

# ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издательский дом  
«Руда и Металлы»

№ 7 (1087), июль 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» № 7 (1087), июль 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: 05.08.2022. 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

### Производство чугуна

- Д. В. Федоренко, А. А. Воротынцев, Э. М. Щеглов, Д. П. Холодный.* Горячий ремонт футеровки доменной печи для снижения ее углеродного следа . . . . . 4

### Литейное производство

- И. Е. Илларионов, А. В. Королев, И. А. Стрельников, Л. А. Иванова.* Алюмодипина-конборатфосфатные формовочные и стержневые смеси для стального и чугунного литья . . . . . 10

### Прокатка и другие процессы ОМД

- Д. Л. Шварц, А. М. Михайленко, Е. И. Салихянова.* Оптимизация калибровок валков для прокатки швеллеров. Сообщение 3. Пространство схем швеллерных калибровок . . . . . 16
- С. М. Головизнин, В. А. Харитонов.* Влияние динамической неоднородности напряженно-деформированного состояния на режимы волочения проволоки в монолитной конической волоке . . . 22

### 20 лет Выксунскому филиалу НИТУ «МИСиС»

- Е. Л. Ворожева, Д. В. Кудашов, А. А. Хлыбов, К. С. Сметанин.* Особенности формирования структуры тонких слэбов, разлитых с разными скоростями, их влияние на структуру и свойства горячекатаного проката . . . . . 27
- С. В. Жарков, П. П. Степанов, О. А. Багмет, Л. И. Эфрон.* Влияние условий охлаждения на микроструктуру и ударную вязкость сварных соединений, выполненных автоматической многодуговой сваркой под флюсом . . . . . 35
- М. А. Товмасын, С. В. Самусев, Н. В. Холодова, И. В. Мялкин.* Исследование процесса экспандирования с учетом контактного взаимодействия деформирующего инструмента и трубы . . . . . 42
- А. В. Король, А. С. Алещенко, А. Р. Шапилов, А. В. Гончарук.* Моделирование операции двухвалковой винтовой прошивки сталей типа 13Cr . . . . . 47

### Производство труб

- А. В. Выдрин, А. С. Жуков, Д. Ю. Звонарев, М. А. Павлова.* Повышение трещиностойкости при прессовании труб из стали 08X13H4M1Ф . . . . . 53

### Нагрев и термообработка

- С. М. Кулаков, А. И. Мусатова, Н. В. Мартюшев, А. И. Карлина.* Ситуационная оптимизация работы термического отделения с учетом нестабильности поступления заказов . . . . . 58

### Металловедение и металлография

- В. Г. Шибаков, Д. Л. Панкратов, А. М. Валиев, Р. В. Шибаков.* Исследование формирования служебных свойств деталей, изготовленных из поковок микролегированных сталей после контролируемого охлаждения с температур штамповки . . . . . 64

### Энергетика

- А. А. Николаев, Г. П. Корнилов, П. Г. Тулугов, С. С. Рыжевол.* Диагностика стадии плавления шихты по высшим гармоникам токов и напряжений дуг для дуговых сталеплавильных печей и установок ковш-печь различного класса. . . . . 71

### Конференции и выставки

- А. Е. Семин, К. Л. Косырев, М. А. Бараненко.* Международный форум «Диалог металлургов: прогноз развития отрасли до 2030 года» . . . . . 79

**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 (2021)**

**(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 Tsurulnikov, 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 Tsurulnikov  
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; tsurulnikov@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****Production of cast iron**

- D. V. Fedorenko, A. A. Vorotyntsev, E. M. Shcheglov, A. N. Sankin.* Hot repair of blast furnace lining – a way to reduce its carbon footprint .....4

**Foundry production**

- I. E. Illarionov, A. V. Korolev, I. A. Strelnikov, L. A. Ivanova.* Aluminodipine conborate phosphate molding and core mixtures for steel and iron castings.....10

**Rolling and other processes of OMD**

- D. L. Schwartz, A. M. Mikhailenko, E. I. Salikhianova.* Optimization of roll calibrations for channel rolling. Message 3. The space of channel calibration schemes.....16
- S. M. Goloviznin, V. A. Kharitonov.* Influence of dynamic inhomogeneity of the stress-strain state on the modes of wire drawing in a monolithic conical die .....22

**20 years of the Vyksa branch of NUST MISIS**

- E. L. Vorozheva, D. V. Kudashov, A. A. Khlybov, K. S. Smetanin.* Features of formation of the structure of thin slabs cast at different speeds, their influence on the structure and properties of hot-rolled steel.....27
- S. V. Zharkov, P. P. Stepanov, O. A. Bagmet, L. I. Efron.* Influence of cooling conditions on the microstructure and impact strength of welded joints made by automatic submerged multi-arc welding .....35
- M. A. Tovmasyan, S. V. Samusev, N. V. Kholodova, I. V. Myalkin.* Study of the expansion process taking into account the contact interaction of the deforming tool and pipe.....42
- A. V. Korol, A. S. Aleshchenko, A. R. Shamilov, A. V. Goncharuk.* Simulation of the operation of two-roll screw piercing of steels of the 13Cr type .....47

**Production of pipes**

- A. V. Vydrin, A. S. Zhukov, D. Yu. Zvonarev, M. A. Pavlova.* Increasing the crack resistance when pressing pipes made of 08Kh13N4M1F steel .....53

**Heating and heat treatment**

- S. M. Kulakov, A. I. Musatova, N. V. Martyushev, A. I. Karlina.* Situational optimization of the work of the thermal department, taking into account the ordering instability .....58

**Metallurgy and metallography**

- V. G. Shibakov, D. L. Pankratov, A. M. Valiev, R. V. Shibakov.* Investigation of the formation of service properties of parts made from forgings of microalloyed steels after controlled cooling from stamping temperatures.....64

**Power engineering**

- A. A. Nikolaev, G. P. Kornilov, P. G. Tulupov, S. S. Ryzhevol.* Diagnostics of the charge melting stage by arc current and voltage higher harmonics for EAF and LF of various classes .....71