

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. В. АНИСИМОВ, д-р техн. наук
О. А. БАННЫХ, д-р техн. наук, профессор, акад. РАН
С. А. ВОЛОГЖАНИНА, д-р техн. наук, профессор
С. К. ГОРДЕЕВ, д-р техн. наук
К. В. ГРИГОРОВИЧ, д-р техн. наук, профессор,
акад. РАН
Э. П. ЗАРУБИН, канд. техн. наук (отв. секретарь)
А. В. ИЛЬИН, д-р техн. наук
В. А. КАРХИН, д-р техн. наук, профессор
А. Д. КАШТАНОВ, д-р техн. наук
М. В. КОСТИНА, д-р техн. наук
А. В. КУДРЯ, д-р техн. наук, профессор
П. А. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук
Б. З. МАРГОЛИН, д-р техн. наук, профессор
С. Ю. МУШНИКОВА, д-р техн. наук
О. Л. ПЕРВУХИНА, д-р техн. наук
С. Н. ПЕТРОВ, д-р техн. наук
О. В. ФОМИНА, д-р техн. наук
Е. И. ХЛУСОВА, д-р техн. наук, профессор
В. В. ЦУКАНОВ, д-р техн. наук, профессор
В. Я. ШЕВЧЕНКО, д-р техн. наук, профессор,
акад. РАН

Адрес учредителя и издателя: 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, EBSCO, входит
в состав RSCI на платформе Web of Science.

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

© НИЦ «Курчатовский институт» –
ЦНИИ КМ «Прометей»,
2023

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.V. ANISIMOV
Dr Sc., Prof., Acad. of the RAS O.A. BANNYKH
Dr Sc., Prof. S.A. VOLOGZHANINA
Dr Sc. S.K. GORDEEV
Dr Sc., Prof., Acad. of the RAS
K.V. GRIGOROVITCH
Cand. Sc. E. P. ZARUBIN (Exec. Secretary)
Dr Sc. A.V. ILYIN
Dr Sc., Prof. V.A. KARKHIN
Dr Sc. A.D. KASHTANOV
Dr Sc. M.V. KOSTINA
Dr Sc., Prof. A.V. KUDRYA
Dr Sc., P.A. KUZNETSOV
Dr Sc., Prof. B.Z. MARGOLIN
Dr Sc. S.Yu. MUSHNIKOVA
Dr Sc. O.L. PERVUKHINA
Dr Sc. S. N. PETROV
Dr Sc. O.V. FOMINA
Dr Sc., Prof. E.I. KHLUSOVA
Dr Sc., Prof. V.V. TSUKANOV
Dr Sc., Prof., Acad. of the RAS
V.YA. SHEVCHENKO

Founder & Editor Address:
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, EBSCO,
and Ulrich's Periodicals Directory.

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”,
2023

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

| | |
|--|----|
| <i>Сыч О. В., Коротовская С. В., Хлусова Е. И., Петров С. Н., Беликова Ю. А.</i> Влияние технологии производства толстолистового проката из судостроительной стали уровня прочности 500 на параметры структуры и характеристики работоспособности при низких температурах..... | 7 |
| <i>Куртева К. Ю., Яковлева Е. А., Федосеев М. Л., Зисман А. А., Хлусова Е. И.</i> Влияние режима горячей деформации на текстуру, микроструктуру и механические свойства бейнитной стали после закалки с прокатного нагрева с отпуском..... | 20 |
| <i>Тимофеев М. Н., Брудник С. В., Пичхидзе С. Я.</i> Упрочнение и оценка коррозионной стойкости углеродистой стали 45 с помощью химико-термической обработки..... | 32 |
| <i>Ганиев И. Н., Рахимов М. Р., Отаджонов С. Э., Исмоилова М. Х., Худойбердизода С. У.</i> Влияние литья на температурную зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АК1 на основе особо чистого алюминия..... | 42 |
| <i>Сенникова Л. Ф., Гангало А. Н., Волкова Г. К., Климова Е. Х.</i> Закономерности формирования микроструктуры и механических свойств меди м1 в условиях комбинированной пластической деформации | 50 |

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

| | |
|--|----|
| <i>Горунов А. И., Морозов В. В., Гусева Д. В., Кудимов О. В.</i> Исследование структуры и свойств нового пористого композиционного материала, полученного прямым лазерным нанесением | 59 |
| <i>Тит М. А., Юльметова О. С., Шербак А. Г., Андреева В. Д., Ким А. Э.</i> Формирование функциональных тонкопленочных структур бинарных соединений на основе ниобия | 69 |
| <i>Бобкова Т. И., Быстров Р. Ю., Васильев А. Ф., Геращенко Д. А., Фармаковский Б. В.</i> Разработка технологии получения наноструктурированного композиционного покрытия Х20Н80 – хром – TiC | 82 |
| <i>Тапьев С. А., Дьяконов А. А., Охлопкова А. А., Васильев А. П., Данилова С. Н., Лазарева Н. Н., Кычкин А. К., Туисов А. Г., Винокуров П. В., Спиридонов А. М., Стручков Н. Ф., Анисимов Е. Е.</i> Исследование влияния соотношения бутадиенового и бутадиен-нитрильного каучуков на свойства резиновых смесей на их основе | 89 |
| <i>Тюрина С. А., Карзакова В. С., Демин В. Л., Чавушьян С. Л.</i> Исследование возможности применения оптически прозрачных эпоксидных смол для реставрации стекловидных эмалей | 99 |

ПОЛИМЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

| | |
|---|-----|
| <i>Курносов А. О., Славин А. В., Гуняева А. Г., Капустянская М. А., Гуляев А. И.</i> Исследование влияния внешних факторов, воздействующих на микроструктуру и физико-механические характеристики стеклоармированного полимерного композиционного материала на основе полиимидного связующего | 108 |
| <i>Клименко О. Н., Валуева М. И.</i> Обзор полимерных композиционных материалов и технологий, перспективных для применения при изготовлении спортивного инвентаря | 119 |
| <i>Васильев А. П., Лазарева Н. Н., Охлопкова А. А., Стручкова Т. С., Алексеев А. Г.</i> Влияние разных типов контртел на триботехнические свойства политетрафторэтилена..... | 133 |
| <i>Александрова Д. С., Злобина И. В., Егоров А. С., Анисимов А. В.</i> Влияние неблагоприятных климатических факторов, характерных для арктической зоны, на свойства полимерных материалов и композитов (обзор)..... | 144 |

СВАРКА, СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|--|-----|
| <i>Алдаие Я., Кархин В. А., Хомич П. Н.</i> Влияние физических свойств металла шва на диффузию водорода в зону термического влияния разнородных сварных соединений | 169 |
| <i>Грибанова В. Б., Мельников П. В., Грибков О. И., Лукьянова Н. А.</i> Системы легирования современных порошковых проволок для механизированной сварки в защитных газах высокопрочных судостроительных сталей | 179 |
| <i>Киав Мин Сое, Мурзин В. В., Герман Г. В.</i> Математическое моделирование и прогноз значений частных показателей теплообменных процессов при мокрой подводной сварке..... | 187 |
| <i>Киав Мин Сое, Мурзин В. В., Герман Г. В.</i> Итоговая оценка многофакторных экспериментов теплоотдачи в системе мокрой подводной сварки металлов | 193 |

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Ганиев И. Н., Одинаев А. Х., Ходжаев Ф. К., Ходжаназаров Х. М., Одиназова Х. О. Влияние щелочно-земельных металлов на коррозионно-электрохимическое поведение свинцовых баббитов БКа, БСт, ББа (PbSb15Sn10) в среде электролита NaCl 199

РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Шишков Ф. Л., Юрченко Е. В. О возможности определения сопротивления хрупкому разрушению ферритно-мартенситных сталей по результатам испытаний образцов после ионного облучения 208

Ерак Д. Ю., Папина В. Б., Журко Д. А. Прогнозирование радиационного охрупчивания материала сварных швов корпусов реакторов ВВЭР-1000 при продлении ресурса до 60 лет и более 227

Марголин Б. З., Пирогова Н. Е., Сорокин А. А., Кохонов В. И., Дуб А. В., Сафонов И. А. Исследование сопротивления коррозионному растрескиванию под напряжением облученной ферритно-мартенситной нержавеющей стали 07X12НМФБ в сверхкритической водной среде. Часть 2. Разработка методики идентификации коррозионных трещин и анализ результатов автоклавных испытаний 245

Перечень статей, опубликованных в научно-техническом журнале «Вопросы материаловедения» в 2023 году 260

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов 264

CONTENTS

METALS SCIENCE. METALLURGY

| | |
|--|----|
| <i>Sych O.V., Korotovskaya S.V., Khlusova E.I., Petrov S.N., Belikova Yu.A.</i> Influence of production technology of thick plate rolled from shipbuilding steel of strength level 500 on structure parameters and workability characteristics at low temperatures | 7 |
| <i>Kurteva K.Yu., Yakovleva E.A., Fedoseev M.L., Zisman A.A., Khlusova E.I.</i> Effect of hot rolling mode on crystallographic texture and mechanical properties of directly quenched bainitic steel | 20 |
| <i>Timofeev M.N., Brudnik S.V., Pichkhidze S.Ya.</i> Hardening and improving the corrosion resistance of carbon steel 45 with thermal chemical treatment | 32 |
| <i>Ganiev I. N., Rakhimov M.R., Otadzhonov S.E., Ismoilova M.Kh., Khudoyberdizoda S.Yu.</i> Influence of lithium on the temperature dependence of heat capacity and thermodynamic functions changes in AK1 alloy based on high-purity aluminum | 42 |
| <i>Sennikova L.F., Gangalo A.N., Volkova G.K., Klimova E.Kh.</i> Regularities of formation of microstructure and mechanical properties of copper m1 under combined plastic deformation | 50 |

