

<b>Черные металлы</b>	Издательский дом «Руда и Металлы»
<b>№ 3 (1071), март 2021 г.</b>	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  
Журнала «Stahl und Eisen»

Официальный информационный орган  
Федерального УМО  
«Технологии материалов»

#### Редакционный совет:

Председатель редакционного совета: О. Н. Сосковец  
Главный редактор: В. М. Колокольцев  
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), В. Я. Дашевский,  
Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, В. П. Иващенко (Украина), И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков,  
А. П. Коликов, А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев, И. О. Леушин, В. А. Луценко (Украина), 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  
Редактор Г. Е. Форысенкова

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: chermet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru  
www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал  
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения  
«Черные металлы» № 3 (1071) март 2021 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 «Канцлер»  
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16. стр. 66А.  
Тел. (4852) 58-76-33.

Дата выхода в свет: 31.03.2021. Формат 60×90/8.  
Печ. л. 9,5. Офсетная печать. Бумага офсетная.  
Тираж 1000 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

Подписной индекс:  
12985 («Пресса России»)



## СОДЕРЖАНИЕ

### Обогащение руд

<i>М. Р. Коневский, П. В. Ковалев, С. В. Рябошук, А. А. Кур.</i> К вопросу комплексной переработки фосфористых железных руд . . . . .	4
---	---

### Производство стали и непрерывная разливка

<i>В. В. Науменко, Е. С. Мурсенков, А. В. Мунтин.</i> Разработка технологии производства сталей класса прочности K52 с пониженным содержанием хрома с требованиями по хладостойкости и коррозионной стойкости в условиях литейно-прокатного комплекса . . . . .	10
<i>К. В. Лицин, Д. М. Утямишев.</i> Бездатчиковый электропривод системы подачи смеси в кристаллизатор установки непрерывной разливки стали . . . . .	16

### Прокатка и другие процессы ОМД

<i>В. Н. Шинкин.</i> Момент при упругопластическом изгибе стального листа. Часть 1. Параболическое приближение зоны упрочнения стали . . . . .	22
<i>В. А. Харитонов, М. Ю. Усанов.</i> Оценка эффективности способов волочения круглой проволоки больших диаметров . . . . .	28
<i>В. Г. Шibaков, Д. Л. Панкратов, Р. В. Шibaков, Р. С. Низамов.</i> Корректировка параметров прецизионной штамповки шестерен по результатам моделирования физических процессов при их химико-термической обработке . . . . .	34

### Металловедение и металлография

<i>Ю. Б. Сазонов, А. А. Комиссаров, Д. Ю. Ожерелков, Д. В. Тен.</i> Влияние внутренних напряжений в стали как фактора коррозионного растрескивания и разрушения бурильных труб при их эксплуатации . . . . .	39
--	----

### Рециклинг и экология

<i>В. В. Максarov, А. Д. Халимоненко, Ю. Олт.</i> Повышение эффективности вторичной переработки металлов в металлургическом производстве. . . . .	45
<i>И. В. Буторина, М. В. Буторина.</i> Расчет углеродного показателя производства стального проката . . . . .	53
<i>С. А. Бахарев.</i> О возможности использования комплексного акустического метода водоотведения в черной металлургии. . . . .	60
<i>С. В. Подкур, Г. И. Котельников, А. В. Павлов, Д. А. Мовенко.</i> Выход годной стали на металлургических заводах мира в зависимости от крупнодисперсных осадков . . . . .	66

### Из истории металлургии

<i>Вас. В. Запарий, В. В. Запарий.</i> Отраслевая наука танкопрома в годы войны и ее вклад в решение задач инженерно-технической оптимизации броневоего производства в 1941–1945 гг. Часть 2. . . . .	74
---	----

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 (2019) (по версии SCIMAGO)

# "CHERNYE METALLY"/"FERROUS METALS" 3 (1071)-2021

Monthly scientific-technical journal on the actual problems of metallurgy and machine-building

## 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
- "Stahl und Eisen" journal

## Editorial Board

Chairman of Editorial Board: Oleg Soskovets  
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, Viktor Dashevsky, Dmitry Elansky, Sergey Galkin, Evgeny Goly-Oglu (Denmark), Yakov Gordon (Canada), Ilya Illarionov, Valery Ivashchenko (Ukraine), Ludmila Kaputkina, Alexandr Kazakov, Alexandr Kolikov, Alexey Korchunov, Alexey Kushnarev, Igor Leushin, Vladislav Lutsenko (Ukraine), 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: Galina Forsyenkova

## 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: chermet@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

### MINERAL PROCESSING

- M. R. Konevsky, P. V. Kovalev, S. V. Ryaboshuk, A. A. Kur.** On the issue of complex processing of phosphorous iron ores ..... 4

### STEEL MAKING AND CONTINUOUS CASTING

- V. V. Naumenko, E. S. Mursenkov, A. V. Muntin.** Development of technology for production of K52 strength class steels with low chromium content, cold and corrosion resistant in conditions of the casting and rolling complex ..... 10
- K. V. Litsin, D. M. Utyamishchev.** Sensorless electric drive of the mixture supply system in the mold of the continuous steel casting installation ..... 16

### ROLLING AND OTHER METAL FORMING PROCESSES

- V. N. Shinkin.** Moment at elastic-plastic bending of steel sheet. Part 1. Parabolic approximation of steel's hardening zone ..... 22
- V. A. Kharitonov, M. Yu. Usanov.** Evaluation of efficiency of methods for drawing round wire with large diameters ..... 28
- V. G. Shibakov, D. L. Pankratov, R. V. Shibakov, R. S. Nizamov.** Adjustment of parameters of precision stamping of gear wheels on results of modeling of physical processes at their chemical and thermal processing ..... 34

### METAL SCIENCE AND METALLOGRAPHY

- Yu. B. Sazonov, A. A. Komissarov, D. Yu. Ozherelkov, D. V. Ten.** Influence of internal stresses in steel as a factor of corrosion cracking and destruction of drill pipes during their operation ..... 39

### RECYCLING AND ECOLOGY

- V. V. Maksarov, A. D. Khalimonenko, Yu. Olt.** Improvement of efficiency of metal recycling in metallurgical production ..... 45
- I. V. Butorina, M. V. Butorina.** Calculation of the carbon index of steel rolled products ..... 53
- S. A. Bakharev.** On the possibility of using a complex acoustic method for drainage in ferrous metallurgy ..... 60
- S. V. Podkur, G. I. Kotelnikov, A. V. Pavlov, D. A. Movenko.** Yield of good steel at metallurgical plants of the world depending on large-dispersed precipitation ..... 66

### METALLURGICAL HISTORY

- Vas. V. Zapariy, V. V. Zapariy.** Industrial science of the tank industry during the Great Patriotic War: contribution to solving problems of engineering and technical optimization of armored production in 1941–1945. Part 2 ..... 74