

Известия вузов Цветная металлургия

Izvestiya Non-Ferrous Metallurgy

ISSN 0021-3438

eISSN 2412-8783



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1958 Г.

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

<https://cvmet.misis.ru>

Журнал публикует статьи работников вузов, НИИ, РАН и промышленности России, стран СНГ, а также зарубежных авторов, содержащие новые результаты научно-исследовательских работ, обзорные статьи проблемного характера по следующим разделам:

- Обогащение руд цветных металлов
- Metallurgy цветных металлов
- Metallurgy редких и благородных металлов
- Литейное производство
- Обработка металлов давлением
- Metallovedenie и термическая обработка
- Коррозия и защита металлов
- Энерго- и ресурсосбережение



Учредителем журнала является НИТУ МИСИС. Издание ориентировано на широкий круг специалистов – металлургов, материаловедов, физиков, химиков

В редакционную коллегию входят известные отечественные и зарубежные ученые. Регулярное ознакомление с публикуемыми в журнале материалами позволит Вам быть в курсе новинок металлургии, полнее использовать на практике достижения и опыт своих коллег.

Журнал включен в перечень научных журналов, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертаций на соискание ученых степеней.

Журнал включен в базы данных: *Scopus*, *Russian Science Citation Index (RSCI)*, *Ulrich's Periodicals Directory*, РИНЦ, БД/РЖ ВИНТИ.

Адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1
НИТУ МИСИС,
редакция журнала
«Известия вузов. Цветная металлургия»

Тел.: +7 (495) 638-45-35
Эл. почта: izv.vuz@misis.ru

Журнал выходит 1 раз в 3 месяца
и распространяется на всей территории России

Подписка на журнал в печатной
и электронной формах осуществляется
через редакцию и агентство «Урал-Пресс»
(www.ural-press.ru)

ISSN 0021-3438 (Print)

ISSN 2412-8783 (Online)

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ЦВЕТНАЯ
МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 30, № 2, 2024

Научно-технический журнал

Основан в 1958 г.

Выходит 4 раза в год

IZVESTIYA
NON-FERROUS
METALLURGY

Vol. 30, No. 2, 2024

Scientific and Technical Journal

Founded in 1958

4 Issues per year

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

ISSN 0021-3438 (Print)

ISSN 2412-8783 (Online)

Том 30, № 2 2024

Научно-технический журнал Основан в 1958 г. Выходит 4 раза в год <http://cvmet.misis.ru>

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертаций на соискание ученых степеней

Журнал включен в базы данных: Russian Science Citation Index (RSCI), Chemical Abstracts (Online), INIS, OCLC ArticleFirst, Ulrich's Periodicals Directory, РИНЦ, БД/РЖ ВИНТИ

Учредитель



ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
Адрес: 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1
<http://www.misis.ru>

Главный редактор

Евгений Александрович Левашов
д.т.н., академик РАЕН, профессор, НИТУ МИСИС, г. Москва

