

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 издательством
«Pleiades Publishing, Ltd.» в журнале «Inorganic
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

Андрей Сергеевич ЗАВЬЯЛОВ. К 115-летию со дня рождения. Страницы биографии 7

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Соколов Г. Н., Литвинова Т. Р., Зорин И. В., Харламов В. О., Артемьев А. А., Казымов Ф. А., Титов К. Е. Формирование дисперсного игольчатого феррита в структуре хладостойких сварных швов в условиях температур до -70°C при ручной дуговой сварке на монтаже металлоконструкций из стали 10ХСНД. Часть 1 17

Иванов Ю. Ф., Громов В. Е., Кормышев В. Е., Глезер А. М. Структура и свойства рельсов после экстремально длительной эксплуатации 30

Атамашкин А. С., Приймак Е. Ю., Фирсова Н. В. Влияние послесварочного отпуска на механическое поведение фикционных сварных соединений из среднеуглеродистых сталей при испытании на одноосное растяжение 40

Балакин С. М., Беляева Л. А., Хлямов Н. А., Петров В. А. Термоциклическая прочность чугуна СЧ20 при высокотемпературных теплосменах 50

Орыщенко А. С., Уткин Ю. А., Попова И. П., Петров С. Н., Цеменко А. В. Исследование характеристик жаропрочности металла центробежно-литых труб, изготовленных из сплава 45Х32Н4ЗСБ, и их сварных соединений при температурах до 1150°C . Часть 1. Жаропрочность труб при температурах до 1100°C 62

Зорин И. В., Соколов Г. Н., Артемьев А. А., Дубцов Ю. Н., Денисевич Д. С., Лысак В. И., Харламов В. О. Исследование влияния соотношения легирующих элементов в системе Ni–Al–Cr–W–Mo–Ta на стойкость наплавленного металла к термической усталости 74

Хромушкин К. Д., Ушаков Б. Г., Кочергин А. В., Сулеев Р. А., Парменова О. Н. Исследование трибо-технических характеристик твердых сплавов в узлах трения скольжения 87

Масликова Е. И., Андреева В. Д., Алексеева Е. Л., Яковлев Ю. А. Кинетика диффузии водорода в различных условиях применительно к сплаву ВТ6 98

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Макаров А. М., Никитина В. Р., Геращенко Д. А., Васильев А. Ф. Оптимизация параметров процесса напыления покрытий методом ХГДН применительно к условиям производства на примере систем Ni–Ti и Ni–Al 108

Бобкова Т. И., Быстров Р. Ю., Григорьев А. А., Самоделкин Е. А., Фармаковский Б. В. Технология получения наноструктурированных покрытий с использованием наночастиц карбида вольфрама и металлического хрома 117

Барактин Б. К., Жуков А. С., Камынин А. В., Гавриков И. С., Анисимов Д. М., Созинов Д. С., Федосеев М. Л. Структура и магнитные свойства материала системы Fe–Cr–Co, изготовленного методом селективного лазерного плавления 125

Горбовец М. А., Косолапов Д. В., Рыжков П. В. Многоцикловая усталость металлокерамического композиционного материала на основе алюминиевого сплава марки 7075-T1, армированного частицами карбида кремния 131

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Розов Р. М., Борисова Н. В., Устинова Т. П. Интегральная оценка свойств полиамида-6, полимеризационно-наполненного базальтовой фиброй на стадии синтеза 141

Хорова Е. А., Еремин Е. Н., Вакулов Н. В. Прогнозирование изменения свойств резин на основе гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков при термическом старении в агрессивных средах 149

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Харьков О. А., Мушеникова С. Ю., Парменова О. Н. Оценка коррозионной стойкости азотсодержащей стали в условиях абразивного воздействия 156

РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Марголин Б. З., Морозов А. М., Пирогова Н. Е., Григорьев М. Н. Методика оценки прочности границ зерен аустенитных сталей по результатам испытаний миниатюрных образцов на ударный изгиб 164

Марголин Б. З., Пирогова Н. Е., Сорокин А. А., Кохонов В. И. Исследование механизмов коррозионно-го растрескивания под напряжением облученных аустенитных хромоникелевых сталей, используемых для внутрикорпусных устройств реакторов типа ВВЭР и PWR 174

Марголин Б. З., Пирогова Н. Е., Сорокин А. А., Морозов А. М. Оценка сопротивления коррозионному растрескиванию облученных аустенитных хромоникелевых сталей по результатам испытаний миниатюрных образцов на ударный изгиб 200