FUNCTIONAL MATERIALS

| | |
|--|----|
| <i>Gorunov A.I., Morozov V.V., Guseva D.V., Kudimov O.V.</i> Study of structure and properties of a new porous composite material obtained by direct laser deposition | 59 |
| <i>Tit M.A., Yulmetova O.S., Scherbak A.G., Andreeva V.D., Kim A.E.</i> Formation of functional niobium binary fine structures | 69 |
| <i>Bobkova T.I., Bystrov R.Yu., Vasiliev A.F., Gerashchenkov D.A., Farmakovskiy B.V.</i> Development of technology for obtaining nanostructured composite coating of Kh20N80–Cr–TiC | 82 |
| <i>Tapyev S.A., Dyakonov A.A., Okhlopova A.A., Vasiliev A.P., Danilova S.N., Lazareva N.N., Kychkin A.K., Tuisov A.G., Vinokurov P.V., Spiridonov A.M., Struchkov N.F., Anisimov E.E.</i> Studying the effects of the butadiene rubber and nitrile butadiene rubber ratio on the elastomers properties | 89 |
| <i>Tyurina S.A., Karzakova V.S., Demin V.L., Chavushyan S.L.</i> Study of the possibility of application of optically transparent epoxy resins for restoration of vitreous enamels | 99 |

POLYMER STRUCTURAL MATERIALS

| | |
|---|-----|
| <i>Kurnosov A.O., Slavin A.V., Gunyaeva A.G., Kapustianskaia M.A., Gulyaev A.I.</i> Effects of external influencing factors on the microstructure and physico-mechanical characteristics of glass-reinforced polymer composite material based on polyimide binder | 108 |
| <i>Klimenko O. N., Valueva M. I.</i> Polymer composite materials and technologies used in sports industry: a review | 119 |
| <i>Vasiliev A.P., Lazareva N.N., Okhlopova A.A., Struchkova T.S., Alekseev A.G.</i> Influence of different types of counterbodies on tribotechnical properties of polytetrafluoroethylene | 133 |
| <i>Alexandrova D.S., Zlobina I.V., Egorov A.S., Anisimov A.V.</i> Influence of unfavorable climatic factors characteristic of the arctic zone on the properties of polymeric materials and composites: a review | 144 |

WELDING, WELDING MATERIALS AND TECHNOLOGIES

| | |
|--|-----|
| <i>Aldaiev Y., Karkhin V.A., Khomich P.N.</i> Influence of physical properties of weld metal on hydrogen diffusion into the heat affected zone of heterogeneous welded joints | 169 |
| <i>Gribanova V.B., Melnikov P.V., Gribkov O.I., Lukyanova N.A.</i> Alloying systems for modern flux-cored wires for mechanized welding in shielding gases of high-strength shipbuilding steels | 179 |
| <i>Kiav Min Soe, Murzin V.V., German G.V.</i> Mathematical modeling and prediction of values of partial indicators of heat-exchange processes at underwater wet welding | 187 |
| <i>Kiav Min Soe, Murzin V.V., German G.V.</i> Final assessment of multifactor experiments of heat transfer in the underwater wet welding | 193 |

CORROSION AND PROTECTION OF METALS

| | |
|---|-----|
| <i>Ganiev I.N., Odinaev A.Kh., Khozhaev F.K., Khozhanazarov Kh.M., Odinaev Kh.O.</i> Influence of alkaline earth metals on the corrosion-electrochemical behavior of lead babbitt BKa, BSt, BBa (PbSb15Sn10) in NaCl electrolyte medium | 199 |
|---|-----|

RADIATION MATERIALS SCIENCE

| | |
|--|-----|
| <i>Margolin B.Z., Fomenko V.N., Shishkov F.L., Yurchenko E.V.</i> On brittle fracture resistance determination of chromium stainless steel irradiated in ion accelerator..... | 208 |
| <i>Erak D.Yu., Papina V.B., Zhurko D.A.</i> Prediction of radiation embrittlement of VVER-1000 RPV welded seam material at lifetime extension up to 60 years and more..... | 227 |
| <i>Margolin B.Z., Pirogova N.E., Sorokin A.A., Kohonov V.I., Dub A.V., Safonov I. A.</i> Study of stress corrosion cracking susceptibility of irradiated ferrite-martensitic stainless steel 07Kh12NMFB in supercritical water. Part 2. Development of corrosion crack identification technique and analysis of autoclave test results | 245 |
| A list of articles published in the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya” in 2023 | 260 |
| Guidelines for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”. Manuscript requirements | 264 |