

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

№ 3(119)
июль — сентябрь

2024

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. С. ОРЫЩЕНКО**
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
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»,
2024

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
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”,
2024

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Цуканов В. В., Смирнов Д. Л., Кархин В. А., Хомич П. Н., Ефимов С. В. Расчетное моделирование процесса снижения содержания водорода при противотокенной термической обработке. Решение диффузионной задачи 6

Веретенникова Ю. В., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И., Яковлева Е. А. Влияние термической обработки на механические свойства и хладостойкость среднеуглеродистой среднелегированной высокопрочной стали 17

Шерина Ю. В., Луц А. Р., Минаков Е. А. Исследование влияния высокодисперсной фазы карбида титана на физико-механические свойства сплавов AM4,5Kd и AK10M2H 27

Баракхин Б. К., Анисимов Д. М. Особенности тепловой диссипации в технологии термомеханической обработки металлических материалов 37

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Беличко Д. Р., Волкова Г. К., Малецкий А. В., Исаев Р. Ш. Влияние протонного облучения на структуру и свойства композитной керамики состава $YSZ-SiO_2-Al_2O_3$ 46

Хрусталева А. Н., Арбанас Л. А. Синтез и структура соединений гомологического ряда Ti_nO_{2n-1} , полученных восстановлением в водородной среде 57

Ткачев Д. А., Жуков И. А., Валихов В. Д., Григорьев М. В. Исследование структурных и механических свойств композиционной керамики системы $AlMgB_{14}-TiB_2$ 72

Геращенко Д. А., Макаров А. М., Геращенко Е. Ю., Быстров Р. Ю., Барковская Е. Н., Мухамедзянова Л. В., Попова Е. А., Климов В. Н. Исследование покрытий системы $Ni-Ti-(SiC, WC, B_4C)$, нанесенных на поверхность пластин из титанового сплава при совместном использовании методов ХГДН и лазерной обработки 84

Красиков А. В., Меркулова М. В., Яковлева Н. В., Мухамедзянова Л. В. Влияние легирования молибденом и кобальтом на коррозионную стойкость электрохимических покрытий на основе системы $Ni-W$ 93

Каракчиева Н. И., Абзаев Ю. А., Амеличкин И. В., Жуков И. А., Лоскутов В. В., Князев А. С., Сачков В. И., Курзина И. А. Формирование структурно-фазового состояния $Ti-Al$ материалов с добавками Hf , полученных гидридной технологией 102

Каракчиева Н. И., Абзаев Ю. А., Амеличкин И. В., Жуков И. А., Князев А. С., Сачков В. И., Курзина И. А. Формирование структурно-фазового состояния $Ti-Al$ материалов с добавками Zr , полученных гидридной технологией 112

Шевченко В. Я., Орыщенко А. С., Балабанов С. В., Сычев М. М., Павлова Э. А. Уравнение Гибсона – Эшби для сотовых материалов на основе трижды периодических поверхностей минимальной энергии 122

Прохоров Д. А., Зуев С. М. К анализу физических свойств термоинтерфейсов на основе гексагонального нитрида бора и меди 133

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Габдуллаев К. Р., Валеева А. Р., Твердов И. Д., Готлиб Е. М. Сравнение состава, свойств и модифицирующего действия природного и синтетического диопсидсодержащих наполнителей в эпоксидных композициях 145

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Швецова В. А., Шишков Ф. Л., Юрченко Е. В. Анализ влияния пластической деформации на распространение микротрещин скола в вероятностной постановке. Часть 1. Постановка задачи и методы исследования 153

Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Швецова В. А., Шишков Ф. Л., Юрченко Е. В. Анализ влияния пластической деформации на распространение микротрещин скола в вероятностной постановке. Часть 2. Результаты исследований 169

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Ганиев И. Н., Амиров А. Дж., Джайлоев Дж. Х., Зокиров Ф. Ш., Амонзода И. Т. Влияние лантана, церия, празеодима на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого проводниковой сплава $AlTi0.1$ в среде электролита $NaCl$ 187

Леонов В. П., Малинкина Ю. Ю., Ставицкий О. А., Малашев П. И., Парменова О. Н., Маркова Ю. М.
Влияние микродобавок рутения на структуру и коррозионную стойкость титановых α - и псевдо- α -
сплавов..... 196

РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Забусов О. О., Угрюмов А. В., Грехов М. М., Мальцев Д. А., Шишкин А. А., Курский Р. А., Рожков А. В.
Оценка структуры гидридов и механических свойств облученных оболочек твэлов из сплава Э110
после термомеханических испытаний, имитирующих условия сухого хранения..... 210

