

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

№ 4(112)  
октябрь – декабрь

2022

## 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  
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. ИЛЫН, 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 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.

Отдельные статьи журнала переводятся на  
английский язык и публикуются издатель-  
ством «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»,  
2022

## 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., 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

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.

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”,  
2022

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Салей П. А., Мотовилина Г. Д., Калинин Г. Ю. Особенности формирования структуры в зонах контакта слоев плакированной стали, эксплуатирующейся в условиях Арктики ..... 7

Гежа В. В., Могильников В. А., Мельников П. В. Экспресс-методика определения содержания диффузионного водорода в наплавленном металле ..... 17

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Масайло Д. В., Разумов Н. Г., Волокитина Е. В., Попович А. А. Восстановление и модификация изделий высокоэнтропийным сплавом  $\text{CoCrFeNiMnW}_{0,25}$  по аддитивным технологиям ..... 23

Лучшева В. Р., Бакибаев А. А., Марченко Е. С. Разработка биоактивного композиционного материала на основе бамбуса [6] урила и пористого никелида титана ..... 35

Меметова А. Е., Меметов Н. Р., Зеленин А. Д., Бабкин А. В., Чапаксов Н. А., Мкртчян Э. С. Получение углеродных материалов для адсорбции парниковых газов ..... 43

Геращенко Д. А., Ивановский А. А., Макаров А. М., Евдокимов С. Ю. Создание и исследование интерметаллидного покрытия системы Ni–Ti, армированного карбидом вольфрама, для повышения износостойкости титанового сплава ..... 50

### ПОЛИМЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Александрова Д. С., Комарова М. В., Егоров А. С., Андреичев А. Л., Шумаков А. А. Анализ прочности композитов на основе полиэфирэфиркетона и углеродного волокна с высокотемпературным аппретом ..... 62

Гоголева О. В., Петрова П. Н., Федоров А. Л., Кондаков М. Н., Колесова Е. С. Разработка экструдированных композитов на основе СВМПЭ ..... 77

### КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Ильин А. В., Мизецкий А. В., Рябов В. В., Веретенникова Ю. В. Связь результатов испытаний на изгиб с критической деформацией испытываемого металла ..... 83

### КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Шарипов Дж. Х., Алиев Ф. А., Ганиев И. Н., Обидов З. Р. Анодное поведение сплава  $\text{Zn}_{22}\text{Al}$ , легированного галлием, в коррозионно-активных средах ..... 94

### РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Васильев Н. В., Степанов Ю. В., Зуева М. И., Боркин П. И., Иваненко Е. А., Петров В. А. Влияние сенсбилизации на служебные свойства металла сварных соединений аустенитных трубопроводов в условиях эксплуатации РУ РБМК 1000 ..... 102

Кулешова Е. А., Федотова С. В., Мальцев Д. А., Фролов А. С., Сафонов Д. В., Степанов Н. В., Жучков Г. М., Марголин Б. З., Сорокин А. А. Радиационно-индуцированная структура аустенитных сталей с различным содержанием никеля под действием нейтронного облучения в реакторах СМ-3 и БОР-60 ..... 121

### ХІХ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ (КМУС-2022)

Калугина М. С., Жуков С. А., Агамирова Э. Э., Богданов А. В. Исследование стойкости инструмента и процесса поперечно-продольного выдавливания в технологии изготовления полых осесимметричных деталей машиностроения ..... 156

Мишиуринская Е. В., Беляев В. А., Голубева М. В., Мотовилина Г. Д. Влияние режимов горячей пластической деформации и термической обработки на структуру и свойства бейнитно-мартенситной стали ..... 164

Куртева К. Ю., Мотовилина Г. Д., Забавичева Е. В. Изменение структуры и свойств по сечению толстолистового проката бейнитно-мартенситной стали ..... 174

Меркулова М. В., Красиков А. В., Михайлов М. С. Влияние режимов термообработки на структуру и микротвердость наноконпозиционного покрытия Ni–W ..... 182

Бойкова Т. В., Кочнов Ю. О., Мясников С. В., Петрунин Н. В., Терашкевич С. С. Эксплуатационный контроль состояния металла корпусов растворных реакторов в НИЦ «Курчатовский институт» ..... 191

Петровская А. С., Цыганов А. Б., Суров С. В., Блохин Д. А. О теплофизических параметрах технологии ионно-термической плазменной переработки отработанного ядерного топлива ..... 199

## ХРОНИКА

<i>Орыщенко А. С., Фомина О. В., Цуканов В. В., Савичев С. А.</i> Отечественные линкоры после Октябрьской революции. Предвоенные проекты линкоров .....	212
Памяти Александра Марковича Глезера, директора научного центра металловедения и физики металлов ЦНИИЧермет им. И. П. Бардина .....	228
<b>Перечень статей, опубликованных в научно-техническом журнале «Вопросы материаловедения» в 2022 году .....</b>	<b>230</b>
<b>Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов .....</b>	<b>234</b>

