

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный  
редактор

**И. В. ГОРЫНИН**  
*д-р техн. наук*  
*профессор, акад. РАН*

Зам. главного  
редактора

**В. П. ЛЕОНОВ**  
*д-р техн. наук*

### Члены редакционной коллегии

А. А. АБРАМОВ, д-р техн. наук  
О. А. БАННЫХ, д-р техн. наук, профессор, акад. РАН  
В. Е. БАХАРЕВА, д-р техн. наук, профессор  
Е. Л. ГЮЛИХАНДАНОВ, д-р техн. наук, профессор  
Л. И. ЕМЕЛЬЯНОВА, канд. техн. наук  
Э. П. ЗАРУБИН, канд. техн. наук (отв. секретарь)  
Г. П. КАРЗОВ, д-р техн. наук, профессор  
Ю. Л. ЛЕГОСТАЕВ, д-р техн. наук, профессор  
В. Н. МАЛЫШЕВ, д-р техн. наук  
В. А. МАЛЫШЕВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор  
Б. З. МАРГОЛИН, д-р техн. наук, профессор  
Г. И. НИКОЛАЕВ, д-р хим. наук, профессор  
А. С. ОРЫШЧЕНКО, д-р техн. наук  
В. Д. ПИРОГОВ, д-р техн. наук  
Ф. Г. РУТБЕРГ, д-р техн. наук, профессор, акад. РАН

Адрес редакции: Россия, 191015,  
Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 49  
ФГУП «Центральный научно-исследователь-  
ский институт конструкционных материалов  
«Прометей»»  
Факс: (812) 710-3756  
Телекс: 322147 ALFA RU  
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»  
входит в перечень периодических изданий,  
рекомендуемых ВАК РФ для публикации  
трудов соискателей ученых степеней,  
включен в базу данных Российского  
индекса научного цитирования (РИНЦ) и базу  
данных Ulrich's Periodicals Directory.  
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.

© Федеральное государственное  
унитарное предприятие  
«ЦНИИ КМ «Прометей»», 2015

## THE EDITORIAL BOARD

Editor-  
in-Chief

**I. V. GORYNIN**  
*Dr., Prof.,*  
*Academician of the RAS*

Associate Editor

**Dr. V. P. LEONOV**

### Members of the Editorial Board

Dr. A. A. ABRAMOV  
Dr., Prof., Acad. of the RAS O. A. BANNYKH  
Dr., Prof. V. Ye. BAKHAREVA  
Dr., Prof. Ye. L. GULIKHANDANOV  
Dr. L. I. YEMELYANOVA  
Dr. E. P. ZARUBIN (Exec. Secretary)  
Dr., Prof. G. P. KARZOV  
Dr., Prof. Yu. L. LEGOSTAEV  
Dr. V. N. MALYSHEV  
Dr., Prof. V. A. MALYSHEVSKY  
Dr., Prof. B. Z. MARGOLIN  
Dr., Prof. G. I. NIKOLAEV  
Dr. A. S. ORYSHCHENKO  
Dr. V. D. PIROGOV  
Dr., Prof., Acad. of the RAS F. G. RUTBERG

Address of the Editorial Office:  
FSUE «The Central Research Institute  
of Structural Materials «Prometey»»,  
49 Shpalernaya Street,  
St. Petersburg, 191015, Russia  
Fax: (812) 710 3756  
Telex: 322147 ALFA RU  
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 N 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 academic  
degrees, and into the data base of the Russian  
Science Citation Index (RSCI) 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.

© The Federal State  
Unitary Enterprise  
«CRISM «Prometey»», 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Цуканов В. В., Цыганко Л. К., Шандыба Г. А., Зиза А. И.</i> Влияние легирования и термической обработки на характеристики литейной коррозионно-стойкой азотсодержащей стали аустенитного класса.	7
<i>Завалицин А. Н., Кожеевникова Е. В.</i> Анализ структурных изменений низколегированной стали при производстве листового проката из литой заготовки.	12
<i>Ананьев С. П., Сафонов Е. Н.</i> Исследование структуры и свойств рельсовой стали после плазменной закалки.	20
<i>Петрушин Н. В., Елютин Е. С., Назаркин Р. М., Пахомкин С. И., Колодочкина В. Г., Фесенко Т. В., Джиоева Е. С.</i> Сегрегация легирующих элементов в направленно закристаллизованных жаропрочных никелевых сплавах, содержащих рений и рутений.	27
<i>Бакрадзе М. М., Ломберг Б. С., Овсепян С. В., Чабина Е. Б., Филонова Е. В.</i> Влияние рения на фазовый состав и свойства жаропрочного деформируемого сплава на никелевой основе для дисков турбин ГТД.	38

