

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

№ 1(97)
январь – март

2019

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. С. ОРЫШЧЕНКО**
д-р техн. наук, профессор

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,
чл.-корр. 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
Internet site: <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»,
2019

THE EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief
Dr. Sc., prof. **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., Corresponding Member of the RAS
K. V. GRIGOROVITCH
Dr. Sc., Prof. Ye. L. GULIKHANDANOV
PhD (Eng) 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, RF

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

Published since September 1995,
the journal comes out four times a year.

It is registered in the Ministry of Press,
Broadcasting and Mass Communications
of RF. 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 aca-
demic 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 company "Pleiades
Publishing, 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",
2019

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Голосиенко С. А., Минякин Н. А., Рябов В. В., Семичева Т. Г., Хлусова Е. И. Влияние микролегирования на механические свойства низкоуглеродистой хромоникельмолибденовой стали	7
Коротовская С. В., Сыч О. В., Хлусова Е. И., Яшина Е. А. Исследование рекристаллизационных процессов в низколегированной низкоуглеродистой стали при моделировании высокотемпературной прокатки	15
Бердник О. Б., Царева И. Н., Чегуров М. К. Живучесть материала лопаток турбин при длительных сроках эксплуатации	28
Медведев П. Н., Наприенко С. А., Кашапов О. С., Шпагин А. С., Попов И. П. Исследование неоднородности структуры заготовки титанового сплава ВТ41 после термомеханической обработки	36
Сенникова Л. Ф., Волкова Г. К., Ткаченко В. М. Анализ напряженно-деформированного состояния меди М0Б после равноканального углового прессования и его влияние на структуру и физико-механические свойства	47

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Фармаковский Б. В. Структура и плотности тока плавления литых микропроводов из меди и резистивного сплава на основе никеля в стеклянной изоляции	54
Геращенко Е. Ю., Бобкова Т. И., Самоделькин Е. А., Фармаковский Б. В. Композиционные лакированные порошки для нанесения защитных покрытий	59
Бобкова Т. И., Фармаковский Б. В., Соколова Н. А. Наноструктурированные порошки на основе алюминия, армированные нитридом кремния, для напыления многофункциональных покрытий повышенной твердости	65
Бобкова Т. И., Васильев А. Ф., Прудников И. С., Фармаковский Б. В. Функционально-градиентные покрытия, полученные с помощью сверхзвукового холодного газодинамического напыления	74
Бобкова Т. И., Беляков А. Н., Геращенко Д. А., Геращенко Е. Ю., Васильев А. Ф., Фармаковский Б. В. Порошковые композиции из сплава системы Al-Zn-Sn для получения функциональных покрытий	79
Юльметова О. С., Послянова О. Н., Щербак А. Г., Жуков М. В. Исследование и разработка технологии лазерного конфигурирования сердечников феррозондовых инклинометров	85
Царева И. Н., Бердник О. Б., Максимов М. В., Разов Е. Н. Эволюция структурно-фазового состояния жаростойкого интерметаллидного покрытия в процессе эксплуатации лопаток турбины	94
Алеутдинова М. И., Фадин В. В., Миронов Ю. П. Характер контактного взаимодействия при сухом скольжении вольфрама по стали под воздействием электрического тока высокой плотности	101
Журавлева О. А., Воейкова Т. А., Булушова Н. В., Вейко В. П., Исмагулова Т. Т., Лупанова Т. Н., Лобастов С. Л., Ретивов В. М., Дебабов В. Г. Биотехнологический способ получения наночастиц сульфидов серебра, кадмия и цинка. Физико-химические свойства. Создание полимерных нанокомпозитов	110

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Яковлев С. Н., Черныш А. А. Экспериментальное исследование виброизоляционных свойств современных конструкционных полиуретанов	120
Ягубов В. С., Щегольков А. В., Щегольков А. В., Меметов Н. Р. Исследование изменения электрического сопротивления эластомеров, модифицированных углеродными нанотрубками, при сжатии, растяжении и кручении	128
Примаченко Б. М., Строкин К. О. Теоретические и экспериментальные исследования композиционных материалов, армированных углеродными тканями. Часть. 4. Механико-аналитическая модель деформации структуры углеродной ткани	139
Амангельдылы Н., Федоров М. В. Мировые тенденции в области исследований углепластиков	147

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Александров Н. В., Бланк Е. Д., Ерошкин С. Б., Шарапов М. Г. Электронно-лучевая сварка хладостойких сталей больших толщин узлов нефтедобывающих платформ	164
--	-----

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Курс М. Г., Гончаров А. А. Исследование коррозионного разрушения деформируемых алюминиевых сплавов при натурно-ускоренных испытаниях. Часть 2. Питтинговая коррозия..... 175

