

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ АТОМОВ ВНЕДРЕНИЯ - ЗАМЕЩЕНИЯ В ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭП-823 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТЕРМООБРАБОТКИ. Г.А. Биржевой, М.И. Захарова, В.П. Тарасиков (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 4-11.

Работа посвящена изучению процессов упорядочения атомов внедрения и замещения, взаимодействия их с дислокациями, формирования комплексов с участием внедренных и замещённых атомов. Высота пика внутреннего трения, обусловленная количеством примесей внедрения, находящихся в твердом растворе, существенно зависит от температуры нормализации. Внутреннее трение зависит от температуры отпуска. Распад твёрдого раствора заметно начинается с 300 °С и заканчивается при 500 °С. Модули упругости (E , G) для стали в отпущенном состоянии выше, чем в нормализованном, а коэффициент Пуассона ниже (рис. – 5, табл. – 0, список литературы – 12 назв.).

Ключевые слова: термообработка, сталь ЭП-823, нормализация, отпуск, внутреннее трение, модули упругости, коэффициент Пуассона.

THE STUDY OF THE FORMATION OF COMPLEXES OF IMPLEMENTATION AND SUBSTITUTION ATOMS IN EP-823 FERRITIC-MARTENSITIC STEEL AT DIFFERENT HEAT TREATMENT. G.A. Birzhevoy, M.I. Zakharova, V.P. Tarasikov (SC «State Scientific Center of Russian Federation – Institute of Physics and Power Engineering named after A.I. Leypunsky, Obninsk) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 4-11.

The work is devoted to the study of the processes ordering the implementation and substitution atoms, their interaction with dislocation and the formation of complexes involving interstitial and substituted atoms. The height of the internal friction peak due to the amount of implementation impurities in a solid solution is significantly dependent on the normalization temperature. The internal friction depends on the tempering temperature. The decay of the solid solution begins noticeably with 300 °C and ends at 500 °C. The elastic Modules (E , G) for steel in a tempered state are higher than those in a normalized state, and the Poisson's ratio is lower (fig. – 5, tables – 0, references – 12).

Keywords: heat treatment, EP-823 steel, normalization, tempering, internal friction, elastic modules, poisson's ratio.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СЛИТКОВ ДИАМЕТРОМ 500 ММ СПЛАВА Э110 НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОРОШКА ЦИРКОНИЯ. Н.К. Филатова, В.В. Новиков, А.А. Кабанов, А.В. Головин (АО «ВНИИНМ», г. Москва); А.Г. Зиганшин, Д.А. Худяков, Р.Ф. Бекмансуров (АО ЧМЗ, г. Глазов) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 12-29.

В настоящее время на АО ЧМЗ слитки сплава Э110 выплавляются двукратным вакуумно-дуговым переплавом. Диаметр конечных слитков составляет 450 мм, масса ~3,5 т.

С целью увеличения однородности химического состава и структуры конечных слитков сплава Э110 и повышения технико-экономических показателей их производства авторами работы разработана усовершенствованная технологическая схема выплавки слитков сплава Э110 диаметром 500 мм и проведено её экспериментальное опробование на оборудовании АО ЧМЗ.

В работе представлены результаты исследований химического состава, ультразвукового контроля, анализа микро- и макроструктуры, твёрдости и пористости опытно-промышленного слитка, а также результаты сравнительного анализа его качественных показателей со слитками, изготовленными по существующей технологии.

Разработанную технологическую схему выплавки слитков диаметром 500 мм планируется внедрить в промышленное производство в АО ЧМЗ (рис. – 14, табл. – 5, список литературы – 7 назв.).

Ключевые слова: электролитический порошок циркония, сплав Э110, слиток Ø500 мм, вакуумно-дуговая плавка, химический состав, макро- и микроструктура, твёрдость, пористость.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SMELTING INGOTS WITH A DIAMETER OF 500 MM OF E110 ALLOY BASED ON ELECTROLYTIC ZIRCONIUM POWDER. N.K. Filatova, V.V. Novikov, A.A. Kabanov, A.V. Golovin, A.G. Ziganshin, D.A. Khudyakov, R.F. Bekmansurov (SC «VNIINM»; SC «Chepetsky mechanical plant») – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 12-29.

