

# ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издательский дом  
«Руда и Металлы»

№ 5 (1085), май 2022 г.

Издается с 1961 г.

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал  
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения

## Учредители:

Акционерное общество  
«Издательский дом  
«Руда и Металлы»

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»

Федеральное бюджетное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г. И. Носова»

## При участии:

ПАО «ММК»  
ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК»  
Государственного Эрмитажа

Официальный информационный орган  
Федерального УМО  
«Технологии материалов»

## Редакционный совет:

Главный редактор: В. М. Колокольников  
Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев  
Зам. главного редактора: А. Г. Воробьев, Е. В. Цирульников  
А. М. Беленький, В. Блек (Германия), Ю. Л. Бобарикин (Беларусь), О. И. Борискин, И. В. Буторина,  
Р. М. Валеев, Е. П. Волынкина, А. В. Выдрин, С. П. Галкин, Е. А. Голи-Оглу (Дания), Я. М. Гордон (Канада),  
Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков, А. П. Коликов,  
А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев, И. О. Леушин, И. П. Мазур, Ю. Ю. Пиотровский, А. Н. Савенок (Беларусь),  
А. В. Серебряков, И. А. Султангузин, С. С. Ткаченко, А. Я. Травянов, Н. А. Чиченев, М. В. Чукин,  
П. Шеллер (Германия), Е. А. Яценко

## Редакция:

Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников  
Ответственный секретарь: Е. Ю. Рахманова  
Редактор: Э. Э. Бабаля

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»  
Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., 6,  
стр. 2, МИСиС, оф. 622

### Адрес редакции:

• фактический: 119049, Москва, Ленинский проспект 6,  
стр. 2, МИСиС, оф. 617  
• почтовый: 119049, Москва, а/я № 71  
Телефон/факс: (495) 955-01-75  
Эл. почта: chernet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru

www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал  
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения  
«Черные металлы» № 5 (1085), май 2022 г.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере  
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Свидетельство ПИ № ФС77-48681 от 28.02.2012 г.)

Товарный знак и название «Черные металлы» являются исключительной  
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Отпечатано с предоставленных готовых файлов  
в типографии «Кандлер»  
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, стр. 66А.  
Тел. (4852) 58-76-33

Дата выхода в свет: 09.06.2022. Формат 60х90/8.  
Печ. л. 10,5. Офсетная печать. Бумага офсетная.  
Тираж 800 экз. Цена свободная

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель  
За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор  
Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции  
При перепечатке ссылка на «Черные металлы» обязательна  
«Реклама» — материал публикуется на правах рекламы  
Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редакции  
и редсовета журнала

ISSN 0132-0890



9 770132 089006 >

Подписные индексы:  
12985 («Пресса России»)

## СОДЕРЖАНИЕ

### 30 лет Новотроицкому филиалу НИТУ «МИСиС»

Д. Р. Ганин, А. А. Панычев, А. Ю. Фукс. Новый способ повышения магнитных свойств слабомагнитного железорудного сырья .....	4
Г. А. Куницын, М. С. Кузнецов, А. Н. Шаповалов, И. В. Бакин. Применение комплексных модификаторов при производстве стали с повышенными требованиями по неметаллическим включениям .....	9
А. А. Токарев, А. В. Каляскин, А. В. Бархатов, Е. В. Братковский. Совершенствование технологии позднего графитизирующего модифицирования при производстве тонкостенных отливок из высокопрочного чугуна .....	16
А. В. Нефедов, А. А. Китанов, Н. А. Чиченев. Реинжиниринг роликовой закалочной машины листопрокатного цеха АО «Уральская Сталь» .....	22
Д. А. Болдырев, С. П. Нефедьев, М. В. Харченко, Р. Р. Дема. Влияние технологических факторов на остаточные напряжения и вибрации в системе «диск – колодка» .....	27
А. В. Цуканов, К. В. Лицин, С. Н. Басков. Разработка системы управления асинхронным электродвигателем на основе адаптивной модели в условиях листопрокатного производства .....	34

### Подготовка сырьевых материалов

А. Б. Лебедев, П. В. Мусинова. Формирование прочности окомкованного многофазного спека двухкальциевого силиката .....	40
---	----

### Прокатка

В. А. Пименов. Анализ влияния технологических режимов и состояния оборудования на возникновение вибраций при непрерывной холодной прокатке .....	47
Д. Ю. Алексеев, А. Е. Гулин, Д. Г. Емалеева, А. С. Кузнецова. Разработка конечно-элементной модели расчета теплового поля рулонного проката в процессе термомеханической обработки .....	55

### Нанесение покрытий и защита от коррозии

Д. Д. Фазуллин, Г. В. Маврин, Л. И. Фазуллина, И. Г. Шайхиев, Н. М. Лядов. Ингибиторы коррозии стали на основе растительного сырья для защиты нефтепромыслового оборудования .....	61
--	----

### Сварка и наплавка

М. А. Шекшеев, С. В. Михайлицын, А. Б. Сычков, А. Н. Емелюшин. Исследование влияния шлаковой системы покрытых электродов на эффективность инокулирования металла сварочной ванны низкоуглеродистой стали. ....	68
--	----

### Машиностроительные технологии

А. Н. Малышев, С. А. Бысов, В. Д. Кухарь, Ю. В. Бессмертная. Экспериментальное исследование вытяжки стальных квадратных коробок по схеме круг-квадрат в радиальной и конической матрицах .....	74
--	----

