

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Развитие ядерной энергетики неизменно сопровождается повышением требований к теплотехнической надежности и работоспособности твэлов и ТВС в номинальных, переходных и аварийных режимах работы реакторов АЭС. Обеспечение безопасной эксплуатации АЭС является приоритетной задачей и имеет решающее значение.

Одной из главных задач мировых разработчиков топлива для реакторов дизайна 3+ является обоснование топлива UO_2 для достижения средних глубин выгорания не менее 70 МВт сут/кгU. Для предприятий, выпускающих топливные таблетки, каким является АО «УМЗ», основным направлением разработок для решения задач данного уровня является увеличение размера зерна в топливе из UO_2 до уровня 50 мкм и повышение теплопроводности топлива. На сегодняшний день в АО «УМЗ» разработаны технологии микролегирования топлива, позволяющие получать топливо с оптимальной микроструктурой, при этом в широких пределах может варьироваться размер зерна, распределение пор и плотность таблеток, что позволяет удовлетворить любые требования, предъявляемые к топливу потенциальными заказчиками.

Не менее интересной и перспективной работой являются исследования по разработке технологии получения топлива для быстрых реакторов, реакторов 4-го поколения –бридеров, позволяющих осуществлять воспроизводство ядерного горючего, а также «сжигание» долгоживущих изотопов (актинидов) из облученного топлива тепловых реакторов. Одним из наиболее приемлемых вариантов топлива для новых реакторов может быть нитридное топливо UN, обладающее рядом существенных преимуществ: прочное, устойчивое соединение, имеющее температуру плавления 2630 оС, давление диссоциации при 1700 оС не превышает $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па, теоретическая плотность составляет 14,32 г/см³, высокая теплопроводность –20 Вт/мК.

В АО «УМЗ» по данному направлению проводились исследования, в ходе которых опробовались различные способы получения нитридного топлива, посредством обработки металлического урана с получением полуторного нитрида урана, который специальным многоступенчатым отжигом доводился до порошков моонитрида урана –исходного продукта для изготовления нитридного топлива. После проведения операций прессования и спекания порошка UN были получены образцы компактного моонитридного топлива с плотностью 93 % от теоретической плотности, что является удовлетворительным результатом.

Не менее актуальной и перспективной работой являются проводимые в АО «УМЗ» исследования по разработке технологии получения уран-бериллиевого топлива (УБТ), теплопроводность которого может быть в несколько раз выше традиционного топлива из UO_2 . В результате проведенных исследовательских работ в АО «УМЗ» были получены образцы композитного УБТ.

Полученные на основе предреакторных материаловедческих исследований УБТ, расчетные результаты ИБРАЕ РАН и ИАЭ НЯЦ РК дали все основания для проведения полномасштабных реакторных испытаний УБТ с целью его аттестации и подтверждения полученных результатов.

Проведено облучение партии таблеток УБТ в составе экспериментальной ТВС в исследовательском реакторе г. Халден, Норвегия. В ходе реакторных испытаний общее выгорание в экспериментальных твэлах с перспективными таблетками АО «УМЗ» достигло 27 МВт сут/кгU, твэл с таблетками УБТ экспериментальной сборки заметно выделялся из остальных твэлов - температура топливного стержня УБТ, вышедшей на режим сборки, составляла ~900-950 оС, температура других стержней находилась в диапазоне от 970 оС до 1150 оС. В целом, тенденция снижения температуры в УБТ свидетельствует о перспективности данного вида топлива, так как снижение температуры на 100-150 оС для топлива может значительно снизить выход газовых продуктов деления и увеличить эксплуатационный ресурс топлива. Давление внутри топливного стержня с УБТ, значительно меньше, чем в других стержнях, что свидетельствует о уменьшении газовыделения при эксплуатации УБТ.

Таким образом, в ходе проведения реакторных испытаний по всем основным параметрам: давление в твэлах, температура топлива, выход газообразных продуктов деления таблетки перспективного УБТ производства АО «УМЗ» показали наилучшие результаты в сравнении с другими таблетками, участвующими в аттестационной проверке.

Section

Energy and materials science (Section 2)

Primary author: КИРИЛЛОВ, Евгений

Co-authors: ФОТИН, Андрей; КЫЛЫШКАНОВ, Манарбек; ПОДОЙНИКОВ, Михаил

Presenter: КИРИЛЛОВ, Евгений

Track Classification: The V International Scientific Forum “Nuclear Science and Technologies”: Energy and materials science (Section 2)