

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «ПРОМЕТЕЙ» имени И. В. ГОРЫНИНА
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3(103)
июль – сентябрь

2020

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. С. ОРЫШЧЕНКО**
д-р техн. наук, профессор,
чл.-корр. РАН
Зам. главного редактора **В. П. ЛЕОНОВ**
д-р техн. наук

Члены редакционной коллегии

А. А. АБРАМОВ, д-р техн. наук
А. В. АНИСИМОВ, д-р техн. наук
О. А. БАННЫХ, д-р техн. наук, профессор, акад. РАН
В. Е. БАХАРЕВА, д-р техн. наук, профессор
К. В. ГРИГОРОВИЧ, д-р техн. наук, профессор,
акад. РАН
Е. Л. ГЮЛИХАНДАНОВ, д-р техн. наук, профессор
Э. П. ЗАРУБИН, канд. техн. наук (отв. секретарь)
А. В. ИЛЬИН, д-р техн. наук
А. А. КАЗАКОВ, д-р техн. наук, профессор
В. А. КАРХИН, д-р техн. наук, профессор
Ю. Л. КУЗЬМИН, д-р техн. наук
П. А. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук
Б. З. МАРГОЛИН, д-р техн. наук, профессор
Ю. К. ПЕТРЕНЯ, д-р физ.-мат. наук, профессор,
чл.-корр. РАН
Е. И. ХЛУСОВА, д-р техн. наук, профессор

Адрес редакции: Россия, 191015,
Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 49
НИЦ «Курчатовский институт» –
ЦНИИ КМ «Прометей»

Факс: (812) 710-3756. Телефон: (812) 274-1032
E-mail: mail@crism.ru
<http://www.crism-prometey.ru>

Журнал издается с сентября 1995 г.,
выходит четыре раза в год.

Зарегистрирован в Министерстве РФ по делам
печати, телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций. Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-13228 от 22 июля 2002 г.

Изменения внесены Роскомнадзором,
ПИ № ФС 77-73502 от 31 августа 2018 г.

Журнал «Вопросы материаловедения»
включен в перечень периодических изданий,
рекомендуемых ВАК РФ для публикации
трудов соискателей ученых степеней,
индексируется в базах данных Российского
индекса научного цитирования (РИНЦ/RSCI),
Ulrich's Periodicals Directory, входит в состав
RSCI на платформе Web of Science.
Отдельные статьи журнала переводятся на
английский язык и публикуются издательст-
вом «Pleiades Publishing, Ltd.» в журнале «In-
organic Materials: Applied Research» (ISSN
PRINT: 2075–1133, ISSN ONLINE: 2075–115X)

Перепечатка материалов из журнала возможна
при письменном согласовании с редакцией,
при этом ссылка на журнал обязательна.

© НИЦ «Курчатовский институт» –
ЦНИИ КМ «Прометей»,
2020

THE EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief Dr Sc., Prof.,
Corresponding Member of the RAS
A. S. ORYSHCHENKO

Associate Editor Dr Sc. **V.P. LEONOV**

Members of the Editorial Board

Dr Sc. A.A. ABRAMOV
Dr Sc. A.V. ANISIMOV
Dr Sc., Prof., Acad. of the RAS O.A. BANNYKH
Dr Sc., Prof. V.Ye. BAKHAREVA
Dr Sc., Prof., Acad. of the RAS
K.V. GRIGOROVITCH
Dr Sc., Prof. Ye. L. GULIKHANDANOV
Cand. Sc. E. P. ZARUBIN (Exec. Secretary)
Dr Sc. A.V. ILYIN
Dr Sc., Prof. A.A. KAZAKOV
Dr Sc., Prof. V.A. KARKHIN
Dr Sc. Yu.L. KUZMIN
Dr Sc., P.A. KUZNETSOV
Dr Sc., Prof. B.Z. MARGOLIN
Dr Sc., Prof. Corresponding Member of the RAS
Yu.K. PETRENYA
Dr Sc., Prof. E.I. KHLUSOVA

Address of the Editorial Office:
NRC «Kurchatov Institute» – CRISM «Prometey»,
49 Shpalernaya Street,
191015 St Petersburg, Russian Federation

Fax: (812) 710 3756. Phone: (812) 274 1032
E-mail: mail@crism.ru
Internet site: <http://www.crism-prometey.ru>

The journal comes out four times a year
since September 1995

It is registered in the Ministry of Press,
Broadcasting and Mass Communications
of the Russian Federation. Registration certificate
ПИ No 77-13228 dated 22 July 2002.

