

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

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ОБЩЕСТВО МАТЕРИАЛОВЕДОВ»

ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2(90)
апрель – июнь

2017

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
Г. П. КАРЗОВ, д-р техн. наук, профессор
В. А. КАРХИН, д-р техн. наук, профессор
П. А. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук
В. А. МАЛЫШЕВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор
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 Российской
Федерации по делам печати, телерадиовещания и
средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-13228 от 22 июля 2002 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»,
2017

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. G. P. KARZOV
Dr. Sc., Prof. V. A. KARKHIN
Dr. Sc., P. A. KUZNETSOV
Dr. Sc., Prof. V. A. MALYSHEVSKY
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 Russian Federation.

Registration certificate
ПИ No 77-13228 dated 22 July 2002.

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”,
2017

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Ковальчук М. В., Орыщенко А. С. Малышевский В. А., Петров С. Н., Шумилов Е. А.</i> Проблемы создания технологичных экономнолегированных высокопрочных сталей для арктических конструкций.....	7
<i>Фомина О. В., Костина М. В.</i> Исследование влияния температурно-деформационных параметров при ВТМО на образование избыточных фаз в высокопрочной аустенитной азотсодержащей стали	17
<i>Кудрявцев А. С., Охапкин К. А.</i> Науглероживание теплообменных труб из стали марки 09X18H9 в контакте с натриевым теплоносителем	29
<i>Баглюк Г. А., Куровский В. Я., Захарченко Э. В.</i> Влияние обработки расплава брикетированными карбамидсодержащими модификаторами на свойства и структуру серого чугуна.....	38
<i>Тарасенко Ю. П., Кириков С. В., Бердник О. Б., Кривина Л. А.</i> Оценка возможности восстановления работоспособности материала лопаток турбин энергетических установок методами количественного анализа упрочняющих фаз и исследований локальных механических характеристик	49
<i>Бурханов Г. С., Дементьев В. А.</i> Тугоплавкие монокарбиды и дибориды переходных металлов – перспективные компоненты высокотемпературных композиционных материалов.....	57
<i>Бондаренко Ю. А., Колодяжный М. Ю., Ечин А. Б., Раевских А. Н.</i> Исследование микроструктуры и свойств ниобийкремнивого эвтектического композита, полученного при направленной кристаллизации в жидкометаллическом охладителе.....	68

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Фармаковский Б. В.</i> Комбинированный способ литья микропроводов в стеклянной изоляции.....	77
<i>Юльметова О. С., Туманова М. А., Щербак А. Г., Юльметова Р. Ф.</i> Анализ свойств модифицированных тонкопленочных структур, формируемых в процессе лазерной обработки поверхности нитрида титана	83
<i>Загашвили Ю. В., Левихин А. А., Кузьмин А. М., Анискевич Ю. В., Васильева О. В.</i> Технология получения водорода с использованием малогабаритных транспортабельных установок на основе высокотемпературных газогенераторов синтез-газа	92
<i>Кривина Л. А., Царева И. Н.</i> Модифицирование поверхности скольжения детали высокоскоростной пары трения методом частотно-импульсной имплантации	110
<i>Макаров А. М., Геращенко Д. А., Васильев А. Ф.</i> Оптимизация параметров процесса напыления покрытий методом ХГДН применительно к условиям производства на примере порошка алюминия	116
<i>Бобкова Т. И., Фармаковский Б. В.</i> Износостойкие коррозионно-стойкие функционально-градиентные покрытия на основе композиционных порошков системы металл – неметалл.....	124
<i>Фармаковский Б. В., Геращенко Д. А., Быстров Р. Ю., Васильев А. Ф., Улин И. В., Бобкова Т. И.</i> Износостойкие функционально-градиентные покрытия на основе квазикристаллов, полученные методом сверхзвукового холодного газодинамического напыления	130
<i>Соколова Н. А., Бобкова Т. И., Геращенко Е. Ю., Фармаковский Б. В., Юрков М. А.</i> Изучение структуры и свойств наплавленного износостойкого слоя на основе порошка системы Fe–Ni, армированного нанопорошком WC.....	136
<i>Барахтин Б. К., Бобырь В. В., Вознюк А. В., Деев А. А., Жуков А. С., Кузнецов П. А.</i> Оптимизация технологических параметров и определение режимов селективного лазерного сплавления порошка на основе стали 316L	146

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Железина Г. Ф., Войнов С. И., Каримбаев Т. Д., Чернышев А. А.</i> Арамидные органопластики для корпусов вентиляторов авиационных двигателей	153
<i>Деев И. С., Куршев Е. В., Лонский С. Л.</i> Влияние длительного климатического старения на микроструктуру и характер разрушения эпоксидных стеклопластиков в условиях изгиба.....	166
<i>Бахарева В. Е., Зеленин Ю. В., Николаев Г. И., Никитина И. В.</i> Антифрикционные углепластики в узлах трения технических устройств, работающих в условиях Арктики и Крайнего Севера.....	179
<i>Валуева М. И.</i> Современные материалы и технологии для получения бронезащитных изделий	197

