

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Бюллетень научно-технической и экономической информации



Ferrous Metallurgy

Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information

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

№ 11

2018

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - СМIRНОВ 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)

АКСЕЛЬРОД 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)

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 ВНИИМЕТМАШ)

СМIRНОВ 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)

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)

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 "CNIIchermet 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)*

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 BNIIMETMASH)*

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)*

FILIPPOV G.A., *HD (Tech) (FGUP "CNIIchermet 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)*

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>

СОДЕРЖАНИЕ

Лифанов В.Я. Трубная промышленность сегодня и завтра (к итогам XXIII Международной научно-практической конференции “Трубы-2018”)

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

Аглодомненное производство

Шевченко А.Ф., Маначин И.А. Основные положения рациональных технологических решений инжекционных процессов ковшовой десульфурации чугуна различными диспергированными реагентами

Юрьев Б.П., Дудко В.А. Исследование процессов десульфурации при термообработке железорудных окатышей

Дьяков А.В., Витуценко М.Ф., Одинцов А.А., Кобелев В.А., Чернавин А.Ю., Нечкин Г.А. Оптимизация аглодомненных шихт по комплексу металлургических свойств. Сообщение 2. Оптимизация компонентов доменных шихт по комплексу их высокотемпературных свойств

Тимофеева А.С., Кожухов А.А., Федина В.В., Елисеева К.А. Определение предельной ударной нагрузки на окатыши в зависимости от их гранулометрического состава

Сталеплавильное производство

Смирнов А.Н., Куберский С.В., Смирнов Е.Н. Современные проблемы и решения в области подготовки стали к непрерывной разливке

Ерон'ко С.П., Ткачев М.Ю., Понамарева Е.А. Модельные исследования влияния вибрационного воздействия на процесс зарастания канала ковшового затвора

Якушевич Н.Ф., Страхов В.М., Володин О.Н., Слепенков В.В., Горбаченко И.В. Особенности технологии выплавки силикомарганца и повышение ее эффективности с применением полукокса

Тимохин А.С., Долгих Ю.Н., Исаев Е.В. Производство и дальнейшее применение для легирования стали порошковой проволоки с наполнителем феррониобий в условиях сталеплавильного производства ПАО НЛМК

Прокатное производство

Сычков А.Б., Копцева Н.В., Ефимова Ю.Ю., Жлоба А.В., Камалова Г.Я. Идентификация дефекта поверхности листового проката типа “вкатанная окалина”

Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В. Методы исследования защитной способности упаковочных материалов, содержащих летучие ингибиторы коррозии

Книжная полка

Рецензия на книгу *Шкирмонтова А.П.* “Энерготехнологические параметры выплавки ферросплавов в электропечах”

Модернизация оборудования и реконструкция заводов черной металлургии за рубежом

Новости зарубежной периодики

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ

Статистика

CONTENTS

Lifanov V.Ya. Pipe industry today and tomorrow (as per results of the XXIII-rd International scientific and practical conference “Pipes-2018”)

AT ENTERPRISES AND IN INSTITUTES

The Sintering and Blast Furnace Processes

Shevchenko A.F., Manachin I.A. Main conditions of rational technological solutions of injection processes for ladle desulphurization of hot metal by various dispersed reagents

Yur'ev B.P., Dudko V.A. Study of desulphurization processes at heat treatment of iron ore pellets

D'yakov A.V., Vituschenko M.F., Odintsov A.A., Koblelev V.A., Chernavin A.Yu., Nchkin G.A. Optimization of agglomeration burdens by metallurgical properties complex. Report 2. Optimization of BF burden components by their complex high temperature properties

Timofeeva A.S., Kozhukhov A.A., Fedina V.V., Eliseeva K.A. Determination of the peak impact load of pellets depending on their granulometric composition

Steelmaking

Smirnov A.N., Kubersky S.V., Smirnov E.N. Modern problems and solutions in the area of steel preparation to continuous casting

Eron'ko S.P., Tkachev M.Yu., Ponomareva E.A. Model study of vibration action influence on the clogging process of ladle shutter channel

Yakushevich N.F., Strakhov V.M., Volodin O.N., Slepencov V.V., Gorbachenko I.V. Peculiarities of silicomanganese smelting technology and its efficiency increase by semi-coke application

Timokhin A.S., Dolgikh Yu.N., Isaev E.V. Production and further application of cored wire with ferrowniobium filling for steel alloying at steelmaking shop of PAO NLMK

Rolling Mill Practice

Sychkov A.B., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Zhloba A.V., Kamalova G.Ya. Identification of the “rolled-in scale” type sheet surface defect

Kolyada L.G., Tarasyuk E.V. Methods of investigation of protective ability of packaging materials containing volatile corrosion inhibitors

The Book Shelf

Review of *Shkirmontov A.P.*'s book “Energy and technology parameters of ferroalloy smelting in electric furnaces”

Modernization of Equipment and Reconstruction of the Steel works abroad

News of the Foreign Periodicals

EXPRESS INFORMATION

EXHIBITIONS, CONFERENCES, SYMPOSIA

Statistics

5

13

21

29

38

42

51

58

69

72

77

85

87

94

96

106

108

ТРУБНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

(к итогам XXIII Международной научно-практической конференции “Трубы-2018”)

*В. Я. ЛИФАНОВ, ученый секретарь, secretariat@rosniti.ru
(ОАО “Российский научно-исследовательский институт
трубной промышленности”, Россия, г. Челябинск)*

Аннотация. 17–19 сентября 2018 г. состоялась XXIII Международная научно-практическая конференция “Трубы-2018”. В работе конференции приняли участие 305 руководителей и специалистов из 123 организаций разработчиков, изготовителей и потребителей трубной продукции, а также изготовителей современного технологического, испытательного и диагностического оборудования, в том числе 15 представителей зарубежных стран. На пленарном заседании было заслушано 13 актуальных докладов, которые стали базой для дальнейшего аргументированного диалога научных организаций с изготовителями труб и крупнейшими потребителями.

В докладе начальника департамента ПАО “Газпром” П.В. Крылова “Техническое развитие российских трубных компаний для решения задач ПАО “Газпром” была приведена информация об использовании отечественной трубной продукции в масштабных российских и международных проектах.

Директор НО ФРТП И.А. Малышев ознакомил участников конференции с динамикой потребления труб в России по основным сегментам рынка и возможностям его роста. Были освещены вопросы повышения роли отраслевой науки в создании и освоении новых инновационных видов трубной продукции и предпринятые меры ФРТП по защите рынка ЕАЭС от недобросовестной конкуренции, а также вопросы совершенствования инструментов по защите этого рынка.

В докладе первого заместителя председателя Комитета РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия А.Н. Лоцманова были освещены вопросы участия комитета РСПП в работе по импортозамещению и международному сотрудничеству. Особый раздел был посвящен современным требованиям в области стандартизации и подтверждения соответствия.

На четырех тематических секциях было представлено 65 основных докладов. Рассмотрены проблемы инновационных технологий и оборудования для производства трубной стали, производства и применения трубной продукции, качества заготовки рулонного и листового проката. Обсуждены вопросы защиты от коррозии и повышение эксплуатационной надежности, разработки и применения современного испытательного и диагностического оборудования.

Ключевые слова: международная научно-практическая конференция; трубная продукция; динамика потребления труб; техническое регулирование; стандартизация и подтверждение соответствия; защита от коррозии; испытательное и диагностическое оборудование.

Ссылка для цитирования. Лифанов В.Я. Трубная промышленность сегодня и завтра (к итогам XXIII Международной научно-практической конференции “Трубы-2018”) // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 5–12.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-5-12

17–19 сентября 2018 г. ОАО “Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности” (РосНИТИ) и Некоммерческая организация “Фонд развития трубной промышленности” (НО ФРТП) при поддержке Минпромторга России, Комитета по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия РСПП и правительства Челябинской области провели XXIII Международную научно-практическую конференцию разработчиков, изготовителей и потребителей трубной продукции “Трубы-2018” под девизом “Трубная промышленность сегодня и завтра”.

Главными спонсорами Международного трубного форума традиционно выступили ведущие российские изготовители: Трубная металлурги-

ческая компания, группа ЧТПЗ, Объединенная металлургическая компания, зарубежным спонсором выступила компания SMS group.

В работе конференции приняли участие 305 руководителей и специалистов из 123 организаций разработчиков, изготовителей и потребителей трубной продукции, а также изготовителей современного технологического, испытательного и диагностического оборудования, в том числе 15 представителей зарубежных стран (Япония, Германия, Австрия, Казахстан, ОАЭ, Люксембург).

Весьма примечательно, что за прошедшие годы челябинский форум стал традиционным и важным событием, без которого трудно представить рабочий календарь специалистов трубных

компаний, ведущих отечественных трубных и металлургических заводов.

Первый день работы конференции (18 сентября 2018 г.) совпал с проведением на Челябинском трубопрокатном заводе Международного делового конгресса, на котором представители 25 стран мира планировали обсудить новые идеи в сфере технологического развития компаний, деятельность которых связана с добычей, транспортировкой и переработкой углеводородов.

Участники Международного делового конгресса в лице Дмитрия Александровича Пумпянского — председателя совета директоров ПАО ТМК, Виталия Анатольевича Маркелова — заместителя председателя правления ПАО “Газпром” и Андрея Ильича Комарова — председателя совета директоров ПАО ЧТПЗ открыли конференцию “Трубы-2018” и приветствовали участников Международного форума трубников, которому в этом году исполнилось 25 лет.

На пленарном заседании во вступительном слове генеральный директор ОАО “РосНИТИ” И.Ю. Пышминцев ознакомил участников с историческими аспектами деятельности института и проводимых конференций “Трубы”, а также с деятельностью Технического комитета по стандартизации ТК 357 “Стальные и чугунные трубы и баллоны”, которому в этом году исполнилось также 25 лет.

Участники конференции заслушали и обсудили на пленарном заседании и четырех тематических секциях 65 основных докладов, на выставке были представлены 33 стендовых доклада молодых ученых и специалистов, которые участвовали в конкурсе под девизом: “Молодые ученые и специалисты — черной металлургии”.

На пленарном заседании, проведенном под девизом “Российская трубная промышленность: основные тенденции и современные вызовы”, были заслушаны 13 актуальных докладов, которые стали базой для дальнейшего аргументированного диалога научных организаций с изготовителями труб и крупнейшими потребителями.

• В докладе начальника департамента ПАО “Газпром” П.В. Крылова “Техническое развитие российских трубных компаний для решения задач ПАО “Газпром” были приведены информация об использовании отечественной трубной продукции в масштабных российских и международных проектах, в числе которых: “Бованенково – Ухта”, “Сила Сибири”, “Северный поток”, “Северный поток 2”, “Голубой поток”, “Турецкий поток”, и результаты взаимодействия ПАО “Газ-

пром” с ПАО ТМК, АО ОМК, ПАО ЧТПЗ и ПАО “Северсталь” по освоению высокотехнологичных видов трубной продукции.

В последние годы главный вектор политики обеспечения “Газпрома” импортозамещающей трубной продукцией смещается в сторону высокотехнологичных труб для освоения шельфовых месторождений и месторождений с осложняющими факторами добычи углеводородов: низкими температурами, высоким содержанием углекислого газа и сероводорода в добываемом сырье. Возникшую в ходе этой работы стратегию взаимодействия можно назвать работой на импортоопережение, что означает создание и вывод на рынок нового продукта быстрее возникновения ожидаемого спроса на него.

• Директор НО ФРТП И.А. Малышев в докладе “Российская трубная промышленность: итоги работы отрасли, возможности и перспективные сегменты рынка” ознакомил участников с динамикой потребления труб в России по основным сегментам рынка и возможностями увеличения экспорта, реализации мероприятий по импортозамещению, устранения фальсификата и контрафакта с трубного рынка России. В докладе были приведены конкретные примеры реализации в 2017 г. инвестиционных проектов ТМК, группы ЧТПЗ и ОМК (суммарные инвестиции составили около 35 млрд руб.).

Были освещены вопросы повышения роли отраслевой науки в создании и освоении новых инновационных видов трубной продукции и принятия мер ФРТП по защите рынка Евразийского экономического союза (ЕАЭС) от недобросовестной конкуренции, а также вопросы совершенствования инструментов по защите этого рынка.

• Доклад первого заместителя председателя Комитета РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия А.Н. Лоцманова “Участие промышленности в развитии национальной системы стандартизации” был посвящен истории создания в 2004 г. комитета и основным задачам, позволяющим отечественной промышленности:

– активно участвовать в разработке технических регламентов и нормативных правовых документов;

– вырабатывать консолидированное мнение различных отраслей по вопросам технического регулирования, стандартизации и оценки соответствия;

– осуществлять взаимодействие промышленных ассоциаций с органами государственной власти;

– расширять международное сотрудничество в области технического регулирования и стандартизации.

Были приведены основные результаты реализации комитетом инструментов технического регулирования, в их числе:

- принято 45 технических регламентов ЕАЭС, 39 регламентов вступило в силу;
- совершенствуется система аккредитации, в 2017 г. Россия вступила в Международную организацию по аккредитации лабораторий (ILAC);
- эффективно реализуется Закон о стандартизации.

Комитет РСПП и экспертное сообщество активно участвуют в совершенствовании документов ЕАЭС и реализации российских законов.

Особый раздел был посвящен современным требованиям в области стандартизации и подтверждения соответствия, также были освещены вопросы участия Комитета РСПП в работе по импортозамещению и международному сотрудничеству.

- Доклад заместителя директора НО ФРТП В.А. Височкина “Незаконный оборот трубной

продукции: основные проблемы и меры противодействия” содержал следующие разделы:

- история создания и задачи НО ФРТП;
- рынок труб, бывших в употреблении;
- вопросы экологии и география компаний — реставраторов труб, бывших в употреблении на территории России;
- ответственность фирм, нарушающих законодательство РФ;
- изменения в нормативно-технических документах, примеры использования поддельных документов.

• Доклад заместителя генерального директора по научно-техническому развитию и техническим продажам ПАО ТМК С.Г. Чикалова “Технологическое развитие ПАО ТМК в современных условиях — вызовы и решения” включал в себя разделы:

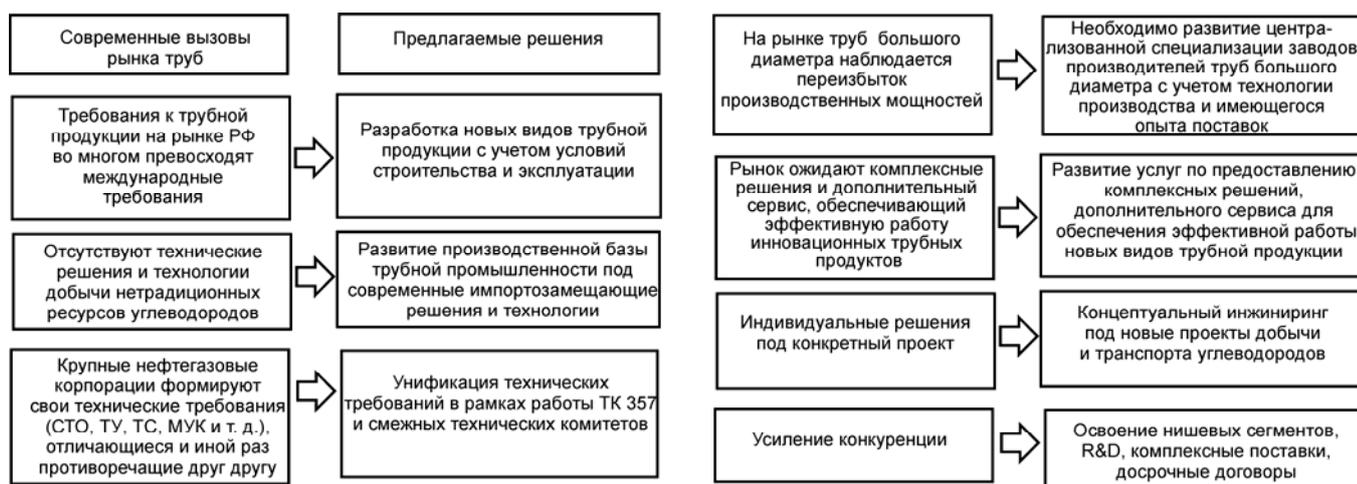
- современные вызовы рынка труб и предлагаемые решения (см. рисунок);
- ТМК — глобальный поставщик трубной продукции;
- основные виды новой продукции группы ТМК, в числе которых:

Магистральные трубы для международных проектов	Обсадные трубы с резьбовым соединением ТМК UP SF-TORQ (WEDGE)	Трубы для гидроцилиндров для внутреннего рынка США
Обсадные трубы из сплава ТМК-С с резьбой ТМК UP PF	Обсадные трубы с резьбовым соединением ТМК UP BPN-НТ	Трубы для автокомпонентов для европейских заводов
Обсадные трубы с резьбовым соединением ТМК UP Centum (3-е поколение)	Обсадные трубы с резьбовым соединением ТМК UP QX-SR/BPN-SR	Трубы высокоточной мерной длины в диапазоне 220–2500 мм
Обсадные трубы с покрытием GreenWell по технологии ОАО “РосНИТИ”	Обсадные трубы с резьбовым соединением ТМК UP QX-HTS	

– научно-исследовательские центры ТМК (РосНИТИ, R&D в Хьюстоне, центр в Сколково);

– пример развития инжиниринговых компетенций — проект “Вечная скважина”;

– участие ТМК в техническом регулировании и формировании технической политики в России.



Современные вызовы рынка труб и предлагаемые решения

Today's challenges of pipe market and proposed solutions

- Доклад начальника управления ТНИИР ПАО ЧТПЗ А.И. Романцова “Технические инновации группы ЧТПЗ” был посвящен новой продукции для проекта “Северный поток 2”, применению лазерно-гибридной сварки при производстве труб большого диаметра из аустенитных сталей и резьбовым соединениям “ЧТПЗ Прайм”.

- Директор инженерно-технологического центра АО ВМЗ П.П. Степанов в докладе “Основные тенденции развития металлургического и трубного комплексов АО ВМЗ” ознакомил участников конференции с местом и долей завода на российском рынке по основным видам выпускаемой продукции, а также с основными вызовами, стоящими перед АО ВМЗ, в числе которых рост конкуренции традиционных продуктов, увеличение спроса на продукцию с повышенными эксплуатационными свойствами.

Действия компании в сложившейся ситуации определяются инвестициями и инновациями — реализацией нового инвестиционного цикла, созданием новых видов продукции, импортозамещением и импортоопережением, реализацией программ с ключевыми клиентами (ПАО “Газпром”, ПАО “Газпром нефть”, ГК “Росатом” и др.).

В докладе были приведены примеры нового инвестиционного цикла, в том числе увеличение мощности ЛПК, строительство ТЭСЦ-1 и финишного центра, строительство цеха бесшовных труб, линии внутреннего антикоррозионного покрытия труб и др.

- Доклад менеджера технических продаж оборудования для производства бесшовных труб SMS group М. Леферика “Как оставаться конкурентоспособным в сложных бизнес-условиях — инновации и новейшие технические решения для

русской трубной промышленности” содержал разделы:

- SMS group в России;
 - новые стратегии продвигают процессы изготовления в соответствии с принципами Industry 4.0;
 - завод Big River Steel — все из одного источника;
 - завод Tenaris Bay City — самый передовой объект производства труб;
 - ремонты и модернизация оборудования.
- Новые конкурентоспособные решения для российских металлургов.

