

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

№ 4 (51) 2024

Журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (Перечень ВАК), по специальностям: 2.6.2 Metallurgy черных, цветных и редких металлов; 2.6.3 Литейное производство; 2.6.4 Обработка металлов давлением. Сведения о журнале содержатся в базе данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Редакционный совет

Председатель ред. совета:

В.А. Бигеев – проф., д-р техн. наук,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Члены ред. совета:

С.В. Денисов – д-р техн. наук, проф.,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

А.Н. Емелюшин – д-р техн. наук, проф.,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

И.Е. Илларионов – д-р техн. наук, проф.,
ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»

А.А. Казаков – д-р техн. наук, проф.,
ФГАОУ ВО «СПбПУ»

В.М. Колокольцев – президент
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
д-р техн. наук, проф.

З. Конопка – д-р техн. наук, проф.,
Ченстоховский технологический
университет, Польша

О. Островский – д-р техн. наук, проф.,
UNSW, Австралия

А.М. Песин – д-р техн. наук, проф.,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

М. Дабала – д-р техн. наук, проф.,
Университет Падуи, Италия

П. Тандон – д-р техн. наук, профессор
и руководитель машиностроения, Индийский
институт информационных технологий, дизайна
и производства PDPM, Джабалпур, Индия

Р.П. Кардосо – д-р техн. наук, проф.,
Федеральный университет Санта-Катарины,
Бразилия

Е. В. Агеев – д-р техн. наук, проф.,
Юго-Западный государственный университет

В.Б. Деев – д-р техн. наук, проф.,
НИТУ МИСиС, Москва, Россия

А.А. Попов – д-р техн. наук, проф.,
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»

В.М. Салганик – д-р техн. наук, проф.,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

О.Ю. Шешуков – д-р техн. наук, проф.,
ГУ ИМетРАН, ФГАОУ ВО «УрФУ имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Главный редактор:

А.С. Савинов – директор института
металлургии, машиностроения
и материалообработки, д-р техн. наук,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Научный редактор:

Н.Ш. Тютеряков – канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Технический редактор:

Ю.А. Извеков – проф., канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

К.И. Рудь

Дизайнер:

Е.О. Харченко

© ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2024

Учредитель – Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
(455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д.38).
16+, в соответствии с Федеральным законом № 436-ФЗ от 29.12.10.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС 77-74213 от 02.11.2018 г. Выдано Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, ауд. 315

Тел.: (3519) 29-84-64.

E-mail: TTaPEoMP@magtu.ru; ttmp@magtu.ru

Адрес типографии:

455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск,
пр. Ленина, 38, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
участок оперативной полиграфии

Адрес издателя:

455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск,

пр. К. Маркса, 45/2,

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», издательский центр

Выход в свет 24.12.2024. Заказ 342. Тираж 500 экз.

Цена свободная.

THE THEORY AND PROCESS ENGINEERING OF METALLURGICAL PRODUCTION

No. 4 (51) 2024

The Journal is included in the List of Russian Peer-Reviewed Scientific Journals which are supposed to publish the major results of doctoral and PhD dissertations. Information about the journals can be found into databases of the Russian Science Citation Index (RSCI)

Editorial Board Members

Chairman:

V.A. Bigeev – D. Sc., Professor,
Nosov Magnitogorsk State Technical University

Honorary Board Members:

S.V. Denisov – D.Sc., Professor,
Nosov Magnitogorsk State Technical University

A.N. Emelyushin – D.Sc., Professor,
Nosov Magnitogorsk State Technical University

I.Y. Illarionov – D.Sc., Professor,
Chuvash State University

A.A. Kazakov – D.Sc., Associate Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

V.M. Kolokoltsev – D. Sc., Professor,
President of Nosov Magnitogorsk State Technical
University