Заместитель главного редактора

Владислава Анатольевна Игнаткина
д.т.н., профессор, НИТУ МИСИС, г. Москва

Редакционная коллегия

Е.В. Агеев — д.т.н., ЮЗГУ, г. Курск
М.В. Ананьев — д.х.н., АО «Гиредмет», г. Москва
Н.А. Белов — д.т.н., проф., НИТУ МИСИС, г. Москва
Е.В. Богатырева — д.т.н., НИТУ МИСИС, г. Москва
Г.М. Вольдман — д.х.н., проф., РТУ (МИТХТ), г. Москва
Ф.В. Гречников — д.т.н., акад. РАН, проф., СНИУ, г. Самара
Д.В. Гундеров — д.ф.-м.н., ИФМК УНЦ РАН, г. Уфа
В.Б. Деев — д.т.н., проф., НИТУ МИСИС, г. Москва
В.М. Денисов — д.х.н., проф., СФУ, г. Красноярск
Д.В. Дробот — д.х.н., проф., РТУ (МИТХТ), г. Москва
Ю.П. Зайков — д.х.н., проф., ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург
Р.Х. Залавутдинов — к.ф.-м.н., ИФХЭ РАН, г. Москва
С.В. Мамяченков — д.т.н., проф., УрФУ, г. Екатеринбург
З.А. Мансуров — д.х.н., проф., Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан
Н.В. Немчинова — д.т.н., проф., ИРНТУ, г. Иркутск
К.В. Никитин — д.т.н., проф., СамГТУ, г. Самара
П.В. Поляков — д.х.н., проф., СФУ, г. Красноярск
Е.С. Прусов — к.т.н., доцент, ВлГУ, г. Владимир
В.Н. Рычков — д.х.н., проф., УрФУ, г. Екатеринбург
Г.А. Салищев — д.т.н., проф., НИУ «БелГУ», г. Белгород
В.М. Сизяков — д.т.н., проф., СПГУ, г. Санкт-Петербург

Б.Б. Страумал — д.ф.-м.н., проф., ИФТТ РАН, г. Черноголовка
О.Ю. Ткачева — д.х.н., ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург
Б.Б. Хина — д.ф.-м.н., доц., ФТИ НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
Д.В. Штанский — д.ф.-м.н., проф., НИТУ МИСИС, г. Москва
Abhilash — Dr., Ph.D., CSIR — National Metallurgical Laboratory, Jamshedpur, India
D.V. Louzguine — Prof., Dr., Tohoku University, Sendai, Japan
H.A. Oye — Prof., Dr., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
D. Sadoway — Prof., Dr., Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA
Stopic Srecko — Dr.-Ing. habil., RWTH Aachen University, Aachen, Germany
M. Verhaege — Prof., Dr., University of Gent, Belgium
G. Xanthopoulou — Dr., National Center for Scientific Research «Demokritos», Agia Paraskevi, Attica, Greece
A.L. Yerokhin — Prof., Dr., University of Manchester, United Kingdom
Yücel Onuralp — Prof., Dr., Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul, Turkey
M. Zinigrad — Prof., Dr., Ariel University, Ariel, Israel
A.I. Zouboulis — Prof., Dr., Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Редакция журнала

Адрес: 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1,
НИТУ МИСИС
Тел.: +7 (495) 638-45-35
E-mail: izv.vuz@misis.ru

Свидетельство о регистрации № 015842 от 13.03.1997 г.
Перерегистрация ПИ № ФС77-79229 от 25.09.2020 г.

Подписка: Агентство «Урал-пресс»

Ведущий редактор — О.В. Соснина
Выпускающий редактор — А.А. Кудинова
Дизайн и верстка — Е.А. Легкая

Подписано в печать 24.06.2024. Формат 60×90 1/8.
Бум. офсетная № 1. Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,75
Заказ 20048. Цена свободная

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСИС
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1. Тел./факс: +7 (499) 236-76-17



© НИТУ МИСИС, Москва, 2024
© «Известия вузов. Цветная металлургия», 2024



Статьи доступны под лицензией Creative Commons
Attribution Non-Commercial No Derivatives

IZVESTIYA

NON-FERROUS METALLURGY

ISSN 0021-3438 (Print)

ISSN 2412-8783 (Online)

Vol. 30, No. 2
2024

Scientific and Technical Journal

Founded in 1958

4 Issues per year

<http://cvmet.misis.ru>

Journal is included into the List of the peer-reviewed scientific publications recommended by the Highest Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for publishing the results of doctoral and candidate dissertations

Abstracting/Indexing: Russian Science Citation Index (RSCI), Chemical Abstracts (Online), INIS, OCLC ArticleFirst, Ulrich's Periodicals Directory, VINITI Database (Abstract Journal)

Founder



National University of Science and Technology "MISIS"

