

Список литературы

1. Djenadic R., Sarkar A., Clemens O., Loho C. et al. // *Material Research Letters*, 2016.– Vol.5.– №2.– P.102–109.
2. Christina M., Sachet E., Borman T., Diskey E.C. et al. // *Nature Communication*, 2015.– P.1–8.
3. Anand G., Wynn Alex P., Handley Christopher M. et al. // *Acta Materialia*, 2018.– Vol.146.– P.119–125.

ОБРАЗОВАНИЕ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МИКРОТВЭЛ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.В. Кнышев, С.В. Беденко, В.В. Шагалов, А.В. Малин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, vvk28@tpu.ru

Микротвэл ядерного реактора представляет собой топливную микросферу из делящегося материала, в качестве которого применяется керамические соединения, с защитными покрытиями. Основным преимуществом данного топливного элемента в отличие от стандартного однородного металлического или керамического ядерного топлива является их повышенная радиационная стойкость при длительной эксплуатации, обусловленная локализацией продуктов деления.

В работе [1] рассматривается топливный элемент высокотемпературной ториевой реакторной установки, с микротвэл диаметром 600 мкм, представляющий собой сферический топливный керн, покрытый последовательными слоями низкоплотного пироуглерода и титанакремнистогокарбида, диспергированный в графитовую матрицу цилиндрической топливной таблетки.

По результатам исследования [2], определено оптимальное содержание микротвэл в топливной таблетке, которое составляет 17%. При таком содержании, кампания топлива составляет более 7 лет работы без подпитки и перегрузки активной зоны, а выгорание Pu^{239} достигает 92%.

Столь длительная работа и высокое значение выгорания топливного элемента повышает нагрузку на покрытия микротвэл, что в результате может привести к образованию дефектов и утечки продуктов деления [3–4]. Основными факторами влияния на образование дефектов и увеличение нагрузки являются: нейтронное излучение; повышение температуры микротвэл при накоплении продуктов деления; рост внутреннего давления при увеличении концентрации газообразных продуктов деления и оксидных соединений [3].

В данной работе рассмотрено образование оксидных соединений при длительной эксплуатации. Особое внимание сконцентрировано на образовании газообразных оксидных соединений в частности на оксиде и диоксиде углерода и создаваемое им давление.

При оценке образования оксидных соединений рассматривались следующие механизмы:

1. Взаимная диффузия на границе разделения топливного керна и пироуглерода.
2. Образование оксидных соединений с продуктами деления и пироуглеродом в процессе деления.

Расчет показал, что при эксплуатации топлива при оптимальном содержании микротвэл, количество атомов кислорода, высвобождаемого, при делении $(\text{Th,Pu})\text{O}_2$ [1–2], в одном микротвэл составляет $\sim 3,6 \cdot 10^{17}$. Из них всего 7,4% взаимодействует с пироуглеродом с образованием оксидов углерода.

Процессами поверхностного взаимодействия материалов топливного керна и пиролиитического углерода можно пренебречь, из-за маловероятного процесса окисления углерода при взаимодействии с ThO_2 и малым образованием при взаимодействии с PuO_2 , по сравнению с взаимодействием пироуглерода с высвобожденным кислородом при делении.

Расчетное парциальное давление оксидов углерода составило ~ 40 МПа, при условии равномерного распределения в пористом буферном слое пиролиитического углерода при температуре в микротвэл 1500 К.

В дальнейшем планируется уточнение полученных данных при условии длительной ионизации, проведения расчета создаваемого напряжения, в покрытие из титанакремнистогокарбида, газообразными продуктами деления и оксидами углерода.