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Кархин В. А., Хомич П. Н., Панченко О. В., Иванов С. Ю. Расчет температурного поля по заданной геометрии сварочной ванны при сварке плавлением 208

ХРОНИКА

Всероссийскому институту авиационных материалов 85 лет 217

К юбилею академика РАН Ирины Георгиевны Горячевой 218

Конференции 2017 года..... 220

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов 221

CONTENTS

METALS SCIENCE. METALLURGY

<i>Kovalchuk M. V., Oryshchenko A. S., Malyshevsky V. A., Petrov S. N., Shumilov E. A.</i> On creating high-strength economically alloyed manufacturable steels for the Arctic	7
<i>Fomina O. V., Kostina M. V.</i> Temperature and deformation influence on formation of excess phases in austenitic high-strength nitrogen-containing steel at high-temperature thermomechanical processing.....	17
<i>Kudriavtsev A. S., Okhapkin K. A.</i> Carburization of heat exchange pipes from steel grade 09Cr18Ni9 in contact with liquid sodium.....	29
<i>Bagliuk G. A., Kurovsky V. Ya., Zakharchenko E. V.</i> Influence of carbamide-containing briquetted modifiers on the properties and structure of the gray cast iron.	38
<i>Tarasenko Yu. P., Kirikov S. V., Berdnik O. B., Krivina L. A.</i> Assessment of material regeneration of turbine rotor blade by methods of the quantitative analysis of the strengthening phases and research of local mechanical characteristics	49
<i>Burkhanov G. S., Dementiev V. A.</i> Refractory monocarbides and diborides of transition metals: promising components of high-temperature composite materials.....	57
<i>Bondarenko Yu. A., Kolodyazhny M. Yu., Echin A. B., Raevskikh A. N.</i> On microstructure and properties of niobium-silicon composite obtained by directional solidification in liquid metal	68

FUNCTIONAL MATERIALS

<i>Farmakovskiy B. V.</i> Combined method of casting microwires in glass insulation	77
<i>Yulmetova O. S., Tumanova M. A., Shcherbak A. G., Yulmetova R. F.</i> Analysis of the properties of thin membrane structures, modified by laser treatment of titanium nitride surface.....	83
<i>Zagashvili Yu. V., Levikhin A. A., Kuzmin A. M., Aniskevich Yu. V., Vasil'eva O. V.</i> Production of hydrogen by using small-scale transportable plants based on high-temperature syngas generators	92
<i>Krivina L. A., Tsareva I. N.</i> On modifying of sliding surface of high speed friction pair by pulse frequency implantation	110
<i>Makarov A. M., Gerashchenkov D. A., Vasiliev A. F.</i> Optimization of the coating process by gas dynamic cold spray applied to aluminum powder.....	116
<i>Bobkova T. I., Farmakovskiy B. V.</i> Wear and corrosion resistant functionally gradient coatings based on composite powders of metal – non metal system.....	124
<i>Farmakovskiy B. V., Gerashchenkov D. A., Bystrov R. Yu., Vasiliev A. F., Ulin I. V., Bobkova T. I.</i> Wear-resistant functionally gradient quasicrystal coatings produced by supersonic cold gas dynamic spraying	130
<i>Sokolova N. A., Bobkova T. I., Gerashchenkova E. Yu., Farmakovskiy B. V., Yurkov M. A.</i> Studying structure and properties of welded wear-resistant layer on the basis of the powder of the Fe–Ni system reinforced by nano-powder WC	136
<i>Barakhtin B. K., Bobyr V. V., Vozniuk A. V., Deev A. A., Zhukov A. S., Kuznetsov P. A.</i> Optimization of the technological parameters and determination of selective laser melting modes of 316L-based composition powder.....	146

POLYMER COMPOSITE MATERIALS

<i>Zhelezina G. F., Voinov S. I., Karimbaev T. D., Chernyshov A. A.</i> Aramid fiber reinforced plastics (AFRP) for aircraft engine fan case.....	153
<i>Deev I. S., Kurshev E. V., Lonsky S. L.</i> Effect of long climatic aging on microstructure and nature of fracture of epoxy fibreglasses in the conditions of bend	166
<i>Bakhareva V. Ye., Zelenin Yu. V., Nikolaev G. I., Nikitina I. V.</i> Antifriction carbon plastics for friction units working under Arctic and far North Conditions.....	179
<i>Valueva M. I.</i> Modern materials and technologies used for body armor	197

WELDING AND RELATED PROCESSES. WELDING MATERIALS AND TECHNOLOGIES

<i>Karkhin V. A., Khomich P. N., Panchenko O. V., Ivanov S. Yu.</i> Calculation of thermal processes around moving molten pool using boundary element method	208
--	-----

NEWS AND EVENTS

85 years since the founding of the All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials	217
To the jubilee of the RAS Academician Irina Goryacheva.....	218
Upcoming conferences 2017	220
Instructions for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”. Manuscript requirements.....	225