## CONTENTS

### METALS SCIENCE. METALLURGY

<i>Salei P.A., Motovilina G.D., Kalinin G.Yu.</i> Structure formation in the zones of contact of layers of clad steel operating in arctic conditions .....	7
<i>Gezha V.V., Mogilnikov V.A., Melnikov P.V.</i> Express method for determining the content of diffusive hydrogen in deposited metal .....	17

### FUNCTIONAL MATERIALS

<i>Masailo D.V., Razumov N.G., Volokitina E.V., Popovich A.A.</i> Restoration and modification of products with high-entropy alloy CoCrFeNiMnW <sub>0.25</sub> using additive technologies .....	23
<i>Luchsheva V.R., Bakibaev A.A., Marchenko E.S.</i> Development of bioactive composite material based on bambusuril and porous titanium nickelide .....	35
<i>Memetova A.E., Memetov N.R., Zelenin A.D., Babkin A.V., Chapaksov N.A., Mkrtchyan E.S.</i> Obtaining carbon materials for the adsorption of greenhouse gases .....	43
<i>Gerashchenkov D.A., Ivanovsky A.A., Makarov A.M., Evdokimov S.Yu.</i> Creation and study of intermetallic coating of the Ni-Ti system reinforced with tungsten carbide to increase wear resistance of titanium alloy ...	50

### POLYMER STRUCTURAL MATERIALS

<i>Aleksandrova D.S., Komarova M.V., Egorov A.S., Andreichev A.L., Shumakov A.A.</i> Strength analysis of carbon fiber reinforced PEEK composites with heat resistant sizing agents .....	62
<i>Gogoleva O.V., Petrova P.N., Fedorov A.L., Kondakov M.N., Kolesova E.S.</i> Development of extrudable composites based on UHMWPE .....	77

### STRUCTURAL INTEGRITY AND SERVICEABILITY OF MATERIALS

<i>Ilyin A.V., Mizetsky A.V., Riabov V.V., Veretennikova J.V.</i> Relation between the results of a bending test and the critical deformation of the tested metal .....	83
---	----

### CORROSION AND PROTECTION OF METALS

<i>Sharipov J.H., Aliev F.A., Ganiev I.N., Obidov Z.R.</i> Anodic behavior of Zn22Al Alloy doped with gallium in corrosion-active environments .....	94
--	----

### RADIATION MATERIALS SCIENCE

<i>Vasiliev N.V., Stepanov Yu.V., Zueva M.I., Borkin P.I., Ivanenko E.A., Petrov V.A.</i> Effect of sensitization on service properties of welded joints of austenitic pipelines under operation conditions of RP RBMK 1000 .....	102
<i>Kuleshova E.A., Fedotov S.V., Maltsev D.A., Frolov A.S., Safonov D.V., Stepanov N.V., Zhuchkov G.M., Margolin B.Z., Sorokin A.A.</i> Radiation-induced structure of austenitic steels with different nickel content under neutron irradiation in SM-3 and BOR-60 reactors .....	121

### 19th CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS AT THE NATIONAL RESEARCH CENTER “Kurchatov Institute” – CRISM “Prometey”

<i>Kalugina M.S., Zhukov S.A., Agamirova E.E., Bogdanov A.V.</i> Tool life and transverse-longitudinal extrusion in the hollow axisymmetric parts manufacturing .....	156
<i>Mishurinskaya E.V., Belyaev V.A., Golubeva M.V., Motovilina G.D.</i> Influence of heat-treatment modes on the structure and properties of bainitic-martensitic steel .....	164
<i>Kurteva K.Yu., Motovilina G. D., Zabavicheva E.V.</i> Changes in the structure and properties of the thick sheets of bainitic/martensitic steel at a cross-section .....	174
<i>Merkulov A.M.V., Krasikov A.V., Mikhailov M.S.</i> Effect of heat treatment modes on the structure and micro-hardness of a Ni-W nanocomposite coating .....	182
<i>Boikova T.V., Kochnov Yu.O., Myasnikov S.V., Petrunin N.V., Terashkevich S.S.</i> Operational monitoring of the metal of solution pressure vessel reactors at NRC “Kurchatov institute” .....	191
<i>Petrovskaya A.S., Tsyganov A.B., Surov S.V., Blokhin D.A.</i> On thermophysical parameters of ion-thermal plasma technology for spent nuclear fuel processing .....	199

### NEWS AND EVENTS

<i>Oryshchenko A.S., Fomina O.V., Tsukanov V.V., Savichev S.A.</i> Formation and development of the armored fleet in Russia. National battleships after the October Revolution: pre-war projects of battleships. ....	212
---	-----

In memory of Alexander Markovich Glezer, Director of the scientific center of materials science and metal physics of TsNIIChermet named after I.P. Bardin.....	228
<b>A list of articles published in the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya” in 2022 .....</b>	<b>230</b>
<b>Guidelines for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”. Manuscript requirements.....</b>	<b>234</b>