

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Бюллетень научно-технической и экономической информации

**09–11
июня 2020**

Москва
ЦВК «Экспоцентр»
Павильон 8

www.mc-expo.ru



АРСС



При поддержке:

Ассоциация развития
стального строительства

Российский союз
поставщиков
металлопродукции

5-я Международная
специализированная выставка

Металло Конструкции 2020

Место проведения:



Генеральный
информационный партнер:



Ferrous Metallurgy

Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information

Редактор – Смильтина В.В.
Ведущие редакторы разделов – Бухова Л.М., Зиновьева Н.Г.
Корректор – Власова Н.А.
Компьютерная верстка – Яшина Н.Н., Галахова А.Г.

Контакты по вопросам подписки, публикации статей и рекламы: Бессонов Анатолий Васильевич +7(495) 7 19–07–38; +7–903–513–56–39
bessonov@chermetinfo.com

Контакты по вопросам доставки: +7(499) 124-49-09 Бухова Людмила Михайловна

*Издатель - ОАО «Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований черной металлургии»*

117218, Москва, ул. Крижжановского, д. 14, корп. 3, ОАО «Черметинформация»

Тел: (495) 718-07-10, 719-07-92, Факс: (499) 125-78-44 E-mail: main@chermetinfo.com Адрес сайта: www.chermetinfo.com

ОАО «Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований черной металлургии»

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

Журнал включен в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия
Регистрационный номер ПИ № 77-18479

Издается с 1944 года, ежемесячно

Том 76, № 1

2020

Москва,
ОАО «Черметинформация»

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - СМЕРНОВ Л.А., академик РАН (Российская академия наук, ОАО "Уральский институт металлов", Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)

Зам. главного редактора - БЕССОНОВ А.В., канд. экон. наук (ОАО "Черметинформация", г. Москва)

Зам. главного редактора - КУРГАНОВ В.А., д-р техн. наук (ОАО "Черметинформация", г. Москва)

АГАПИТОВ Е.Б., д-р техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

АКСЕЛЬБРОД Л.М., канд. техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", г. Москва)

БАБИЧ А.И., д-р техн. наук (университет Ахена, Германия)

БЕЛОВ В.К., канд. физ.-мат. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

БРОДОВ А.А., канд. экон. наук (ФГУП "ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина", г. Москва)

БЫХОВСКИЙ Л.З., д-р техн. наук (ФГБУ ВИМС, г. Москва)

ВЕДЕНЕЕВ А.В., канд. техн. наук (ОАО "Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга "Белорусская металлургическая компания", г. Жлобин, Республика Беларусь)

ГАРБЕР Э.А., д-р техн. наук (Череповецкий государственный университет, г. Череповец)

ГОРДОН Я.М., д-р техн. наук (фирма Хатч, г. Торонто, Канада)

ДЕНИСОВ С.В., д-р техн. наук (ОАО ММК, г. Магнитогорск)

ДМИТРИЕВ А.Н., д-р техн. наук (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)

ЗОЛОТУХИН Ю.А., канд. техн. наук (АО ВУХИН, г. Екатеринбург)

ИБРАЕВ И.К., д-р техн. наук (Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан)

КАЛИАКПАРОВ А.Г., д-р техн. наук (ТОО "Научно-исследовательский центр ERG", г. Аксу, Республика Казахстан)

КОВАЛЕК АННА, канд. техн. наук (Ченстоховский технологический университет, г. Ченстохова, Польша)

КОЗЫРЕВ Н.А., д-р техн. наук (Сибирский государственный университет, г. Новокузнецк)

КОСМАЦКИЙ Я.И., канд. техн. наук (ОАО "Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности", г. Челябинск)

ЛЯШЕНКО В.И., канд. техн. наук (ГП "УкрНИПИИ-промтехнологии", Украина)

ОРЛОВ Г.А., д-р техн. наук (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

ПРОТАСОВ А.В., канд. техн. наук (АО АХК ВНИИ-МЕТМАШ г. Москва)

СМЕРНОВ А.Н., д-р техн. наук (Физико-технологический институт металлов и сплавов НАНУ, г. Киев, Украина)

СТОЛЯРОВ А.М., д-р техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

СТРАХОВ В.М., канд. техн. наук (АО ВУХИН, г. Екатеринбург)

ТАНДОН ПУНИТ, д-р философии (технические науки) (Индийский институт информационных технологий, проектирования и производства, Индия, г. Джабалпур)

ФИЛИППОВ Г.А., д-р техн. наук (ФГУП "ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина", г. Москва)

ФРОЛОВ Ю.А., д-р техн. наук (ООО НПП "Уралэлектра", г. Екатеринбург)

ХАРИТОНОВ В.А., канд. техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

ЧИЖИКОВА В.М., д-р техн. наук (ООО "Управляющая компания "Румелко", г. Москва)

ЧИЧКО А.Н., д-р техн. наук (Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь)

ШЕШУКОВ О.Ю., д-р техн. наук (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

Ю ХАЙЛЯНГ, д-р философии (технические науки) (Колледж механики и электротехники Центрального Южного университета, г. Чанши, Китай)

Учредитель: Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии

Адрес редакции:

117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 14, корп. 3

Тел.: +7 (495) 718-07-10, +7(495) 719-07-38

Тел./факс: +7 (499) 125-78-44

e-mail: main@chermetinfo.com, bessonov@chermetinfo.com

<https://chermetinfo.elpub.ru/jour>

FERROUS METALLURGY

BULLETIN of Scientific, Technical and Economic Information

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief - SMIRNOV L.A., *Academician of RAS (Russian Academy of Sciences, OJSC "Ural'sky Institute of Metals", Institute of Metallurgy Ural Branch of RAS, Ekaterinburg)*