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Дворник М. И., Мокрицкий Б. Я., Зайцев А. В.</i> Сравнительный анализ микроабразивной износостойкости традиционных твердых сплавов и субмикронного твердого сплава WC-8Co-1Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> .	45
<i>Теслина М. А., Ершова Т. Б., Власова Н. М., Астапов И. А.</i> Получение методом порошковой металлургии МАХ-фаз системы Ti-Al-N.	52
<i>Железина Г.Ф., Войнов С. И., Черных Т. Е., Черных К. Ю.</i> Новые арамидные волокна Русар НТ для армирования конструкционных органических полимеров.	60

### МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ»

<i>Горынин И. В., Кархин В. А.</i> Сварочная наука в свете развития материаловедения.	73
<i>Горынин И. В., Вихман В. Б., Барышников А. П.</i> История разработки и применения электродов с фтористо-кальциевым покрытием.	77

### СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕТАЛЛА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

<i>Костина М. В., Мурадян С. О., Калинин Г. Ю., Фомина О. В., Блинова Е. Н., Костина В. С., Шаталов А. В.</i> Структура и свойства толстолистовых сварных соединений новой аустенитной азотсодержащей стали для работы в условиях высоких статических и знакопеременных нагрузок, коррозионной среды.	95
<i>Пименов А. В.</i> О влиянии неметаллических включений на вязкость низколегированного металла шва при низких температурах.	108
<i>Оленин М. И., Горынин В. И., Галаткин С. Н., Воробьева Н. Ю., Маркова Ю.М., Ханталин А. Е.</i> Повышение хладостойкости металла сварных соединений стали 09Г2СА-А за счет коагуляции цемента при послесварочном отпуске.	111
<i>Горкунов Э. С., Сараев Ю. Н., Задворкин С. М., Путилова Е. А.</i> Влияние технологических режимов сварки на физико-механические характеристики металла различных зон сварных соединений низколегированной стали.	120
<i>Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Григорьева А. А., Лебедев В. А., Максимов С. Ю., Голиков Н. И.</i> Управление структурой и свойствами сварных соединений технических систем ответственного назначения методами адаптивной импульсно-дуговой сварки.	127
<i>Голякевич А. А., Орлов Л. Н., Студент М. М., Похмурская Г. В., Червинская Н. Г.</i> Влияние фазового состава и термической обработки наплавленных слоев штоков гидроцилиндров на их локальную коррозию.	133
<i>Павлова В. И., Пименов А. В., Осокин Е. П., Полякова И. Н., Зайцев Д. В., Иванова М. В.</i> Сварные стал-алюминиевые соединения для корпусных конструкций надводных судов.	143
<i>Pirinen M., Kah P., Martikainen J.</i> Новые высокопрочные стали для арктического судостроения.	158

### СВАРОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Якушин Б. Ф., Шванева Ю. Ю.</i> Новые методы сварки хладостойких сталей.	166
<i>Александров Н. В., Курта С. Н., Вовченко Н. В., Мартынов А. Л.</i> Разработка технологии электронно-лучевой сварки конструкций из хладостойких сталей.	171

