

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ФЕРРИТО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭП-450, ОБЛУЧЕННОЙ НЕЙТРОНАМИ В РЕАКТОРЕ БН-350

Е.Р. Ким<sup>1,2</sup>, М.С. Мережко<sup>1</sup>, Д.А. Мережко<sup>1</sup>, К.В. Цай<sup>1</sup>, С.Б. Кислицин<sup>1</sup>, М.Р. Short<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан (yelenakimr@gmail.com)

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Массачусетский технологический институт, Кембридж, США

Ключевые слова: Феррито-мартенситная сталь, облучение нейтронами, прочность и пластичность.

В качестве материалов активной зоны быстрых реакторов требуются стали и сплавы стойкие к потокам высокоэнергетических нейтронов и способные сохранять достаточную среднетемпературную прочность. Феррито мартенситная сталь ЭП 450, содержащая 11–13,5% хрома используется в качестве приемлемого материала для оболочек и чехлов тепловыделяющих сборок (ТВС) реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Ее конкурентным преимуществом является высокая стойкость к распуханию и ползучести, особенно при повышенных температурах активной зоны. В то же время, одной из проблем феррито-мартенситных сталей является то, что с ростом дозы нейтронного облучения увеличивается температура хрупко-вязкого перехода, что приводит к резкому снижению пластичности при относительно невысоких температурах, характерных для эксплуатации.

В данной работе исследовали образцы из стали ЭП 450 (1X13M2БФР), вырезанные из шестигранных чехлов ТВС реактора БН-350 необлученных и облученных нейтронами до 50,4 сна, предварительно подвергнутых термической обработке —1050°C в течение 30 минут с последующим отпуском при 720°C в течение 1 часа. Для проведения механических испытаний на одноосное растяжение использовали образцы в форме двойной лопатки с геометрическими размерами рабочей части 10×3,5×0,3 мм. Испытания проводили при комнатной температуре, скорость растяжения 0,5 мм/мин. Особенности структуры исследовали с помощью электронного растрового микроскопа Hitachi TM-4000 PLUS и просвечивающегося электронного микроскопа JEOL JEM-2100. Микротвердость по Виккерсу определяли на микротвердомере eVick-1A (нагрузка на индентор 50 г).

В результате материаловедческих исследований было выявлено, что облучение быстрыми нейтронами стали ЭП-450 приводит к снижению пластичности и увеличению прочности материала, при этом равномерная деформация сплава облученного до 50,4 сна уменьшается катастрофически —до 1–2% вследствие эффекта низкотемпературного радиационного охрупчивания. Деформация, в таком случае, ограничивается в пределах нескольких благоприятно ориентированных к оси нагружения зерен феррита. Согласно фрактографическим исследованиям зоны излома, в необлученной стали разрушение носит вязкий характер, а в облученной до 50,4 сна —хрупко-вязкий или хрупкий в зависимости от температуры облучения. В работе обсуждается влияние параметров облучения на прочность, пластичность и характер разрушения стали ЭП-450.

## Section

Energy and materials science (Section 2)

**Primary authors:** Dr TSAI, Kira (Kira Tsai); Prof. MEREZHKO, Mikhail (Mikhail Merezhko); KIM, Yelena (Yelena Kim R.)

**Presenter:** KIM, Yelena (Yelena Kim R.)

**Track Classification:** The V International Scientific Forum “Nuclear Science and Technologies”: En-