Deputy Editor-in-Chief - BESSONOV A.V., *PhD (Econ) (OJSC "Chermetinformatsia", Moscow)*

Deputy Editor-in-Chief - KURGANOV B.A., *HD (Tech) (OJSC "Chermetinformatsia", Moscow)*

AGAPITOV E.B., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

AKSELROD L.M., *PhD (Tech) (National Research technological University "MISiS", Moscow)*

BABICH A.I., *HD (Tech) (Aachen University, Germany)*

BELOV V.K., *PhD (Phys and Mathematic) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

BRODOV A.A., *PhD (Econ) (FGUP "CNIChermet after I.P. Bardin", Moscow)*

BYKHOVSKY L.Z., *HD (Geo and Mineral) (FGBU VIMS, Moscow)*

VEDENEEV A.V., *PhD (Tech) (OJSC "Balarus' steel-works – Managing company of Holding "Belarus' metallurgical company", Zhlobin, Balarus')*

GARBER E.A., *HD (Tech) (Cherepovets State University, Cherepovets)*

GORDON Ya.M., *HD (Tech) (Hutch, Toronto, Canada)*

DENISOV S.V., *HD (Tech) (OJSC MMK, Magnitogorsk)*

DMITRIEV A.N., *HD (Tech) (Institute of Metallurgy Ural branch of RAS, Ekaterinburg)*

ZOLOTUKHIN Yu.A., *PhD (Tech) (JSC VUKHIN, Ekaterinburg)*

IBRAEV I.K., *HD (Tech) (Eurasia National University after L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan)*

KALIAKPAROV A.G., *HD (Tech) (Research and Development Center ERG, Ltd, Aksu, Republic of Kazakhstan)*

KAWALEK ANNA, *PhD (Tech.) (Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)*

KOZYREV N.A., *HD (Tech) (Siberian State University, Novokuznetsk)*

KOSMATSKY Ya.I., *PhD (Tech) (OJSC "Russia Research and development Institute of Pipe Industry", Chelyabinsk)*

LYASHENKO V.I., *PhD (Tech) (GP "UkrNIPiIpromtehnologii", Ukraine)*

ORLOV G.A., *HD (Tech) (Ural Federal University after the First President of Russia B.N. El'tsin, Ekaterinburg)*

PROTASOV A.V., *PhD (Tech) (JSC AKhK BNIIMET-MASH, Moscow)*

SMIRNOV A.N., *HD (Tech) (Physico-Technology Institute of Metals and Alloys of NANU, Kiev, Ukraine)*

STOLYAROV A.M., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

STRAKHOV Yu.A., *PhD (Tech) (JSC VUKHIN, Ekaterinburg)*

TANDON PUNET, *PhD (Indian Institute of Information Technology, Design and Manufacturing, Jabalpur, India)*

FILIPPOV G.A., *HD (Tech) (FGUP "CNIChermet after I.P. Bardin", Moscow)*

FROLOV Yu.A., *HD (Tech) (OJSC NPP "Uralelectra", Ekaterinburg)*

KHARITONOV V.A., *PhD (Tech) (Magnitogorsk State Technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

CHIZHIKOVA V.M., *HD (Tech) (OJSC "Managing Company "Rumelco", Moscow)*

CHICHKO A.N., *HD (Tech) (Institute of Heat- and Mass Exchange after A.V. Lykov NAN of Balarus', Minsk, Balarus')*

SHESHUKOV O.Yu., *HD (Tech) (Ural Federal University after the First President of Russia B.N. El'tsin, Ekaterinburg)*

STOLYAROV A.M., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

YU HAILIANG, *PhD (Tech.) (College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha, China)*

Founders: Central Information and Techno-Economic Research Institute for Iron and Steel Industry

Editorial Addresses: 117218, Moscow, Krzhizhanovskogo str., 14, build. 3

Tel: +7 (495) 718-07-10, +7(495) 719-07-38

Tel/fax: +7(499)125-78-44

e-mail: main@chermetinfo.com, bessonov@chermetinfo.com

<https://chermetinfo.elpub.ru/jour>

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ.

Бюллетень научно-технической и экономической информации.
2020. Том 76. № 1

FERROUS METALLURGY.

Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information,
2020, Vol. 76, № 1

СОДЕРЖАНИЕ

Галевский Г.В., Руднева В.В. XXI Международная научно-практическая конференция “Металлургия: технологии, инновации, качество” 5

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

Горнорудное производство

Корнилов С.В., Дмитриев А.Н., Пелевин А.Е. Комплексное решение вопросов глубокой переработки титаномагнетитовых руд 12

Аглодоменное производство

Бабиш А., Хиппе Ф., Лин Р., Симоес Ж.-П., Зенк Д. Интенсификация газификации пылеугольного топлива в фурменной зоне путем использования коксового газа 19

Журавлев Ф.М., Чупринов Е.В., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова И.А. Вещественный состав и характеристики бентонитовых глин для использования в качестве связующего в производстве железорудных окатышей 30

Рогожников С.П., Рогожников И.С. Влияние водорода природного газа на изменение теплового и восстановительного процессов по радиусу доменной печи 41

Сталеплавильное производство

Столяров А.М., Потапова М.В., Кунакбаева А.Т. Исследование влияния температурно-скоростного режима на параметры вторичного охлаждения сортовой непрерывнолитой заготовки из автоматной стали 50

Прокатное производство

Кожеевников А.В. Влияние условий захвата и колебаний полосы на возникновение вибраций при холодной прокатке 54