Список литературы

1. Shamanin I.V., Grachev V.M., Chertkov Y.B., Bendenko S.V., Mendoza O., Knyshev V.V. Neutronic properties of high-temperature gas-cooled reactors with thorium fuel // *Annals of Nuclear Energy*, 2018.– 113.– P.286–293.
2. Беденко С.В., Кнышев В.В., Кузнецова М.Е., Шаманин И.В. Особенности формирования остаточного излучения дисперсионного микрокапсулированного ядерного топлива // *Известия вузов. Ядерная энергетика*, 2018.– Т.2018.– №3.– С.75–87.
3. Калин Б.А., Платонов П.А., Чернов И.И., Штромбах Я.И. Физическое материаловедение. Том 6. Часть 2. Ядерные топливные материалы / под общ. ред. Б.А. Калина.– М.: МИФИ, 2008.– 604с.
4. Ugajin M., Arai T., Shiba K. Variation of O/U Ratio and CO + CO₂ Pressure in Carbon-Coated UO_{2+x} Particles // *Journal of nuclear science and technology*, 1977.– Vol.14.– №2.– P.153–156.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

А.С. Крамаренко, В.П. Дмитриенко
Научный руководитель – к.т.н. Л.А. Леонова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Kingyry1221@yandex.ru

Способы получения металлических порошков можно разделить на две категории. Это механические методы получения и физико-химические методы. Среди физико-химических

методов получения металлических порошков, второе место по распространенности занимает электрохимический метод получения порошков. Суть электролитического метода заключается в

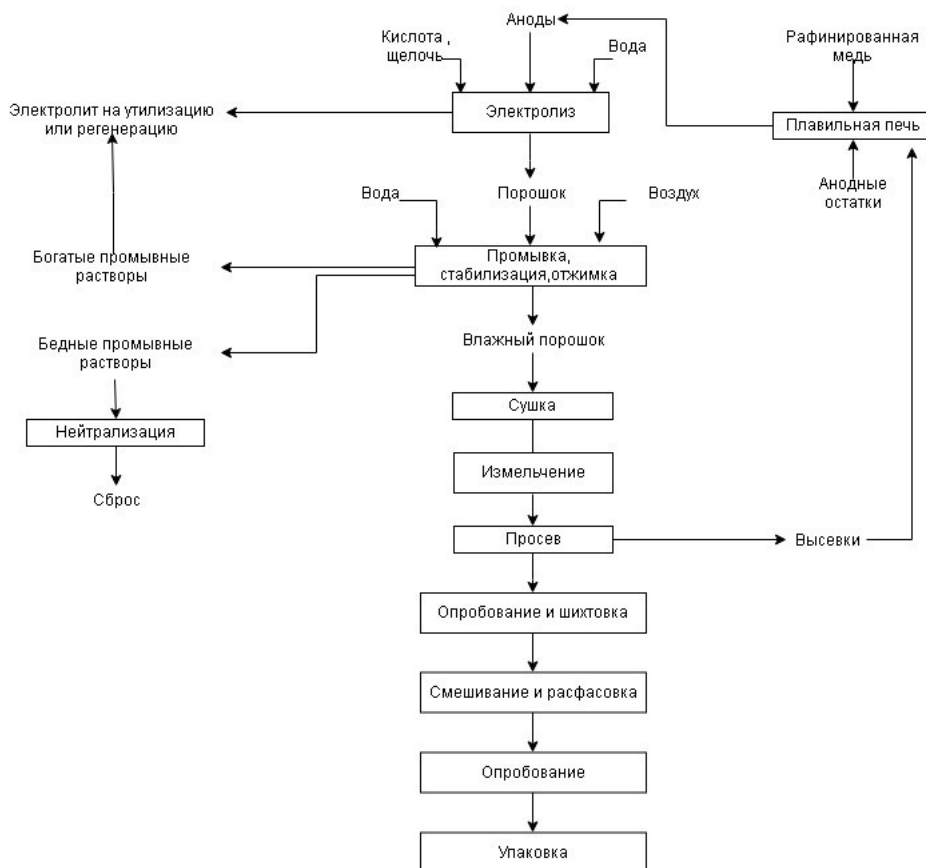


Рис. 1. Технологическая схема получения порошка металла