Address: 4 build. 1 Leninskiy Pros., Moscow 119049, Russia

<http://www.misis.ru>

Editor-in-Chief

Evgeny A. Levashov

Prof., Dr. Sci. (Eng.), Acad. of the RANS, NUST MISIS, Moscow, Russia

Deputy Editor

Vladislava A. Ignatkina

Prof., Dr. Sci., NUST MISIS, Moscow, Russia

Editorial Board

Abhilash – Dr., Ph.D., CSIR – National Metallurgical Laboratory, Jamshedpur, India
E.V. Ageev – Prof., Dr. Sci. (Eng.), SouthWest State University, Kursk, Russia
M.V. Ananyev – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Federal State Research and Development Institute of Rare Metal Industry (JSC "Giredmet"), Moscow, Russia
N.A. Belov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), NUST MISIS, Moscow, Russia
E.V. Bogatyreva – Prof., Dr. Sci. (Eng.), NUST MISIS, Moscow, Russia
V.B. Deev – Prof., Dr. Sci. (Eng.), NUST MISIS, Moscow, Russia
V.M. Denisov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
D.V. Drobot – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Russian Technological University (MITHT), Moscow, Russia
F.V. Grechnikov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Acad. of RAS, Samara National Research University n.a. S.P. Korolev (Samara University), Samara, Russia
D.V. Gunderov – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Institute of Molecule and Crystal Physics Ufa Research Center of the RAS, Ufa, Russia
B.B. Khina – Dr. Sci. (Phys.-Math.), The Physical-Technical Institute of NAS of Belarus, Minsk, Belarus
D.V. Louzguine – Prof., Dr. Sci., Tohoku University, Sendai, Japan
S.V. Mamyachenkov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
Z.A. Mansurov – Dr. Sci. (Chem.), Prof., Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan
N.V. Nemchinova – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
K.V. Nikitin – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Samara State Technical University, Samara, Russia
H.A. Oye – Prof., Dr., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
P.V. Polyakov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

E.S. Prusov – Cand. Sci. (Eng.), Vladimir State University, Vladimir, Russia
V.N. Richkov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
D. Sadoway – Prof., Dr., Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA
G.A. Salishchev – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Belgorod National Research University, Belgorod, Russia
D.V. Shtansky – Prof., Dr. Sci. (Phys.-Math.), NUST MISIS, Moscow, Russia
V.M. Sizyakov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia
Stopic Srecko – Dr.-Ing. habil., RWTH Aachen University, Aachen, Germany
B.B. Straumal – Prof., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Institute of Solid State Physics of the RAS, Chernogolovka, Moscow region
O.Yu. Tkacheva – Dr. Sci. (Chem.), Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia
M. Verhaege – Prof., Dr., University of Gent, Belgium
G.M. Vol'dman – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Russian Technological University (MITHT), Moscow, Russia
G. Xanthopoulou – Dr., National Center for Scientific Research "Demokritos", Agia Paraskevi, Attica, Greece
A.L. Yerokhin – Prof., Dr., University of Manchester, United Kingdom
Onuralp Yücel – Prof., Dr., Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul, Turkey
Yu.P. Zaikov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russia
R.Kh. Zhalavutdinov – Cand. Sci. (Phys.-Math.), A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the RAS, Moscow, Russia
M. Zinigrad – Prof., Dr., Ariel University, Ariel, Israel
A.I. Zouboulis – Prof., Dr., Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Editorial Staff

Address: NUST MISIS, 4 build. 1 Leninskiy Pros.,
Moscow 119049, Russia

Phone: +7 (495) 638-45-35

E-mail: izv.vuz@misis.ru

Certificate of registration No. 015842 (13.03.1997)

Re-registration PI No. ΦC77-79229 (25.09.2020)

Subscription: Ural-Press Agency

Leading Editor – O.V. Sosnina

Executive Editor – A.A. Kudinova

Layout Designer – E.A. Legkaya

Signed print 24.06.2024. Format 60×90 1/8.