Трубное производство

Рахманов С.Р., Белодеденко С.В., Поворотный В.В., Вышинский В.Т. Оценка надежности станины рабочей клетки автоматического стана ТПА 350 после длительной эксплуатации 59

Экология и ресурсосбережение

Чесноков Ю.А., Маршук Л.А., Танутров И.Н., Свиридова М.Н. Анализ технико-экономических показателей пирометаллургической схемы совместной переработки красных шламов и окалина 68

Модернизация оборудования и реконструкция заводов черной металлургии за рубежом 74

Новости зарубежной периодики 80

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ 82

Статистика 90

CONTENTS

Galevskii G.V., Rudneva V.V. The XXI international scientific and practical conference “Metallurgy: technologies, innovations, quality” 5

AT ENTERPRISES AND IN INSTITUTES

Ore-Mining Industry

Kornilov S.V., Dmitriev A.N., Pelevin A.E. Comprehensive solving tasks of deep processing of titanium-magnetite ores 12

Sintering and Blast Furnace Processes

Babich A., Hippe F., Lin R., Simoes J.-P., Senk D. Intensifying the PC conversion in the raceway by means of coke oven gas 19

Zhuravlev F.M., Chuprinov E.V., Lyalyuk V.P., Kassim D.A., Lyakhova I.A. Material composition and characteristics of bentonite clays used as a binder in the production of iron ore pellets 30

Rogozhnikov S.P., Rogozhnikov I.S. Effect of the natural gas hydrogen on variation of the heat and reducing processes along the blast furnace radius 41

Steelmaking

Stolyarov A.M., Potapova M.V., Kunakbaeva A.T. Investigation of the influence of temperature-speed mode on the parameters of secondary cooling of continuously casted billet from free-cutting steel 50

Rolling Mill Practice

Kozhevnikov A.V. Effect of gripping conditions and strip oscillations on vibrations originating at cold rolling 54

Production of Pipes and Tubes

Rachmanov S.R., Belodedenko S.V., Povorotnii V.V., Vyshinskii V.T. Estimation of reliability of the TPA 350 mill working stand housing after a long operation 59

Ecology and Resource-saving

Chesnokov Yu.A., Marshuk L.A., Tanutrov I.N., Sviridova M.N. Analysis of technical and economic indicators of the pyrometallurgical scheme co-processing of red mud and scale 68

Modernization of Equipment and Reconstruction of the Steel works abroad 74

News of the Foreign Periodicals 80

EXPRESS INFORMATION 82

Statistics 90

XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “МЕТАЛЛУРГИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО”

*Г. В. ГАЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, директор Института металлургии и материаловедения, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов и химической технологии, kafcmet@sibsiu.ru;
В. В. РУДНЕВА, д-р техн. наук, профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии (Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ), Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк)*

Аннотация. Представлены итоги XXI Международной научно-практической конференции “Металлургия: технологии, инновации, качество”, посвященной 90-летию СибГИУ, которая состоялась 23–24 октября 2019 г. на площадке СибГИУ (г. Новокузнецк). Работа конференции была организована в рамках пленарного заседания и заседаний следующих секций: фундаментальные исследования, теория, моделирование и технологии металлургических процессов; теория и технология обработки металлических материалов: литейное производство, обработка давлением, термическая обработка; теория и технология процессов сварки, порошковой металлургии и получения композиционных материалов и покрытий; тепло- и массоперенос в металлургических процессах и агрегатах; ресурсо- и энергосбережение, экология и утилизация отходов. В работе конференции приняли участие ученые-металлурги и специалисты, представляющие 80 образовательных и научных организаций, промышленных предприятий из 40 городов России, Китая, Японии, Великобритании, Германии, Бразилии, Австрии, Израиля, Польши, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана, Украины, Белоруссии, Латвии. В адрес организационного комитета конференции поступило 160 докладов. Приведен обзор докладов, посвященных решению научных и прикладных задач в области черной металлургии, вызвавших наибольший интерес участников конференции.

Ключевые слова: СибГИУ, международная научно-практическая конференция, черная металлургия, технологии, инновации, качество.

Ссылка для цитирования: Галевский Г.В., Руднева В.В. XXI Международная научно-практическая конференция “Металлургия: технологии, инновации, качество” // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 1. С. 5–11.

Doi: 10.32339/0135-5910-2020-1-5-11

THE XXI INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE “METALLURGY: TECHNOLOGIES, INNOVATIONS, QUALITY”

*G. V. GALEVSKII, HD (Tech.), Prof., Director of Institute of Metallurgy and Material Science, Head of Dpt., “Metallurgy of nonferrous metals and chemical technology”, kafcmet@sibsiu.ru;
V. V. RUDNEVA, HD (Tech.), Prof., Dpt. “Metallurgy of nonferrous metals and chemical technology” (Siberian State Industrial University (SibGIU), Russia, Kemerovo rgn., Novokuznetsk)*

Abstract. Results of the XXI International scientific and practical conference “Metallurgy: technologies, innovations, quality” presented, devoted to the 90-th anniversary of SibGIU, which took place on October 23–24, 2019, at the SibGIU site (Novokuznetsk). The work of the conference was organized in the frame of plenary session and sessions of the following sections: fundamental research; theory, simulation and technology of metallurgical processes; theory and technology of metal materials processing; foundry; metal forming; thermal treatment; theory and technology of welding processes; powder metallurgy and composition materials and coatings; heat- and mass-transfer in metallurgical processes and facilities; resources- and energy saving; ecology and wastes utilization. Scientists-metallurgists and specialists took part in the conference, representing 80 education and research organizations, industrial plants from 40 cities of Russia, China, Japan, Great Britain, Germany, Brazil, Austria, Israel, Poland, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Uzbekistan, Ukraine, Belarus, Latvia. 160 reports were received by the organization committee of the conference. The review of the reports, devoted to solving of scientific and application tasks in the area of ferrous metallurgy that arose the highest attention of the conference participants.