- Доклад эксперта по комплектации и материально-техническому обеспечению АО НИПИГАЗ М.С. Можаяева “Артик СПГ-2” — состояние проекта, потребность, вопросы” был посвящен строительству трех технологических линий суммарной производительностью 19,8 млн т/год сжиженного природного газа (СПГ). Начало строительства первой линии производительностью 6,6 млн т/год СПГ определено — конец 2019 г. Докладчик привел цифры суммарной потребности в трубной продукции из углеродистой низколегированной стали для строительства трех линий завода.

Вопросы по трубной продукции для проекта “Артик СПГ-2”, требующие решения:

- разработка и дополнение нормативных документов на трубы с приоритетом на изделия из нержавеющей стали;
- освоение серийного производства по конкурентной цене сварных труб и деталей трубопровода из нержавеющей стали по ГОСТ и ASME (ASTM);

– организация складских запасов продукции для своевременного обеспечения Центра строительства крупнотоннажных морских сооружений.

- Главный инженер ПАО “СинТЗ” Е.М. Засельский в докладе “Реализация инвестиционной программы и технических решений в ПАО “СинТЗ” для обеспечения передовых требований нефтегазодобывающих компаний” ознакомил участников с современным оборудованием участка для производства теплоизолированных лифтовых труб, оборудованием для формирования концов и нарезки резьбы, оборудованием термомодифузионного цинкования муфт. За 2014–2017 гг. заводом освоено производство 17 видов новой трубной продукции.

- Доклад заместителя генерального директора ОАО “РосНИТИ” по научной работе А.В. Выдрин “Современные научные достижения ОАО “РосНИТИ” содержал практические результаты, полученные сотрудниками института по основным направлениям проводимых исследований:

- изучение физико-химических процессов при производстве труб;

- анализ механики процессов деформирования;

- моделирование процессов деформации и сопутствующих технологий.

- Доклад заместителя директора по научной работе ИМаш УрО РАН В.П. Швейкина “Основы прогнозирования поврежденности сварных соединений труб большого диаметра в процессе их монтажа и эксплуатации” был посвящен истории создания в нашей стране научных основ проектирования технологий ОМД без разрушения металла и современным достижениям применительно к сварным трубам большого диаметра.

- Заместитель руководителя Информационной сети “Техэксперт” С.В. Прошин в докладе “Цифровые стандарты на цифровом предприятии. Системы управления требованиями” изложил участникам трубного форума роль стандартизации в цифровой трансформации экономики и видение постановки задач по жизненному циклу нормативно-технической документации на промышленном предприятии.

На заседании секции № 1 “Инновационные технологии и оборудование для производства трубной стали, заготовки рулонного и листового проката” (председатель — заместитель генерального директора ОАО “РосНИТИ” А.В. Выдрин) были заслушаны и обсуждены четыре доклада:

- совершенствование технологии производства хладостойкого листового проката из трубных сталей класса прочности K60-D (X70) в условиях стана 2800 (А.А. Придеин, АО “Уральская сталь”);

- разработка и освоение технологии производства проката и труб для участков трубопроводов, пересекающих зоны активных тектонических разломов (А.А. Ермошин, АО ВМЗ);

- применение высокопрочных линейных труб для обеспечения сейсмической целостности трубопровода и простой метод проектирования трубопровода, выдерживающего сильные движения грунта (Судзуки Нобухиса, JFE Steel Corp., Япония);

- новые подходы к повышению механических свойств, стойкости против водородного растрескивания (НІС) и сульфидного растрескивания под напряжением (SSC) листов для труб большого диаметра (Ю.И. Матросов, ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”).

На заседании секции № 2 “Инновационные технологии и оборудование для производства и применения трубной продукции” (председатель — заместитель генерального директора ОАО “РосНИТИ” А.В. Выдрин) были заслушаны и обсуждены 22 доклада:

- ремонты и модернизация оборудования. Новые конкурентоспособные решения для российских металлургов (К.С. Лопатин, ООО “СМС Металлургический Сервис”);

- новые виды трубной продукции для объектов добычи (К.Б. Конищев, ООО “Газпром ВНИИГАЗ”);

- гибридные металлокомпозитные трубы для высоконапорных нефтегазопроводов с повышенным сроком эксплуатации (В.И. Хоменко, ООО НПП “Нефтегазстроймаш”);

- исследование структуры и износостойкости стали K60 с криогенным воздействием (Н.А. Кокорин, ООО “НПЦ “КриоТехРесурс”);

- применение имитации металлургических процессов для разработки сквозной технологии производства сварных труб (Д.А. Рингинен, АО ВМЗ);

- комплексный подход к моделированию высокочастотной сварки труб большого диаметра с использованием системы Marc (А.В. Жарков, ООО “Эм-Эс-Си Софтвэр Рус”);

- централизованное управление НСИ металлургического предприятия: ключевой элемент эффективной цифровой трансформации (Н.С. Воронков, ООО “ИТЦ “Аусферр”);

- автоматизация процессов стандартизации и систем менеджмента — цифровая платформа НОРМДОКС (С.В. Ким, ООО “Нормдокс”);

- система управления нормативной и технической документацией на предприятиях металлургического комплекса (А.М. Жиленков, информационная сеть “Техэксперт”);

- программа моделирования QForm для расчета процессов прокатки и штамповки: состав-

ляющая часть “цифрового производства” (Ю.А. Гладков, ООО “КванторФорм”);

- использование технологии высоконапорного транспорта газа: перспективы и актуальные задачи (С.Д. Кадочников, ОКП ОАО “ТомскНИПИ-нефть”);

- организация работ по формированию технических требований ПАО “Газпром” к разрезным тройникам, предназначенным для врезок и перекрытия трубопроводов под давлением (К.А. Войдер, ООО “Газпром ВНИИГАЗ”);

- трубы нового поколения, изготовленные с применением лазерно-гибридной сварки в ПАО ЧТПЗ (А.А. Черняев, ПАО ЧТПЗ);

- влияние многостадийной знакопеременной деформации в ходе трубного передела на изменение механических свойств сталей различных классов прочности (Д.А. Рингинен, АО ВМЗ);

- освоение производства длиномерных нержавеющих труб в бунтах для заводов по переработке и сжижению природного газа (А.В. Серебряков, АО ПНТЗ);

- разработка технологии производства обсадных труб группы прочности Е с проведением термической обработки на участке горячего проката труб (И.Н. Ашихмина, ПАО СТЗ);

- анализ влияния профиля направляющего инструмента прошивного стана на разнотолщинность получаемых гильз (В.Л. Нерозников, ПАО “Тагмет”);

- антифрикционные твердосмазочные покрытия — современная альтернатива резьбовым смазкам для сборки обсадных и насосно-компрессорных труб (М.И. Прудников, ООО “Моделирование и инжиниринг”);

- современные смазочные материалы для защиты резьбовых соединений и эффективной эксплуатации труб нефтяного сортамента (Н.И. Козаченко, ООО ИНТЕСМО);

- применение математического моделирования тепловых процессов для разработки технологии многодуговой сварки труб (Д.А. Рингинен, АО ВМЗ);

- математическое моделирование процессов термической обработки труб (А.А. Лунев, ПАО ЧТПЗ);

- моделирование процесса холодной прокатки труб — Simufact (А.Е. Лепестов, АО “СиСофт”).

На заседании секции № 3 “Современное испытательное, диагностическое и другое оборудование” (председатель — ведущий специалист ООО ТМК-НТЦ И.Р. Шикинов) были заслушаны и обсуждены 13 докладов:

- освоение производства теплоизолированных труб, предназначенных для российских и зарубежных нефтедобывающих компаний (А.И. Пугин, ПАО “СинТЗ”);

- усовершенствование технологии производства буровых труб (Д.В. Мальцев, ПАО “СинТЗ”);

- усовершенствование технологии прокатки труб на ТПА-140 в ПАО “СинТЗ” (К.В. Больных, ПАО “СинТЗ”);

- производство прямошовных электросварных труб в условиях Загорского трубного завода (А.А. Науменко, АО ЗТЗ);

- исследование горячего редуцирования труб на радиально-ковочной машине SKK-14 (Г.И. Коваль, ООО “Метчив”);

- другое видение потребностей отрасли металлообрабатывающей промышленности. Применение в производстве бесшовных труб (Eric Gard, ООО “Политег-Мет”);

- современные тенденции в испытании материалов и полноразмерных объектов на оборудовании MTS System (В.А. Аверченко, ООО СИНЕРКОН);

- комплекс оборудования для термических экспериментов на базе инфракрасных печей Advance Riko (А.В. Ильин, Interactive Corp., Япония);

- комплексное решение задач в области материаловедения, химического и фазового анализа, физико-механических испытаний (А.Е. Долгих, ООО “Мелитэк”);

- стенд для испытаний нефтегазопроводных труб диам. 57–219 мм и давлением до 400 МПа (А.А. Батулин, ООО “Уральский инжиниринговый центр”);

- рентгеноспектральный анализ материалов трубной промышленности (Н.Н. Герасименко, “И-Глобалэдж Корпорейшн”);

- точность, сходимость и воспроизводимость как критерии надежности результата при механических испытаниях (М.В. Григорьев, ООО “Прюфтехник МТ ГмбХ”, Австрия);

- эффективность электронно-микроскопических методов при изучении трубных сталей (И.В. Урубков, ООО “Токио Боэки (Рус)”).

На заседании секции № 4 “Защита от коррозии и повышение эксплуатационной надежности” (председатель — директор по техническим продажам и продвижению продукции на внутреннем рынке ПАО ТМК А.П. Медведев) были заслушаны и обсуждены 14 докладов:

- эволюция требований к сталям повышенной коррозионной стойкости, предназначенным для эксплуатации в водных средах (А.В. Амежнов, ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”);

- сравнительные исследования эксплуатационных свойств сварных и бесшовных труб нефтяного сортамента (А.Н. Мальцева, ОАО “РосНИТИ”);

- эффективность применения труб из хром-содержащих сталей при эксплуатации на корро-

зионном фонде скважин (О.А. Софрыгина, ПАО “СинТЗ”);

- исследование влияния режимов термообработки Quenching and Partitioning на свойства низкоуглеродистой высоколегированной мартенситной стали 13Cr (А.О. Красноталов, ПАО ЧТПЗ);

- система выбора материала OCTG для эксплуатации в агрессивных средах и ее практическое применение (Н.А. Девятерикова, АО ПНТЗ);

- исследование влияния УФ-отражаемого покрытия на поверхности обсадных труб на качество схватывания с цементным камнем (А.А. Громова, АО ВМЗ);

- трехслойное полиэтиленовое покрытие отводов (М.А. Гусева, ПАО ЧТПЗ);

- сравнительная оценка аварийности труб производства ПАО ТМК в условиях нефтяных месторождений Поволжья и Западной Сибири (А.В. Иоффе, ООО “ИТ-Сервис”);

- сравнение результатов различных автоклавных испытаний (П.Е. Юдин, ООО “НПЦ “Самара”);

- проект “Северкор”: от конвертера к нефтепромыслам (Д.В. Тен, НИТУ “МИСиС”);

- комплексное решение ООО ИПЦ для защиты трубопроводов от коррозии (И.Н. Зиятдинова, ООО “Инженерно-производственный центр”);

- анализ причин и характера разрушения трубопровода, транспортирующего попутный нефтяной газ, в начальный период эксплуатации (А.О. Худяков, ООО “БашНИПНефть”);

- применение технологии набрызга бетонного покрытия для балластирования и защиты стальных труб диам. 219–1420 мм (Н.В. Волков, ООО “Трубопроводные покрытия и технологии”);

- инновационные материалы S&H Technology (О.Э. Бабкин, ООО “Эс энд Эйч Технолоджи”).

19 сентября в рамках XXIII Международной научно-практической конференции “Трубы-2018” прошло юбилейное заседание Технического комитета по стандартизации ТК 357 “Стальные и чугунные трубы и баллоны”, приуроченное к 25-летию со дня создания этого органа. Его провел председатель комитета, заместитель генерального директора ТМК по научно-техническому развитию и техническим продажам С.Г. Чикалов.

Докладчик подвел итоги деятельности комитета по разработке национальных и межгосударственных стандартов в области трубной промышленности. За годы действия комитета были разработаны 95 стандартов, причем 56 из них — за последние три года. Среди ключевых — стандарты “Трубы стальные обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности” (ГОСТ 31446–2017, ISO 11960:2014) и “Трубы стальные сварные для ма-

гистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов” (ГОСТ 31447–2012).

Важным направлением стал процесс гармонизации российских стандартов с зарубежными. Всего в ТК 357 гармонизировано с Международной организацией по стандартизации (ISO) 28 стандартов, включая 12 стандартов на стальные и чугунные трубы. “Тем самым комитет позволил российской трубной промышленности не только повысить качество продукции, но и дал ей возможность достойно конкурировать на международных рынках”, — подчеркнул докладчик.

Сегодня ведется активное сотрудничество с девятью техническими комитетами по стандартизации, с которыми у ТК 357 пересекается сфера деятельности. Наиболее продуктивная работа проводится с ТК 23 “Нефтяная и газовая промышленность”, сотрудничеству с которым в 2018 г. исполнилось 10 лет. За эти годы число совместных ежегодных проектов этих двух комитетов выросло с 12 до 30.

С.Г. Чикалов особо отметил, что эффективность ТК 357 признана на международном уровне. В конце 2015 г. право вести международный технический комитет стран СНГ по стандартизации (МТК 7) “Стальные и чугунные трубы и баллоны” было передано из Украины в Россию с поручением обеспечить работу секретариата комитета на базе РосНИТИ. “По сути, российская трубная промышленность признана одной из наиболее компетентных в области мировой стандартизации. Я убежден, что наша дальнейшая совместная работа приведет к еще большему укреплению авторитета России как одного из активных и деятельных сторонников внедрения качественных стандартов во всем мире”, — отметил в заключении докладчик.

ТК 357 создан приказом Госстандарта России № 126 от 9 июня 1993 г., сегодня в его состав входят 64 организации. Комитет занимается разработкой национальных стандартов в части производства труб из стали и чугуна, другой трубной продукции, а также неразрушающего дефектоскопического контроля металла труб и сварных соединений. Комитет также переводит и гармонизирует международные стандарты для трубной промышленности России.

В последний день работы конференции были подведены итоги конкурса стендовых докладов молодых ученых и специалистов из пяти высших учебных заведений страны и РосНИТИ. По результатам защиты представленных проектов авторами первое место было присуждено двум докладам: “Минимизация трудноудаляемых образований на внутренней поверхности труб”, автор Д.К. Соколов (ОАО “РосНИТИ”, ПАО СТЗ, АО ВТЗ) и “Создание технологии производства труб диам. 83–95 мм на ТПА 160 с использованием

винтовой прокатки”, автор В.Д. Сабуркин (НИТУ “МИСиС”).

Второе место присуждено докладу “Интегральная модель процессов структурообразования при горячей пластической деформации микрорелегированных трубных сталей”, автор А.Д. Лоханова (Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого).

Третье место присуждено докладу “Разработка калибровки валков трехвалкового раскатного стана Асселя, обеспечивающей уменьшение нагрузок на привод при обжати заготовок”, автор В.В. Байков (ОАО “РосНИТИ”, АО ВТЗ).

Девиз прошедшей конференции “Трубная промышленность сегодня и завтра” вселяет уве-

ренность, что и в дальнейшем российская трубная отрасль продолжит активное развитие, сохраняя свое лидерство на внутреннем и глобальном трубных рынках.

По многочисленным отзывам участников, XXIII Международная научно-практическая конференция “Трубы-2018” подтвердила статус уникального мероприятия на территории СНГ, являясь важнейшей площадкой для выработки продуктивных решений по дальнейшему взаимодействию, сотрудничеству и партнерству. Как и в прошлые годы, институт выпустит сборник трудов проведенной конференции.

PIPE INDUSTRY TODAY AND TOMORROW (as per results of the XXIII-rd International scientific and practical conference “Pipes-2018”)

V. YA. LIFANOV, Scientific Secretary, secretariat@rosniti.ru
(JSC “Russia Research and Development Institute of Pipe Industry”, Russia, Chelyabinsk)

Abstract. On September 17–19, 2018, the XXIII International scientific and practical conference “Pipes-2018” took place. 305 administrators and specialists from 123 organizations – developers, manufacturers and consumers of pipe products, as well as manufacturers of modern technological, testing and diagnostic equipment, including 15 representatives of foreign countries, took part in the conference. At the plenary session 13 actual reports were delivered, which became a basis of further well-reasoned dialog of scientific organizations with pipes manufacturers and biggest consumers.

In the report of PAO “Gasprom” Head of Department Mr. P.V. Krylov “Technical development of Russian pipe companies for solving tasks of PAO “Gasprom” an information was quoted about application of domestic pipe products in Russian and international projects.

Director of NO FRTP Mr. I.A. Malyshev acquainted the conference participants with pipes consumption dynamics in Russia by main market segments and possibilities of its growth. Items of industry’s science role increase in creation and mastering of new innovation kinds of pipe products were highlighted. Also measures undertaken by FRTP to protect EAES market against improper competition and items of improving instruments for the market protection

In the report of the First Deputy-Chairman of RSPP Committee for technical regulation, standardization and correspondence estimation Mr. A.N. Lotsmanov items of the RSPP Committee participation in the work of import substitution and international cooperation. A special section was devoted to modern requirements in the standardization area and correspondence confirmation.

At four theme sections 65 main reports were presented. Problems of innovation technologies and equipment for pipe steel production, billets quality for coil and sheet products were discussed. Items of protection against corrosion and increase of operational reliability, development and application of modern test and diagnostic equipment were also discussed.

Key words: international scientific and practical conference; pipe products; pipes consumption dynamics; technical regulation; standardization and confirmation; protection against corrosion; testing and diagnostic equipment.

For citation: Lifanov V.Ya. Pipe industry today and tomorrow (as per results of the XXIII-rd International scientific and practical conference “Pipes-2018”). *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 5–12. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-5-12

УДК 669.162

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНЖЕКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КОВШОВОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА РАЗЛИЧНЫМИ ДИСПЕРГИРОВАННЫМИ РЕАГЕНТАМИ

А. Ф. ШЕВЧЕНКО, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ovoch-isi@outlook.com;

И. А. МАНАЧИН, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

(Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова Национальной академии наук Украины, Украина, г. Днепр)

Аннотация. Применение диспергированных реагентов в процессах внепечной обработки чугуна позволило решить широкий круг вопросов и задач повышения качества металлопродукции и улучшения технико-экономических показателей процессов выплавки металла. Однако имеются резервы совершенствования существующих технологий, поскольку при их применении не учитывается целый ряд особенностей тепло- и массообменных процессов, протекающих в ковше при широких пределах параметров и условий рафинирования. Поэтому весьма актуальной является разработка представлений о механизме обменных процессов при инъекционном вводе различных реагентов и выработке наиболее рациональных технологических решений.

Изучено влияние химического и фракционно-дисперсного состава реагентов на процессы десульфурации чугуна. Обоснована первоочередность применения СаО и Mg.

Показано, что при использовании мелкодисперсных порошков частицы меньше 0,08 мм практически не внедряются в расплав чугуна, а при зернистых реагентах (0,2–1,6 мм) их частицы могут внедряться в чугун на глубину до 25 мм.

Установлено, что при инъекционной десульфурации имеются условия и реализуется сепарация вдуваемого двухфазного потока в прифурменной зоне с разделением на газовую и твердую составляющие.

При десульфурации порошковыми немагниевыми реагентами (известью) обоснована концентрация порошка в газе 40–60 кг/нм³, применение восстановителей не из компонентов чугуна (С, Si, Mn), а извне вводимого алюминия. Кроме этого рекомендовано вводить в состав газовой и твердой фаз испаряющихся и газообразующих (в расплаве) добавок для дополнительного диспергирования сред в прифурменной зоне.