Z. Konopka – D.Sc., Professor,
Czestochowa University of Technology, Poland

O. Ostrovski – D.Sc., Professor,
University of New South Wales, Australia

A.M. Pesin – D. Sc., Professor,
Nosov Magnitogorsk State Technical University

M. Dabala – D.Sc., Professor, University of Padova,
Italy

P. Tandon – D. Sc., Professor & Head of Mechanical
Engineering, PDPM Indian Institute of Information
Technology, Design and Manufacturing, Jabal-
pur, India

R.P. Cardoso – D. Sc., Professor,

Federal University of Santa Catarina, Brazil

E.V. Ageev – D.Sc., Professor, Southwest State University

V.B. Deev – D. Sc., Professor, MISiS, Moscow, Russia

A.A. Popov – D.Sc., Professor,
Institution of Higher Professional Education «Ural Federal
University named after the first President of Russia
B.N.Yeltsin»

V.M. Salganik – D. Sc., Professor,
Nosov Magnitogorsk State Technical University

O. Ju. Sheshukov – D.Sc., Professor,
alloys Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Professional Education
«Ural Federal University named after the first President
of Russia B.N.Yeltsin»

Editor-in-Chief:

A.S. Savinov – Director of Metallurgy Mechanical
Engineering and Materials Processing Institute D.Sc., Nosov
Magnitogorsk State Technical University

Scientific Editor:

N.S. Tyteriakov – Ph.D., Nosov Magnitogorsk State
Technical University

Technical Editor:

Y.A. Izvekov – Professor, Ph.D., Nosov Magnitogorsk
State Technical University

K.I. Rud

Designer:

E.O. Harchenko

© FSBEI of HE “Nosov Magnitogorsk State Technical University”, 2024

Founder – Nosov Magnitogorsk State Technical University
(38, pr. Lenina, Magnitogorsk 455000, Chelyabinsk Region)

16+ in accordance with Federal Law #436-FZ dated 29.12.10

Registration certificate PI # FS 77-74213 dated November 02, 2018 is issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media

Editorship address:

315, 38, pr. Lenina, city of Magnitogorsk 455000, Russia
Tel.: +7 (3519) 29-84-64.

E-mail: TTAPEoMP@magtu.ru; ttmp@magtu.ru

Printing office:

38 Lenin prospekt, Magnitogorsk, Chelyabinsk region,
455000, Russia
Nosov Magnitogorsk State Technical University

Editorial office:

45/2 Karla Marksa prospekt, Magnitogorsk, Chelyabinsk region,
455000, Russia
Nosov Magnitogorsk State Technical University

Publication date 24.12.2024. Order 342. Circulation: 500.
Open price.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ.....	4
Харченко А.С., Юдина С.В., Сибегатуллин С.К., Свечникова Н.Ю., Юдин Д.В., Кургузов К.В., Павлов А.В. ВЛИЯНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ КРУПНОСТИ КОКСА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ, ОСНАЩЕННОЙ ЛОТКОВЫМ ЗАГРУЗОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ, В УСЛОВИЯХ ПАО «ММК».....	4
Малютин Н.С., Столяров А.М., Юдин Д.В. КОВШЕВАЯ ОБРАБОТКА ТРУБНОЙ СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ K60.....	9
Ровин С.Л., Гараев Р.С., Каримов А.М., Фозилов Б.Р. РЕЦИКЛИНГ АСПИРАЦИОННОЙ ПЫЛИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАНГАНЦА.....	13
Бывальцев А.В., Войлошников Г.И., Хмельницкая О.Д., Богородский Е.В. ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛИСТЫХ СОРЕДИОННОАКТИВНЫХ ЗОЛОТЫХ РУД.....	18
Дзюба А.В., Савинов А.С., Харченко А.С., Сибегатуллин С.К., Сысоев В.И., Харченко Е.О., Павлов А.В. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМАСЛЕННОЙ ОКАЛИНЫ, УПАКОВАННОЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КОНТЕЙНЕР, ПРИ ДВИЖЕНИИ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ОТ КОЛОШНИКА К ГОРНУ.....	24
Гаврилова Т.О. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	30
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО.....	34
Юмабаев А.А., Савинов А.С., Феоктистов Н.А., Скрипкин Е.В., Троянов А.В., Чернов В.П., Дубровин В.К. ОЦЕНКА ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ В ЛИТЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКАХ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....	34
Леушин И.О., Коровин В.А., Гарченко А.А., Рябова Л.И. О ДЕГРАДАЦИИ СТРУКТУРЫ, СВОЙСТВ И РАЗРУШЕНИИ МАТЕРИАЛА ИЗЛОЖНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	40
ОБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	49
Андросенко М.В., Савельева И.А., Москвина Е.А., Куликов С.С., Новиков В.И., Емельюшин А.Н., Дубровин В.К. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ НАГРЕТОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИМ КОВОЧНЫМ КОЛОННЫМ ПРЕССОМ.....	49
ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ПРОИЗВОДСТВУ.....	56
Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Шувалова М.М., Репина А.А., Лизогуб В.А., Шибаева А.С., Рахматуллина А.А. ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ПРОИЗВОДСТВУ.....	56