Key words: SibGIU, international scientific and practical conference, ferrous metallurgy, technologies, innovations, quality.

For citation: Galevskii G.V., Rudneva V.V. The XXI international scientific and practical conference “Metallurgy: technologies, innovations, quality”. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2020, vol. 76, no. 1, pp. 5–11. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2020-1-5-11

23–24 октября 2019 г. на площадке СибГИУ (г. Новокузнецк) состоялась XXI Международная научно-практическая конференция “Металлургия: технологии, инновации, качество”, посвященная 90-летию СМИ – СибГГМА – СибГИУ. Работа конференции была организована в рамках пленарного заседания и заседаний следующих секций:

- фундаментальные исследования, теория, моделирование и технологии металлургических процессов;
- теория и технология обработки металлических материалов: литейное производство, обработка давлением, термическая обработка;
- теория и технология процессов сварки, порошковой металлургии и получения композиционных материалов и покрытий;
- тепло- и массоперенос в металлургических процессах и агрегатах;
- ресурс- и энергосбережение, экология и утилизация отходов.

В работе конференции приняли участие ученые-металлурги и специалисты, представляющие 80 образовательных и научных организаций, промышленных предприятий из 40 городов России, Китая, Японии, Великобритании, Германии, Бразилии, Австрии, Израиля, Польши, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана, Украины, Белоруссии, Латвии. В адрес организационного комитета конференции поступило 160 докладов.

Конференцию открыл *д-р техн. наук, ректор СибГИУ Е.В. Протопопов*, председатель оргкомитета, огласивший приветствие участникам председателя Программного комитета академika РАН Л.А. Смирнова (г. Екатеринбург).

Ниже приведен обзор докладов, посвященных решению научных и прикладных задач в области черной металлургии, вызвавших наибольший интерес участников конференции.

Д-р техн. наук М.В. Темлянец (СибГИУ, Россия) представил научно-образовательный центр мирового уровня “Кузбасс” — один из пяти центров такого уровня, созданных в Пермском крае, Белгородской, Кемеровской, Нижегородской и Тюменской областях в 2019 г. на основании Постановления Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. № 537 “О мерах государственной поддержки научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции образовательных организаций высшего образования и научных организаций и их кооперации с организациями, действующими в реальном секторе экономики”.

Научно-образовательные центры представляют собой объединения потенциалов ведущих научных и образовательных организаций высшего образования с организациями реального сектора экономики, проводящие научные исследо-

вания и разработки мирового уровня, результатом которых является получение новых конкурентоспособных технологий и продуктов и их коммерциализация, осуществляющие подготовку кадров для решения крупных научно-технологических задач по приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации.

В Кузбассе, являющемся одним из центров угледобывающей и металлургической промышленности России, создан научно-образовательный центр, объединенный концептуальной идеей “Чистый уголь — зеленый Кузбасс”, включающий широкий спектр направлений, в числе которых — инновационные технологии добычи и глубокой переработки твердых полезных ископаемых, металлургия, машиностроение, экология, медицина, цифровизация и информационные технологии. Одним из флагманских проектов в области металлургии является проект “Рельсы 2,5” или “Высокоустойчивые рельсы”. Инициаторами проекта являются СибГИУ, ЦНИИ-Чермет им. И.П. Бардина (г. Москва), АО “ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат” (ЕВРАЗ ЗСМК). Основной целью проекта является создание мирового научно-технологического превосходства в производстве и эксплуатации рельсовой продукции различного назначения.

В мировой повестке проект имеет большое научно-практическое значение, направлен на создание железнодорожных рельсов с особыми эксплуатационными свойствами (повышенной хладостойкости, износостойкости, контактно-усталостной выносливости и др.), имеющих ресурс не менее 2,5 млрд т брутто пропущенного груза, и включает комплекс фундаментальных теоретических и прикладных исследований в области металлургии, материаловедения, трибологии, физики прочности, технологий и оборудования для производства рельсов и их обслуживания в пути.

Д-р техн. наук Г.В. Галевский (СибГИУ, Институт металлургии и материаловедения, Россия) охарактеризовал состояние и перспективы развития сибирского металлургического кластера России, основу которого составляет металлургия Кузбасса. В 2018 г. в промышленном секторе Кузбасса реализовалась следующая отраслевая структура (% от выручки ПС): угольная промышленность — 51,5; черная металлургия — 24,3; энергетика — 8,5; черная металлургия (лом и металлопереработка) — 4,1; химическая и нефтехимическая промышленность — 3,1; пищевая промышленность — 2,8; цветная металлургия — 2,3; промышленность строительных материалов и металлоконструкций — 2,0; машиностроение — 1,4. Металлургия, угледобыча и переработка обеспечивают общероссийские при-

оритеты Кемеровской области в производстве таких важнейших видов промышленной продукции, как трамвайные рельсы — 100 %, магистральные рельсы — 65 %, уголь и угольный концентрат — 58,5 %, ферросилиций — 52,6 %, прокат — 10,7 %, сталь — 9,9 %. Metallургический комплекс включает семь предприятий, географически размещенных в трех городах: Новокузнецк — АО ЕВРАЗ ЗСМК, АО “Кузнецкие ферросплавы”, АО “РУСАЛ Новокузнецкий алюминиевый завод”, ООО “Западно-Сибирский электрометаллургический завод”; Гурьевск — АО “Гурьевский металлургический завод”, Юрга — Юргинский ферросплавный завод — филиал АО “Кузнецкие ферросплавы”. Номенклатура металлопродукции включает чугун, сталь, все виды рельсов, прокат (строительный, шары, метизы), кремний-, марганецсодержащие ферросплавы, алюминий и алюминиевые сплавы. В 2019 г. прогнозируется производство, млн т: кокса — 3,5; чугуна — 6,0; стали — 7,5; строительного проката — 5,2; рельсов — 0,85; алюминия — 0,21; мелющих шаров — 0,4. Общая численность занятых на металлургических предприятиях — 29 тыс., что составляет 2 % трудоспособного населения Кузбасса, составляющего 1481 тыс. (55,4 % от общей численности населения Кузбасса).