ХРОНИКА

Орыщенко А. С., Цуканов В. В., Савичев С. А., Нигматулин О. Э. Танковая броня в первые годы войны 216

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов 231

CONTENTS

On the 115th anniversary of the birth of Andrey Sergeevich ZAVYALOV. Pages of life 7

METALS SCIENCE. METALLURGY

Sokolov G. N.[†], Litvinova T. R., Zorin I. V., Kharlamov V. O., Artemyev A. A., Kyazimov F. A., Titov K. E. On the disperse acicular ferrite formation in the structure of cold-resistant joints under temperatures up to -70°C in MMA welding of 10KhSND steel. Part 1..... 17

Ivanov Yu. F., Gromov V. E., Kormyshev V. E., Glezer A. M. Structure and properties of rails after extremely long-term operation..... 30

Atamashkin A. S., Priymak E. Yu., Firsova N. V. Influence of post-welding tempering on mechanical behavior of friction welded joints from medium-carbon steels during tensile test 40

Balakin S. M., Belyaeva L. A., Khlyamkov N. A., Petrov V. A. Thermocyclic strength of grey cast iron SCh20 at high temperature shifts..... 50

Oryshchenko A. S., Utkin Yu. A., Popova I. P., Petrov S. N., Tsemenko A. V. Study of heat resistance characteristics of metal of centrifugally cast pipes made from 45Kh32N43SB alloy and their welded joints at temperatures up to 1150°C . Part 1: The heat resistance characteristics of pipes at temperatures up to 1100°C 62

Zorin I. V., Sokolov G. N.[†], Artemyev A. A., Dubtsov Yu. N., Denisevich D. S., Lysak V. I., Kharlamov V. O. Effects of the alloying elements ratio in the Ni–Al–Cr–W–Mo–Ta system on the thermal fatigue resistance of the deposited metal 74

Khromushkin K. D., Ushakov B. G., Kochergin A. V., Suleev R. A., Parmenova O. N. Tribotechnical characteristics of hard alloys in sliding friction units 87

Maslikova E. I., Andreeva V. D., Alekseeva E. L., Yakovlev Yu. A. Hydrogen diffusion kinetics under different conditions applied to VT6 alloy 98

FUNCTIONAL MATERIALS

Makarov A. M., Nikitina V. R., Gerashchenkov D. A., Vasiliev A. F. Optimization of the coating process by cold gas dynamic spraying applied to production conditions of Ni–Ti and Ni–Al systems 108

Bobkova T. I., Bystrov R. Yu., Grigoriev A. A., Samodelkin E. A., Farmakovskiy B. V. Technology for the production of nanostructured coatings from nanoparticles of tungsten carbide and metal chromium..... 117

Barakhtin B. K., Zhukov A. S., Kamynin A. V., Gavrikov I. S., Anisimov D. M., Sozinov D. S., Fedoseev M. L. Structure and magnetic properties of the material of the Fe–Cr–Co system produced by the selective laser melting..... 125

Gorbovets M. A., Kosolapov D. V., Ryzhkov P. V. High-cycle fatigue of a metal matrix composite based on an aluminum alloy 7075-T1 reinforced with silicon carbide particles 131

POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Rozov R. M., Borisova N. V., Ustinova T. P. Properties of basalt-fiber-reinforced polyamide-6 filled by polymerization at the synthesis stage 141

Khorova E.A., Eremin E.N., Vakulov N.V. Prediction of changes in the properties of elastomers based on hydrogenated butadiene-nitrile rubbers during thermal aging in aggressive environment..... 149

CORROSION AND PROTECTION OF METALS

Kharkov O. A., Mushnikova S. Yu., Parmenova O. N. On corrosion resistance of nitrogen-containing steel in abrasion conditions 156

RADIATION MATERIALS SCIENCE

Margolin B. Z., Morozov A. M., Pirogova N. E., Grigoriev M. N. Strength assessment of austenitic steel grain boundaries by impact bending tests for miniature specimens 164

Margolin B. Z., Pirogova N. E., Sorokin A. A., Kokhonov V. I. Mechanisms of stress corrosion cracking of irradiated austenitic chromium-nickel steels used for WWER and PWR vessel internals 174

Margolin B. Z., Pirogova N. E., Sorokin A. A., Morozov A. M. Evaluation of resistance to corrosion cracking of irradiated austenitic chromium-nickel steels by impact bending tests on miniature specimens 200