

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ ГОМОГЕННЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ УРАНА И ПЛУТОНИЯ ДЛЯ МОКС-ТОПЛИВА

Зубов В.В., Тундешев Н.В.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kaberne1812@yandex.ru

У оксидного ядерного топлива, используемого в современной атомной энергетике в реакторах на тепловых нейтронах (РТН) в виде керамики из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, наряду с достоинствами есть и существенные недостатки: низкая теплопроводность, которая ограничивает удельную мощность реактора по температуре плавления; керамика очень хрупка и может растрескиваться при высоких температурах; короткий цикл использования (перегрузка топлива каждые 3-5 лет); большие расходы на утилизацию отработавшего ядерного топлива (ОЯТ); ограниченный ресурс изотопа уран-235 [1]. Это стало причиной замедления в последние годы развития атомной энергетике на базе РТН и привело к отказу от неё в ряде стран.

Одним из перспективных направлений дальнейшего развития атомной энергетике является использование смешанного оксидного ЯТ (МОКС-топлива), состоящего из смеси диоксидов урана и плутония. Главной причиной этого является стремление избавиться от накопленного избыточного плутония путем «сжигания» его в реакторах на быстрых нейтронах (РБН). Это решает две проблемы: во-первых, «сжигается» избыточный плутоний, во-вторых, «сжигается» уран, непригодный для использования в реакторах РТН.

Основой технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является PUREX-процесс, обеспечивающий высокую степень извлечения урана и плутония. Однако применение раздельного химического осаждения из нитратных растворов и получения оксидов урана и плутония, их механического смешения не всегда обеспечивает требуемый фазовый состав и гомогенное распределение фаз в получаемых оксидных композициях, что приводит к проблемам во время эксплуатации МОКС-топлива. К недостаткам применяемой технологии следует отнести: многостадийность, необходимость использования большого количества химических реагентов, высокие энерго- и трудозатраты.

Для получения смешанных оксидных композиций урана и плутония из смесевых нитратных растворов (СНР) перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только СНР требует огромных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т). К несомненным преимуществам плазменной обработки СНР в воздушной плазме в виде водно-солеорганических композиций следует отнести: одностадийность; высокую скорость; гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом; возможность активно влиять на размер и морфологию частиц; компактность технологического оборудования; низкие энергозатраты [4].

В работе представлены результаты моделирования процесса плазменной обработки СНР в виде водно-солеорганических композиций. По результатам расчетов показателей горючести композиций («СНР–ацетон», «СНР–этанол» и др.), обладающих высокой взаимной растворимостью, определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($Q_{н}^p \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{ад} \geq 1200$ °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку СНР (до 0,1 МВт·ч/т), но дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т).

В результате термодинамических расчетов процесса плазменной обработки ВСОК определены режимы, обеспечивающие прямое получение в воздушной плазме оксидной композиции « UO_2 – PuO_2 ». Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании энергоэффективной технологии прямого плазменного получения гомогенных оксидных композиций урана и плутония для МОКС-топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котельников Р.Б., Башлыков С.Н., Каштанов А.И., Меньшикова Т.С. // Высокотемпературное ядерное топливо. // Изд. 2-е. М.: Атомиздат, 1978, – 432 с.
2. Туманов Ю. Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее. – М.: «Физматлит», 2003. – 760 с.