Общее потребление электроэнергии металлургическими предприятиями составляет 10299 млн кВт·ч, или 28,51 % от общего потребления электроэнергии по Кузбассу. При этом потребление электроэнергии металлургическими предприятиями составляет, %: АО “РУСАЛ Новокузнецкий алюминиевый завод” — 9,97; АО ЕВРАЗ ЗСМК — 9,4; АО “Кузнецкие ферросплавы” — 9,0; АО “Гурьевский металлургический завод” — 0,14. В течение последних 15 лет на металлургических предприятиях реализованы разнопрофильные природоохранные программы, что привело к снижению выбросов в воздушный бассейн на 70 % и забора свежей воды до 7,2 % от объема воды оборотного повторно-последовательного водоснабжения, составляющего 1,97 млрд м³. Приоритетные направления модернизации и реконструкции металлургических предприятий включают совершенствование производства и сварки магистральных рельсов, освоение производства листовой металлопродукции на литейно-прокатном комплексе, производство длинномерных профилей волочением, переход на современную технологию электролизного производства алюминия, освоение технологий рециклинга алюминия и свинца.

Д-р экон. наук Л.Н. Шевелев (ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина, Россия) представил основные направления повышения энергоэффективности производства чугуна и стали в России, оценку экономической и энергетической эффективности реализации прорывных инновационных энерго-

сберегающих технологий в доменном и сталеплавленном производствах, инструменты стимулирования снижения выбросов парниковых газов. К приоритетам в реализации энергосберегающих технологий относятся рециклинг доменного газа (до газификации энергетических углей в газогенераторах), производство рудоугольных брикетов и использование в доменном и электросталеплавленном производствах (автоматические линии на фабрике брикетирования). В результате совокупной реализации этих технологий исключаются высокоуглеродистые переделы (окисленные окатыши, кокс, агломерат), а также осуществляется замена дорогих покупных ископаемых видов топлива (коксующихся углей, кокса, природного газа, покупной электроэнергии) собственным дешевым вторичным энергоресурсом (восстановительным газом CO + H₂). Прогнозные расчеты показывают, что переход на рудоугольные брикеты с рециклингом доменного газа и применение генераторного газа как аналога восстановительного газа обеспечивают снижение себестоимости жидкого чугуна на 30 % (за счет сокращения материальных и топливно-энергетических ресурсов), сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу на 60 %, вредных веществ — на 70 %.

Чжан Кэ (CINF-COMPANY, Китай) представил основные направления деятельности компании: геология, добыча и обогащение руды (в том числе технологии разработки глубоких шахт более 1000 м, ультрабольших рудных месторождений в условиях высокогорья и арктических районов, технология контактной колонно-надувной флотации и др.), оборудование и технологии плавки и рециклинга черных, цветных и рассеянных металлов, защита окружающей среды (профилактика загрязнения воды при освоении подземных рудников, очистка сточных вод от тяжелых металлов, фтора, для коммунального хозяйства), использование новых источников энергии, комплексное оборудование для автоматического управления (система измерения толщины футеровки, электронные датчики температуры и уровня жидкости, разнопрофильное лазерное оборудование и др.). В настоящее время компания занимается инженерным консультированием, проектированием, генеральным подрядом проектов, инженерными изысканиями и надзором, экологической и экономической оценкой, научными исследованиями и научно-технологическими разработками в Китае и 10 странах Европы и Азии.

Д-р техн. наук Н.А. Спирин (УрФУ, Россия) представил аналитическое сравнение схем теплообмена в доменной печи по мере совершенствования технологии доменной плавки. Подтверждено, что для исследования и оценки теплового состояния доменную печь как объект управления

целесообразно по-прежнему делить на две тепловые зоны, верхнюю и нижнюю, граница раздела между которыми располагается в верхней части области смешанного восстановления, между уровнем начала газификации углерода кокса и горизонтом, ниже которого оксиды восстанавливаются прямым путем. На основе экспериментальных и теоретических исследований показано, что описанная схема теплообмена и в современных условиях плавки различного вида железорудного сырья и использования комбинированного дутья высоких параметров является обязательным условием устойчивости хода доменного процесса и экономичности плавки. Любые изменения технологии современной доменной плавки не должны менять этой схемы.