At present, at the ChMZ JSC, ingots of the E110 alloy are melted by double vacuum arc remelting. The diameter of the final ingots is 450 mm, weight ~ 3,5 tons.

In order to increase the homogeneity of the chemical and structural composition of the final ingots of the E110 alloy and improve the technical and economic indicators of their production, the authors developed an improved technological scheme for melting ingots of the E110 alloy with a diameter of 500 mm and carried out its experimental testing on the equipment of ChMP JSC.

The paper presents the results of studies of the chemical composition, ultrasonic control, analysis of micro- and macrostructure, hardness and porosity of an experimental industrial ingot, as well as the results of a comparative analysis of its quality indicators with ingots manufactured according to the existing technology.

The developed technological scheme for melting ingots with a diameter of 500 mm is planned to be introduced into industrial production at ChMZ JSC (fig. – 14, tables – 5, references – 7).

Keywords: electrolytic zirconium powder, alloy e110, ingot ø500 mm, vacuum arc melting, chemical composition, macro- and microstructure, hardness, porosity.

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МИШЕНЯХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ. М.В. Конюхов¹, К.А. Щербаков², Е.С. Шитова¹, А.С. Быков¹, Д.А. Подгорный¹, А.А. Перцев², А.А. Алексеев³ (1ФГОУ ВО «НИТУ «МИСиС», г. Москва; 2АО «ВНИИНМ», г. Москва; 3АО «ТВЭЛ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 30-38.

В статье рассмотрен методический подход для оценки параметров образования и характера развития температурного поля в металле под действием лазерного излучения в водной среде, с учетом наличия фазового перехода твердой фазы в расплав на основе балансной задачи Стефана (рис. – 8, табл. – 2, список литературы – 21 назв.).

Ключевые слова: лазерное излучение, водная среда, металлы, фазовые превращения, задача Стефана.

EVALUATION OF THE TEMPERATURE FIELD IN A METAL UNDER LASER RADIATION IN AQUEOUS MEDIA. M.V. Konyukhov¹, K.A. Scherbakov², E.S. Shitova¹, A.S. Bykov¹, D.A. Podgorny¹, A.A. Pertsev², A.A. Alekseev³ (1National University of Science and Technology «MISIS»; 2SC «VNIINM», Moscow; 3SC «TVEL») – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 30-38.

The paper consider a methodological approach to evaluating formation parameters and the nature of the temperature field in a metal under laser radiation in aqueous media taking into account existence of solid-liquid phase transition based on the Stefan balance problem (fig. – 8, tables – 2, references – 21).

Keywords: laser radiation, water environment, metals, phase transformation, Stefan problem.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ЦИРКОНИЯ. Н.А. Матюшкин¹, А.И. Дунаев¹, С.Е. Погудин², А.Н. Редькин² (АО «ВНИИНМ», г. Москва; АО ЧМЗ, г. Глазов) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 39-46.

В статье представлены результаты исследований по разработке математических моделей для автоматизированного управления процессом электролитического получения циркония в промышленных условиях при уменьшении частоты химического анализа состава электролита, увеличении содержания натрия в электролите, уменьшении продолжительности периода между срезами катодного осадка. Разработаны математические модели:

а) для прогнозных расчетов изменения во времени состава электролита с использованием фактических значений массы загруженных солей, количества прошедшего электричества, массы слитого избыточного электролита;

б) для расчета заданной температуры электролита с учетом индивидуальных особенностей электролизера;

в) для управления токовой нагрузкой серии электролизеров при уменьшенной продолжительности периода между срезами катодного осадка.

Ведение процесса электролитического получения циркония в изменившихся производственных условиях с использованием автоматизированной системы управления на основе разработанных математических моделей позволило увеличить процент извлечения циркония из гексафторцирконата калия на 2% и снизить удельный расход электроэнергии на 8% (рис. – 2, табл. – 1, список литературы – 3 назв.).

Ключевые слова: цирконий, электролиз, расплав, математическое моделирование, система автоматизированного управления.

IMPROVEMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE PROCESS OF ELECTROLYTIC ZIRCONIUM MANUFACTURING. N.A. Matyushkin¹, A.I. Dunaev¹, S.E. Pogudin², A.N. Redkin² (¹SC «VNIINM», Moscow; ²SC «Chepetsky mechanical plant») – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 39-46.

The article presents the results of investigations on the development of mathematical models for automated control of the process of electrolytic production of zirconium under conditions of reducing the frequency of chemical analysis of the electrolyte composition, increasing the sodium content in the electrolyte, and reducing the duration of the period between the moments of the cathode deposit shearing off.

The following mathematical models have been developed:

a) for predictive calculations of the temporal variation of the electrolyte composition using actual values of mass of loaded salts, quantity of electricity passed, and mass of the surplus electrolyte removed;

b) for calculation of the set temperature of the electrolyte taking into account the individual features of the electrolyzer;

c) for controlling the electric current load of the series of electrolyzers under decreased duration of the period between the moments of the cathode deposits shearing off.

Conducting the process of electrolytic zirconium obtaining in the changed production conditions using automated control system based on the developed mathematical models made it possible to increase the percentage of zirconium extraction from potassium hexafluorozirconate by 2% and reduce the energy consumption by 8% (fig. – 2, tables – 1, references – 3).

Keywords: zirconium, electrolysis, melt, mathematical modeling, automated control system.

РЕАЛИЗУЕМЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ВОЗВРАТУ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В ГОСУДАРСТВО ПОСТАВЩИКА. А.В. Курьиндин, А.М. Киркин, С.В. Маковский (ФБУ «НТЦ ЯРБ»); И.В. Гусаков-Станюкович, А.С. Новиков, А.А. Щекочихин (АО «Техснабэкспорт») – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 48-59.

В соответствии с рядом заключенных к настоящему времени межгосударственных соглашений Российской Федерации облученные тепловыделяющие сборки реакторов российского производства, эксплуатируемых в других странах, подлежат возврату в Российскую Федерацию для технологического хранения и последующей переработки. При этом в соответствии с действующим законодательством после переработки ОЯТ эквивалент его активности должен быть возвращен в государство поставщика в виде продуктов переработки. Сложившаяся в настоящее время в Российской Федерации практика подразумевает, что данный эквивалент возвращается поставщику в виде радиоактивных отходов. Однако при таком подходе в эквиваленте активности ОЯТ не учитываются ядерные материалы (уран и плутоний), которые в большом количестве содержатся в ОЯТ, что может оказывать негативные последствия на различные аспекты радиационной безопасности. В настоящей работе описан перспективный подход к оценке эквивалента активности ОЯТ, учитывающий содержащиеся в нем ядерные материалы, а также приведены результаты сравнительного анализа существующего и перспективного подходов (рис. – 6, табл. – 2, список литературы – 19 назв.).

Ключевые слова: отработавшее ядерное топливо, радиоактивные отходы, переработка ОЯТ, эквивалент активности.

CURRENT AND PERSPECTIVE APPROACHES TO RETURN OF SPENT NUCLEAR FUEL REPROCESSING PRODUCTS TO A SUPPLIER STATE. A. Kuryndin, A. Kirkin, S. Makovskiy (SEC NRS); I. Gusakov-Stanyukovich, A. Novikov, A. Shchekochikhin (JSC «TENEX») – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 48-59.

According to a series of interstate agreements of the Russian Federation, spent fuel assemblies from the Russian-origin reactors are subject to return to the Russian Federation for interim technological storage and subsequent reprocessing. Also, according to legislation, equivalent of SNF activity shall be returned to a supplier state after reprocessing in a form of reprocessing products. Present practice implies that the equivalent of activity is returned in a form of radioactive waste. However, this approach does not take into account nuclear materials (uranium and plutonium) in equivalent of SNF activity, which due to large concentration of such materials in SNF could cause negative influence on different aspects of radiation safety. This paper describes perspective approach to evaluation of SNF activity equivalent, that takes into account nuclear materials in SNF. The comparative analysis of current and perspective approaches is also presented (fig. – 6, tables – 2, references – 19).

Keywords: spent nuclear fuel, radioactive waste, SNF reprocessing, equivalent of activity.

НОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТЕХНЕЦИЯ И РЕНИЯ С ТЕТРААЛКИЛАММОНИЕВЫМИ КАТИОНАМИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ И ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРАНСМУТАЦИИ ТЕХНЕЦИЯ. К.Э. Герман¹, М.С. Григорьев¹, В.Ф. Перетрухин¹, М.А. Волков¹, А.В. Ситанская¹, А.М. Сафиулина², А.В. Лебедев¹ (¹Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва; АО «ВНИИНМ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 60-72.

Синтезирована и исследована группа соединений технеция и его аналога рения с катионами тетраалкиламмонийного ряда, перспективных с точки зрения получения технеция в виде металла или карбида – материалов для длительного хранения и мишеней для трансмутации. Исследованы физико-химические свойства, полученных соединений: растворимость в водных растворах, строение и термические свойства (рис. – 18, табл. – 1, список литературы – 8 назв.).

Ключевые слова: технеций, рений, пертехнетат, перренат, тетраалкиламмоний, растворимость, карбид технеция, трансмутация.

NEW TECHNETIUM AND RHENIUM COMPOUNDS WITH TETRA-ALKYLMMONIUM CATIONS AS KEY MATERIALS FOR NEW DECONTAMINATION PROCEDURES AND TECHNETIUM TRANSMUTATION TARGET PREPARATION. K.E. German¹, M.S. Grigoriev¹, V.F. Peretruchin¹, M.A. Volkov¹, A.V. Sitanskaya¹, A.M. Safiulina², A.V. Lebedev¹ (¹Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of RAS; ²SC «VNIINM», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 60-72.

A group of technetium and rhenium compounds with tetraalkylammonium cations, which are promising from the point of view of conversion of technetium into the metal or low-C Tc carbide – prospective materials for long-term storage and targets for transmutation, was synthesized and investigated. The physicochemical properties of these compounds like solubility in aqueous solutions, structure and thermal properties were systematically studied (fig. – 18, tables – 1, references – 8).

Keywords: technetium, rhenium, pertechnetate, perrhenate, tetraalkylammonium, solubility, technetium carbide, transmutation.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ПЕРЕРАБОТКИ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС. А.Е. Савкин (ФГУП «РАДОН», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 73-87.

В лабораторных условиях отработана технология очистки кубовых остатков (КО) Белоярской АЭС (БелАЭС) от радионуклидов с использованием сорбента АО ПНФ «Термоксид». Технология очистки КО БелАЭС от радионуклидов с использованием сорбента Термоксид Т-35 включает озонирование, отделение осадка и селективную сорбцию радионуклидов цезия на сорбенте Т-35. Эксперименты проводили на КО из 9 емкостей 1 очереди БелАЭС с удельной активностью по ^{137}Cs до $7 \cdot 10^7$ Бк/кг и по ^{60}Co – до $1 \cdot 10^5$ Бк/кг. Для повышения эффективности очистки КО БелАЭС от ^{60}Co предложено использования УЗ-поля при озонировании, что позволяет очистить все КО от ^{60}Co , а также от ^{90}Sr и α - нуклидов до требуемого уровня. Проведены ресурсные испытания сорбента Т-35 в динамически условиях на окисленных КО БелАЭС. Ресурс сорбента значительно превышает 200 колоночных объемов. Отработана технология цементирования вторичных РАО от очистки БелАЭС (осадка от озонирования). Полученные образцы цементного компаунда соответствуют регламентированным требованиям. Проведены эксперименты по очистке КО БелАЭС в статических условиях с использованием сорбента НПФ «ЭКСОРБ» - НИКЕТ по технологии очистки Corebrick. Полученные результаты показали низкую эффективность очистки как по ^{60}Co , так и ^{137}Cs . Проведено сравнение несколько вариантов обращения с накопленным КО по эксплуатационным затратам на переработку и захоронение:

1 вариант – ионоселективная очистка декантата КО + цементирование шлама от озонирования и осадка, накопленного в емкостях хранения КО + получение сухих солей из очищенного от радионуклидов раствора.

2 вариант – совместное цементирование декантата и осадка.