Changes applied by Roskomnadzor
ПИ No ФС 77-73502 dated 31 August 2018.

The «Voprosy Materialovedeniya» journal
is included into the list of periodicals approved
by VAK RF (High Attestation Committee)
for publication works of competitors
for academic degrees, and into the data bases
of the Russian Science Citation Index (RSCI),
within the Web of Science,
and Ulrich's Periodicals Directory.
Selected articles of the journal are translated into
English and issued by the Pleiades Publish-
ing, Ltd. in the «Inorganic Materials: Applied
Research» (ISSN PRINT: 2075–1133,
ISSN ONLINE: 2075–115X).

No part of this publication may be reproduced
without prior written consent of the editor,
a reference to the journal is mandatory.

© NRC «Kurchatov Institute» –
CRISM «Prometey»,
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Журналу «Вопросы материаловедения» 25 лет 5

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Зисман А. А., Золоторевский Н. Ю., Петров С. Н., Хлусова Е. И., Яшина Е. А. Локальный текстурный анализ неоднородностей структуры в низкоуглеродистой высокопрочной стали после закалки с прокатного нагрева 9*Иванов Ю. Ф., Кормышев В. Е., Громов В. Е., Юрьев А. А., Глезер А. М., Рубанникова Ю. А.* Механизмы упрочнения металла рельсов при длительной эксплуатации 17*Бердник О. Б., Царева И. Н., Кривина Л. А., Кириков С. В., Герасимов С. И., Ерофеев В. И., Чегуров М. К.* Влияние структурной неоднородности на стойкость стальных шариков к ударным нагрузкам 29*Леонов В. П., Чудаков Е. В., Малинкина Ю. Ю., Третьякова Н. В., Петров С. Н., Цеменко А. В., Васильева Е. А.* Исследование особенностей распределения рутения в титановых α -, псевдо- α - и псевдо- β -сплавах и влияние его на коррозионную стойкость 39*Оленин М. И., Горынин В. И., Туркбоев А., Махорин В. В.* Повышение кратковременных механических свойств никелевых сплавов марок СЛЖС5-ВИ и ЖС32-ВИ за счет программного упрочнения, совмещенного с процессом старения 53*Дегтярева С. П.* Термоциклические испытания с применением образцов корсетной формы – перспективный метод исследования термической усталости изделий 61

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Бобкова Т. И., Григорьев А. А., Жиров Д. С. Разработка композиционных порошков и покрытий для защиты и восстановления изделий, претерпевающих существенное температурное воздействие в процессе эксплуатации 70*Медведев Р. П., Скрылёв А. В.* Технологические особенности получения люминофорного пигмента для лакокрасочных материалов из фосфогипса 79

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Валуева М. И., Зеленина И. В., Жаринов М. А., Хасков М. А. Высокотемпературные углепластики на основе термореактивного полиимидного связующего 89*Войнов С. И., Зеленина И. В., Валуева М. И., Гуляев И. Н.* Определение метода испытаний на сжатие высокотемпературных углепластиков 103

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Ильин А. В., Лаврентьев А. А., Мизецкий А. В. О формулировке локального критерия хрупкого разрушения для прогнозирования трещиностойкости высокопрочной стали 114

РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Марголин Б. З., Варовин А. Я., Минкин А. И., Гурин Д. А., Глухов В. А. Исследование состояния металла внутрикорпусных устройств реактора ВВЭР после эксплуатации в течение 45 лет. Часть 1. Программа исследований и вырезка трепанов из ВКУ 135*Пирогова Н. Е., Джаландинов А. Д., Марголин Б. З., Деркач Р. В., Минкин А. И.* Исследование состояния металла внутрикорпусных устройств реактора ВВЭР после эксплуатации в течение 45 лет. Часть 2. Расчетно-экспериментальное определение флюенса быстрых нейтронов и повреждающей дозы 144*Кулешова Е. А., Федотова С. В., Гурович Б. А., Фролов А. С., Мальцев Д. А., Марголин Б. З., Минкин А. И., Сорокин А. А.* Исследование состояния металла внутрикорпусных устройств реактора ВВЭР после эксплуатации в течение 45 лет. Часть 3. Микроструктура и фазовый состав 157*Ларионов В. В., Варлачев В. А.* Исследование изменения свойств титановых сплавов, подвергнутых нейтронному облучению 181