Д-р техн. наук В.В. Лавров (УрФУ, Россия) представил возможности разработанной и внедренной в опытно-промышленную эксплуатацию АО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) модельной системы поддержки принятия решений (модель доменного процесса УрФУ–ММК) для диагностики работы и прогнозирования технологических ситуаций доменных печей. Основные модельные блоки позволяют выполнить: расчет материальных и тепловых балансов; моделирование теплового, шлакового и газодинамического режимов работы доменных печей; выбор состава доменной шихты, расчет зоны вязкопластичного состояния железорудных материалов и прогнозирование технологических ситуаций. Модельная система реализована в виде комплекса программных модулей и интегрирована в информационную систему АО ММК. Программный модуль «Зона вязкопластичного состояния железорудных материалов доменной печи» осуществляет модельный расчет комплекса параметров, характеризующих радиальную неравномерность на доменных печах. В модуль включен расчет температурных характеристик плавления железорудных материалов, используемых в плавке, что позволяет отображать вид и расположение зоны когезии в профиле рассматриваемой печи. Программный модуль «Шлаковый режим» позволяет определять важнейшие свойства шлакового расплава для реализации нормального шлакового режима плавки, обоснованно находить соотношение железорудных материалов, обеспечивающих получение надлежащих свойств шлака по вязкости и градиенту вязкости, и получать чугун требуемого качества по содержанию серы. Программный модуль «Газодинамика доменной плавки» осуществляет расчет и визуальное отображение газодинамических характеристик слоя шихтовых материалов, а также оценку изменения перепадов давления и степени уравнивания шихты в отдельных зонах печи в проектный период при изменении параметров загружаемой шихты. Мо-

дуль расчета материальных и теплового балансов плавки включает как выполнение общих общепризнанных балансов, так и расчеты балансов железа, серы, марганца, титана. Представлены некоторые результаты практического использования разработанной системы, а также приведены рекомендации по определенным аспектам решения технологических задач на основе применения модельной системы поддержки принятия решений.

Канд. техн. наук А.Н. Калиногорский (СибГИУ, Институт металлургии и материаловедения, Россия) представил результаты анализа современного состояния и направлений развития сталеплавильного производства.

Мировое производство стали, по данным World Steel Association, составляет 1808,6 млн т. При этом Китай с объемом производства 928,3 млн т остается лидером по выпуску стали. Индия занимает вторую позицию, увеличив производство на 4,9 %, до 106,5 млн т, и обогнав Японию, где производство снизилось на 0,3 %. США удерживают четвертую позицию — 86,7 млн т. Россия переместилась на шестую позицию после Южной Кореи с объемом выпуска 71,8 млн т, что составляет 4 % общемирового производства.

Производство стали в России кислородно-конвертерным способом немного снизилось и составило 64,1 %, а электростали — увеличилось до 33,7 %. С выводом мощностей на Выксунском металлургическом заводе выплавка мартеновской стали сократилась по итогам года до 2,2 %.

Неотъемлемыми составными элементами современной технологии выплавки стали в кислородных конвертерах являются: использование специальных конструкций дутьевых устройств; отсечка шлака во время выпуска; автоматизация процесса для обеспечения устойчивых результатов; система предотвращения выбросов для увеличения выхода годного, совершенствования управления технологическим процессом и обеспечения безопасности персонала.

Электropечь по мере развития технологий и оборудования постепенно превратилась в универсальный плавильный агрегат, оснащенный топливными горелками и фурмами для вдувания газа и пылеугольных материалов, кислородного дутья, донными устройствами для перемешивания, эркерным выпуском металла.

Развитие методов внепечной металлургии значительно изменило технологический процесс производства стали. Конвертер и электropечь превращаются в агрегаты для выплавки полупродукта. За ними в производственной цепочке стоят агрегаты внепечной обработки стали и машины непрерывного литья заготовок. Установки ковш-печь с вакуумированием наиболее многопрофильны в современных условиях, в них

можно проводить практически всю обработку стали, особенно если предусмотрена возможность скачивания шлака из ковша. Совершенствование установок внепечной металлургии направлено главным образом на интенсификацию перемешивания металла в ковше, что осуществляется за счет совершенствования оборудования для ввода инертного газа, расположения продувочных устройств, периода и интенсивности подачи газа. Модернизация агрегатов порционного и циркуляционного вакуумирования включает изменение конструкции камеры и патрубков.

О. Шлик (Accusteel Ltd, Израиль) представил акустическую компьютерную систему контроля и управления электродуговым и конвертерным производством стали Accusteel, формирующую информацию в реальном времени по ходу технологического процесса о среднемассовой температуре, химическом составе и поведении шлакометаллической эмульсии как результат обработки шума плавки. Недостатки применяемых в настоящее время на металлургических агрегатах сертифицированных компьютерных комплексов и систем вынуждают вести технологический процесс с перегревом расплава на 80–100 °С. Разработанная система успешно опробована на сталеплавильных предприятиях США, Бразилии, России. Подтверждено, что управление энергетическим (дутьевым, электрическим) и шлаковым режимами плавки позволяет оптимизировать процесс с повышением производительности агрегата на 30 %, выхода годного на 10 %, снижением энергозатрат на 20 %, расхода раскислителей и ферросплавов, предотвращением выбросов и выносов, сокращением объемов вредных газов, улучшением санитарно-гигиенических условий труда технологического персонала.

Д-р техн. наук О.И. Нохрина (СибГИУ, Институт металлургии и материаловедения, Россия) представила общую характеристику состояния ферросплавного производства в мире и России и доминирующие тенденции его развития. Показано, что перспективы развития мировой ферросплавной продукции определяются соответствующими трендами “большой” металлургии, особенно в производстве качественных сталей. Потребление ферросплавов на 1 т стали в 2018 г. в среднем составляло 20 кг, в том числе, %: феррохром — 20, ферросилиций — 18, силикомарганец — 22, высокоуглеродистый ферромарганец — 12, рафинированные марганцевые сплавы и металлический марганец — 5, ферроникель — 4, прочие — 19. Представлены показатели производства и потребления марганцевых сплавов, ферросилиция и кристаллического кремния, сплавов хрома, ферросплавов малотоннажной группы (никеля, титана, ниобия, ванадия, молибдена, вольфрама и др.). Показаны изменения в