При моноинъекции магния обосновано его применение в виде зерен (0,2–1,6 мм) и скорость вдувания >80 м/с.

Полученные научные предпосылки повышения эффективности десульфурации чугуна различными реагентами проверены в промышленных условиях.

Ключевые слова: внепечная обработка чугуна; десульфурация чугуна; инъекционный ввод реагентов; моноинъекция зернистого магния; вдувание оксида кальция; эффективность десульфурации чугуна.

Ссылка для цитирования. Шевченко А.Ф., Маначин И.А. Основные положения рациональных технологических решений инъекционных процессов ковшовой десульфурации чугуна различными диспергированными реагентами // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 13–20.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-13-20

Применение диспергированных реагентов в процессах внепечной обработки чугуна и стали позволило решить широкий круг вопросов и задач повышения качества металлопродукции и улучшения технико-экономических показателей процессов выплавки металла [1–3]. Результатом этого явилось, например, увеличение производства выплавки чугуна и стали, расширение сортамента потребляемых шихтовых материалов, получение чугуна и стали с низким ($\leq 0,010$ %) и особо низким ($\leq 0,005$ %) содержанием серы.

Анализ обширного опыта применения внепечной десульфурации чугуна показывает ус-

пехи освоения процессов обессеривания, к которым можно отнести:

- обеспечение особо глубокой десульфурации чугуна — до $\leq 0,001$ – $0,002$ % S [3–6];
- сокращение продолжительности общего цикла обработки чугуна (десульфурация, скачивание шлака, отбор проб, постановка, передвижение и съем ковша) до 20–30 мин [4];
- наименьшие расходы реагентов и сопутствующие потери [4];
- обеспечение очень высокой степени десульфурации чугуна (вплоть до 98 %) при широ-

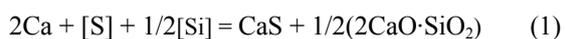
ких пределах исходного содержания серы в чугуне (0,02–0,10 %) [4].

Вместе с тем не все реализованные технологии обеспечивают весь объем современных требований. Процесс KR с использованием CaO и CaF₂, снижая содержание серы в чугуне вплоть до 0,001–0,002 %, имеет продолжительность цикла, как правило, более 35 мин, сопровождается большим дополнительным шлакообразованием (0,2–15,2 кг/т чугуна) и потерями чугуна (около 15 кг/т чугуна) [4]. При вдувании CaO-содержащих реагентов достигается невысокое усвоение оксида кальция и не достигается очень низкое (≤0,002–0,003 %) содержание серы, а потери температуры значительны (более 30 °С).

Не во всех реализованных технологиях обеспечиваются все наиболее рациональные показатели десульфурации чугуна. Обусловлено это тем, что не все разработчики и пользователи технологии учитывают все особенности механизма и физико-химических условий, которые свойственны именно инъекционному рафинированию чугуна вдуванием диспергированных реагентов с учетом специфики применяемого реагента и его свойств. Методические подходы, обоснования и результаты таких исследований приведены в данной публикации. При вводе диспергированного магния в смеси с известью или в виде порошковой проволоки не учитывается целый ряд особенностей тепло- и массообменных процессов, протекающих в ковше при широких пределах параметров и условий рафинирования.

Целью данной работы являлись разработка основных представлений о механизме обменных процессов при инъекционном вводе различных реагентов и выработка наиболее рациональных технологических решений.

Анализ комплекса показателей различных процессов обессеривания чугуна в сопоставлении с современными требованиями к рациональному варианту технологии показал, что базовыми составляющими реагента являются магний или оксид магния [4]. Основные реакции, по которым могут протекать обменные процессы (при вводе обессеривающих реагентов в расплав чугуна) [4, 7]:



Взаимодействие оксида кальция с серой чугуна осуществляется с обязательным участием восстановителя [реакции (1)–(5)], который связывает кислород оксида кальция. Сопоставляя энергии Гиббса G_T^0 реакций (1)–(5) (рис. 1), видим, что наиболее приоритетны процессы с участием [Mg] и [Al], которые поступают из вводимых извне магния и алюминия. Переход на восстановители, содержащиеся в чугуне [Si], [Mn], [C] [реакции (1)–(3)], сопровождается резким снижением энергии Гиббса и уменьшением потенциальных возможностей процесса взаимодействия серы с вводимым оксидом кальция. Поэтому схема вдувания CaO с вводом в расплав чугуна алюминия является более рациональной.

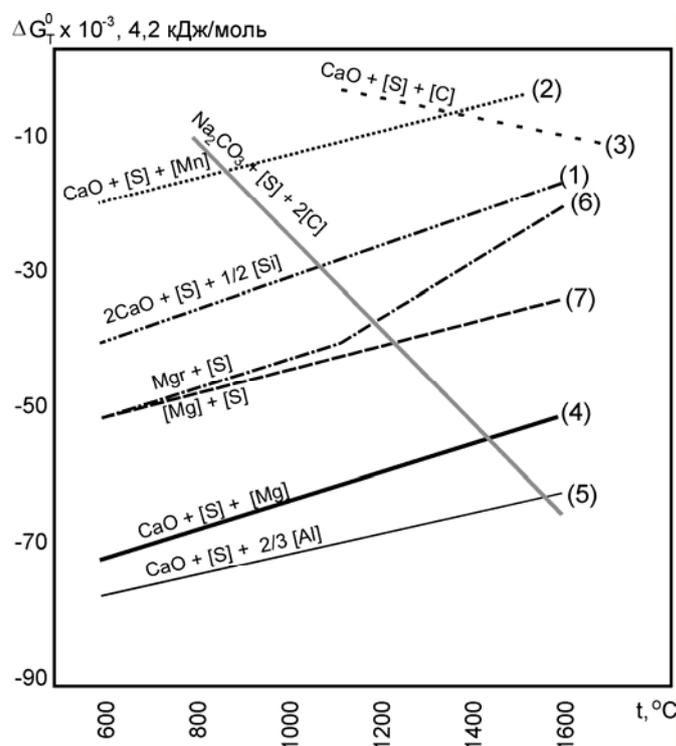


Рис. 1. Изменение энергии Гиббса ΔG_T^0 при варьировании температуры t для реакций взаимодействия оксида кальция и магния с серой чугуна (цифры у линий — порядковый номер реакции)

Fig. 1. Alteration of Gibbs energy ΔG_T^0 temperature t variation for interaction reaction of calcium and magnesium with Sulphur of hot metal (digits at the lines — the current reaction number)

При использовании магния его взаимодействие с серой чугуна происходит по “прямой” схеме [реакции (6) и (7)] без сопутствующих участников, что является признаком материалозакономности этой схемы. Наиболее рациональной с точки зрения кинетики и термодинамики является схема по реакции (7), в которой и сера, и магний

участвуют в растворенном виде. Такое решение позволяет реализовать обменные процессы не только в прифурменной зоне, но и в объеме всей ванны. Для реализации этого имеются достаточные потенциальные условия. Расчеты и последующая экспериментальная проверка показали, что при параметрах внепечной обработки чугуна (температуре 1220–1350 °С, глубине погружения фурмы 1,5–3,5 м) насыщение чугуна магнием (рис. 2) может составлять 0,25–1,25 % [8]. Приведенное свидетельствует о больших потенциальных возможностях растворения магния в чугуне с последующим взаимодействием растворенного магния с серой чугуна.

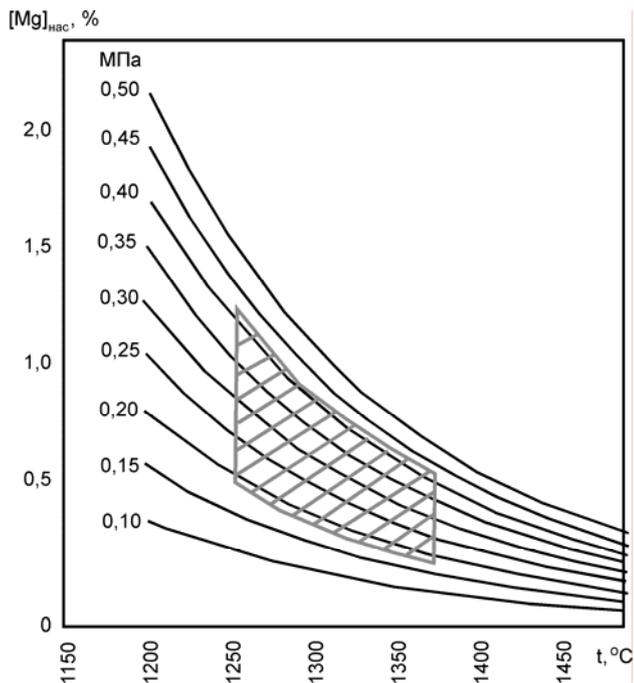


Рис. 2. Изменение насыщения чугуна магнием $[Mg]_{нас}$ с изменением температуры t и давления (цифры у кривых, МПа) в зоне истечения двухфазного потока в расплав в ковше

Fig. 2. Alteration of hot metal saturation by magnesium $[Mg]$ at temperature t variation and pressure (digits at the lines, МPa) in the zone of two-phase flow discharge into the melt in ladle

По результатам приведенного термодинамического анализа можно сделать вывод о том, что базовыми реагентами для инъекционной десульфурации чугуна могут быть в первую очередь магний и оксид кальция. Вдувание магния с обеспечением благоприятных условий для растворения магния в чугуне с последующим взаимодействием $[Mg]$ и $[S]$ является наиболее выгодной и приоритетной технологической схемой. При десульфурации оксидом кальция (известью) схема должна включать применение извне вносимого алюминия для связывания (в оксид) высвобождающегося кислорода оксида кальция. Применение извести в смеси с магнием нельзя

отнести к рациональным технологическим решениям по экономическим соображениям.

При инъекционной десульфурации чугуна результат рафинирования в значительной степени определяется физико-химическими характеристиками истекающего из фурмы двухфазного потока и массообменными процессами в прифурменной зоне ванны ковша. При вдувании реагентов на основе извести одними из их основных характеристик являются степень измельчения извести и содержание активного оксида кальция ($CaO_{акт}$). По результатам лабораторных продувок чугуна (100 кг в ковше) вдуванием молотой извести различного фракционного состава (от $\leq 0,065$ до 1,35 мм) эффективность десульфурации (показатель D) возрастает с 0,5 до 4 % с уменьшением диаметра частиц с 1,35 до $\leq 0,065$ мм (рис. 3). Кроме того, согласно широкому промышленному опыту [4], потери при прокаливании извести должны быть $\leq 0,8$ %, $SiO_2 \leq 2,0$ %, а влага не допускается. Рекомендуется обеспечить $CaO_{акт} \geq 92$ %.

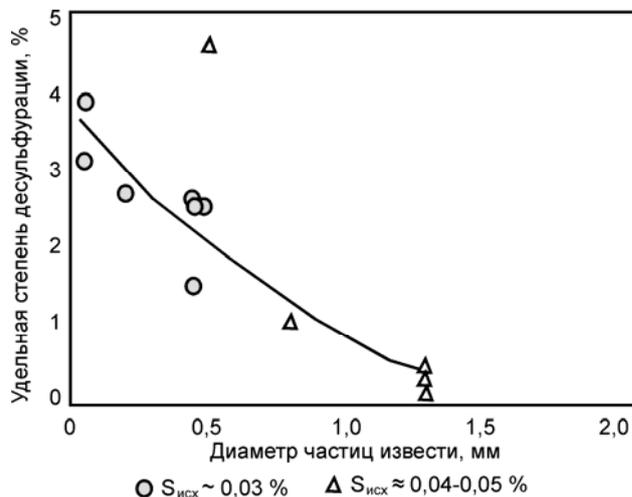


Рис. 3. Зависимость удельной степени десульфурации чугуна D (степень десульфурации, приходящаяся на 1 кг/т извести) от диаметра частиц вдуваемой извести

Fig. 3. Dependence D of hot metal desulphurization specific degree (desulphurization degree per 1 kg/t of lime) on blow-in lime particles diameter

При моноинъекции магния фракционный состав реагента определен двумя предельными величинами. Нижний предел диаметра частиц составляет 0,2 мм и установлен из соображений безопасности реагента. Верхний предел диаметра частиц магния — 1,6 мм, исходя из необходимости обеспечения условий завершения процессов нагрева, плавления и испарения частиц магния в период их всплывания в ванне чугуна с различной ее глубиной (рис. 4). Кроме этого диаметр частиц должен быть ограничен для обеспечения рациональных условий их мак-

симального разгона и вдувания в жидкий чугун. Исходя из приведенного диаметр частиц магния ограничен в пределах 0,2–1,6 мм, форма частиц компактная в виде зерен. Вполне рационально уменьшать диаметр частиц (не выходя за пределы диаметра 0,2–1,6 мм) при уменьшении глубины погружения фурмы в расплав чугуна.

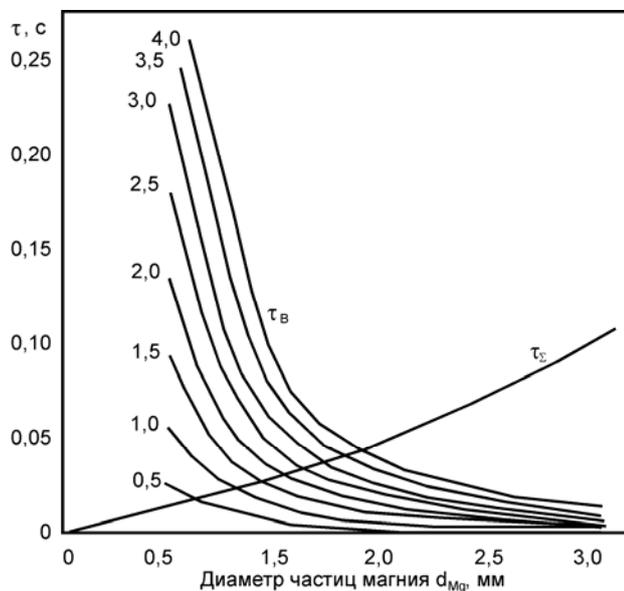


Рис. 4. Зависимость продолжительности нагрева и фазовых превращений частиц магния τ_s , а также продолжительности всплывания τ_e частиц магния в жидком чугуне от диаметра частиц магния d_{Mg} и глубины ввода их в чугун (цифры у кривых) в твердом виде

Fig. 4. Dependence of heating duration and phase transformations of magnesium particles τ_s , as well as floating-up duration τ_e of magnesium particles in liquid hot metal on magnesium particles diameter d_{Mg} and their input depth into hot metal (digits at the lines) in a solid state

Результаты инжекционного рафинирования чугуна и эффективность десульфурации в весьма значительной степени определяются массообменными процессами между истекающим двухфазным потоком как в зоне его истечения из погружаемой фурмы, так и в прифурменной зоне. Экспериментальными исследованиями на холодных прозрачных моделях и при математическом моделировании [4, 8] установлено, что на выходе из канала фурмы истекающая двухфазная струя образует газовую полость, в которой скорость газовой фазы W_r снижается от максимальной (на выходе из канала) практически до нуля.

Замеры параметров этой полости [4] позволили получить уточненное эмпирическое выражение для расчета ее длины:

$$L_{стр} = K_k W_{п} \sqrt{\frac{\rho_r D_k}{(\rho_{чуг} - \rho_r) g}}$$

где ρ_r , $\rho_{чуг}$ — плотность истекающего газа и чугуна соответственно; $W_{п}$ — скорость истекающего потока; D_k — диаметр канала фурмы; K_k — корректирующий коэффициент, который определяется исходя из выражения

$$K_k = 3,448 W_{п}^{-0,338}$$

В соответствии с приведенными зависимостями получена номограмма (рис. 5) длины образующейся в расплаве полости на выходе из фурмы в зависимости от скорости потока на выходе из фурмы $W_{п}$ и диаметра канала фурмы D_k на примере глубины погружения фурмы в жидкий чугун $H_{ф} = 3$ м. Как следует из рис. 5, длина струи в расплаве увеличивается с возрастанием $W_{п}$ и D_k , а при практических параметрах вдувания реагентов [4] составляет 10–80 мм.

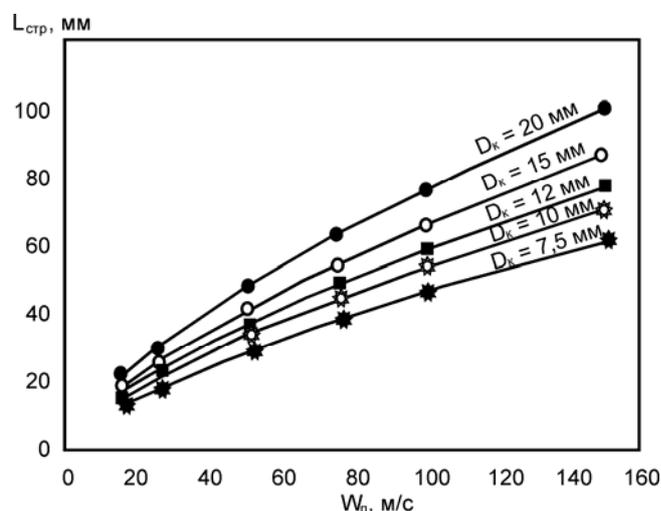


Рис. 5. Номограмма зависимости длины внедрения газовой струи $L_{стр}$ от скорости потока W_n и диаметра канала фурмы D_k при инжекционной обработке жидкого чугуна в ковшах

Fig. 5. Dependence nomogram of gas stream implementation length $L_{стр}$ on flow velocity W_n and tuyere channel diameter D_k at injection hot metal treatment in ladles

При экспериментальных исследованиях и математическом моделировании в Институте черной металлургии и Днепровском национальном университете было установлено, что вдуваемые частицы различных реагентов пролетают газовую полость (в зоне истечения) и внедряются в жидкий чугун без физико-химических изменений и имеют температуру лишь на 10 °С больше по сравнению со стартовой.

Таким образом, в процессе истечения двухфазной струи и частичного ее затухания проис-

ходит разделение двухфазного потока на газовые (в основе) и высококонцентрированные среды [4], что представлено на рис. 6. Частично может образовываться низкоконцентрированная среда 3 (см. рис. 6). Существенные изменения характеристик вдуваемых двухфазных потоков вносят значительные корректировки в механизм обменных процессов, особенно при вдувании магния, так как создаются благоприятные условия увеличения парциального давления магния в реакционной зоне, что способствует растворению магния в чугуне.

С использованием математического моделирования изучены закономерности процесса внедрения частиц различных реагентов (Mg, CaO, CaC₂) в жидкий чугун. Показано, что при применяемых на практике условиях и параметрах вдувания глубина внедрения частиц в расплав практически не зависит от типа реагента (CaO, Mg, CaCO₃), а определяется фракционно-дисперсным составом реагента и скоростью его вдувания (рис. 7). Из рис. 7 следует, что при вдувании мелкодисперсных порошков (с диаметром частиц меньше 0,06–0,08 мм) индивидуальное внедрение частиц в расплав практически не происходит, так как глубина внедрения частиц в расплав меньше 0,06 мм.