ХРОНИКА

Орыщенко А. С., Цуканов В. В., Савичев С. А., Нигматулин О. Э. Противоснарядная броня для тяжелых танков серии «ИС». Танк ИС-3 188

Памяти Бориса Евгеньевича Патона 201

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов 203

CONTENTS

The Journal “Voprosy Materialovedeniya” celebrates 25 Years	5
METALS SCIENCE. METALLURGY	
<i>Zisman A.A., Zolotarevsky N.Yu., Petrov S.N., Khlusova E.I., Yashina E.A.</i> Local texture analysis of structure non-uniformity in low carbon high-strength steel after direct quenching	9
<i>Ivanov Yu.F., Kormyshev V.E., Gromov V.E., Yuriev A.A., Glezer A.M., Rubannikova Yu.A.</i> Hardening mechanisms for rails metal during long-term operation	17
<i>Berdnik O.B., Tsareva I.N., Krivina L.A., Kirikov S.V., Gerasimov S.I., Erofeev V.I., Chegurov M.K.</i> Effects of structural inhomogeneities on the steel balls resistance to loading	29
<i>Leonov V.P., Chudakov E.V., Malinkina Yu.Yu., Tretyakova N.V., Petrov S.N., Tsemenko A.V., Vasilieva E.A.</i> Research of the peculiarities of ruthenium distribution in titanium α -, pseudo- α - and pseudo- β -alloys and its effects on corrosion resistance	39
<i>Olenin M.I., Gorynin V.I., Turkboev A., Makhorin V.V.</i> Increasing the short-term mechanical properties of nickel alloys of grades SLZhS5-VI and ZhS32-VI due to program hardening combined with the aging process.....	53
<i>Degtyareva S.P.</i> On the thermocyclic tests of corset shape samples as a promising method for studying thermal fatigue.....	61
FUNCTIONAL MATERIALS	
<i>Bobkova T.I., Grigoriev A.A., Zhirov D.S.</i> Development of composite powders and coatings for protection and restoration of products under significant temperature exposure during operation	70
<i>Medvedev R.P., Skrylev A.V.</i> Technological features of obtaining phosphor pigment for paints from phosphogypsum waste.....	79
POLYMER COMPOSITE MATERIALS	
<i>Valueva M.I., Zelenina I.V., Zharinov M.A., Khaskov M.A.</i> High-temperature carbon plastics based on thermoreactive polyimide binder	89
<i>Voinov S.I., Zelenina I.V., Valueva M.I., Gulyaev I.N.</i> Determination of the compression test method for high temperature-resistant carbon fiber reinforced plastics	103
STRUCTURAL INTEGRITY AND SERVICEABILITY OF MATERIALS	
<i>Ilyin A.V., Lavrentiev A.A., Mizetsky A.V.</i> On the definition of the local brittle fracture criterion to predict the crack resistance of high-strength steel.....	114
RADIATION MATERIALS SCIENCE	
<i>Margolin B.Z., Varovin A.Ya., Minkin A.J., Gurin D.A., Glukhov V.A.</i> Investigation of irradiated metal of WWER-type reactor internals after 45 years of operation. Part 1. Research program and cutting out of samples from pressure vessel internals	135
<i>Pirogova N.E., Dzhalandinov A.D., Margolin B.Z., Derkach R.V., Minkin A.J.</i> Investigation of irradiated metal of WWER-type reactor internals after 45 years of operation. Part 2. Calculated and experimental determination of the fast neutron fluence and damage dose	144
<i>Kuleshova E.A., Fedotova S.V., Gurovich B.A., Frolov A.S., Maltsev D.A., Margolin B.Z., Minkin A.J., Sorokin A.A.</i> Investigation of irradiated metal of WWER-type reactor internals after 45 years of operation. Part 3. Microstructure and phase composition	157
<i>Larionov V.V., Varlachev V.A.</i> Study of changes in the properties of titanium alloys subjected to neutron irradiation	181
NEWS, EVENTS, MEMORIES	
<i>Oryshchenko A.S., Tsukanov V.V., Savichev S.A., Nigmatulin O.E.</i> Anti-gun armor for Soviet heavy tanks IS (Iosif Stalin) family: IS-3.....	188
In memory of Boris Evgenievich Paton	201
Guidelines for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”. Manuscript requirements.....	203