3 вариант – совместное упаривание декантата и осадка в 200 – литровой бочке.

Сравнение показало, что 3-ий вариант экономически значительно выгоднее 1 и 2 вариантов (рис. – 2, табл. – 8, список литературы – 5 назв.).

Ключевые слова: кубовый остаток, Белоярская АЭС, сорбционная очистка, Термоксид - к35, цементирование, упаривание.

THE COMPARISON OF METHODS FOR TREATMENT BELOYARSKAYA NPP EVAPORATOR CONCENTRATE. A.E. Savkin (FSUE «RADON») – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 73-87.

In the laboratory the purification technology for Beloyarskaya NPP evaporate concentrate EC from radionuclides with the use of sorbent JSC PNF «Termoksid» was tested. The purification treatment of the NPP EC from radionuclides with use of a sorbent Termoksid T-35 includes ozonation, sludge separation and selective sorption of cesium radionuclides on the sorbent T-35. Experiments were performed on EC from 9 tanks of the Beloyarskaya NPP with a specific activity on ^{137}Cs up to $7 \cdot 10^7$ Bq/kg and ^{60}Co – up to $1 \cdot 10^5$ Bq/kg. To increase the cleaning efficiency EC from ^{60}Co the use of ultrasonic fields during the ozonation was proposed that allowed cleaning all EC from ^{60}Co , ^{90}Sr and α - nuclides to the required level. The endurance tests of sorbent T-35 in dynamic conditions on oxidized EC were performed. The life time of the sorbent was over 200 bed volumes. The cementation of secondary radioactive waste from cleaning the EC (the sludge from ozonation) was tested. The obtained samples of cement compound meet the regulated requirements. The experiments on the purification of the EC from radionuclides with the use of a sorbent NPF «EKSORB» – NIKET was done according Corebrick technology. The obtained results showed low cleaning efficiency both for ^{60}Co and ^{137}Cs . A comparison of several options for the treatment of accumulated EC on operating costs for processing and disposal was done.

Option 1 – ion-selective cleaning of decantate + cementation of the sludge from ozonation and sludge accumulated in tanks + production of dry salts from the solution purified from radionuclides.

2 option – the joint cementation of decantate and sludge accumulated in tanks.

Option 3 – the joint deep evaporation of decantate and sludge accumulated in tanks in 200 – liter barrel.

The comparison showed that option 3 is much more cost-effective than options 1 and 2 (fig. – 2, tables – 8, references – 5).

Keywords: evaporate concentrate, Beloyarskaya NPP, sorption purification, Termoksid - 35, cementation, evaporation.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СКОЛА В ТОПЛИВНОЙ ТАБЛЕТКЕ НА ПРОЧНОСТЬ ОБОЛОЧКИ ТВЭЛА. А.В. Крупкин, А.В. Кузнецов, В.И. Кузнецов, В.В. Новиков (АО «ВНИИНМ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 89-99.

Имеющиеся на сегодняшний день экспериментальные данные показывают, что наличие скола в топливной таблетке может привести к образованию сквозной трещины в оболочке твэла и его отказу. Поэтому при проектировании твэла необходимо учитывать возможность его работы с таблеткой, имеющей исходный технологический дефект. Учет такого дефекта требует проведения расчетов термомеханики твэла в трехмерной постановке, что возможно с применением современных МКЭ систем. В докладе проводится оценка влияния технологического дефекта типа «скол» на напряженно-деформированное состояние оболочки твэла в ходе эксперимента «ramp-test». Построенная МКЭ модель включает две таблетки, одна из которых со сколом на фаске с выходом на цилиндрическую поверхность и участок оболочки (рис. – 7, табл. – 3, список литературы – 5 назв.).

Ключевые слова: скол, таблетка, скачок, эксперимент, МКЭ.

NUMERICAL-EXPERIMENTAL STUDY OF INFLUENCE OF CHIP IN THE FUEL PELLET ON THE FUEL ROD CLADDING STRENGTH. A.V. Krupkin, A.V. Kuznetsov, V.I. Kuznetsov, V.V. Novikov (SC «VNIINM», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 89-99.