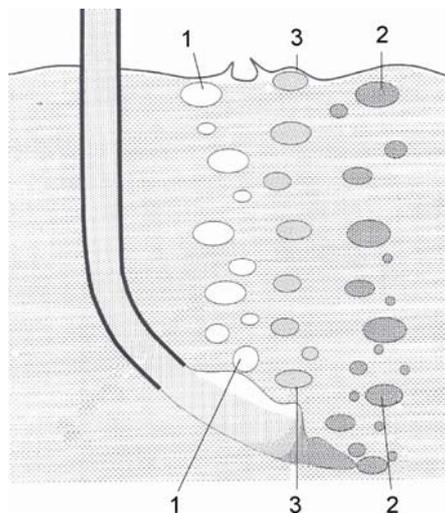


Рис. 6. Принципиальная схема преобразования “однородного” вдуваемого двухфазного потока на две среды — газовую и высококонцентрированную [4]:
1 — слабозапыленная среда (с концентрацией твердой фазы в газе 0,6–2,0 кг/м³); 2 — высококонцентрированная среда (800–1000 кг/м³); 3 — низкоконцентрированная среда (0,8–10 кг/м³)

Fig. 6. Principal diagram of transformation of “homogeneous” blow-in two-phase flow into two phases: gas and high-concentrated [4]:

1 — low-dusted media (concentration of solid phase in gas 0.6–2.0 kg/m³); 2 — high-concentrated media (800–1000 kg/m³); 3 — low-concentrated media (0.8–10 kg/m³)

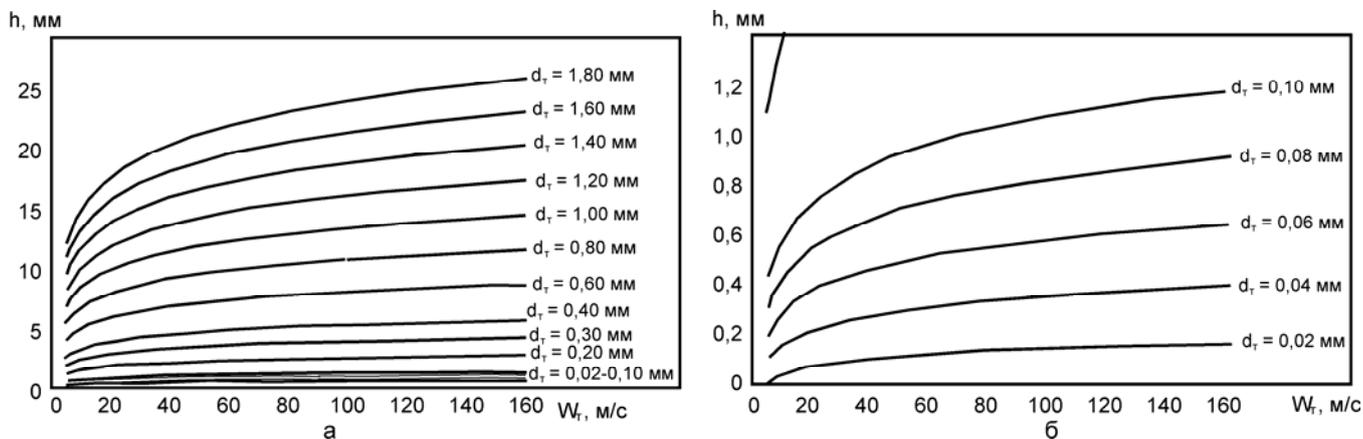


Рис. 7. Диаграмма зависимости глубины внедрения частиц магния в расплав чугуна h от скорости движения W_m в начале внедрения при различном диаметре частиц d_m :
а — сводная диаграмма; б — увеличенная версия нижней части сводной диаграммы

Fig. 7. Dependence diagram of magnesium particles implementation depth h into hot metal melt on the movement velocity W_m in the beginning of implementation at different particles diameter d_m :
а — summarized diagram; б — magnified version of lower part of summarized diagram

При вдувании зернистых материалов с диаметром частиц 0,3–1,6 мм в расплав через погружаемую фурму происходит существенное увеличение глубины внедрения частиц в расплав до 10–27 мм, или на 10–15 их диаметров. В

этом случае происходит повсеместное и индивидуальное внедрение частиц реагентов в жидкий чугун.

Расчетом с использованием данных В.Б. Охотского [9] показано, что прифурменная реак-

ционная зона характеризуется (при инъекционной десульфурации чугуна в ковшах) приходом из фурмы в среднем около $2 \text{ м}^3/\text{мин}$ газа, $6\text{--}120 \text{ кг}/\text{мин}$ твердых реагентов, что в итоге сопровождается образованием (в расплаве) около 1,5 тыс. пузырей в минуту, которые всплывают в расплаве. При этом пузыри могут дробиться или объединяться. При вдувании порошкообразных немагневых реагентов содержание твердой фазы во всплывающих пузырях изменяется в очень широких пределах (от 2 до $700\text{--}800 \text{ кг}/\text{м}^3$). При вдувании мелкодисперсных порошковых реагентов твердые частицы практически не покидают объем двухфазной среды (см. рис. 7), а накапливаются в этом двухфазном объеме за счет отделяющихся газовых пузырей, т. е. происходит как бы сепарация двухфазной струи с увеличением концентрации твердой фазы до $700\text{--}800 \text{ кг}/\text{м}^3$ (по мере удаления от среза сопла фурмы).

При вдувании зернистых реагентов такое явление не происходит, так как более крупные частицы реагента, имея большой запас кинетической энергии, пробивают пленку пузыря и внедряются вглубь расплава чугуна, при этом отделяясь от газа (как бы «стряхивая» с себя газовое окружение).

Представленные два типа принципиальных схем взаимодействия двухфазного рафинирующего потока с жидким чугуном предопределили реализацию двух механизмов инъекционного рафинирования чугуна.

При использовании порошковых немагневых реагентов не требуется обеспечение высокой линейной скорости вдувания реагента в расплав, так как скорость существенно не влияет на механизм обменных процессов, а необходимо лишь обеспечить рациональную концентрацию реагента в несущем газе $40\text{--}60 \text{ кг}/\text{м}^3$ [4]. Кроме этого в связи с сепарированием истекающего из фурмы потока и его уплотнением рационально осуществлять его диспергирование, обеспечивая это, например, микровзрывами в потоке за счет испаряющихся или дополнительно газообразующих добавок в струе, например, природного газа, газообразных или жидких углеводородсодержащих, а также другого типа добавок, в том числе испаряющихся.

При вдувании магния скорость истекающего потока и частиц является определяющим параметром, так как обеспечивает не только надежность процесса вдувания, но и максимальное внедрение зерен магния в расплав чугуна. По

результатам серий опытных и промышленных обработок чугуна установлено, что нижний предел скорости составляет $\geq 80 \text{ м}/\text{с}$.

Представленные выше рекомендации по обеспечению наиболее рационального механизма обменных процессов при внепечной десульфурации чугуна в ковшах позволяют сделать вывод о том, что вдувание моноинжекцией мелкодисперсного магния является недостаточно рациональным решением, так как мелкие частички магния не в состоянии внедряться в расплав чугуна и будут почти постоянно в контакте с газоносителем, что существенно снижает потенциальные возможности магния, нивелируя его преимущества.

Более рациональным является моноинжекция магния в виде зерен диам. $0,2\text{--}1,6 \text{ мм}$, когда обеспечиваются возможности отделения магния от газоносителя и внедрения частиц магния в расплав чугуна на глубину вплоть до 25 мм с освобождением при этом от газоносителя. Такие условия резко повышают парциальное давление магния в реакционной зоне, за счет чего повышается насыщение чугуна магнием и становится активным его взаимодействие с серой чугуна (при этом не только в прифурменной зоне, но и во всем объеме рафинируемой ванны).

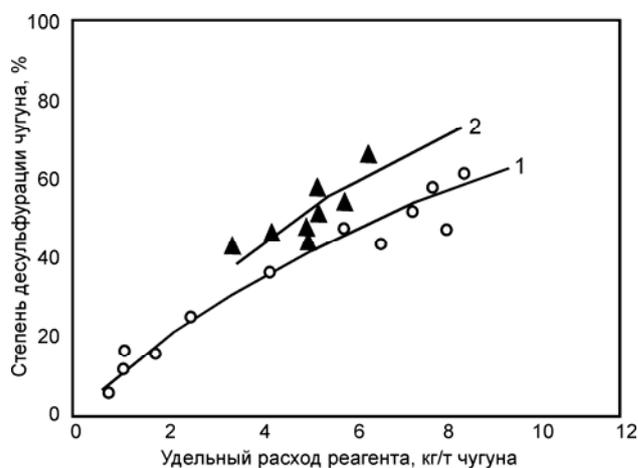


Рис. 8. Зависимость степени десульфурации чугуна от удельного расхода вдуваемого реагента. Масса чугуна в ковше $130\text{--}180 \text{ т}$:
1 — вдувание молотой извести; 2 — вдувание смеси извести с 5% кальцинированной соды

Fig. 8. Dependence of hot metal desulphurization degree on blow-in reagent specific consumption. Hot metal weight in the ladle $130\text{--}180 \text{ t}$:
1 — blow-in of milled lime; 2 — blow-in of lime and 5% soda ash mixture

Полученные научные предпосылки повышения эффективности десульфурации чугуна различными реагентами проверены в промышленных условиях. Моноинжекция зернистого (0,4–1,6 мм) магния через двухсопловую погружаемую фурму при достаточной скорости потока и требуемых режимах дозирования обеспечивает снижение серы в чугуне до $\leq 0,001$ % и степень десульфурации чугуна вплоть до 99 %.

При вдувании оксида кальция (извести) вводим алюминия в количестве 0,5–0,7 кг/т чугуна увеличивает степень десульфурации чугуна на 20 %. Применение природного газа для вдувания извести увеличивает степень десульфурации чугуна на 10 % (абс.). Добавка кальцинированной соды во вдуваемую известь (в количестве около 5 % в смеси) повышает степень десульфурации

на 10–15 % (абс.) (рис. 8). Таким образом, активизация обменных процессов при инъекционной десульфурации известью за счет смены восстановителя (растворенного в чугуне [Si] на вводимый известь [Al]), дробление крупных известьсодержащих полостей в чугуне за счет замены газоносителя (азота или воздуха) на природный газ позволяет реализовать более выгодный механизм обменных процессов и увеличить степень десульфурации чугуна на 20–30 %. Следовательно, оптимизация механизма обменных процессов при внепечной инъекционной десульфурации чугуна различными реагентами имеет реальные резервы повышения эффективности и снижения затратности процессов внепечного обессеривания чугуна в ковшах.

Заключение

На инъекционную десульфурацию чугуна в ковшах оказывает влияние не только химический состав реагента, но и в значительной степени фракционно-дисперсный состав, параметры вдувания реагентов и газоносителя (через погружаемую фурму).

В итоге принципиально изменяются механизм тепло- и массообменных процессов и результаты рафинирования. При диаметре частиц реагента $\leq 0,08$ мм не достигается их полное внедрение в расплав чугуна, а происходит лишь их временное погружение. С учетом этого эффективность массообменных процессов ухудшается, нивелируются преимущества инъекционной обработки и ухудшаются показатели десульфурации и экономики.

При вдувании реагентов в зернистом виде с диаметром частиц 0,3–1,6 мм происходит снижение активной поверхности реагента, но обеспечивается резкое увеличение глубины внедрения

частиц реагента в расплав чугуна на глубину вплоть до 25 мм. Это изменяет механизм обменных процессов, что в случае применения зернистого магния резко увеличивает возможности насыщения чугуна магнием и обеспечивает более выгодный механизм взаимодействия расплавленных [S] и [Mg].

Обосновано, что при вдувании порошковых немагниевых реагентов одним из важнейших параметров является концентрация реагента в газе. Рекомендована ее величина 40–60 кг/м³, применение восстановителя в виде алюминия, а также природного газа, кальцинированной соды (в смесь до 5 %) и других добавок, способствующих дроблению высококонцентрированных порошковых полостей в зоне истечения реагентов из фурмы.

При вдувании зернистых реагентов рекомендована скорость истечения потока из фурмы в расплав чугуна более 80 м/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. — М.: Металлургия, 1992. — 335 с.
2. Найдек В.Л. Повышение эффективности металлургических технологий внепечной обработки железоуглеродистых расплавов. Производство стали в XXI веке. Прогнозы. Процессы, технологии, экономика: сб. докладов междунар. конф. — Киев: ЗАО “Укрсплав”, 2000. С. 16–23.
3. Воронова Н.А. Десульфурация чугуна магнием. — М.: Металлургия, 1980. — 239 с.
4. Внепечная десульфурация чугуна в ковшах. Технология. Исследования. Анализ. Совершенствование / А.Ф. Шевченко, И.А. Маначин, А.С. Вергун и др. — Днепропетровск: Дніпро-VAL, 2017. — 253 с.
5. Степанов А.А., Зинченко С.Д., Ламухин А.И. и др. Освоение технологии производства стали с использованием установки десульфурации чугуна в условиях конвертерного производства ОАО “Северсталь” // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2005. № 4. С. 31–33.
6. Ушаков С.Н., Авраменко В.Л., Бичеев В.А. и др. Производство трубной низкосернистой стали с ковшовой десульфурацией чугуна // Металлург. 2017. № 11. С. 47–61.
7. Шевченко А.Ф. Разработка и развитие теории и технологии процессов внепечной десульфурации чугуна в ковшах вдуванием диспергированных реагентов: дис. ... д-ра техн. наук. — Днепропетровск, 1997. — 425 с.
8. Большаков В.И., Шевченко А.Ф., Башмаков А.М. Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах. — Киев: Наукова думка, 2011. С. 76.
9. Охотский В.Б. Физико-химическая механика сталеплавильных процессов. — М.: Металлургия, 1993. — 151 с.

MAIN CONDITIONS OF RATIONAL TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF INJECTION PROCESSES FOR LADLE DESULPHURIZATION OF HOT METAL BY VARIOUS DISPERSED REAGENTS

A. F. SHEVCHENKO, HD (Tech), Professor, Leading Research Associate, ovoch-isi@outllok.com;
I. A. MANACHIN, PhD (Tech), Senior Research Associate
(Institute of Ferrous Metallurgy after Z.I. Nekrasov,
National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Dnepr)

Abstract. Application of dispersed reagents in hot metal ladle treatment processes enabled for solving a wide range of tasks of increasing metal products quality and improving technical and economic indices of metal smelting processes. But there are reserves of existing technologies improving, since during their application a whole number of peculiarities of heat- and mass exchange processes, having place in ladle at wide range of parameters and refining conditions, are not taken into consideration. Therefore, elaboration of conceptions about exchange processes mechanisms at different reagents injection input and elaboration of most rational technological solutions are rather actual.

Influence of chemical and fraction-dispersed content of reagents on hot metal desulphurization processes studied. First priority of CaO and Mg application justified.

It was shown, that when using fine powders, particles less 0.08 mm practically do not penetrate into hot metal melt, and when grain reagents (0.2–1.6 mm) are used, their particles can penetrate into hot metal by a depth of 25 mm.

It was established that during the injection desulphurization there are conditions and separation of blow-in two-phase stream takes place in near-tuyere zone with division for gas and solid components.

During the desulphurization by powder non-magnesium reagents (lime), the powder concentration 40–60 kg/Nm³ in gas justified, usage of reducing agents not from hot metal components (C, Si, Mn), but Al introduced from outside. Besides, it was recommended to introduce evaporating and gas-forming (in the melt) additions into gas and solid phase for additional phase dispersion in the near-tuyere zone.

During the magnesium mono-injection its application in the form of grains (0.2–1.6 mm) justified and blow-in velocity >80 m/s.

The obtained scientific preconditions of hot metal desulphurization efficiency increase by different reagents were checked in industrial conditions.

Key words: hot metal ladle treatment; hot metal desulphurization; injection introduction of reagents; mono-injection of grain magnesium; calcium oxide blow-in; hot metal desulphurization efficiency.

For citation: Shevchenko A.F., Manachin I.A. Main conditions of rational technological solutions of injection processes for ladle desulphurization of hot metal by various dispersed reagents. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 13–20. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-13-20

REFERENCES

1. Kudrin V.A. *Vnepechnaya obrabotka chuguna i stali* [Ladle treatment of hot metal and steel]. Moscow: Metallurgiya, 1992, 335 p. (In Russ.).
2. Naidek V.L. *Povyshenie effektivnosti metallurgicheskikh tekhnologii vnepechnoi obrabotki zhelezouglerodistykh rasplavov. Proizvodstvo stali v XXI veke. Prognozy. Protsesty, tekhnologii, ekonomika: sb. dokladov mezhdunar. konf.* [Efficiency increase of metallurgical technologies of iron-carbon melts ladle treatment. Steel production in the twenty-first century. Predictions. Processes, technology, economics: a collection of reports of the Intern. conf.]. Kiev: ZAO "Ukrsplyv", 2000, pp. 16–23. (In Russ.).
3. Voronova N.A. *Desul'furatsiya chuguna magniem* [Desulphurization of hot metal by magnesium]. Moscow: Metallurgiya, 1980, 239 p. (In Russ.).
4. Shevchenko A.F., Manachin I.A., Vergun A.S. etc. *Vnepechnaya desul'furatsiya chuguna v kovshakh. Tekhnologiya. Issledovaniya. Analiz. Sovershenstvovanie* [Desulphurization of hot metal in ladles. Technology. Study. Analysis. Improving]. Dnepropetrovsk: Dnipro-VAL, 2017, 253 p.
5. Stepanov A.A., Zinchenko S.D., Lamukhin A.I. etc. Mastering of steel production technology with desulphurization facility application under conditions of JSC "Severstal" BOF shop. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2005, no. 4, pp. 31–33. (In Russ.).
6. Ushakov S.N., Avramenko V.L., Bicheev V.A., Stolyarov A.M., Potapova M.V. Production of pipe low-sulphur steel with ladle hot metal desulphurization. *Metallurg*, 2017, no. 11, pp. 47–61. (In Russ.).
7. Shevchenko A.F. *Razrabotka i razvitie teorii i tekhnologii protsessov vnepechnoi desul'furatsii chuguna v kovshakh vduvaniem dispergirivannykh reagentov: dis. ... dokt. texnich. nauk* [Elaboration and development of a theory and technology of hot metal desulphurization in ladles by blowdown of dispersed reagents. Dr. Sci. Dis.]. Dnepropetrovsk, 1997, 425 p. (In Russ.).
8. Bol'shakov V.I., Shevchenko A.F., Bashmakov A.M. *Tekhnologiya i oborudovanie desul'furatsii chuguna magniem v bol'shegruznykh kovshakh* [Technology and equipment of hot metal desulphurization by magnesium in big volume ladles]. Kiev: Naukova dumka, 2011, p. 76.
9. Okhotskii V.B. *Fiziko-khimicheskaya mekhanika staleplavil'nykh protsessov* [Physical and chemical mechanics of steelmaking processes]. Moscow: Metallurgiya, 1993, 151 p. (In Russ.).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

*Б. П. ЮРЬЕВ, доцент кафедры “Теплофизика и информатика в металлургии”, yurev-b@mail.ru;
В. А. ДУДКО, заведующий лабораторией кафедры “Теплофизика и информатика в металлургии”
(Институт новых материалов и технологий Уральского федерального университета
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, Свердловская обл., г. Екатеринбург)*

Аннотация. Основные реакции десульфурации железорудных окатышей подробно рассмотрены в ряде работ, в которых полученные результаты относятся только к их изотермическому нагреву. Поэтому исследования авторов были сконцентрированы на изучении кинетики десульфурации неофлюсованных и офлюсованных соколовско-сарбайских и костомукшских окатышей с различным содержанием исходной серы в концентрате при неизотермическом нагреве.

Рассмотрены особенности режима термической обработки сернистых окатышей в слое. Разработаны рекомендации по режиму обжига слоя окатышей, позволяющие увеличивать степень разложения сульфатов.

Изучен механизм и кинетика диссоциации сульфата кальция при температурах и составах газа, характерных для конвейерных и обжиговых машин. Установлен уровень температур, при которых достигается максимальная скорость диссоциации сульфата кальция.

Осуществлено моделирование процесса термической обработки окатышей на воздухе и в среде гелия. Показано, что при обжиге в слабоокислительной атмосфере существенно понижается содержание серы в окатышах, обожженных при соответствующих температурах. Разработаны рациональные режимы обжига железорудных окатышей с получением их удовлетворительного качества как по прочности, так и по содержанию серы.