<i>Казаков Ю. В., Табакин Е. М., Иванович Ю. В., Каплин А. В. Особые условия сварки изделий атомной техники</i> .....	179
<i>Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю. Технология механизированной подводной сварки высоколегированной коррозионно-стойкой стали типа 18–10 самозащитной порошковой проволокой</i> .....	187
<i>Паришин С. Г., Левченко А. М., Хомич П. Н., Антипов И. С. Подводная сварка «мокрым» способом с применением порошковых проволок</i> .....	192
<i>Максимов С. Ю., Лебедев В. А., Лендел И. В. Герметизация труб теплообменников «мокрой» сваркой на глубине 200 м</i> .....	199
<i>Киселев А. С., Гордынец А. С., Дедюх Р. И., Сараев Ю. Н., Голиков Н. И. Повышение эффективности применения дуговой сварки покрытыми электродами при ремонте намагниченных трубопроводов</i> ..	205
<i>Сараев Ю. Н. Опыт разработки и практического применения адаптивных импульсно-дуговых методов сварки для строительства и ремонта магистральных трубопроводов</i> .....	210
<i>Леонов В. П., Михайлов В. И., Сахаров И. Ю., Кузнецов С. В. Сварка морских высокопрочных титановых сплавов больших толщин</i> .....	219
<i>Зыков С. А., Павлова В. И., Осокин Е. П. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом полуфабрикатов из алюминий-магниевого сплава в широком диапазоне толщин</i> .....	229
<i>Ворончук С. Д., Криворотов В. И. Технологические особенности сварки мощными волоконными лазерами алюминиевых сплавов</i> .....	240
<i>Дмитриев А. И., Сараев Ю. Н., Никонов А. Ю., Григорьева А. А. Компьютерное конструирование импульсных технологических процессов</i> .....	245
<i>Sokolov M., Salminen A. Лазерная сварка с использованием вакуума</i> .....	251
<i>Орлов Л. Н., Голякевич А. А., Хилько А. В., Кузубов А. А. Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя</i> .....	256
<b>СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
<i>Владимиров А. В. Сварочный источник для «мокрой» подводной сварки порошковой проволокой</i> ....	259
<i>Леонов В. П., Михайлов В. И., Грошев А. Л., Шаталов В. К., Фатиев И. С. Новые материалы для выполнения наплавки на детали судовой арматуры из титановых сплавов глубоководных транспортных средств</i> .....	263
<i>Паришин С. Г., Левченко А. М., Антипов И. С., Майстро А. С. Сварочно-технологические свойства наноструктурированных электродных проволок при дуговой сварке в инертной и активной среде</i> ....	269
<i>Орлов Л. Н., Шарапов М. Г., Волинец В. Л. Санитарно-гигиенические характеристики сварочных порошковых проволок, применяемых в судостроении</i> .....	275
<i>Лебедев В. А. Перспективное оборудование для сварки, наплавки и резки в судостроении и судоремонте</i> .....	278
<i>Лебедев В. А. Электрооборудование механизированных систем для подводной сварки «мокрым» способом</i> .....	284
<i>Сараев Ю. Н., Лебедев В. А., Гладышев О. М., Федюкин С. В. Особенности разработки и производства малогабаритного сварочного оборудования для выполнения сварочно-монтажных и ремонтных работ в условиях низких климатических температур</i> .....	289
<b>Рефераты публикуемых статей</b> .....	293
<b>Авторский указатель</b> .....	313
<b>Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов</b> .....	316

## CONTENTS

### METALS SCIENCE. METALLURGY

<i>Tsukanov V. V., Tsyganko L. K., Shandyba G. A., Ziza A. I.</i> Alloying and heat treatment effects on the properties of cast corrosion-resistant nitrogenous austenitic steel.....	7
<i>Zavalishchin A. N., Kozhevnikova E. V.</i> Analysis of structural changes in the production of low-alloyed steel sheets from cast billets.....	12
<i>Ananiev S. P., Safonov E. N.</i> Rail steel structure and properties studied after plasma hardening.....	20
<i>Petrushin N. V., Elyutin E. S., Nazarkin R. M., Pakhomkin S. I., Kolodochkina V. G., Fesenko T. V., Dzhioeva E. S.</i> Segregation of alloying elements in directionally solidified Re–Ru-containing Ni-based superalloys.....	27
<i>Bakradze M. M., Lomberg B. S., Ovsepyan S.V., Chabina E. B., Filonova E. V.</i> The influence of Re addition on the phase composition and mechanical properties of wrought nickel-based superalloy for GTE turbine discs.....	38

### FUNCTIONAL AND POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS

<i>Dvornik M. I., Mokritsky B. Ya., Zaitsev A. V.</i> Comparative analysis microabrasive wear traditional submicron carbide and tungsten carbide WC–8Co–1Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> .....	45
<i>Teslina M. A., Ershova T. B., Vlasova N. M., Astapov I. A.</i> MAX-phases in system Ti–Al–N manufactured by powder metallurgy.....	52
<i>Zhelezina G. F., Voinov S. I., Chernykh T. E., Chernykh K. U.</i> New aramid fibers Rusar NT for reinforcing constructional AFRP (aramid fiber reinforced plastics).....	60

### PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE “WELDING AND ALLIED TECHNOLOGIES IN EXTREME AND SPECIAL CONDITIONS”

<i>Gorynin I. V., Karkhin A. V.</i> Welding science @ materials science development.....	73
<i>Gorynin I. V., Wikhman V. B., Baryshnikov A. P.</i> The history of the development and application of electrodes with fluor-calcium coating.....	77

### THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF METAL WELDED JOINTS

<i>Kostina M. V., Mouradian S. O., Kalinin G. Yu, Fomina O. V., Blinova E. N., Kostina V. S., Shatalov A. V.</i> The structure and properties of thick plate welded joints of new nitrogen-bearing austenitic steel used in conditions of high static and alternating loads and corrosive environment.....	95
<i>Pimenov A. V.</i> On the influence of non-metallic inclusions on the viscosity of low-alloyed weld metal at low temperatures.....	108
<i>Olenin M. I., Gorynin V. I., Galyatkin S. N., Vorobyova N. Yu., Markova Yu. M., Khantalin A. E.</i> Improving the cold resistance of weld metal in steel 09G2SA-A due to coagulation of cementite during post-weld vacation.....	111
<i>Gorkunov E. S., Saraev Yu. N., Zadvorkin S. M., Putilova E. A.</i> The impact of technological welding conditions on the physics and mechanical properties of metal of different zones of welds low-alloy steel.....	120
<i>Saraev Yu. N., Bezborodov V. P., Grigorieva A. A., Lebedev V. A., Maksimov S. Yu., Golikov N. I.</i> Management of structure and properties of welded joints of responsible technical systems by adaptive pulse-arc welding.....	127
<i>Golyakevich A. A., Orlov L. N., Student M. M., Pokhmurskaya G. V., Chervinskaya N. G.</i> Influence of phase composition and heat treatment on isolated corrosion of weld cladding for hydraulic cylinders rods.....	133
<i>Pavlova V. I., Pimenov A. V., Osokin E. P., Poliakova I. N., Zaitsev D. V., Ivanova M. V.</i> Welded steel-aluminum compound for hull structures of surface vessels.....	143
<i>Pirinen M., Kah P., Martikainen J.</i> Use of new high-strength steels in Arctic shipbuilding industry.....	158

### WELDING TECHNOLOGIES

<i>Yakushin B.F., Shvaneva Yu. Yu.</i> New methods of cold-resistant steels welding.....	166
<i>Alexandrov N. V., Kurta S. N., Vovchenko N. V., Martianov A. L.</i> Electron beam welding technology of cold-resistant steel constructions.....	171
<i>Kazakov Yu. V., Tabakin E. M., Ivanovich Yu. V., Kaplin A. V.</i> Special conditions of welding for nuclear equipment.....	179
<i>Kakhovskiy M., Maksimov S.</i> Technology of mechanized underwater self-shielded flux-cored welding of high-alloy corrosion-resistant steel of type 18-10.....	187
<i>Parshin S. G., Levchenko A. M., Khomich P. N., Antipov I. S.</i> Underwater wet flux-cored welding.....	192

<i>Maksimov S. Yu., Lebedev V. A., Lendel I. V.</i> Sealing of heat exchangers by wet welding at a depth of 200 m .....	199
<i>Kiselev A. S., Gordynets A. S., Dediukh R. I., Saraev Yu. N., Golikov N. I.</i> Efficiency increase of arc welding of the magnetized pipelines with coated electrodes during repair works .....	205
<i>Saraev Yu. N.</i> Experience in the development and practical application of adaptive pulsed-arc welding methods for the construction and repair of the main pipelines .....	210
<i>Leonov V. P., Mikhailov V. I., Sakharov I. Yu., Kuznetsov S. V.</i> Welding of high-strength titanium alloys of large thicknesses for use in marine environments .....	219
<i>Zykov S. A., Pavlova V. I., Osokin E. P.</i> Pulsed arc welding with consumable electrode of semi-finished aluminum-magnesium alloys in a wide range of thicknesses .....	229
<i>Voronchuk S. D., Krivorotov V. I.</i> Technological peculiarities of aluminum alloys welding by high-power fiber lasers .....	240
<i>Dmitriev A. I., Saraev Yu. N., Nikonov A. Yu., Grigorieva A. A.</i> Computer design of pulse technological processes .....	245
<i>Sokolov M., Salminen A.</i> Vacuum assisted laser beam welding .....	251
<i>Orlov L. N., Goliakevich A. A., Khilko A. V., Kuzubov A. A.</i> Centrifugal rollers overlaying in mineral insulation production .....	256
<b>WELDING MATERIALS AND MACHINERY</b>	
<i>Vladimirov A. V.</i> Welding source for wet underwater flux cored welding .....	259
<i>Leonov V. P., Mikhailov V. I., Groshev A. L., Shatalov V. K., Fatiev I. S.</i> New materials for building up welding made for titanium alloys fittings of deep-sea submersibles .....	263
<i>Parshin S. G., Levchenko A. M., Antipov I. S., Maistro A. S.</i> Weldability of nanostructured electrode wires in arc welding in an inert and active environments .....	269
<i>Orlov L. N., Sharapov M. G., Volynets V. L.</i> Sanitary and hygienic characteristics of welding flux-cored wires used in shipbuilding .....	275
<i>Lebedev V. A.</i> Prospective welding, cladding and cutting equipment in shipbuilding and ship repair .....	278
<i>Lebedev V. A.</i> Electrical equipment for mechanized systems for underwater wet welding .....	284
<i>Saraev Yu. N., Lebedev V. A., Gladyshev O. M., Fediukin S. V.</i> Production of small-sized welding equipment for the welding, installation and repair work in conditions of low environmental temperatures .....	289
<b>Abstracts of published articles</b> .....	293
<b>Index of authors</b> .....	313
<b>Instructions for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”. Manuscript requirements</b> .....	316