ХРОНИКА

Орыщенко А. С., Цуканов В. В., Савичев С. А., Милейковский А. Б., Нигматулин О. Э. Опыт создания гетерогенной брони в СССР в предвоенный период 188

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов 199

CONTENTS

METALS SCIENCE. METALLURGY

<i>Golosienko S.A., Minyakin N.A., Ryabov V.V., Semicheva T.G., Khlusova E.I.</i> The effect of microalloying on mechanical properties of low-carbon chromium-nickel-molybdenum steel.....	7
<i>Korotovskaya S.V., Sych O.V., Khlusova E.I., Yashina E.A.</i> Research of recrystallization processes in low-carbon low-alloyed steel during high-temperature rolling modeling.....	15
<i>Berdnik O.B., Tsareva I.N., Chegurov M.K.</i> Viability of turbine blade material with a long service life	28
<i>Medvedev P.N., Naprienko S.A., Kashapov O.S., Shpagin A.S., Popov I.P.</i> Researching structure heterogeneity of VT41 titanium alloy billet after thermomechanical treatment.....	36
<i>Sennikova L.F., Volkova G.K., Tkachenko V.M.</i> Analysis of the stress-strain state of copper M0B under different schemes of equal channel angular pressing and its effect on the structure and physical and mechanical properties.....	47

FUNCTIONAL MATERIALS

<i>Farmakovskiy B.V.</i> Structure and current melting densities of microwires in glass insulation made of copper and resistive alloy based on nickel	54
<i>Gerashchenkova E.Yu., Bobkova T.I., Samodelkin E.A., Farmakovskiy B.V.</i> Composite cladmed powders for spraying of protective coatings	59
<i>Bobkova T.I., Farmakovskiy B.V., Sokolova N.A.</i> Nanostructured powders based on aluminum reinforced by silicon nitride designed for spraying of multifunctional strengthened coatings	65
<i>Bobkova T.I., Vasiliev A.F., Prudnikov I.S., Farmakovskiy B.V.</i> Functional gradient coatings obtained by supersonic cold gas dynamic spraying	74
<i>Bobkova T.I., Beliaikov A.N., Gerashchenkov D.A., Gerashchenkova E.Yu., Vasiliev A.F., Farmakovskiy B.V.</i> Powdered composites of Al–Zn–Sn alloys for functional coatings	79
<i>Yulmetova O. S., Poslyanova O.N., Shcherbak A. G., Zhukov M. V.</i> Research and development of technology for laser configuration of sensitive element of fluxgate inclinometer	85
<i>Tsareva I.N., Berdnik O.B., Maksimov M.V., Razov E.N.</i> Evolution of the structure and phase state of the heat-resistant intermetallic coating of operating turbine blades	94
<i>Aleutdinova M.I., Fadin V.V., Mironov Yu. P.</i> Interaction of tungsten in dry sliding against steel under high density electric current.....	101
<i>Zhuravliova O.A., Voeikova T.A., Bulushova N.V., Veiko V.P., Ismagulova T.T., Lupanova T.N., Lobastov S.L., Retivov V.M., Debabov V.G.</i> Biotechnological method of obtaining nanoparticles of silver, cadmium and zinc sulfides. Physico-chemical characteristics. Creation of polymeric nanocomposites	110

POLYMER COMPOSITE MATERIALS

<i>Yakovlev S.N., Chernysh A.A.</i> Experimental study of vibroinsulating properties of modern structural polyurethane.....	120
<i>Yagubov V.S., Shchegolkov A.V., Shchegolkov A. V., Memetov N.R.</i> Studying changes in the electrical resistance of carbon-nanotubes-modified elastomers during their compression, stretching and torsion	128
<i>Primachenko B.M., Strokin K.O.</i> Theoretical and experimental studies of composite materials reinforced by carbon fabrics. Part 4: Mechanical and analytical model of structure deformation of the carbon fabric....	139
<i>Amangeldiuly N., Fedorov M.V.</i> Global trends in carbon fiber research	147

WELDING AND RELATED PROCESSES. WELDING MATERIALS AND TECHNOLOGIES

<i>Aleksandrov N.V., Blank E.D., Eroshkin S.B., Sharapov M.G.</i> Electron-beam welding of large thickness steels of oil producing platform components	164
--	-----

CORROSION AND PROTECTION OF METALS

<i>Kurs M., Goncharov A.</i> Investigation of corrosion damage of wrought aluminium alloys at full-scale accelerated tests. Part 2. Pitting corrosion.....	175
--	-----

NEWS, EVENTS, MEMORIES

Oryshchenko A. S., Tsukanov V. V., Savichev S. A., Mileikovsky A. B., Nigmatulin O. E. Experience of creation of heterogeneous armour in USSR in prewar period 188

**Guidelines for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”.
Manuscript requirements..... 199**