Currently, available experimental data show that the presence of a chip in the fuel pellet can lead to a fuel rod failure. Therefore, it is necessary to consider the possibility of appearance of a pellet with a technological defect in the design of the fuel rod. This kind of defect requires a thermomechanical calculation of the fuel rod in the three-dimensional setting which is possible with the use of modern FEM systems. The report presents the impact of a technological defect such as «pellet chip» on the stress-strain state of the cladding during the «ramp test». Built FEM model consists of two pellets, one of them with a chip on the chamfer with exit to the cylindrical surface and a cladding portion (fig. – 7, tables – 3, references – 5).

Keywords: chip, pellet, ramp test, FEM.

СТАЛЬ ЭК164 – КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ РЕАКТОРОВ БН. Н.М. Митрофанова, Т.А. Чурюмова (АО «ВНИИНМ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 100-109.

Рассмотрены этапы усовершенствования металлургической и трубной технологий изготовления оболочечных труб из аустенитной стали ЭК164 и их влияние на функциональные свойства оболочек твэлов из этой стали. Показано, что оптимизация химического состава и поэтапное усовершенствование технологии в части введения высокотемпературных диффузионных отжигов, повышения температуры и скорости термической обработки на предготовом размере труб приводит к повышению как дореакторных свойств стали ЭК164 (структурно-фазовая стабильность, длительная прочность и термическая ползучесть при 700 °С), так и реакторных свойств (формоизменение и распухание оболочек твэлов и др.). Полученные результаты позволяют рекомендовать использование стали ЭК164 в качестве штатного материала оболочек твэлов ТВС реакторов БН-600 и БН-800 с увеличенной продолжительностью топливной кампании до 600-800 эфф. суток (рис. – 5, табл. – 1, список литературы – 6 назв.).

Ключевые слова: аустенитная сталь, оболочечные трубы, технология, термическая обработка, структура, длительная прочность, распухание.

EK164 STEEL AS A STRUCTURAL FUEL RODS CLADDING MATERIAL FOR FAST SODIUM REACTORS. N.M. Mitrofanova, T.A. Churyumova (SC «VNIINM», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 100-109.

The steps for improving the metallurgical and tube technologies used to fabricate claddings of austenitic steel EK164 and their influence on the properties of fuel claddings made of this steel are considered.

It is shown that the optimization of the chemical composition and step-by-step improvement of the technology including high-temperature diffusion annealing, the increase of the temperature and the rate of the heat treatment of the pre-finished tube size lead to improving the EK164 steel's properties both pre-reactor (structural phase stability, long-term strength and thermal creep at 700 °C) and in-reactor core irradiation (change of shape and swelling of fuel rod claddings, etc.). The results obtained make it possible to recommend the use of EK164 steel as a fuel rod claddings material for fuel assemblies of BN-600 and BN-800 reactors with increased fuel campaign up to 600-800 eff. days (fig. – 5, tables – 1, references – 6).

Keywords: austenitic steel, cladding tubes, technology, heat treatment, structure, long-term strength, swelling.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА И МИГРАЦИИ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВА В СИСТЕМЕ «ТОПЛИВО - ТЯЖЕЛЫЙ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ-ГАЗ». А.В. Барыбин, В.С. Рычков, В.В. Шущлебин (АО «ИРМ», г. Заречный); Н.Е. Дубенков, М.С. Моркин, Г.А. Хачересов (АО «НИКИЭТ», г. Москва) – ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ. СЕР. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. 2019. ВЫП. 2(98). С. 110-118.

На реакторной петлевой установке с жидкометаллическим теплоносителем проведены исследования процессов миграции продуктов деления топлива в системе «топливо – жидкометаллический теплоноситель – защитный газ». По результатам исследований получены данные по выходу радионуклидов из топлива в жидкометаллический теплоноситель и из жидкометаллического теплоносителя в газовую фазу (рис. – 8, табл. – 2, список литературы – 10 назв.).

Ключевые слова: гамма-спектрометрический анализ, миграция, радионуклиды, реакторная петлевая установка, сурьма, теллур, криптон, ксенон, тяжелый жидкометаллический теплоноситель, свинец.