Ключевые слова: производство железорудных окатышей; сернистые окатыши; десульфурация окатышей; изотермический нагрев; термическая обработка окатышей; степень разложения сульфатов; дериватограф.

Ссылка для цитирования. Юрьев Б.П., Дудко В.А. Исследование процессов десульфурации при термообработке железорудных окатышей // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 21–28.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-21-28

Сера в железных рудах находится в химических соединениях с железом, представленных обычно сульфатами в виде пирита, марказита и пирротина. В концентратах сера находится в виде пирита или пирротина [1]. Содержание сульфатной серы в них незначительно.

При обжиге железорудных окатышей наряду с их упрочнением происходит и удаление серы. В процессе термической обработки офлюсованных окатышей в окислительной атмосфере пирит и пирротин выгорают с выделением диоксида серы, который практически полностью поглощается известняком флюса с образованием сульфата кальция [2]. Избежать процесса сульфатизации в промышленных условиях практически невозможно, поэтому конечное содержание серы в офлюсованных окатышах определяется полнотой и скоростью разложения соединения CaSO_4 .

Из анализа работ [3–18], посвященных вопросу десульфурации окатышей, следует, что удаление серы при их обжиге носит сложный характер. Это связано с наличием ряда параллельных схем химических реакций с различной термодинамической вероятностью, которая зависит от внешних и внутренних условий нагрева.

Все реакции, протекающие в процессе десульфурации окатышей, можно разделить на следующие группы: диссоциация сульфидов, их окисление, образование сульфатов и их диссоциация.

Основные реакции с участием сернистых соединений подробно рассмотрены в работах [2–7], в которых полученные результаты относятся только к изотермическому нагреву. Поэтому в данной работе приведены результаты, полученные при изучении кинетики десульфурации неофлюсованных и офлюсованных соколовско-сарбайских и костомукшских окатышей с различным содержанием исходной серы в концентрате (см. таблицу) при неизотермическом нагреве.

Методика проведения опытов заключалась в нагреве с постоянной скоростью (50–70 °С/мин) навесок окатышей до заданной температуры в потоке воздуха (0,15 м/с) и в последующем охлаждении в воде. Химическим анализом определялось остаточное содержание серы в исследуемых окатышах. Процесс десульфурации изучали при различных скоростях нагрева и условиях окатышей.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОКАТЫШЕЙ

CHEMICAL COMPOSITION OF PELLETS

Окатыши	Содержание, %					
	Fe _{общ}	FeO	S _{общ}	SiO ₂	CaO	CaO/SiO ₂
ССГОК	66,8	28,4	0,19	3,44	1,32	0,38
	63,4	26,3	0,53	4,86	0,68	0,15
	65,2	27,8	0,75	3,79	1,23	0,32
	63,8	27,1	0,35	3,54	3,12	0,88
	63,2	27,1	0,16	3,24	4,03	1,24
	62,5	25,4	0,47	4,50	5,70	1,27
	61,8	26,3	0,75	3,67	4,61	1,25
КостГОК	65,4	28,9	0,28	8,44	0,70	0,08
	65,7	29,8	0,50	7,95	0,19	0,02
	61,1	28,1	0,35	7,57	3,89	0,51
	60,9	27,8	0,53	7,69	4,02	0,52
	56,3	25,2	0,37	7,12	8,71	1,22
	56,8	25,4	0,56	7,05	8,80	1,25

Анализ кинетических кривых (рис. 1) изменения содержания серы в неофлюсованных окатышах в зависимости от температуры позволил сделать ряд выводов:

- в неофлюсованных окатышах выгорание серы происходит практически пропорционально росту температуры;

- отсутствует какое-либо принципиальное различие в ходе кривых с ростом температуры нагрева для окатышей различного химического состава;

- при температурах выше 1100 °С содержание остаточной серы ниже 0,07 %;

- степень десульфурации окатышей из концентрата Соколовско-Сарбайского ГОКа (ССГОКа) при температурах выше 300 °С несколько ниже, что связано с более высоким содержанием исходного оксида кальция, чем в концентрате Костомукшского ГОКа (КостГОКа), и с незначительным развитием процесса сульфатизации;

- изменение степени десульфурации неофлюсованных окатышей при нагреве отражает механизм процесса выгорания серы, обусловленный окислением сульфидов и удалением серы в виде оксидов SO₂ и SO₃.

При обжиге неофлюсованных окатышей процесс десульфурации завершается с достаточной степенью, при которой остаточное содержание серы в обожженных окатышах не превышает 0,01 % при содержании исходной серы менее 0,5 %. Ход кинетических кривых офлюсованных окатышей выражает иной механизм процесса десульфурации, связанный с образованием и диссоциацией сульфатов. В зависимости от температуры процесс десульфурации разделяется на

три области: низко- (до 600 °С), средне- (600–1100 °С) и высокотемпературную (выше 1100 °С) (рис. 2 и 3).

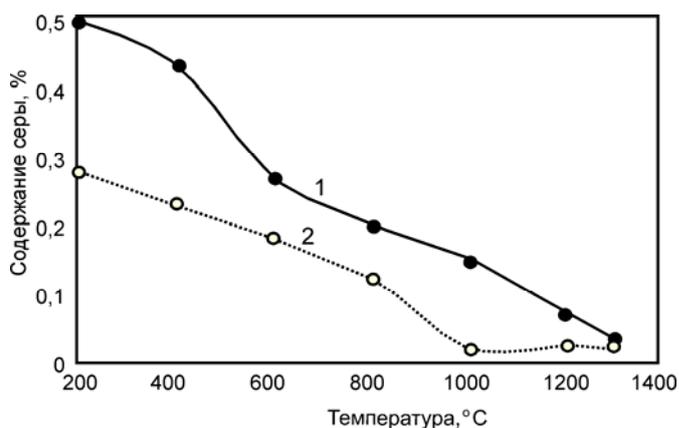
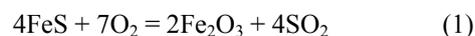


Рис. 1. Изменение содержания серы в неофлюсованных окатышах с различным содержанием исходной серы при нагреве с постоянной скоростью:
1 — окатыши ССГОКа; 2 — окатыши КостГОКа

Fig. 1. Sulphur content change in non-fluxed pellets with different initial sulphur content at heating with a constant pace:
1 — Sokolov-Sarbai GOK pellets; 2 — Kostomuksha pellets

В низкотемпературной области удаление серы начинается при температурах выше 200 °С и происходит пропорционально росту температуры. Процесс десульфурации соответствует механизму окисления сульфидов и удаления серы в виде оксидов:



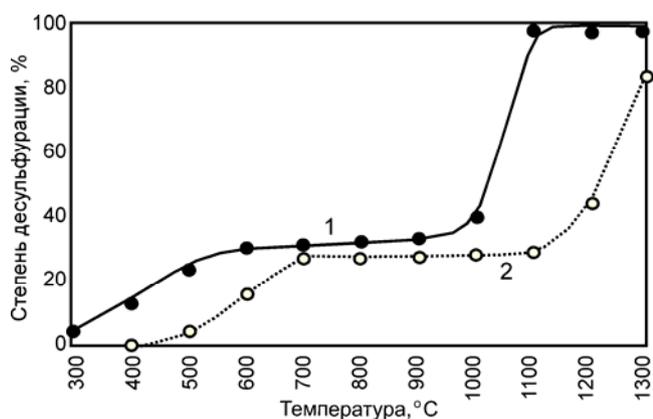


Рис. 2. Кинетические кривые десульфурации офлюсованных окатышей ССГОКа ($S_0 = 1,75\%$, $CaO/SiO_2 = 1,1\%$):
1 — продолжительность выдержки 20 мин;
2 — то же, 0 мин

Fig. 2. Kinetic curves of fluxed pellets desulphurization produced at Sokolov-Sarbai GOK ($S_0 = 1.75\%$, $CaO/SiO_2 = 1.1\%$):
1 — exposure duration 20 min; 2 — same, 0 min

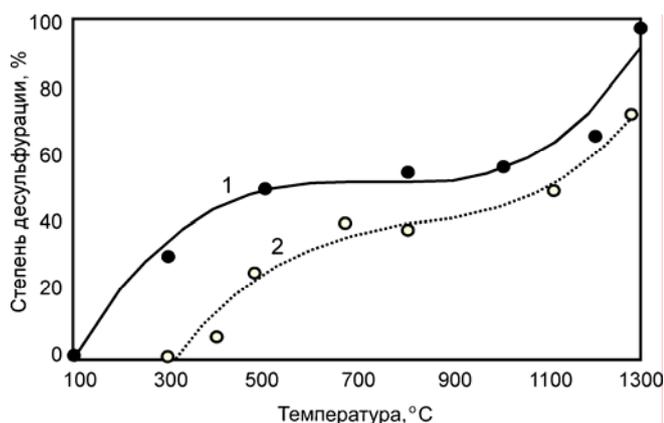
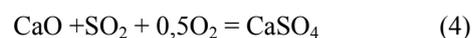


Рис. 3. Кинетические кривые десульфурации офлюсованных окатышей КостГОКа ($S_0 = 0,85\%$, $CaO/SiO_2 = 0,8\%$):
1 — продолжительность выдержки 4 мин;
2 — то же, 0 мин

Fig. 3. Kinetic curves of fluxed pellets desulphurization produced at Kostomuksha GOK ($S_0 = 0.85\%$, $CaO/SiO_2 = 0.8\%$):
1 — exposure duration 4 min; 2 — same, 0 min

При высоком содержании исходной серы и достаточной выдержке степень десульфурации может достигать 30–50 %.

В среднетемпературной области десульфурация резко замедляется и практического удаления серы из окатышей не происходит. Степень десульфурации в этой области незначительная (около 10 %) и определяется соотношением и степенью образования сульфатов:

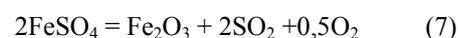
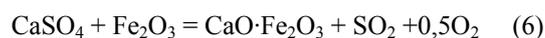


Наиболее интенсивно сульфаты кальция образуются при разложении известняка, который диссоциирует в интервале температур 600–1000 °C:



Свежеобразованная известь активно реагирует с оксидами серы.

В высокотемпературной области окисление сульфидов замедляется и одновременно получает развитие реакция диссоциации сульфатов, которая интенсифицируется в контакте с оксидами железа и кремния:



В этой области температура — главный фактор, определяющий степень десульфурации. Обжиг при температуре более 1100 °C приводит к снижению остаточной серы из офлюсованных окатышей вследствие начала термической диссоциации сульфата кальция $CaSO_4$. При температуре, близкой к 1300 °C, степень десульфурации составляет около 95 %. Максимальное удаление серы зависит от основности окатышей и определяется количеством вводимого в шихту известняка.

Рассмотрим особенности режима термической обработки сернистых окатышей в слое. Преобразование сульфидной серы в сульфатную особенно активно протекает до температуры 900 °C, когда она взаимодействует с CaO и кислородом, при этом в первую очередь окисляются сульфиды, а затем магнетит. Неполное окисление сульфидов и, соответственно, образование сульфатов приводит к переходу сульфидов в высокотемпературную область и ухудшению десульфурации. Для улучшения удаления серы из окатышей необходимо завершить процесс окисления сульфидов при средних температурах, а выдержка при температурах выше появления расплава будет способствовать ускорению разложения сульфатов. Оставшиеся сульфиды дадут основное количество серы в обожженных окатышах.

Температура остается главным фактором, определяющим содержание серы в окатышах. Продолжительность обжига также предусматривает конечное содержание серы, особенно для слоя, через скорость нагрева. Процесс окисления сульфидов и образования сульфатов сопровождается значительным тепловыделением. Выделение теплоты происходит при 500–1000 °C,

выше этого интервала начинается поглощение теплоты, связанное с разложением сульфатов и образованием расплава. Выделение большого количества теплоты приводит к раннему появлению расплава, ухудшающему процесс окисления не только сульфидов, но и магнетита, дальнейшее удаление сульфидной серы очень затруднено, а обожженные окатыши получают магнетитовую структуру. Процесс обжига окатышей необходимо вести таким образом, чтобы окислить сульфиды и магнетит до появления расплава, а затем при температурах выше 1150 °С дать время на разложение сульфатов в присутствии расплава.

Таким образом, при слоевом обжиге окатышей требуется, с одной стороны, как можно полнее завершить по всей высоте слоя процессы окисления сульфидов и магнетита и с ростом содержания серы в окатышах увеличивать продолжительность процесса диссоциации и окисления сульфидов, с другой стороны, как можно раньше прогреть нижние горизонты слоя, чтобы окатыши дольше находились при температурах выше 1200 °С, и с ростом содержания исходной серы увеличить скорость нагрева и тем самым время разложения сульфатов.

Результаты промышленных испытаний на КостГОКе показали, что перепад температур между верхним горизонтом слоя и постелью может достигать 200 °С и при температуре материала 1300–1320 °С температура на границе слой – постель может составлять 1100 °С. Такой температурный перепад не обеспечивает получения окатышей с необходимыми прочностью и содержанием серы. Чтобы результаты были удовлетворительными, температура на границе слой – постель должна быть выше 1200 °С.

Для разработки конкретных технологических схем получения малосернистых окатышей необходимы сведения о механизме и кинетике диссоциации сульфата кальция в диапазоне температур и состава газа, характерных для конвейерных обжиговых машин.

Исследования проводили на дериватографе 3427/Т с печью, допускающей нагрев до температуры 1500 °С. Испытанию подвергали офлюсованные до основности $\text{CaO/SiO}_2 = 0,85$ брикеты диам. 12 и высотой 10 мм из концентрата ССГОКа, содержащего 0,44 % S; 65,75 $\text{Fe}_{\text{общ}}$; 4,00 % SiO_2 ; 1,25 % CaO. Пористость П образцов варьировали изменением давления прессования от $1,96 \times 10^7$ до $4,90 \times 10^8$ Па.

В первой серии опытов брикеты нагревали со скоростью 0,25 °С/с на воздухе. В ходе опыта одновременно фиксировали изменения температуры, массы и скорости изменения массы. Уменьшение массы образцов в области температур 100–200 °С объясняется удалением остаточной гигроскопической влаги. Экзотермические

эффекты при температурах 300, 500 и 580 °С связаны с окислением магнетита [2]. При температуре 780 °С диссоциирует известняк флюса. В интервале 1000–1300 °С наблюдается интенсивное уменьшение массы.

Результаты химического анализа образцов, нагретых в исследуемом диапазоне до определенной температуры и охлажденных в воде, показали, что при температуре 1000 °С общее содержание серы то же, что и в исходном концентрате, но она полностью перешла из сульфидной формы в сульфатную. Дальнейшее повышение температуры ведет к снижению содержания как сульфатной, так и общей серы: при значениях температур, равных 1000, 1120, 1280, 1300 °С, содержится 0,450; 0,220; 0,030; 0,009 % $S_{\text{общ}}$ и 0,430; 0,190; 0,023; 0,009 % $S_{\text{сул}}$ соответственно. Это однозначно указывает на разложение сульфата кальция [14].

Обработка дериватограмм показала, что температура t_{max} достижения максимальной скорости диссоциации соединения CaSO_4 снижается с 1200 до 1100 °С при уменьшении исходной пористости брикетов с 32,0 до 28,5 и 26,5 %. В неизотермических экспериментах величина t_{max} непосредственно связана с кинетическими константами процесса. Для определения вида этой зависимости рассмотрим обобщенное кинетическое уравнение топомхимической реакции [19] в неизотермических условиях:

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{w} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) f(\alpha), \quad (9)$$

где α — степень превращения, доли ед.; T — температура, К; A — кинетическая константа, зависящая от природы конденсированных реагентов и состава газовой фазы, мин^{-1} ; w — скорость нагрева образца, К/мин; E — кажущаяся энергия активации, кДж/моль; R — газовая постоянная, кДж/(моль·К); $f(\alpha)$ — функция от степени превращения, вид которой определяется режимом и механизмом реакции.

Предполагая отсутствие существенной взаиморастворимости твердых веществ реакции



принимая их активности равными единице. Тогда связь величины A с давлением диоксида серы и кислорода при неизменном режиме и механизме процесса можно представить в виде следующей формулы [20]:

$$A = A_0 \left(1 - \frac{P_{\text{SO}_2} P_{\text{O}_2}^{0,5}}{K}\right),$$

где A_0 — постоянный множитель; P_{SO_2} и P_{O_2} — парциальные давления SO_2 и O_2 в газовом потоке; K — константа равновесия реакции.

Если отклонение от состояния равновесия велико, величина $P_{\text{SO}_2} P_{\text{O}_2}^{0,5} / K \leq 1$, тогда параметр A можно считать постоянным. В этом случае, дифференцируя соотношение (9) и принимая, что в точке максимума $d^2\alpha/dT = 0$, получаем

$$A = \frac{E}{RT^2} \frac{w}{f'(\alpha_{\max})} \exp\left(-\frac{E}{RT_{\max}}\right), \quad (10)$$

где $f'(\alpha_{\max})$ — функция от максимальной степени превращения.

Из уравнения (10) следует, что в случае неизменного ($E \approx \text{const}$) механизма процесса и близкого к симметричному хода дифференциально-термогравиметрической кривой ($\alpha_{\max} \approx 0,5$) рост константы скорости A сопровождается снижением температуры максимума. Учитывая, что кривые скорости изменения массы на дериватограммах в области разложения сульфата кальция симметричны, можно утверждать, что снижение температуры t_{\max} свидетельствует об ускорении диссоциации соединения CaSO_4 в более плотных образцах. Увеличение скорости десульфурации с уменьшением исходной пористости можно объяснить, предполагая, что лимитирующей стадией разложения соединения CaSO_4 на воздухе являются процессы на границе раздела частичек оксида железа и сульфата кальция, связанные с твердофазным образованием и ростом зародышей соединения CaFe_2O_4 .

С уменьшением пористости поверхность контакта между реагентами увеличивается, что вызывает увеличение скорости зародышеобразования и диффузионного обмена между CaSO_4 и Fe_2O_3 .

Для математического описания термогравиметрических кривых разложения сульфата кальция использовано уравнение (9). Проводя интегрирование при постоянной скорости нагрева и последующее логарифмирование, получили

$$\lg\left[\frac{F(\alpha)}{T^2}\right] = \lg\frac{4R}{wE} - \frac{E}{2,3RT} + \lg\left(1 - \frac{2RT}{E}\right), \quad (11)$$

где $F(\alpha)$ — функция, полученная при интегрировании параметра $f(\alpha)$ по температуре.

Поскольку изменение величины $\lg\left(1 - \frac{2RT}{E}\right)$

в интервале температур 1000–1200 °С протекания процесса диссоциации соединения CaSO_4 на воздухе составляет не более 3 % от изменения

отношения $\frac{E}{2,3RT}$, уравнение (11) можно записать в виде

$$\lg\left[\frac{F(\alpha)}{T^2}\right] = \lg\frac{A_1R}{wE} - \frac{E}{2,3RT},$$

где A_1 — постоянная величина.

Проверка применимости различных кинетических уравнений, приведенных в работе [19], которые описывают наиболее часто встречающиеся механизмы реакций с участием твердых фаз, показала, что для уравнения Ерофеева $F(\alpha) = [-\ln(1 - \alpha)]^{1/3}$ наблюдается спрямление в координатах $\ln[F(\alpha)/T^2] - 1/T$. Иными словами, дериватограммы диссоциации сульфата кальция, снятые на воздухе, описываются уравнением

$$-\frac{\ln(1 - \alpha)^{1/3}}{T^2} = \frac{A_1R}{wE} \exp\left(-\frac{E}{2,3RT}\right). \quad (12)$$

Ускорить десульфурацию можно путем уплотнения порошковой смеси, окаткованной в виде окатышей или брикетов. Однако окатыши ССГОКа сравнительно неплотные ($\Pi = 32\text{--}34\%$). Одним из путей интенсификации этого процесса является использование слабоокислительного газа-теплоносителя, так как снижение содержания кислорода в газовой фазе сдвигает равновесие реакции (6) в сторону разложения соединения CaSO_4 .