структуре производства ферросплавов в мире и России с 2009 по 2018 г. Определено, что в условиях обострения борьбы за внутренний и мировой рынки ферросплавов, усиления импортозамещения продукции актуальной задачей остается повышение конкурентоспособности ферросплавных предприятий России за счет снижения производственных затрат и улучшения качества продукции. Прогнозируемое к 2020 г. увеличение выплавки стали, в первую очередь высоко- и низколегированной группы HSLA, потребует соответствующего увеличения выпуска ферросплавов и ферросплавного сырья. Для достижения этих целей необходимо прежде всего решить вопросы энергообеспечения ферросплавных предприятий и повышения энергоэффективности ферросплавных переделов, а также обеспечения квалифицированным персоналом, требования к которому постоянно растут. Решение проблем на основе миграционных ресурсов, как показывает зарубежный опыт, повышает технологические риски.

Д-р техн. наук А.Р. Фастыковский (СибГИУ, Институт металлургии и материаловедения, Россия) представил анализ доминирующих тенденций в развитии технологий обработки металлов давлением.

Показано, что наряду с увеличением объемов производства металлопродукции способами обработки металлов давлением все отчетливее встают задачи улучшения качества, расширения сортамента и снижения энергозатрат. Эффективное решение поставленных задач возможно при поиске новых нетрадиционных подходов, существенно расширяющих возможности способов обработки металлов давлением. Современными тенденциями развития способов обработки металлов давлением являются совмещенные способы обработки, такие как прокатка–прессование, литье–прокатка–прессование. Рассмотрено современное состояние развития литейно-прокатных агрегатов и возможные схемы реализации прокатки–прессования, литья–прокатки–прессования. Проведенный анализ позволил сделать вывод, что несмотря на все достоинства совмещенных способов обработки металлов давлением, их промышленная реализация вызывает затруднения, связанные с недостаточной изученностью процессов формоизменения как теоретически, так и экспериментально. С целью возможности прогнозирования и проектирования эффективных режимов деформирования при реализации процесса прокатки–прессования определены зависимости для прогнозирования энергосиловых параметров, учитывающие не только конструктивные особенности калибров, компоновку оборудования, но и режимы формоизменения. Доказано, что состояние от матрицы до линии, соединяющей

центры валков, существенно влияет на энергозатраты и суммарный коэффициент вытяжки. Даны рекомендации по выбору оптимального места размещения матрицы, гарантирующего максимальный суммарный коэффициент вытяжки при минимальных затратах энергии. Предложена математическая модель совмещенного процесса прокатки–прессования, позволяющая определить его область осуществимости. Разработаны рекомендации по повышению эффективности формоизменения, выбору конструкции и компоновки оборудования при реализации процесса прокатки–прессования.

Д-р техн. наук Н.А. Козырев (СибГИУ, Институт металлургии и материаловедения, Россия) представил новую технологию сварки железнодорожных рельсовых плетей, отличающуюся от общепринятой в настоящее время в Российской Федерации, в соответствии с которой сварные стыки рельсовых плетей после сварки обязательно подвергаются термической обработке на индукционных установках для исключения образования структур закалки (мартенсита и бейнита), вызывающих дополнительные напряжения и трещины, приводящие к разрушению рельсов. При этом локальная термическая обработка сварного стыка приводит к расширению и появлению новых зон термического влияния по сравнению с зонами, сформированными при сварке рельсов контактным способом без термической обработки. Разработанный альтернативный способ решения проблемы предполагает после осадки и охлаждения сварного стыка в момент достижения необходимой температуры удерживать заданную температуру путем пропускания импульсов переменного электрического тока через сварной стык. Температура выдержки выбирается исходя из получения более мелкодисперсной структуры металла шва. Время выдержки определяется инкубационным периодом образования необходимой структуры и регулируется количеством импульсов тока. В результате проведенных промышленных экспериментов в условиях рельсосварочного предприятия РСП-29 на машине для контактной стыковой сварки МСР-6301 определены оптимальные параметры: время охлаждения после осадки (характеризуется скоростью охлаждения и температурой, до которой происходит охлаждение); время подогрева (характеризуется температурой, до которой происходит нагрев); время охлаждения после подогрева (характеризуется температурой, до которой происходит охлаждение); количество импульсов подогрева (характеризуется инкубационным периодом превращения аустенита в перлит). Разработанный способ контактной стыковой сварки позволяет получать сварные соединения изделий из рельсовой стали с параметрами, превосходящими технические требо-

вания СТО РЖД 1.08.002–2009 для рельсов Р65 категории ДТ350.

Канд. техн. наук Л.А. Ганзер (СибГИУ, Россия) обобщила опыт переработки шлакометаллического скрапа в 160-т конвертерах АО ЕВРАЗ ЗСМК. Предлагаемая технология восстановления оксидов железа из шлаковой составляющей скрапа позволяет возратить в производство железо, содержащееся в оксидной форме, снизить расход металлического лома и характеризуется следующими показателями: содержание фосфора и серы в металле перед выпуском составляет 0,017 и 0,02 % соответственно при снижении концентрации меди на 16 %, никеля — на 12,5 %.