INVESTIGATION OF FUEL FISSION PRODUCT RELEASE AND MIGRATION IN THE FUEL - HEAVY LIQUID-METAL COOLANT - GAS SYSTEM. A.V. Barybin, V.S. Rychkov., V.V. Shushlebin (JSC «Institute of Nuclear Materials», Zarechny; N.E. Dubenkov, M.S. Morkin, G.A. Hacheresov Joint Stock Company «Scientific Research and Design Institute of Energy technologies», Moscow) – PAST «MATERIALS TECHNOLOGY AND NEW MATERIALS» SERIES. 2019. ED. 2(98). P. 110-118.

Fuel fission product migration in the fuel - liquid-metal coolant - cover gas system was investigated at the reactor loop facility with liquid-metal coolant. Data on radionuclide release from fuel to liquid-metal coolant and from liquid-metal coolant into gas phase were obtained using the results of the investigation (fig. – 8, tables – 2, references – 10).

Keywords: gamma-ray spectrometry, migration, radionuclides, reactor loop facility, antimony, tellurium, krypton, xenon, heavy liquid-metal coolant, lead.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ

В Издательство представляется рукопись на электронном носителе (дискета, CD, flash) или по электронной почте. Рукописные вставки не допускаются.

При использовании текстового редактора Word следует придерживаться следующих правил.

1. **Текст** должен быть расположен на листе формата А4 по ширине страницы с учетом полей (левое, правое, нижнее – 2,5 см, верхнее, – 2,0 см), набран шрифтом Times New Roman (Сур), кегель – 12, межстрочный интервал 1,2. Абзацные отступы должны быть одинаковыми по всему тексту – 1 см (не допускается создание абзацной строки с помощью пробелов или клавиши «Табуляция»). Кавычки (« »), скобки ([], ()), маркеры и другие знаки должны быть сохранены аналогичными на протяжении всего предоставляемого материала.

2. **Заголовки и подзаголовки** оформляются в едином стиле по всей работе и отделяются от основного текста 1 интервалом и располагаются по центру строки. Заголовки (наименования разделов) записывают прописными буквами, подзаголовки (наименования подразделов) – строчными. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Название статьи приводится на русском и английском языках.

3. **Фамилии авторов и место работы** указываются на русском и английском языках после названия статьи. Также необходимо указать e-mail для связи с авторами.

4. **Аннотации** набирают на 1 кегель меньше, курсивом с отступом 3 см, после заголовка. Аннотация приводится на русском и английских языках.

5. **Ключевые слова** указываются после аннотации на русском и английском языках набранные шрифтом Times New Roman (Сур), кегель – 11.

6. **Формулы**, даже состоящие из единственного символа, набираются только с использованием редактора формул Equation Editor или MathType. Категорически не допускается замена латинских и греческих букв сходными по начертанию русскими, а также знака суммы заглавной буквой сигма. Если необходимо использовать в формулах русские буквы, то их следует набирать в текстовом стиле.

7. **Нумерация страниц** обязательна. Посередине страницы, кегель 11 пт.

8. **Список литературы** любого источника осуществляется на языке его издания, помещается в конце рукописи в порядке упоминания в тексте. В списке приводятся только источники, на которые автор ссылается в тексте. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Внутри текста ссылки на список приводятся в квадратных скобках. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ, кегель 11, курсив.

9. **Переносы** и принудительные (ручные) не ставить.

10. **Рисунки, графики, схемы** должны выполняться в графических редакторах, поддерживающих векторную графику. Желательно предоставлять все рисунки в виде отдельных файлов в исходном графическом формате. Графические иллюстрации должны так же быть выполнены и в виде отдельных файлов в исходном графическом формате. Оригиналы отсканированных изображений должны предоставляться высокого качества (не менее 300 dpi). Все рисунки должны быть пронумерованы и иметь подрисовочные подписи (11 кегель, курсив, посередине листа, точка в конце не ставится).