Для изучения кинетики десульфурации в слабоокислительном газе проводили опыты с брикетами пористостью 28,5 и 32,0 %. До температуры 900 °С их нагревали на воздухе, переводя практически всю серу в сульфатную форму, а в интервале температур 900–1250 °С — в среде инертного газа (гелия), содержащего 10,0 и 0,1 % O_2 . С помощью дериватограмм установлено, что в слабоокислительном газе температура начала диссоциации не превышает 1100 °С. Математическая обработка дериватограмм показала, что все они описываются уравнением (12).

Сопоставление кинетических параметров диссоциации сульфата кальция на воздухе и в нейтральном газе, рассчитанных с использованием уравнения (12), показывает, что со снижением пористости предэкспоненциальный множитель растет при протекании диссоциации на воздухе и не меняется в гелии.

Получены следующие кинетические параметры реакции разложения соединения CaSO_4 для образцов с различной пористостью:

O ₂ , %	21,0	21,0	21,0	10,0	0,10	0,10
П, %	26,5	28,5	32,0	28,5	28,5	32,0
A, с ⁻¹	104,0	57,3	34,0	25,5	0,58	0,58
E×10 ⁻³ , Дж/моль	125,4	125,4	125,4	115,4	72,7	72,7

Отметим, что кажущаяся энергия активации рассматриваемого процесса в гелии в 2 раза ниже, чем на воздухе. Низкие значения E свидетельствуют о заметной доле диффузионных затруднений при удалении газообразных продуктов реакции по микропорам реагирующих частиц и в газовой пленке вблизи их поверхности. Это объясняется тем, что разложение сульфата кальция в атмосфере нейтрального газа возможно при низких упругостях диссоциации, равных парциальному давлению $P_{O_2} \approx 1$ кПа кислорода в химически чистом гелии. При этом удаление газообразных продуктов реакции идет путем молекулярной диффузии.

Разложение сульфата кальция на воздухе начинается при более высоких значениях $P_{O_2} > 21,3$ кПа упругости диссоциации, и небольшое превышение температуры над температурой начала диссоциации ведет к тому, что суммарное равновесное давление кислорода и диоксида серы будет выше атмосферного. В этом случае их удаление возможно путем фронтального отщепления прилегающих к разлагающимся частицам соединения CaSO₄ газовых слоев, что вызывает резкое ускорение транспорта O₂ и SO₂ по сравнению с бескислородной атмосферой и снимает значительную долю диффузионных торможений.

Изложенные закономерности справедливы для температур 1100–1200 °С, при которых в условиях дериватографических опытов разлагается основная масса сульфата кальция. Однако на конвейерных обжиговых машинах верхние слои окатышей обжигаются при температурах 1170–1330 °С, при которых наблюдается заметное уменьшение размера гранул. Спекание приводит к уменьшению пористости и может изменить режим диссоциации соединения CaSO₄.

Для разработки конкретных технологических схем получения малосернистых окатышей с использованием слабоокислительного газа-теплоносителя на установке типа «аглошаша» и в трубчатой электропечи проведено моделирование процесса термической обработки на конвейерной машине.

В трубчатой печи окатыши основностью 1,2 нагревали до температуры обжига со скоростью 1,66 °С/с. Обжиг вели на воздухе или в среде гелия в течение 360 с, а также с комбинированным составом газовой фазы: в течение первых 180 с — на воздухе, а последующие 180 с — в гелии. Охлаждение вели на воздухе со скоростью 1,66 °С/с.

Зависимость конечного содержания серы от температуры обжига приведена на рис. 4, из которого следует, что в процессе частичного и полного слабоокислительного обжига существенно снижается содержание серы в окатышах, обожженных при температуре 1100–1200 °С, по сравнению с окислительными условиями. При более низких температурах десульфурация не идет во всех испытанных атмосферах и содержание серы в окатышах близко к исходному. При более высоких температурах скорость десульфурации настолько велика, что окатыши практически не содержат серу после обжига.

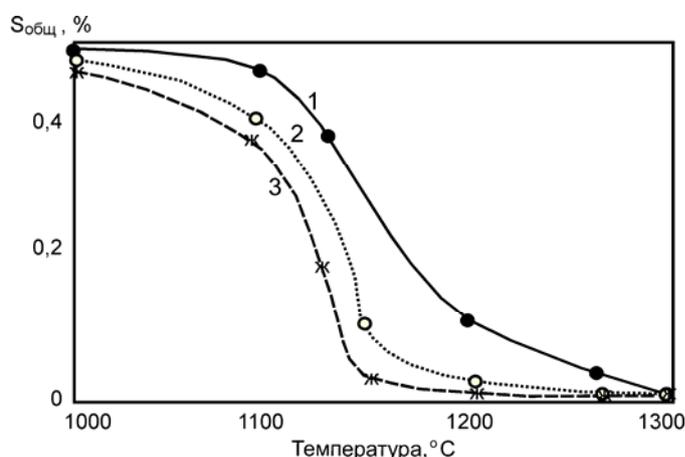


Рис. 4. Зависимость содержания серы в обожженных окатышах от температуры обжига:
1 и 3 — обжиг на воздухе и в гелии в течение 360 с;
2 — обжиг на воздухе в течение 180 с и в гелии — 180 с

Fig. 4. Dependence of sulphur content in roasted pellets on the roasting temperature:
1 and 3 — roasting in air and in helium during 360 sec;
2 — roasting in air during 180 sec and in helium during — 180 sec

В промышленных условиях трудно создать в горне полностью безокислительную атмосферу. Поэтому было изучено влияние степени окисленности газовой фазы на десульфурацию. Для этого окатыши обжигали при температуре 1200 °С в комбинированной (180 с — на воздухе, 180 с — в газе, содержащем 0,1–6,0 % O₂) атмосфере. Результаты показали, что повышение содержания кислорода от 0,1 до 4,0 % практически не влияет на десульфурацию [16, 17]. Дальнейшее увеличение до 6 % окисленности газовой фазы ведет к возрастанию содержания серы в 2 раза.

Заключение

Изучен процесс десульфурации неофлюсованных и офлюсованных соколовско-сарбайских и костомукшских окатышей с различным содержанием исходной серы в концентрате при неизотермическом нагреве. С использованием дериватографа, трубчатой электропечи и установки типа “аглошаша” проведено моделирование про-

цесса обжига окатышей в потоках воздуха и гелия и изучен механизм и кинетика диссоциации сульфата кальция. Разработаны рациональные режимы обжига, позволяющие получать окатыши с достаточной прочностью и низким содержанием серы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Термический анализ минералов и горных пород / В.П. Иванов, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавин и др. — М.: Недра, 1974. — 399 с.
2. Физико-химические и теплотехнические основы производства железорудных окатышей / В.М. Абзалов, В.А. Горбачев, С.Н. Евстюгин и др. / Под ред. академика РАН Л.И. Леонтьева. — Екатеринбург: МИЦ, 2015. — 335 с.
3. Юсфин Ю.С., Базилевич Т.Н. Обжиг железорудных окатышей. — М.: Metallurgy, 1973. — 272 с.
4. Авдонина М.П. Минералообразование при обжиге соколовско-сарбайских магнетитовых окатышей: сб. научных трудов ин-та “Уралмеханобр”. — Свердловск, 1970. № 17. С. 274–289.
5. Копырин И.А., Борц Ю.М., Граур Н.Ф. Производство окатышей различной основности. — М.: Metallurgy, 1975. — 192 с.
6. Берман Ю.А. Основные закономерности производства окатышей. — Челябинск: Metallurgy, 1991. — 184 с.
7. Комиссаров Г.М., Куликов И.С. Окисление серы магнетитом, гематитом и углекислым газом // Изв. вузов. Черная металлургия. 1976. № 1. С. 24–28.
8. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Федина В.В. Влияние флюса на десульфурацию железа при обжиге окатышей // Сталь. 2017. № 1. С. 2, 3.
9. Александров П.В., Медведев А.С., Имидеев В.А., Медведева М.Л. Поведение серы и хлора в процессе низкотемпературного обжига сульфидных концентратов цветных и редких металлов с хлоридом натрия // Технология металлов. 2015. № 6. С. 3–8.
10. Вегман Е.Ф. Металлургия чугуна. — М.: ИКЦ “Академкнига”, 2004. — 774 с.
11. Зинягин Г.А., Сушков П.Н. Технология прямого получения железа в шахтных печах при повышенном содержании серы в шихтовых материалах // Черные металлы. 2004. № 2. С. 18–22.
12. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа. — М.: ИКЦ “Академкнига”, 2007. — 464 с.
13. Берсенев И.С., Берсенев Е.С., Колясников А.М., Шонохов Д.А. Технологические особенности термической десульфурации высокозернистых железорудных концентратов // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2016. № 4. С. 32–35.
14. Окунев А.Н., Галимов М.Д. Окисление железа и серы в окисно-сульфидных системах. — М.: Наука, 1983. — 126 с.
15. Танутров Н.Н., Смоленская Е.А. Кинетика и макромеханизм термического разложения сульфата кальция // Сб. научных трудов АН Каз. ССР. 1979. № 11. С. 77–82.
16. Меламуд С.Г., Братыгина Л.Е., Пахомов Е.А. и др. Кинетика десульфурации офлюсованных окатышей ССГОКа в газовых средах с различным содержанием кислорода. Сообщение 1 // Изв. вузов. Черная металлургия. 1984. № 6. С. 30–35.
17. Меламуд С.Г., Братыгина Л.Е., Пахомов Е.А. и др. Кинетика десульфурации офлюсованных окатышей ССГОКа в газовых средах с различным содержанием кислорода. Сообщение 2 // Изв. вузов. Черная металлургия. 1984. № 8. С. 28–33.
18. Малышева Т.Я., Юсфин Ю.С., Плотников С.В. Технологические аспекты производства окатышей из магнетитовых руд // Изв. вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. С. 3–5.
19. Уэндлант У. Термические методы анализа. — М.: Мир, 1978. — 526 с.
20. Есин О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов. Ч. 1. — Свердловск: Metallurgizdat, 1962. — 671 с.

STUDY OF DESULPHURIZATION PROCESSES AT HEAT TREATMENT OF IRON ORE PELLETS

*B. P. YUR'EV, Associate Professor of the Dpt “Heat physics and informatics in metallurgy”, yurev-b@mail.ru;
V. A. DUDKO, Head of laboratory, Dpt “Heat physics and informatics in metallurgy”
(Institute of New Materials and Technologies, Ural Federal University
after the First President of Russia B.N. El'tsin, Russia, Sverdlovsk rgn., Ekaterinburg)*

Abstract. Main reactions of iron ore pellets desulphurization are considered in details in a number of papers, in which the results obtained refer only to their isothermal heating. Therefore studies of authors were concentrated on desulphurization kinetics of nonfluxed and fluxed Sokolov-Sarbai and Kostomuksha pellets, having different content of initial Sulphur in concentrate at non-isothermal heating.

Regime peculiarities of sulphuric pellets thermal treatment in a layer considered. Recommendations on roasting regime of pellets layer elaborated, which enable to decrease the sulfates decomposition degree.

The mechanism and kinetics of calcium sulfate dissociation at temperatures and gas content, typical for conveyer and sintering machines, studied. The temperature level determined, at which maximum dissociation velocity of calcium sulfate is reached.

Simulation of the process of pellets thermal treatment in air and in helium media realized. It was shown that at roasting in a low-oxidizing atmosphere the sulphur content in pellets, roasted at correspondent temperatures, was decreased considerably. Rational iron ore pellets roasting regimes elaborated aimed at their acceptable properties both by strength and by Sulphur content.

Key words: iron ore pellets production; sulphuric pellets; pellets desulphurization; isothermal heating; pellets thermal treatment; sulfates decomposition degree; derivatograph.

For citation: Yur'ev B.P., Dudko V.A. Study of desulphurization processes at heat treatment of iron ore pellets. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 21–28. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-21-28

REFERENCES

1. Ivanov V.P., Kasatov B.K., Krasavin T.N. etc. *Termicheskii analiz mineralov i gornyykh porod* [Thermal analysis of minerals and rocks]. Moscow: Nedra, 1974, 399 p. (In Russ.).
2. Abzalov V.M., Gorbachev V.A., Evstyugin S.N., Klein V.I., Leont'ev L.I., Yur'ev B.P. *Fiziko-khimicheskie i teploekhnicheskie osnovy proizvodstva zhelezorudnykh okatyshei* [Physical, chemical and heat engineering basis of iron ore pellets production]. Leont'ev L.I. ed. Ekaterinburg: MITs, 2015, 335 p. (In Russ.).
3. Yusfin Yu.S., Bazilevich T.N. *Obzhig zhelezorudnykh okatyshei* [Roasting of iron ore pellets]. Moscow: Metallurgiya, 1973, 272 p. (In Russ.).
4. Avdonina M.P. *Mineraloobrazovanie pri obzhige Sokolovsko-Sarbaiskikh magnetitovykh okatyshei: sb. nauchnykh trudov in-ta "Uralmekhanobr"* [Formation of minerals at roasting of Sokolov-Sarbai magnetite pellets: Proc. of the Institute "Uralmechanobr"]. Cverdlovsk, 1970, no. 17, pp. 274–289. (In Russ.).
5. Kopyrin I.A., Borts Yu.M., Graur N.F. *Proizvodstvo okatyshei razlichnoi osnovnosti* [Production of pellets of different basicity]. Moscow: Metallurgiya, 1975, 192 p. (In Russ.).
6. Berman Yu.A. *Osnovnye zakonomernosti proizvodstva okatyshei* [Main regularity of pellets production]. Chelyabinsk: Metallurgiya, 1991, 184 p. (In Russ.).
7. Komissarov G.M., Kulikov I.S. Sulphur oxidizing by magnetite, hematite and carbon dioxide. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 1976, no. 1, pp. 24–28. (In Russ.).
8. Timofeeva A.S., Nikitchenko T.V., Fedina V.V. Influence of flux on iron desulphurization at pellets roasting. *Stal'*, 2017, no. 1, pp. 2, 3. (In Russ.).
9. Aleksandrov P.V., Medvedev A.S., Imideev V.A., Medvedeva M.L. Sulphur and chlorine behavior in the process of low temperature roasting of sulphide concentrates of non-ferrous and rare metals with sodium chlorides. *Tekhnologiya metallov*, 2015, no. 6, pp. 3–8. (In Russ.).
10. Vegman E.F. *Metallurgiya chuguna* [Metallurgy of hot metal]. Moscow: IKTs "Akademkniga", 2004, 774 p. (In Russ.).
11. Zinyagin G.A., Sushkov P.N. Technology of direct reduction of iron in shaft furnaces at increase sulphur content in burden materials. *Chernye metally*, 2004, no. 2, pp. 18–22. (In Russ.).
12. Yusfin Yu.S., Pashkov N.F. *Metallurgiya zheleza* [Metallurgy of hot metal]. Moscow: IKTs "Akademkniga", 2007, 464 p. (In Russ.).
13. Bersenev I.S., Bersenev E.S., Kolyasnikov A.M., Shonokhov D.A. Technological peculiarities of thermal desulphurization of high-grained iron ore concentrates. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2016, no. 4, pp. 32–35. (In Russ.).
14. Okunev A.N., Galimov M.D. *Okislenie zheleza i sery v oksidno-sul'fidnykh sistemakh* [Iron and sulphur oxidation in oxide-sulphide systems]. Moscow: Nauka, 1983, 126 p. (In Russ.).
15. Tanutrov N.N., Smolenskaya E.A. *Kinetika i makromekhanizm termicheskogo razlozheniya sul'fata kal'tsiya* [Kinetics and macro-mechanism of thermal decomposition of calcium sulphate]. *Sb. nauchnykh trudov AN Kaz. SSR* [Collection of scientific papers of the Kazakh Academy of Sciences. SSR]. 1979, no. 11, pp. 77–82. (In Russ.).
16. Melamud S.G., Bratygina L.E., Pakhomov E.A. etc. Desulphurization kinetics of SSGOK fluxed pellets in gas media with different oxygen content. Report 1. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 1984, no. 6, pp. 30–35. (In Russ.).
17. Melamud S.G., Bratygina L.E., Pakhomov E.A. etc. Desulphurization kinetics of SSGOK fluxed pellets in gas media with different oxygen content. Report 2. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 1984, no. 8, pp. 38–33. (In Russ.).
18. Malysheva T.Ya., Yusfin Yu.S., Plotnikov S.V. Technological aspects of pellets production of magnetite ores. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2011, no. 9, pp. 3–5. (In Russ.).
19. Uendlant U. *Termicheskie metody analiza* [Thermal methods of analysis]. Moscow: Mir, 1978, 526 p. (In Russ.).
20. Esin O.A., Gel'd P.V. *Fizicheskaya khimiya pirometallurgicheskikh protsessov. Ch. 1* [Physical chemistry of pyrometallurgical processes. Part 1]. Chelyabinsk: Metallurgizdat, 1962, 671 p. (In Russ.).

ОПТИМИЗАЦИЯ АГЛОДОМЕННЫХ ШИХТ ПО КОМПЛЕКСУ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Сообщение 2. Оптимизация компонентов доменных шихт по комплексу их высокотемпературных свойств

*А. В. ДЬЯКОВ¹, директор по технологии и техническим вопросам; М. Ф. ВИТУЩЕНКО¹, консультант;
А. А. ОДИНЦОВ¹, канд. техн. наук, менеджер по технологии АГП;
В. А. КОБЕЛЕВ^{2,3}, канд. техн. наук, исполнительный директор НИЦ
подготовки сырья и рудно-термических процессов, kobelev_va@inbox.ru;
А. Ю. ЧЕРНАВИН^{2,3}, заведующий лабораторией доменного производства и металлизации;
Г. А. НЕЧКИН^{2,3}, канд. техн. наук, заведующий лабораторией качества железорудного сырья
(¹ АО “АрселорМиттал Темиртау”, Республика Казахстан, Карагандинская обл., г. Темиртау;
² ОАО “Уральский институт металлов”, Россия, Свердловская обл., г. Екатеринбург;
³ ООО “Проминтех НКА”, Россия, Свердловская обл., г. Екатеринбург)*

Аннотация. Наряду с прочностными характеристиками окускованного сырья большое влияние на технологические показатели доменной плавки оказывают его высокотемпературные свойства — степени восстановления, температура размягчения-плавления и фильтруемость расплава через коксовую насадку. Знание закономерностей изменения этих свойств является актуальным для сквозной оптимизации состава аглодоменных шихт с целью интенсификации доменной плавки.

Исследовано влияние состава доменных шихт на восстановимость, температурный интервал размягчения-плавления, вязкость промежуточных шлаков, фильтруемость продуктов плавки через коксовую насадку и десульфуризирующую способность промежуточных шлаков. Оценено влияние добавки конвертерного никелевого шлака на комплекс высокотемпературных свойств железорудного сырья.

Рассмотрено влияние доли окатышей в доменной шихте на процесс фильтрации доменного шлака. Показано, что с увеличением доли окатышей в шихте фильтруемость шлака при плавке доменной шихты через коксовую насадку уменьшается.

Установлена благоприятная роль конвертерного никелевого шлака в агломерационном и доменном переделах АО “АрселорМиттал Темиртау”.