CONTENTS

METALLURGY OF BLACK, COLOR AND RARE METALS.....	4
Kharchenko A.S., Yudina S.V., Sibagatullin S.K., Svechnikova N.Yu., Yudin D.V., Kurguzov K.V., Pavlov A.V. THE EFFECT OF EQUIVALENT COKE SIZE ON THE PERFORMANCE OF A BLAST FURNACE EQUIPPED WITH A TRAY LOADING DEVICE IN THE CONDITIONS OF PJSC MMK.....	4
Malyutin N.S., Stolyarov A.M., Yudin D.V. LADLE TREATMENT OF PIPE STEEL OF STRENGTH CLASS K60.....	9
Rovin S.L., Garayev R.S., Karimov A.M., Fozilov B.R. RECYCLING OF ASPIRATION DUST OF ELECTRIC ARC MELTING OF FERROSILICON MANGANESE..... Ошибка! Закладка не определена.	
Byvaltsev A.V., Voiloshnikov G.I., Khmel'nitskaya O.D., Bogorodskiy E.V. PROBLEMS OF PROCESSING CARBONACEOUS SORPTION-ACTIVE GOLD ORES.....	18
Dzyuba A.V., Savinov A.S., Kharchenko A.S., Sibagatullin S.K., Sysoev V.I., Kharchenko E.O., Pavlov A.V. FORECASTING THE TEMPERATURE OF OILED SCALE PACKED IN A METAL CONTAINER WHEN MOVING IN A BLAST FURNACE FROM THE BLAST-FURNACE MOUTH TO THE IRON RECEIVER.....	28
Gavrilova T.O. FEATURES OF THE APPLICATION OF ADDITIVA TECHNOLOGIES IN METALLURGY.....	33
FOUNDRY.....	34
Yumabayev A.A., Savinov A.S., Feoktistov N.A., Skripkin E.V., Troyanov A.V., Chernov V.P., Dubrovin V.K. EVALUATION OF THE TEMPERATURE GRADIENT IN CAST ROLLING ROLLS DURING HEAT TREATMENT.....	34
Leushin I.O., Korovin V.A., Garchenko A.A., Ryabova L.I. ON DEGRADATION OF STRUCTURE, PROPERTIES AND DESTRUCTION OF MOLD MATERIAL DURING OPERATION.....	40
METALLURGICAL PRODUCTION EQUIPMENT.....	49
Androsenko M.V., Savelyeva I.A., Moskvina E.A., Kulikov S.S., Novikov V.I., Emelyushin A.N., Dubrovin V.K. INVESTIGATION OF NON-STATIONARY HEAT TRANSFER BETWEEN A HEATED WORKPIECE AND A HYDRAULIC FORGING COLUMN PRESS.....	49
PREPARATION OF RAW MATERIALS FOR METALLURGICAL PRODUCTION.....	56
Mullina E.R., Mishurina O.A., Shuvalova M.M., Repina A.A., Lizogub V.A., Shibaeva A.S., Rakhmatullina A.A. CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF RAW MATERIAL PREPARATION FOR METALLURGICAL PRODUCTION.....	56