11. **Таблицы** следует делать в режиме таблиц (добавить таблицу), а не рисовать от руки, не разрывать, если таблица большая, ее необходимо поместить на отдельной странице. Кегель 11. Слово «Таблица» расположить в правом верхнем углу, а название таблиц по центру (не жирный и не курсив, 12 кегель). Каждая таблица располагается после ссылки на нее (Напр.: табл. 1) и должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Ширина таблицы не должна быть больше полосы набора текста. Ссылка на рисунки и таблицы в тексте обязательны. Если в статье один рисунок или одна таблица, они не нумеруются. **Иллюстрации и таблицы** не должны разрывать предложение, их нужно располагать после абзаца.

Порядок представления и опубликования рукописей в научно-техническом журнале «Вопросы атомной науки и техники. Серия Материаловедение и новые материалы» (ВАНТ)

1. Публикация научно-технических статей в журнале ВАНТ бесплатна. Информационный обмен и общение между авторами и редакцией происходит посредством электронной почты – MVPozdeev@bochvar.ru.
2. Тексты статей оформляются в соответствии с «ТРЕБОВАНИЯМИ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ». Рукописи, разрешения на открытое опубликование и сопроводительные письма направляются на адрес электронной почты MVPozdeev@bochvar.ru.
3. Статьи, не соответствующие требованиям к оформлению, направляются авторам на доработку. Тексты, соответствующие требованиям, отправляются на рецензирование в соответствии с «ПОРЯДКОМ РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ВАНТ СЕРИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ».
4. В случае отрицательного заключения рецензента, авторам по электронной почте направляется мотивированный отказ. В случае положительного заключения рецензента, автору по электронной почте направляется подтверждение о приеме рукописи к публикации.
5. После принятия рукописи к публикации, авторы должны оформить, подписать и прислать в редакцию в бумажном варианте «ЛИЦЕНЗИОННЫЙ ДОГОВОР С АВТОРАМИ СТАТЕЙ, РАЗМЕЩАЕМЫХ В ЖУРНАЛЕ ВАНТ».
6. После получения редакцией договора статья направляется в верстку.
7. После опубликования статьи каждому автору бесплатно направляется экземпляр журнала.

Об Издательстве

Выпуски научно-технического журнала «Вопросы атомной науки и техники» (ВАНТ). Серия «Материаловедение и новые материалы», посвященные проблемам атомного материаловедения, издаются в АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара».

Журнал ВАНТ издается с 1972 года. Серия «Материаловедение и новые материалы» издается с 1989 г. по настоящее время тиражом не менее 250 экземпляров.

В журнале ВАНТ Серия «Материаловедение и новые материалы» представлены результаты исследований по физическому материаловедению, радиационной повреждаемости, активации и трансмутации материалов, физике радиационных явлений, механизм формирования исходной и радиационной микроструктуры, теории, моделированию и экспериментальным исследованиям дефектов, структуры и свойств материалов. Выпуски журнала, помимо статей сотрудников института и ведущих специалистов отрасли, включают материалы на основе докладов, которые были представлены на конференциях «Материалы ядерной техники» (МАЯТ) в разные годы.

Кроме того, в журнале ВАНТ раскрываются актуальные проблемы, связанные с изменением приоритетов в оборонных задачах, разработкой новых технологий, включающих структурирование материалов наночастицами, вопросы разработки новых сплавов, особых видов термообработки и т.п.

На журнал ВАНТ. Серия «Материаловедение и новые материалы» можно подписаться в информагентстве «Пресса России», подписной индекс 41288 и в агентстве «Урал-Пресс», подписной индекс ВН005557.

Адрес издательства: 123098, г. Москва, а/я 369, ул. Рогова, д. 5а.

Контактное лицо: Ученый секретарь АО «ВНИИИМ» – Поздеев Михаил Васильевич, тел. +7 (499) 190-89-99 доб. 82-59, адрес электронной почты MVPozdeev@bochvar.ru.

Сдано в набор 03.06.2019 г. Подписано в печать 17.06.2019 г.
Печ. л. 16,7. Уч.-изд. л. 14,2. Формат 60×90/8
Компьютерный набор, вёрстка – Махмутова М.Р.

Отдел полиграфии ВНИИНМ. Тел. 8(495) 190-89-99 доб. 84-79. Тираж 200 экз. Заказ №233.
Цена договорная.

Отпечатано в типографии АО «ВНИИНМ». 123098, Москва, а/я 369.