Анализ полученных данных показал, что содержание серы в чугуне при плавлении агломерата шлака зависит практически только от основности промежуточного шлака.

Определены границы содержания в железорудном сырье основных компонентов, а также составы агломерационных и доменных шихт АО “АрселорМиттал Темиртау”, обладающие наиболее благоприятным комплексом высокотемпературных свойств и максимально удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к железорудному сырью.

Ключевые слова: доменная шихта; железорудное окускованное сырье; конвертерный никелевый шлак; высокотемпературные свойства ЖРС; вязкость шлака; восстановимость и фильтруемость продуктов плавки; десульфуризирующая способность шлака.

Ссылка для цитирования. Дьяков А.В., Витущенко М.Ф., Одинцов А.А., Кобелев В.А., Чернавин А.Ю., Нечкин Г.А. Оптимизация аглодоменных шихт по комплексу металлургических свойств. Сообщение 2. Оптимизация компонентов доменных шихт по комплексу их высокотемпературных свойств // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 29–37.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-29-37

Данная работа выполнена в рамках комплексного аглодоменного исследования свойств железорудного сырья (ЖРС) с целью подбора компонентного состава, максимально удовлетворяющего требованиям агломерационного и доменного передела. В первой части исследования [1] были определены границы содержаний для основных компонентов агломерационной шихты с точки зрения оптимизации параметров процесса спекания и качества агломерата. Однако наряду с прочностными характеристиками окускованного сырья в доменной плавке боль-

шое влияние на технологические показатели оказывают высокотемпературные свойства — степени восстановления, температуры размягчения-плавления и фильтруемость расплава через коксовую насадку. Эта работа является логичным продолжением предыдущего исследования и посвящена анализу высокотемпературных свойств ЖРС.

Несмотря на то что в АО “АрселорМиттал Темиртау” (АМТ) проведено достаточно большое количество работ по исследованию ЖРС в доменном переделе [2, 3], остается актуальным

вопрос сквозной оптимизации аглодоменных шихт с целью интенсификации доменной плавки в условиях максимального использования собственного окучкованного сырья. Наряду с повышением качественно-количественных характеристик актуальным остается вопрос ресурсосбережения при производстве чугуна, в том числе утилизация железосодержащих отходов [4]. Особенный интерес представляет никелевый шлак, промышленное применение которого в настоящее время ограничивается двумя металлургическими предприятиями [5], комплексная оценка влияния конвертерного никелевого шлака на высокотемпературные свойства компонентов доменной шихты пока не произведена.

Исследуемые составы доменных шихт приведены в табл. 1. Химические составы и металлургические свойства используемых агломератов представлены в работе [1].

ТАБЛИЦА 1. ВАРИАНТЫ СОСТАВА ДОМЕННОЙ ШИХТЫ

TABLE 1. VARIANTS OF THE BLAST FURNACE BURDEN COMPOSITION

Вариант	Содержание в шихте, %			
	агломерат	окатыши ССГПО	руда Атасу	
Д1	1	A1-75	20	5
	2	A3-75	20	5
	3	A4-75	20	5
	4	A1-75	20	5 (никелевый шлак)
Д2	5	A1-60	35	5
	6	A2-60	35	5
	7	A5-60	35	5
Д3	8	A6-90	5	5
	9	A7-90	5	5
	10	A8-90	5	5

Анализ восстановимости железорудного сырья

Результаты исследования восстановимости и разрушаемости при восстановлении железорудных материалов приведены в табл. 2. Окатыши ССГПО и аглоруда Атасу отличаются более высокой восстановимостью по сравнению с агломератами, что, по-видимому, связано с различным уровнем исходной окисленности материалов. У всех агломератов достаточно высокая восстановимость, кроме агломератов А1-Д2 и А3. В целом при восстановительной обработке агломераты закономерно разрушаются в меньшей степени, чем окатыши ССГПО. Для агломерата А3 и окатышей ССГПО характерна максимальная степень разрушения (2,5–2,6 %), при этом она не достигает критического уровня для доменной плавки — 25 %.

ТАБЛИЦА 2. ПОКАЗАТЕЛИ ВОССТАНОВИМОСТИ И РАЗРУШАЕМОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ АГЛОМЕРАТОВ, ОКАТЫШЕЙ ССГПО И РУДЫ АТАСУ

TABLE 2. INDICES OF REDUCIBILITY AND IMPACT RESISTANCE WHEN REDUCING LABORATORY SINTER, SSGPO PELLETS AND ORE OF ATASU DEPOSIT

Железорудный материал	Восстановимость (доля отнятого кислорода), %	Разрушаемость, %
Агломерат А1-Д1	80,9	1,4
Агломерат А1-Д2	74,5	1,6
Агломерат А2-Д2	81,0	2,0
Агломерат А3	70,8	2,5
Агломерат А4	85,1	1,3
Агломерат А5	83,6	1,2
Агломерат А6	96,5	1,4
Агломерат А7	80,8	2,4
Агломерат А8	90,3	1,3
Агломерат А1-Д1 (N100)	89,3	0,9
Окатыши ССГПО	96,3	2,6
Руда Атасу	99,9	2,2

Анализ температурного интервала размягчения-плавления железорудных материалов

Высокотемпературные свойства железорудных материалов характеризуют их поведение в доменной печи при нагреве в восстановительной среде: восстановимость, разрушаемость при восстановлении и температурный интервал размягчения-плавления (ТИРП). Эти свойства железорудных материалов оказывают существенное влияние на газопроницаемость столба шихты в доменной печи и в значительной степени опре-

деляют производительность [6, 7]. Параметры вязкопластичного состояния ЖРС определяют положение и размер зоны когезии в доменной печи, при этом газодинамическое сопротивление этой зоны на 70 % определяет сопротивление всего столба шихты. В связи с этим очень важным направлением исследований является определение температур размягчения и плавления агломератов [8].

Определение параметров вязкопластичного состояния окатышей ССГПО и лабораторных агломератов произведено по ГОСТ 26517–85 “Руды железные, агломераты и окатыши. Метод определения температуры начала размягчения и температурного интервала размягчения”. На рис. 1 приведена диаграмма температурного интервала размягчения-плавления исследованных железорудных материалов, которая позволяет оценить влияние железорудных материалов на расположение зоны когезии в доменной печи.

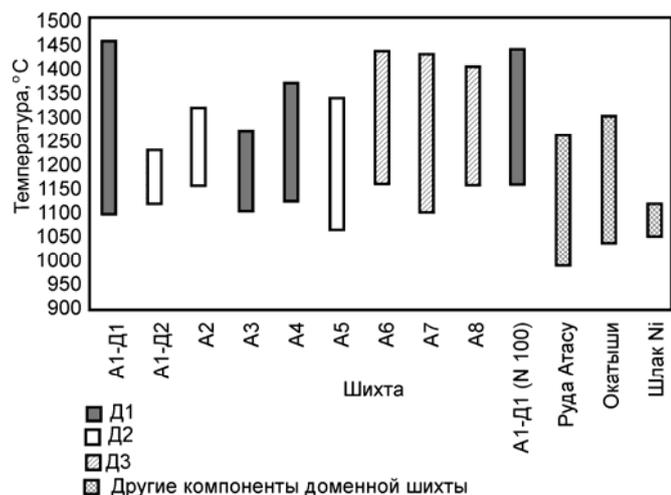


Рис. 1. Интервалы температур размягчения-плавления железорудных материалов

Fig. 1. Softening-smelting temperature intervals for iron ore materials

Результаты исследований показывают, что наиболее низкая температура начала размягчения у руды Атасу, при этом интервал вязкопластичного состояния достаточно протяженный. Окатыши также имеют низкую температуру на-

чала размягчения и плавятся при более высокой температуре, чем руда Атасу. Вместе с рудой Атасу окатыши формируют в доменной печи протяженную зону когезии на высоком горизонте и способствуют увеличению газодинамического напряжения. Температура размягчения никелевого шлака близка к температуре размягчения окатышей, но температура плавления значительно ниже, а ТИРП самый узкий по сравнению с другими материалами.

Агломерат А1–Д1 имеет самую протяженную зону вязкопластичного состояния (ТИРП = 351 °С), определяемую как низкой температурой начала размягчения, так и высокой температурой плавления. Применение в доменной шихте агломерата А1–Д1 с окатышами ССГПО будет способствовать увеличению нижнего перепада в доменной плавке. При вводе в аглошихту А1–Д1 никелевого шлака [А1–Д1 (N100)] увеличивается температура начала размягчения и сужается интервал вязкопластичного состояния, что должно способствовать снижению газодинамического напряжения в печи.

Для варианта доменной шихты Д1 с 20 % окатышей ССГПО по высокотемпературным свойствам предпочтительным является вариант агломерата А3 и агломерата А4. Из рис. 1 видно, что диапазоны размягчения-плавления окатышей и агломератов А3 и А4 совпадают.

При содержании 35 % окатышей (доменная шихта Д2) преимущество по высокотемпературным свойствам перед другими вариантами имеет агломерат А1–Д2, обладающий наиболее близкими к окатышам характеристиками и минимальным интервалом вязкопластичного состояния.

Для варианта доменной шихты Д3 с 5 % окатышей наилучшие высокотемпературные свойства имеет агломерат А8, который характеризуется наименее протяженной зоной вязкопластичного состояния и более низким газодинамическим сопротивлением.

Оценка вязкости промежуточного шлака

Исследование вязкости промежуточных шлаков, полученных в результате фильтрации агломератов через коксовую насадку, проводили с помощью вибрационного вискозиметра Штангельмейера.

Характер изменения вязкости промежуточных шлаков показывает, что при плавке агломератов А1–Д2, А4–Д1, А5–Д2 и А8–Д3 образуются так называемые “короткие” шлаки с узким диапазо-

ном кристаллизации. Температуры кристаллизации этих шлаков разные и соответствуют основности и температурам плавления, определенным при исследовании вязкопластичного состояния агломератов. Зависимость вязкости промежуточного шлака от температуры для агломерата А5 приведена на рис. 2. Вязкость высокоосновного шлака А5 при температурах 1450–1500 °С выше, чем у шлаков А1, А4 и А8.

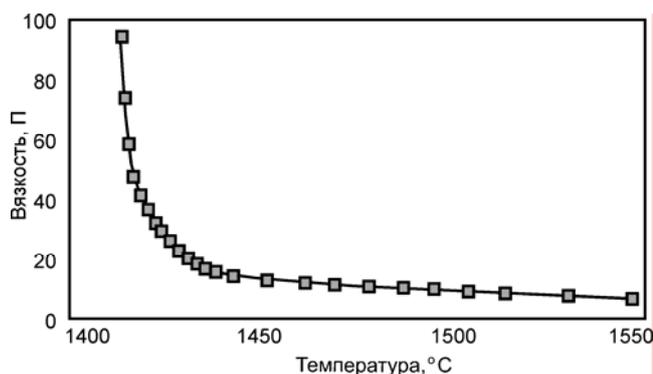


Рис. 2. Вязкость промежуточного шлака при проплавке агломерата А5–Д2

Fig. 2. Viscosity of intermediate slag at A5–D2 sinter smelting

Промежуточные шлаки, полученные при плавке агломератов А2, А3, А6 и А7, можно отнести к “длинным” с более протяженным диапазоном температуры, при которой происходит кристаллизация.

Шлак при плавке агломерата А6 отличается более высокой температурой кристаллизации и является наиболее “длинным” из исследованных. Зависимость вязкости промежуточного

шлака от температуры для агломерата А6 приведена на рис. 3.

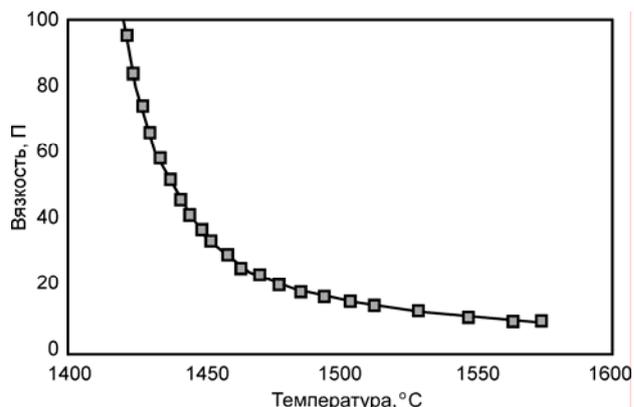


Рис. 3. Вязкость промежуточного шлака при проплавке агломерата А6–Д3

Fig. 3. Viscosity of intermediate slag at A6–D3 sinter smelting

В зависимости от компонентного и химического состава агломерата при его плавке в доменной печи свойства промежуточных шлаков значительно отличаются. Эти особенности определяют дренаж продуктов плавки в горне и газопроницаемость коксовой насадки.

Исследование фильтруемости продуктов плавки через коксовую насадку

Зона фильтрации продуктов плавки через коксовую насадку является продолжением зоны когезии, и характер взаимодействия коксовой насадки с расплавами и газами определяет нормальную работу горна и различные расстройства, связанные с загромождением коксовой насадки неплавкими массами [6, 9–15].

Исследование фильтруемости продуктов плавки через коксовую насадку проведено для

лабораторных агломератов, окатышей ССГПО, руды Атасу и 10 доменных шихт, состоящих из этих же компонентов по вариантам Д1–Д3 (см. табл. 1). Результаты определения показателей фильтруемости продуктов плавки железорудных материалов и доменных шихт через коксовую насадку приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. ПОКАЗАТЕЛИ ФИЛЬТРУЕМОСТИ ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЧЕРЕЗ КОКСОВУЮ НАСАДКУ

TABLE 3. FILTERABILITY INDICES OF IRON ORE MATERIALS SMELTING THROUGH COKE FILLING

Железорудный материал	Показатель			Выход шлака, кг/т чугуна	Остается на коксовой насадке, кг/т чугуна
	фильтруемость продуктов плавки $F_{пл}$, %	фильтруемость шлака $F_{шл}$, %	время плавки τ , мин		
Агломерат А1–Д1	93,5	80,5	58	494,1	96,4
Агломерат А1–Д2	89,3	70,0	58	541,5	162,5
Агломерат А2	84,9	50,6	64	451,4	223,0
Агломерат А3	94,9	85,6	50	485,7	70,2
Агломерат А4	94,7	85,7	47	537,5	76,9
Агломерат А5	94,5	87,0	50	636,2	82,7
Агломерат А6	88,3	63,8	48	509,7	184,5
Агломерат А7	95,2	87,3	46	553,0	70,2
Агломерат А8	91,2	73,8	44	518,7	135,9
Агломерат А1–Д1 (с вводом никелевого шлака)	94,5	83,7	46	576,9	94,0

Железорудный материал		Показатель			Выход шлака, кг/т чугуна	Остается на коксовой насадке, кг/т чугуна
		фильтруемость продуктов плавки $F_{пл}$, %	фильтруемость шлака $F_{шл}$, %	время плавки τ , мин		
Руда Атасу		92,2	62,1	48	208,5	79,0
Окатыши ССГПО		92,1	63,8	45	137,3	49,7
Д1	Атасу 5, А1 75, ок. 20 %	84,9	60,4	39	394,1	156,3
	Атасу 5, А3 75, ок. 20 %	89,3	72,8	43	429,4	116,8
	Атасу 5, А4 75, ок. 20 %	89,5	73,1	40	467,5	125,8
	Шлак Ni 5, А1 75, ок. 20 %	93,9	80,9	31	465,2	88,9
Д2	Атасу 5, А1 60, ок. 35 %	88,3	67,5	37	361,9	117,6
	Атасу 5, А2 60, ок. 35 %	89,2	65,9	44	345,1	117,7
	Атасу 5, А5 60, ок. 35 %	90,6	79,1	39	442,4	92,5
Д3	Атасу 5, А6 90, ок. 5 %	89,4	73,2	40	470,7	126,2
	Атасу 5, А7 90, ок. 5 %	88,7	73,5	43	508,2	134,7
	Атасу 5, А8 90, ок. 5 %	88,7	70,9	46	478,5	91,4

Агломерат А1–Д1 имеет более низкую степень фильтрации шлака через коксовую насадку и большее время плавления. Введение в состав аглошихты А1–Д1 никелевого шлака взамен части аглоруд улучшает фильтруемость шлака и снижает время плавления агломерата.

Агломераты для доменной шихты Д2 имеют более высокую основность промежуточного шлака и это влияет на их показатели фильтруемости через коксовую насадку. Для этой шихты наиболее высокие показатели имеет агломерат А5. Несмотря на более низкую общую фильтруемость продуктов плавки, чем у агломерата А1–Д2, агломерат А5 отличается более высокой фильтруемостью шлака и меньшим временем плавления.

Руда Атасу и окатыши ССГПО при плавлении имеют относительно высокую общую степень фильтруемости продуктов плавки, но и низкую фильтруемость шлака через коксовую насадку. Время плавления этих материалов не превышает показателей плавления лучших агломератов.

Проплавка доменных шихт показала, что особенности фильтрации отдельных железорудных материалов сохраняются и в шихтах (см. табл. 3).

Если пересчитать количество оставшегося в лабораторных условиях на коксовой насадке шлака в объем загроможденной коксовой насадки в доменной печи с учетом 100 % заполне-

ния шлаком межкускового пространства и 50 % отработки этого шлака во время выпуска, то возможное уменьшение полезного объема для доменной печи № 3 АО АМТ при использовании доменных шихт Д1–Д3 представлено на рис. 4.

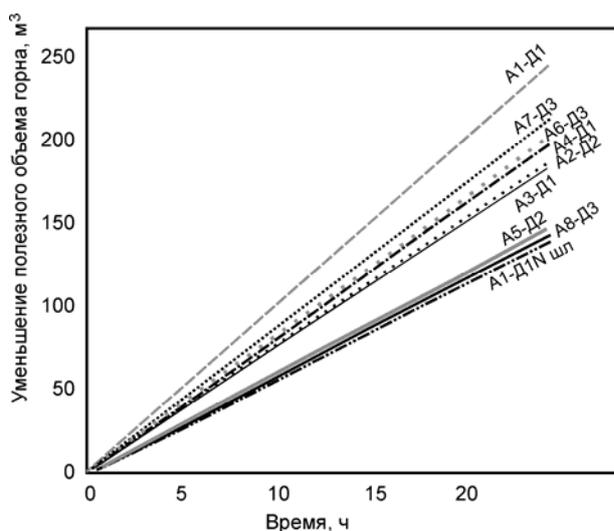


Рис. 4. Динамика накопления шлака на коксовой насадке при использовании доменных шихт Д1–Д3

Fig. 4. Dynamic of slag accumulation at coke filling while using BF burden D1–D3

Анализ влияния содержания в агломерате MgO , MnO и Al_2O_3 на фильтруемость шлака

Ранее проведенные исследования процесса плавки на коксовой насадке железорудного агломерата НЛМК и ММК показали, что с повышением содержания MgO в агломерате с 1,7 до 2,8 % фильтруемость шлака ухудшается [16]. Установлено также, что повышение содержания MnO в агломератах НЛМК и ММК способствует улучшению фильтруемости промежуточного шлака.

Химический состав агломерата и промежуточного шлака АО АМТ по сравнению с другими предприятиями отличается повышенным содержанием оксида алюминия. В табл. 4 приведено фактическое содержание оксидов магния, марганца и алюминия в лабораторных агломератах, полученных из разных составов шихт АО АМТ, и показатель фильтруемости шлаков через коксовую насадку.