Offset paper No. 1. Digital printing. Quires 10,75

Order 20048. Free price

Printed in the printing house of the MISIS Publish House

4 build. 1 Leninskiy Pros., Moscow 119049, Russia. Phone/fax: +7 (499) 236-76-17



© NUST MISIS, Moscow, 2024

© Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy, 2024



Articles are available under Creative Commons Attribution
Non-Commercial No Derivatives

Обогащение руд цветных металлов

- 5 Лавриненко А.А., Кузнецова И.Н., Гольберг Г.Ю., Лусинян О.Г.

Совместное применение жидкого стекла и полисахаридов при флотации оталькованных медно-никелевых руд

Металловедение и термическая обработка

- 16 Наумов С.В., Панов Д.О., Черниченко Р.С., Соколовский В.С., Салищев Г.А., Алексеев Е.Б., Неулыбин С.Д., Белинин Д.С., Щицын Ю.Д., Лукьянов В.В.

Структура и механические свойства сварных соединений из сплава на основе орторомбического алюминид титана, полученных плазменной сваркой проникающей дугой с последующей термической обработкой

- 30 Луц А.Р., Шерина Ю.В., Амосов А.П., Минаков Е.А., Ибатуллин И.Д.

Выбор термической обработки и исследование ее влияния на структуру и свойства композиционного материала АК10М2Н–10%TiC, полученного методом СВС в расплаве

Коррозия и защита металлов

- 44 Буйначев С.В., Домашенков М.А., Машковцев М.А., Поливода Д.О., Жиренкина Н.В.

Синтез и исследование свойств порошков диоксида циркония с различным содержанием иттрия

- 55 Ахметов А., Еремеева Ж.В., Кудряшов А.Е., Логинов П.А., Шляпин С.Д., Самошина М.Е., Левашов Е.А.

Получение электрода из быстрорежущей стали с керамической добавкой $\text{MoSi}_2\text{--MoB--HfB}_2$ для электроискровой обработки штамповой стали

- 70 Муканов С.К., Петржик М.И., Логинов П.А., Левашов Е.А.

Влияние легирования марганцем на структуру и свойства электроискровых покрытий на никелевом жаропрочном СЛС-сплаве ЭП741НП

Хроника

- 85 Памяти Льва Иосифовича Клячко

Mineral Processing of Non-Ferrous Metals

- 5 Lavrinenko A.A., Kuznetsova I.N., Golberg G.Yu., Lusinyan O.G.

Joint use of sodium silicate and polysaccharides in the flotation of talcose copper-nickel ores

Physical Metallurgy and Heat Treatment

- 16 Naumov S.V., Panov D.O., Chernichenko R.S., Sokolovsky V.S., Salishchev G.A., Alekseev E.B., Neulybin S.D., Belinin D.S., Shchitsyn Yu.D., Lukianov V.V.

Structure and mechanical properties of Ti_2AlNb -based alloy welded joints using keyhole plasma arc welding with subsequent heat treatment

- 30 Luts A.R., Sherina Yu.V., Amosov A.P., Minakov E.A., Ibatullin I.D.

Selection of heat treatment and its impact on the structure and properties of AK10M2N–10%TiC composite material obtained via SHS method in the melt

Corrosion and Protection of Metals

- 44 Buinachev S.V., Domashenkov M.A., Mashkovtsev M.A., Polivoda D.O., Zhirenkina N.V.

Synthesis and study of the properties of zirconium dioxide powders with different yttrium content

- 55 Akhmetov A., Eremeeva Zh.V., Kudryashov A.E., Loginov P.A., Shlyapin S.D., Samoshina M.E., Levashov E.A.

Fabrication of high speed steel electrodes with $\text{MoSi}_2\text{--MoB--HfB}_2$ ceramic additives for electrospark deposition on die steel

- 70 Mukanov S.K., Petrzhik M.I., Loginov P.A., Levashov E.A.

Influence of manganese alloying on the structure and properties of electrospark coatings of EP741NP heat-resistant nickel LPBF alloy

Chronicle

- 85 In memory of Lev Iosifovich Klyachko