

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

УДК 669.1:621.039

DOI 10.17223/24135542/9/7

И.А. Курзина, Т.В. Демент, Н.И. Каракчиева

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
(г. Томск, Россия)*

Композиционные металлические материалы нового поколения для решения задач атомной энергетики

Использование полезных ископаемых, в частности углеводородов, показывает, что ядерная энергетика не имеет альтернативных топливных конкурентов. Развитие высокоэффективных и радиационно-стойких реакторов на быстрых нейтронах является актуальной темой исследования. Перспективным конструкционным материалом является сплав, который сможет обеспечить оптимальную работоспособность деталей и узлов реактора при высоких радиационных и коррозионных нагрузках. «ТВЭЛы в реакторах на быстрых нейтронах работают в условиях высокой энергонепряженности: флюенс нейтронов $\sim 2 \cdot 10^{27}$ нейтрон/м² ($E > 0,1$ МэВ), температурный интервал по высоте ТВЭЛа (370–710°C), напряжения от взаимодействия топлива с оболочкой и от газовых осколков деления, коррозионное взаимодействие с жидкометаллическим теплоносителем (снаружи оболочки), с топливом и продуктами его деления (внутри оболочки)» [1].

В качестве конструкционных материалов для реакторов на быстрых нейтронах наиболее перспективными являются сплавы на основе ванадия с титаном и хромом, которые обладают высокими значениями прочностных свойств до 800°C, низким уровнем наведенной радиоактивности и быстрым ее спадом, низким остаточным тепловыделением, высоким значением параметра термостойкости и высокой радиационной стойкостью. Однако способность ванадиевого сплава интенсивно растворять элементы внедрения кислород и азот при $T > 400^\circ\text{C}$ приводит к снижению механических свойств. Поэтому эксплуатация ванадиевых сплавов в реакторах без защитного покрытия невозможна. В качестве материала для защиты ванадиевых сплавов наиболее интересны хромистые ферритные нержавеющие стали типа X17, обладающие наилучшей коррозионной стойкостью как в атмосферных условиях, так и в среде жидкометаллических теплоносителей.

Разработкой и созданием нового класса высокопрочных и высокоомодульных конструкционных композиционных материалов с высоким сопро-

тивлением статическим, повторно-статическим, динамическим и радиационным нагрузкам в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» занимается коллектив Томского государственного университета под руководством д-ра физ.-мат. наук, профессора Курзиной Ирины Александровны. Новые композиты будут состоять из модифицированного сплава на основе V–Ti–Cr, закрытого с обеих сторон хромсодержащей сталью. Данное сочетание обеспечит материалам улучшенные физико-химические свойства, необходимые для использования при сверхвысоких параметрах эксплуатации в активной зоне ядерного реактора.

В настоящее время проанализированы российские и зарубежные источники: статьи в периодических изданиях, электронные ресурсы, монографии, методическая, научно-техническая, нормативная литература, а также базы данных. На основе данного материала подготовлен аналитический обзор, где изложены проблемы разработки и создания материалов для изготовления тепловыделяющих элементов, описаны основные способы получения таких материалов. Проведены патентные исследования и подготовлен отчет.

С целью изучения перспектив коммерциализации индустриальным партнером проведены маркетинговые исследования. Выбраны добавки для модифицирования ванадиевого сплава, что позволит в итоге получить композиционный материал с высоким сопротивлением статическим, повторно-статическим, динамическим и радиационным нагрузкам. Исследованы физико-химические и механические свойства ванадиевого сплава, предназначенного для дальнейшего получения образцов трехслойного материала «хромсодержащая сталь / ванадиевый сплав / хромсодержащая сталь». Разработана методика ускоренного исследования поведения сплава под воздействием облучения с использованием ускорителей тяжелых частиц и моделирования нейтронного облучения высокой интенсивности, жаропрочного радиационно- и коррозионно-стойкого композиционного материала нового класса на основе ванадиевого сплава системы V–Ti–Cr и хромсодержащей стали типа X17. Также разработаны программа и методики исследования полученных образцов ванадиевого сплава и образцов трехслойного материала.

Ключевые слова: реализация проекта; конструкционные материалы; сплав V–Ti–Cr.

Настоящая публикация посвящена основным результатам, полученным в ходе выполнения первого этапа проекта в рамках ФЦП по соглашению № 14.575.21.0123 от 26.09.2017 г.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57517X0123.

Литература

1. Алексеев О.А. и др. Ванадиевый сплав, плакированный ферритной нержавеющей сталью – материал оболочек ТВЭЛов реакторов на быстрых нейтронах // Перспективные материалы. 2009. № 4. С. 34–42.

Информация об авторах:

Курзина Ирина Александровна, доцент, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии Национального исследовательского Томского государственного университета, директор САЕ Институт «Умные материалы и технологии», директор «Центра исследований в области материалов и технологий» Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: kurzina99@mail.ru

Демент Тарас Валерьевич, младший научный сотрудник Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: tarasevi416@mail.ru

Каракчиева Наталья Ивановна, канд. хим. наук, старший научный сотрудник Томского государственного университета (г. Томск, Россия). E-mail: kosovanatalia@yandex.ru

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2017, 9, 77-79. DOI: 10.17223/24135542/9/7

I.A. Kurzina, T.V. Dement, N.I. Karakchieva

Tomsk State University, Tomsk, Russia

New-generation composite metallic materials for solving problems of nuclear energy

This article focuses on the main results obtained during the first stage of the project with financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Grant agreement No. RFMEFI57517X0123.

Keywords: *project realization, construction materials, alloy V–Ti–Cr.*

Reference

1. Alekseev O.A. Vanadiyevyy splav, plakirovanny ferritnoy nerzhaveyushchey stal'yu – material obolochek TVELov reaktorov na bystrykh neytronakh. *Perspektivnyye materialy*. 2009;4:34–42. (In Russian)

Information about the authors:

Kurzina Irina A., Professor of Science, Head of Laboratory of catalytic research of Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: kurzina99@mail.ru

Dement Taras V., Researcher, Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: tarasevi416@mail.ru

Karakchieva Natalia I., Ph.D, Senior Researcher, Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: kosovanatalia@yandex.ru