Канд. техн. наук И.Е. Прошунин (АО ЕВРАЗ ЗСМК, Россия) представил результаты исследований обогащения железомарганцевых конкреций с использованием различных растворителей. Предложены универсальные технологии переработки марганцевого сырья, включающие его автоклавное выщелачивание водными растворами хлоридов, которые позволяют извлекать марганец в раствор из соединений как различных оксидных, так и карбонатной форм. Извлечение марганца составляет более 90 %. Введение в хлоркальциевый процесс обогащения железомарганцевых конкреций сульфатов железа позволяет повысить извлечение марганца в 2,3, кобальта — в 3,2, никеля — в 2,5 раза. Выщелачивание железомарганцевых конкреций водным раствором соляной кислоты с нейтрализацией ее избыточной концентрации введением карбонатной марганцевой руды позволяет получить извлечение цветных металлов в раствор 99,80–99,88 % и до 95,4 % Mn. В результате обогащения возможно получение марганцевого, медно-никель-кобальтового и железного концентратов.

Д-р техн. наук К.С. Елкин (ООО «РУСАЛ ИТЦ», Россия) представил результаты исследования влияния генетических особенностей кварцитов на показатели восстановительной плавки кремния и высокопроцентного ферросилиция и степень взаимодействия кварцитов и углеродистых восстановителей, протекающего при нахождении кремнезема в газовой фазе в различных температурных условиях. Выявлена причина в различии результатов исследований кварцитов. Установлено, что исследуемые кварциты имеют различное строение кристаллов, что и определяет различную степень газификации кремнезема кварцитов различных месторождений. Кварциты различных месторождений существенно различаются величинами микродеформаций кристаллических решеток, что связано с особенностями геологических условий их образования. Петрографические исследования образцов свидетельствуют об уникальности строения кристаллической микроструктуры кварцитов различных месторождений. Наиболее ярко отличия

проявляются в размерах зерен кварца. Исследования кристаллического строения кварцитов различных месторождений позволили определить удельную поверхность кварцитов, которые используются в реальном производстве или могут быть использованы в перспективе.

Канд. техн. наук А.В. Гайворонский (ВМЗ, Россия) представил результаты промышленной реализации процесса микролегирования барием колесного металла при внепечной обработке с целью повышения микрочистоты. Использование для модифицирования колесного металла порошковой проволоки с силикобареиевым наполнителем вместо порошковой проволоки с силикокальциевым наполнителем СК-30 позволило практически полностью перевести неметаллические включения в глобулярную форму, повысить чистоту стали по всем видам включений как по среднему, так и по максимальному баллу, несколько измельчить величину зерна металла на 1–2 балла. В опытном металле на глубине 40 мм от поверхности катания колеса зерно несколько мельче и более равномерное (7 номер), чем по текущей технологии (5–6 номер). Загрязненность неметаллическими включениями опытного металла удовлетворяет требованиям ГОСТ 10791–2011 для категории А и стандарту EN 13262:2004+A2:2011 для категории 1. Освоение технологии серийного производства колесной стали с применением после окончания вакуумирования порошковой проволоки с силикобареиевым наполнителем позволит компании выйти на новые рынки сбыта и увеличить объемы экспортных поставок в страны дальнего зарубежья.

Канд. техн. наук А.И. Карлина (ИрННТУ, Россия) представила анализ технологий и практический опыт очистки кристаллического кремния и кремнистых ферросплавов от примесей. Подтверждено, что способы получения ферросилиция с пониженным содержанием примесей технологически целесообразно разделить на несколько разновидностей: производство ферросилиция с пониженным содержанием алюминия, титана, фосфора за счет использования чистых по примесям шихтовых материалов; производство ферросилиция с пониженным содержанием алюминия, кальция и углерода за счет рафинирования сплава. На конкретных примерах показана практика очистки ферросилиция от примесей.

Канд. техн. наук А.М. Акуов (АРГУ им. К. Жубанова, Казахстан) представил технологию выплавки рафинированного феррохрома с исполь-

зованием в качестве восстановителя сплава из алюминия, кремния и хрома. На основании полученных результатов показана принципиальная возможность повышения технико-экономических показателей процесса выплавки рафинированного феррохрома посредством замены ферросиликохрома на сплав из алюминия, кремния и хрома с повышением степени извлечения хрома на 5–10 %, снижением кратности шлака до 2,48–1,95 и сокращением расхода извести на 30–35 %.

Канд. экон. наук С.Г. Галевский (СПбГУ, Россия) предложил методику корректного учета рисков при оценке эффективности инвестиционных проектов металлургических компаний на основе раздельного учета рисков первого и второго рода, что позволяет избежать завышения показателей эффективности проекта и реализации нецелесообразных управленческих решений. Также предлагается методика оценки требуемой доходности металлургических компаний на основе субъектно-ориентированного подхода. Предложена субъективная мера риска, учитывающая особенности восприятия риска инвестором и его осведомленность. На основе концепции соответствия риска и доходности установлена аналитическая взаимосвязь между субъективной мерой риска и уровнем доходности.

Прошедшая научно-практическая конференция подтвердила значительный интерес к ключевым проблемам современной металлургии со стороны отечественных и зарубежных ученых, менеджеров, профильных исследовательских центров и фирм, их стремление к профессиональному обсуждению и ознакомлению с новейшими результатами исследований и технологических решений в области производства, обработки, сварки металлов и композиционных материалов, ресурсосбережения, рециклинга и экологии, определению доминирующих тенденций и прогнозов на перспективу.

Организационный комитет выражает благодарность всем участникам конференции за высокую активность, творческое, эффективное взаимодействие и партнерство и надеется, что обмен опытом, высокопрофессиональное обсуждение актуальных научных проблем станут мощным толчком к их эффективному решению, а труды конференции внесут весомый вклад в пропаганду передовых достижений мировой и отечественной металлургии. Проведение XXII Международной научно-практической конференции “Металлургия: технология, инновации, качество” планируется в октябре 2021 г.

Поступила 16 декабря 2019 г.

Received December 16, 2019