### Технологические измерения

А. Д. Гусев, И. В. Тихонова, Я. А. Стаханова. Применение нейронных сетей для прогнозирования измерения микротвердости в зоне термического влияния листов углеродистых и низколегированных сталей после лазерной резки. ....	79
---	----

### Юбилей

Леониду Николаевичу Шевелеву — 85 лет .....	84
---	----

Журнал «Черные металлы» по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по металлургии

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Chemical Abstracts Service

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Scopus, II квартиль (2020)

(по версии SCIMAGO)

**Founders**

- “Ore and Metals” Publishing House
- National University of Science and Technology “Moscow Institute of Steel and Alloys”
- Nosov Magnitogorsk State Technical University

**With participation of**

- Magnitogorsk Iron and Steel Works
- Byelorussian Steel Works — Management Company of “Byelorussian Metallurgical Company” holding
- The State Hermitage museum

**Editorial Board**

Chief Editor: Valeriy Kolokoltsev  
1st Deputy chief editor: Konstantin Kosyrev  
Deputy chief editors: Alexandr Vorobiev, Evgeny Tsirulnikov, Anatoly Belenky, Wolfgang Bleck (Germany), Yuriy Bobarikin (Belarus), Oleg Boriskin, Irina Butorina, Nikolay Chichenev, Mikhail Chukin, Dmitry Elansky, Sergey Galkin, Evgeny Goly-Oglu (Denmark), Yakov Gordon (Canada), Ilya Illarionov, Ludmila Kaputkina, Alexandr Kazakov, Alexandr Kolikov, Alexey Korchunov, Alexey Kushnarev, Igor Leushin, Igor Mazur, Yuriy Piotrovsky, Piotr Scheller (Germany), Anatoly Savenok (Belarus), Andrey Serebryakov, Ildar Sultanguzin, Stanislav Tkachenko, Andrey Travyanov, Rafael Valeev, Ekaterina Volynkina, Alexandr Vydrin, Elena Yatsenko, Nikolay Zyuban

**Editorial Staff**

Deputy chief editor Evgeny Tsirulnikov  
Responsible secretary: Elena Rakhmanova  
Editor: Elvina Babali

**Editorial Address**

Actual address: Moscow, Leninsky prospekt 6 bld. 2, office 617  
Mailing address: 119049, Russia, Moscow, P.O. Box # 71  
Phone/fax: +7-495-955-01-75  
E-mail: chernet@rudmet.ru; tsirulnikov@rudmet.ru  
Internet: www.rudmet.com

Printed: “Kancler” Printing house  
Russia, Yaroslavl, ulitsa Polushkina Roshcha, 16, str. 66A

Publisher: “Ore and Metals” publishing house  
Phone/fax: +7-495-638-45-18  
E-mail: rim@rudmet.ru

**CONTENTS****30 years of the Novotroitsk branch of NUST MISIS**

- D. R. Ganin, A. A. Panychev, A. Yu. Fuks.* New method to increase magnetic properties of low magnetic iron ore raw materials ..... 4
- G. A. Kunitsyn, M. S. Kuznetsov, A. N. Shapovalov, I. V. Bakin.* Application of complex modifiers in the production of steel with increased requirements for non-ferrous metallic inclusions. .... 9
- A. A. Tokarev, A. V. Kalyaskin, A. V. Barkhatov, E. V. Bratkovsky.* Improving the technology of late inoculation in the production of thin-walled castings from ductile iron ..... 16
- A. V. Nefedov, A. A. Kitanov, N. A. Chichenev.* Reengineering of the roller hardening machine of the sheet-rolling shop of JSC Ural Steel ..... 22
- D. A. Boldyrev, S. P. Nefediev, M. V. Kharchenko, R. R. Dema.* Influence of brake disc manufacturing technology on residual stresses and vibrations in the “disk – pad” system ..... 27
- A. V. Tsukanov, K. V. Litsin, S. N. Baskov.* Development of a control system for an asynchronous electric motor based on an adaptive model in the conditions of sheet rolling production ..... 34

**Preparation of raw materials**

- A. B. Lebedev, P. V. Musinova.* Formation of the strength of pelletized multiphase dicalcium silicate sinter .....40

**Rolling**

- V. A. Pimenov.* Analysis of the influence of technological modes and the state of equipment on the occurrence of vibrations during continuous cold rolling .....47
- D. Yu. Alekseev, A. E. Gulin, D. G. Emaleeva, A. S. Kuznetsova.* Development of a finite element model for calculation of the thermal field of coil rolled products in the thermomechanical process. .... 55

**Coating and corrosion protection**

- D. D. Fazullin, G. V. Mavrin, L. I. Fazullina, I. G. Shaikhiev, N. M. Lyadov.* Vegetable-based steel corrosion inhibitors for the protection of oilfield equipment .....61

**Welding and surfacing**

- M. A. Sheksheev, S. V. Mikhailitsyn, A. B. Sychkov, A. N. Emelyushin.* Investigation of the effect of the slag system of coated electrodes on the efficiency of metal inoculation of a welding bath of low-carbon steel .....68

**Mechanical Engineering Technologies**

- A. N. Malyshev, S. A. Bysov, V. D. Kukhar, Yu. V. Bessmertnaya.* Experimental study of drawing steel square boxes according to the circle-square scheme in radial and conical matrices .....74

**Technological measurements**

- A. D. Gusev, I. V. Tikhonova, Ya. A. Stakhanova.* Application of neural networks for prediction of changes in microhardness in the heat-affected zone of carbon and low-alloy steel sheets after laser cutting .....79