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

CONTENTS

METALS SCIENCE. METALLURGY

<i>Tsukanov V.V., Smirnova D.L., Karkhin V.A., Khomich P.N., Efimov S.V.</i> Computational modeling of the process of reducing hydrogen content during anti-flock heat treatment. Solving the diffusion problem.....	6
<i>Veretennikova Yu.V., Motovilina G.D., Khlusova E.I., Yakovleva E.A.</i> Heat treatment effects on the mechanical properties and cold resistance of medium-carbon medium-alloyed high-strength steels	17
<i>Sherina Yu.V., Luts A.R., Minakov E.A.</i> Influence of highly dispersed phase of titanium carbide on physical and mechanical properties of alloys AM4.5Kd and AK10M2N	27
<i>Barakhtin B.K., Anisimov D.M.</i> On the thermal dissipation in the thermomechanical treatment of metal materials	37

FUNCTIONAL MATERIALS

<i>Belichko D.R., Volkova G.K., Maletsky A.V., Isaev R.Sh.</i> Proton irradiation influence on the structure and properties of composite ceramics of the YSZ–SiO ₂ –Al ₂ O ₃ composition	46
<i>Khrustalev A.N., Arbanas L.A.</i> Synthesis and structure of compounds of the homological series Ti _n O _{2n-1} obtained by reduction in a hydrogen environment	57
<i>Tkachev D.A., Zhukov I.A., Valikhov V.D., Grigoriev M.V.</i> Study of structural and mechanical properties of composite ceramics of the AlMgB ₁₄ –TiB ₂ system.....	72
<i>Gerashchenkov D.A., Makarov A.M., Gerashchenkova E.Yu., Bystrov R.Yu., Barkovskaja E.N., Mukhamedzyanova L.V., Popova E.A., Klimov V.N.</i> Study of coatings of the Ni–Ti–(SiC, WC, B ₄ C) system applied to the surface of titanium alloy plates using cold gas dynamic spraying and laser processing	84
<i>Krasikov A.V., Merkulova M.V., Yakovleva N.V., Mukhamedzyanova L.V.</i> Effects of molybdenum and cobalt alloying on corrosion resistance of electrochemical coatings based on the Ni–W system	93
<i>Karakchieva N.I., Abzaev Yu.A., Amelichkin I.V., Zhukov I.A., Loskutov V.V., Knyazev A.S., Sachkov V.I., Kurzina I.A.</i> Formation of structural-phase state of Ti–Al materials with Hf-additives obtained by hydride technology	102
<i>Karakchieva N.I., Abzaev Yu.A., Amelichkin I.V., Zhukov I.A., Knyazev A.S., Sachkov V.I., Kurzina I.A.</i> Formation of structural-phase state of Ti–Al materials with Zr-additives obtained by hydride technology	112
<i>Shevchenko V.Ya., Oryshchenko A.S., Balabanov S.V., Sychev M.M., Pavlova E.A.</i> Gibson – Ashby equation for cellular materials based on triply periodic minimal surfaces.....	122
<i>Prokhorov D.A., Zuev S.M.</i> On the analysis of physical properties of thermal interfaces based on hexagonal boron nitride and copper	133

POLYMER STRUCTURAL MATERIALS

<i>Gabdulkhaev K.R., Valeeva A.R., Tverdov I.D., Gottlieb E.M.</i> Comparison of composition, properties and modifying effect in epoxy compositions of natural and synthetic diopside-containing fillers	145
--	-----

STRUCTURAL INTEGRITY AND SERVICEABILITY OF MATERIALS

<i>Margolin B.Z., Fomenko V.N., Shvetsova V.A., Shishkov F.L., Yurchenko E.V.</i> Plastic strain effect on cleavage microcracks propagation in probabalistic statement. Part 1. Formulation of the problem and research methods.....	153
<i>Margolin B.Z., Fomenko V.N., Shvetsova V.A., Shishkov F.L., Yurchenko E.V.</i> Plastic strain effect on cleavage microcracks propagation in probabalistic statement. Part 2. Research results.....	169

CORROSION AND PROTECTION OF METALS

<i>Ganiev I.N., Amirov A.Dzh., Dzhaloev Dzh. Kh., Zokirov F.Sh., Amonzoda I.T.</i> Effect of lanthanum, cerium, praseodymium on corrosion-electrochemical behavior of aluminum conductor alloy AlTi0.1 in NaCl electrolyte	187
<i>Leonov V.P., Malinkina Yu.Yu., Stavitsky O.A., Malashev P.I., Parmenova O.N., Markova Yu.M.</i> Effect of ruthenium microadditives on the structure and corrosion resistance of α -, pseudo- α -titanium alloys.....	196

RADIATION MATERIALS SCIENCE

<i>Zabusov O.O., Ugryumov A.V., Grekhov M.M., Maltsev D.A., Shishkin A.A., Kurskiy R.A., Rozhkov A.V.</i> Estimation of hydrides structure and mechanical properties of irradiated E110 alloy after thermomechanical tests imitating dry storage conditions	210
Guidelines for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”. Manuscript requirements	221