов. К тому же применение внешнего гелеобразования (золь-гель процесса) для получения микросфер из смесевых водных нитратных растворов сопряжено с рядом недостатков: многостадийность; продолжительность; низкая производительность; необходимость использования большого количества химических реагентов и др. [1].

В работе был проведен расчет процесса прямого плазмохимического синтеза сложных оксидных композиций (оксиды делящихся материалов и матрица из тугоплавких оксидов металлов, имеющих высокий коэффициент теплопроводности и низкое резонансное поглощение нейтронов) из диспергированных горючих водно-органических нитратных растворов (ВОНР).

В качестве исходного сырья были использованы нитратные соли урана, тория и плутония ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$, $\text{PuO}_2(\text{NO}_3)_4$), а в качестве матрицы – нитраты бериллия и магния ($\text{Be}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$).

В работе проводились теплотехнических расчеты для установления закономерности влияния массового соотношения органический компонент–смесевой водный нитратный раствор на показатели горючести ВОНР. В расчетах определялись составы ВОНР, имеющих низшую теплотворную способность не менее 8,4 МДж/кг и адиабатическую температуру горения не менее 1200 °С, которые обеспечат существенное снижение удельных энергозатрат на их плазменную обработку (до 0,1 МВт·ч/т).

Также проводились расчеты закономерностей влияния объемного соотношения матрица–включение на коэффициент теплопроводности λ сложных оксидных композиций с использованием различных математических моделей. Для расчета λ композиционного материала использовалась элементарная ячейка. Коэффициент теплопроводности элементарной ячейки зависит от коэффициента теплопроводности λ_1 материала матрицы (BeO , MgO) и коэффициента теплопроводности λ_2 материала включения (UO_2 , PuO_2 , ThO_2). Для эффективного отвода тепла от включения необходимо выполнения условия $\lambda_1 > \lambda_2$.

В результате проведенных расчетов определены оптимальные по составу ВОНР на основе этанола и ацетона, а также же режимы их плазменной обработки (массовое отношение фаз, температура), обеспечивающие прямой плазмохимический синтез сложных оксидных композиций в воздушной плазме. Расчеты коэффициентов теплопроводности этих композиций с использованием ряда моделей показали, что модель с замкнутыми включениями Оделевского наиболее точно описывает экспериментальные данные для коэффициента теплопроводности λ композиционного материала. По результатам всего комплекса исследований были рекомендованы составы для ДЯТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алюков Е.С., Новоселов И.Ю. Плазмохимический синтез наноразмерных порошков оксидов иттрия и циркония из водных нитратных растворов с добавлением органического компонента // Химия и химическая технология в XXI веке // Материалы XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых. Томский политехнический университет. 2018. С. 41-42.