ТАБЛИЦА 4. СОДЕРЖАНИЕ MgO, MnO И Al₂O₃ В АГЛОМЕРАТАХ И ПОКАЗАТЕЛИ ФИЛЬТРУЕМОСТИ ШЛАКА ЧЕРЕЗ КОКСОВУЮ НАСАДКУ

TABLE 4. MgO, MnO AND Al₂O₃ CONTENT IN THE SINTER AND SLAG FILTERABILITY INDICES THROUGH COKE FILLING

Агломерат	Содержание в агломерате, %			Фильтруемость шлака, %
	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	
A1-Д1	2,71	0,428	2,36	80,5
A2	2,84	0,387	2,04	50,6
A3	2,87	0,454	2,45	85,6
A4	3,06	0,403	2,80	85,7
A5	3,66	0,382	3,24	87,0
A6	2,79	0,529	2,47	63,8
A7	2,80	0,505	2,49	87,3
A8	2,64	0,474	2,65	73,8

Характер влияния MgO, MnO и Al₂O₃ в агломерате на фильтруемость шлака через коксовую насадку показан на рис. 5–7.

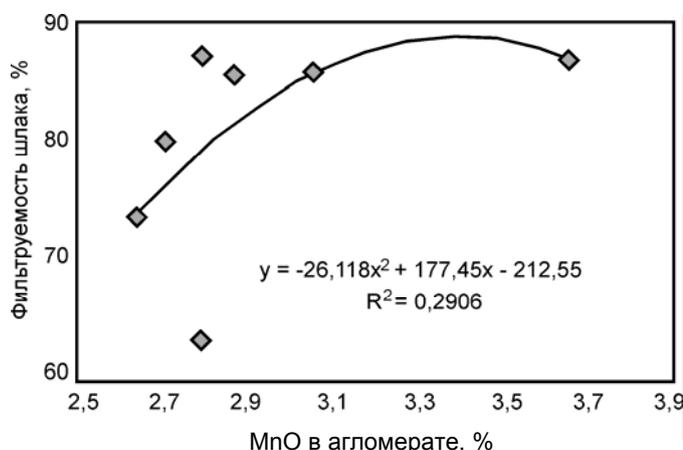


Рис. 5. Влияние содержания MgO в агломерате на фильтруемость шлака через коксовую насадку

Fig. 5. Influence of MgO content in sinter on slag filterability through coke filling

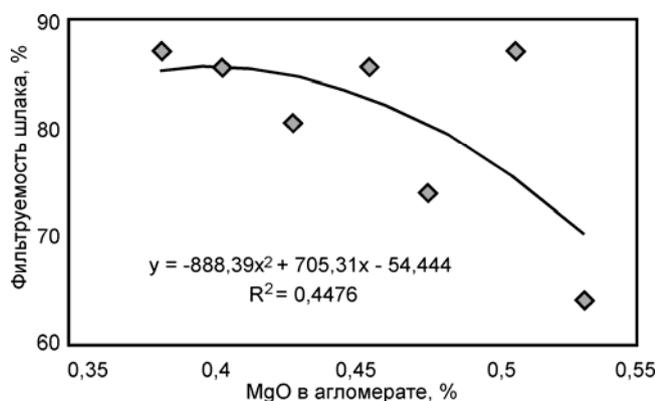


Рис. 6. Влияние содержания MnO в агломерате на фильтруемость шлака через коксовую насадку

Fig. 6. Influence of MnO content in sinter on slag filterability through coke filling

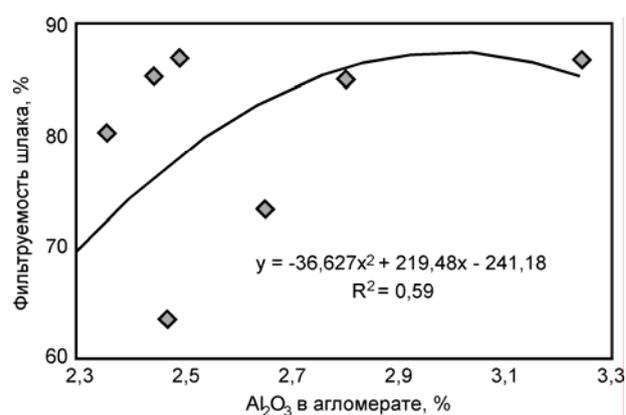


Рис. 7. Влияние содержания Al₂O₃ в агломерате на фильтруемость шлака через коксовую насадку

Fig. 7. Influence of Al₂O₃ content in sinter on slag filterability through coke filling

Влияние содержания в агломерате АО АМТ MgO и MnO на фильтруемость шлака через коксовую насадку существенно отличается от известных в литературе данных. Оптимальное содержание MgO в агломерате, обеспечивающее высокую фильтруемость промежуточного шлака через коксовую насадку, составляет 2,8–3,6 %. Оптимальное содержание MnO в агломерате, при котором достигается наибольшая фильтруемость шлака через коксовую насадку, находится в пределах 0,35–0,4 %. Значительную роль в поведении агломерата при плавнении и фильтрации играет оксид алюминия. Наиболее высокая фильтруемость промежуточного шлака достигается при содержании Al₂O₃ в агломерате 2,8–3,2 %.

Анализ десульфуризирующей способности промежуточного шлака

На основе химических анализов полученных агломератов рассчитаны коэффициенты распределения серы между чугуном и промежуточным шлаком. На рис. 8 приведены коэффициенты распределения серы между чугуном и шлаком K_S при плавке агломератов различного состава и фильтрации расплавов чугуна и шлака через коксовую насадку. Низкие коэффициенты распределения серы между чугуном и шлаком получены при плавке агломератов с низкой основностью (А7–А8), а также агломерата А3. Высокие коэффициенты распределения серы между чугуном и шлаком получены при проплавке агломератов с высокой основностью (А1–Д2), а также агломератов А4 и А6. Обращает на себя внимание высокий коэффициент распределения серы при плавке базового агломерата с вводом в шихту никелевого шлака А1–Д1 (N100), несмотря на повышенное содержание серы в агломерате. При таком же содержании серы в агломерате А5 K_S практически в 5 раз меньше.

Содержание серы в опытных чугунах значительно ниже, чем в реальных условиях. Это свидетельствует в пользу такого механизма распределения серы между чугуном и шлаком, когда основная масса серы в чугун переходит из кокса при его сгорании и растворении золы в шлаке. Зола кокса, растворяясь в шлаке, снижает его основность и создает условия для перехода серы из шлака в чугун.

Коэффициент распределения серы между чугуном и шлаком при выпуске продуктов плавки из доменной печи отличается от приведенных выше значений вследствие уменьшения основ-

ности конечного шлака. Фактический коэффициент распределения серы между чугуном и шлаком за 2016 г. в среднем по цеху составил 36,3 отн. ед., что близко к полученным значениям K_S для агломератов А3, А7 и А8.

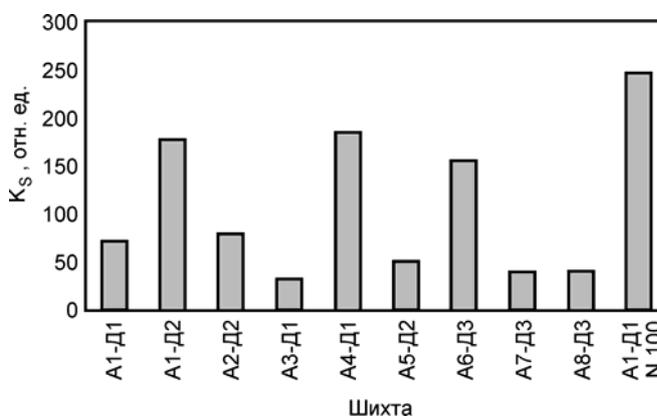


Рис. 8. Коэффициент распределения серы ($K_S = S_{\text{шл}}/S_{\text{чуг}}$) между чугуном и промежуточным шлаком при плавке опытных агломератов

Fig. 8. Sulphur distribution coefficient ($K_S = S_{\text{slag}}/S_{\text{pig}}$) between hot metal and intermediate slag while smelting test sinter

Анализ полученных данных показывает, что содержание серы в чугуне при плавлении агломерата и образовании промежуточного шлака зависит в основном только от основности промежуточного шлака. Рассмотренные промежуточные шлаки имеют высокую десульфуризирующую способность.

Выводы

1. Определены границы содержаний для основных компонентов, а также составы агломерационных и доменных шихт АО АМТ, максимально удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к ЖРС.

2. Рассмотрено влияние доли окатышей в доменной шихте на процесс фильтрации домен-

ного шлака. С увеличением доли окатышей в шихте фильтруемость шлака при плавке доменной шихты через коксовую насадку уменьшается.

3. Установлена благоприятная роль конвертерного никелевого шлака в агломерационном и доменном переделах АО АМТ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяков А.В., Одинцов А.А., Кобелев В.А., Нечкин Г.А. Оптимизация доменных шихт по комплексу металлургических свойств. Сообщение 1. Оптимизация агломерационных шихт по технологическим показателям производства агломерата // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 10. С. 27–34.
2. Сабитов М.С. Физико-химические исследования и внедрение шлакового режима доменной плавки окучкованных концентратов Лисаковского ГОКа: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Свердловск, 1990. — 24 с.
3. Ванак А.А., Абраменко Ю.К., Печеркин А.М., Султанов Н.Е. Особенности доменной плавки при работе на железорудном сырье сложного состава месторождений центрального Казахстана // Сталь. 2007. № 8. С. 5–8.
4. Долинский В.А., Никитин Л.Д., Одинцов А.А., Домнин К.И. Рецикл техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. № 8. С. 41–44.
5. Еремеев Н.А., Лысюк А.Ж. Опыт промышленного использования конвертерного шлака Южно-Уральского никелевого комбината в качестве раскислителя в ДЦ ПАО ЧМК // Сталь. 2018. № 3. С. 7.

6. Пузанов В.П., Кобелев В.А. Функциональные свойства железорудных материалов. — Екатеринбург: ИВЦ, 2015. — 617 с.
7. Пузанов В.П., Кобелев В.А. Введение в технологии металлургического структурообразования. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 501 с.
8. Кобелев В.А., Пузанов В.П., Нечкин Г.А. Температура плавления железорудных агломератов // *Сталь*. 2015. № 11. С. 10–16.
9. Пузанов В.П., Нечкин Г.А., Кобелев В.А., Чернавин А.Ю. Об интенсивности орошения коксовой насадки и фильтруемости продуктов плавки доменной печи // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2011. № 8. С. 45–54.
10. Пузанов В.П., Нечкин Г.А., Онорин О.П. и др. О плотности орошения продуктами плавки коксовой насадки доменной печи // *Сталь*. 2012. № 4. С. 7–15.
11. Нечкин Г.А., Кобелев В.А., Чернавин Д.А., Чернавин А.Ю. Фильтруемость доменных шлаков через коксовую насадку горна доменных печей // *Труды Междунар. конгресса по агло-коксо-доменному производству*, Ялта, Украина, 21–25 мая 2012.
12. Пузанов В.П., Нечкин Г.А., Птичников Г.А. и др. Основы работы противоточной коксовой насадки доменной печи (сообщение 2) // *Сталь*. 2012. № 11. С. 2–8.
13. Нечкин Г.А., Кобелев В.А. Исследование межфазных процессов, проходящих на границе раздела “кокс–шлак” // *Труды Междунар. научн. конф. “Физико-химические основы металлургических процессов”*, Москва, 28–29 ноября 2012.
14. Нечкин Г.А., Кобелев В.А., Чернавин А.Ю. Формирование доменной шихты с целью улучшения фильтруемости расплава через коксовую насадку горна // *Труды VI Междунар. конгресса по агло-коксо-доменному производству “Проблемы доменного и смежных производств в современных условиях”*, Ялта, Украина, 20–24 мая 2013.
15. Чернавин А.Ю., Нечкин Г.А., Чернавин Д.А. и др. Моделирование поведения шихтовых материалов в нижней части доменной печи // *Сталь*. 2010. № 5. С. 20–23.
16. Нечкин Г.А., Кобелев В.А., Чернавин А.Ю., Чернавин Д.А. Влияние оксидов магния, марганца и основности железорудного материала на фильтруемость продуктов плавки через коксовую насадку горна доменных печей // *Металлург*. 2015. № 11. С. 43–46.

OPTIMIZATION OF AGGLOMERATION BURDENS BY METALLURGICAL PROPERTIES COMPLEX

Report 2. Optimization of BF burden components by their complex high temperature properties

A. V. D'YAKOV, Director on Technology and Technical Items; M. F. VITUSHENKO¹, consultant;

A. A. ODINTSOV¹, PhD (Tech), Technology manager AGP;

V. A. KOBELEV^{2,3}, PhD (Tech), Executive Director, R&D Center of Raw materials preparation and ore thermal processes, kobelev_va@inbox.ru;

A. YU. CHERNAVIN^{2,3}, Head of BF and metallization Lab.;

G. A. NECHKIN^{2,3}, PhD (Tech), Head of Lab. of Raw Materials Quality (¹ JSC “ArcelorMittal Temirtau”, Kazakhstan, Karaganda rgn., Temirtau;

² OJSC “Ural Institute of Metals, Russia, Sverdlovsk rgn., Ekaterinburg;

³ OOO “Promintekh NKA”, Russia, Sverdlovsk rgn., Ekaterinburg)

Abstract. Along with strength characteristics of agglomerated raw materials, its high temperature properties – the degree of reducibility, softening-smelting temperature and melt filterability through coke filling – have a great influence on technological indices of BF process. Knowledge of the properties change regularities is and actual task for through optimization of blast furnace burden composition aimed at BF smelting intensification.

Blast furnace burden composition influence on reducibility, temperature interval of softening-smelting, viscosity of intermediate slags, filterability heat products through coke filling and desulphurization ability of intermediate slags studied. Influence of BOF nickel slag additions on complex of high temperature properties of iron ore raw materials estimated.

Influence of pellets portion in BF burden on the process of BF slag filtration considered. It was shown, that increase of pellets portion in the burden results in slag filterability through coke filling decrease during the BF burden smelting.

A favorable role of BOF nickel slag in agglomeration and blast furnace processes of JSC “ArcelorMittal Temirtau” determined.

Analysis of the data obtained showed that Sulphur content in hot metal during slag sinter smelting depends practically only on intermediate slag basicity.

Range of main components content in the iron ore raw materials determined, as well as contents of sinter and blast furnace burdens of JSC “ArcelorMittal Temirtau”, having most favorable complex of high temperature properties and to a great extent meeting the requirements to the iron ore raw materials.

Key words: blast furnace burden; iron ore agglomerated raw materials; BOF nickel slag; iron ore raw materials high temperature properties; slag viscosity, reducibility and filterability of smelting products; slag desulphurization ability.

For citation: D'yakov A.V., Vitushenko M.F., Odintsov A.A., Kobelev V.A., Chernavin A. Yu., Nечкин G.A. Optimization of agglomeration burdens by metallurgical properties complex. Report 2. Optimization of BF burden components by their complex high temperature properties. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 29–37. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-29-37

REFERENCES

1. D'yakov A.V., Odintsov A.A., Kobelev V.A., Nechkin G.A. Optimization of agglomeration burdens by metallurgical properties complex. Report 1. Optimization of agglomeration burdens by technological characteristics of sinter production. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 10, pp. 27–34. (In Russ.).
2. Sabitov M.S. *Fiziko-khimicheskie issledovaniya i vnedrenie shlakovogo rezhima domennoi plavki okuskovannykh kontsentratorov Lisakovskogo GOKa: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk.* [Physical and chemical studies and implementation slag regime of BF smelting of Lisakovsk GOK agglomerated concentrates. Extended Abstract of Cand. Sci. Diss.]. Sverdlovsk, 1990, 24 p. (In Russ.).
3. Vanak A.A., Abramenko Yu.K., Pecherkin A.M., Sultanov N.E. Peculiarities of BF smelting when using iron ore raw materials of complicated composition of Central Kazakhstan. *Stal'*, 2007, no. 8, pp. 5–8. (In Russ.).
4. Dolinskii V.A., Nikitin L.D., Odintsov A.A., Domin K.I. Utilization of man-caused wastes at production of sinter and pig iron. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2010, no. 8, pp. 41–44. (In Russ.).
5. Ereemeev N.A., Lysyuk A.Zh. An experience of industrial utilization of Yuzhno-Uralsk nickel plant BOF slag as a deoxidizer in BF shop of PAO ChMK. *Stal'*, 2018, no. 3, pp. 7. (In Russ.).
6. Puzanov V.P., Kobelev V.A. *Funktsional'nye svoystva zhelezorudnykh materialov* [Functional properties of iron ore materials]. Ekaterinburg: IVTs, 2015, 617 p. (In Russ.).
7. Puzanov V.P., Kobelev V.A. *Vvedenie v tekhnologii metallurgicheskogo strukturoobrazovaniya* [Introduction into technologies of metallurgical structure formation]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2005, 501 p. (In Russ.).
8. Kobelev V.A., Puzanov V.P., Nechkin G.A. Temperature of iron ore sinter smelting. *Stal'*, 2015, no. 11, pp. 10–16. (In Russ.).
9. Puzanov V.P., Nechkin G.A., Kobelev V.A., Chernavin A.Yu. About irrigation intensity of coke filling and filterability of BF smelting products. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2011, no. 8, pp. 45–54. (In Russ.).
10. Puzanov V.P., Nechkin G.A., Onorin O.P., Kobelev V.A., Chernavin A.Yu. About irrigation density by smelting products of BF coke filling. *Stal'*, 2012, no. 4, pp. 7–15. (In Russ.).
11. Nechkin G.A., Kobelev V.A., Chernavin D.A., Chernavin A.Yu. *Fil'truemost' domennykh shlakov cherez koksovuyu nasadku gorna domennykh pechei* [Filterability of BF slags through coke filling of BF hearth]. *Trudy Mezhdunar. kongressa po aglo-kokso-domennomu proizvodstvu, Yalta, Ukraina, 21–25 maya 2012* [Proc. of the Int. Congress on sinter-coke-blast-furnace production, Yalta, Ukraine, May 21–25, 2012]. Yalta, 2012. (In Russ.).
12. Puzanov V.P., Nechkin G.A., Ptichnikov G.A., Kobelev V.A., Chernavin A.Yu. Foundation of BF counterflow coke filling operation. *Stal'*, 2012, no. 11, pp. 2–8. (In Russ.).
13. Nechkin G.A., Kobelev V.A. *Issledovanie mezhfaznykh protsessov, prokhodyashchikh na granitse razdela "koks-shlak"* [Study of interphase processes, occurring at "coke-slag" interface]. *Trudy Mezhdunar. nauchn. konf. "Fiziko-khimicheskie osnovy metallurgicheskikh protsessov", Moskva, 28–29 noyabrya 2012* [Proc. of the Int. scientific conf. "Physical and chemical bases of metallurgical processes", Moscow, November 28–29, 2012]. Moscow, 2012. (In Russ.).
14. Nechkin G.A., Kobelev V.A., Chernavin A.Yu. *Formirovanie domennoi shikhty s tsel'yu uluchsheniya fil'truemosti rasplava cherez koksovuyu nasadku gorna* [Forming of BF burden aiming at improving of melt filterability through hearth coke filling]. *Trudy VI Mezhdunar. kongressa po aglo-kokso-domennomu proizvodstvu "Problemy domennogo i smezhnykh proizvodstv v sovremennykh usloviyakh", Yalta, Ukraina, 20–24 maya 2013* [Proc. of the Int. Congress on sinter-coke-blast-furnace production "Problems of the blast-furnace and related productions in modern conditions", Yalta, Ukraine, May 20–24, 2013]. Yalta, 2013. (In Russ.).
15. Chernavin A.Yu., Nechin G.A., Chernavin D.A., Kobelev V.A., Filatov S.V. Simulation of burden materials behavior in the lower part of blast furnace. *Stal'*, 2010, no. 5, pp. 20–23. (In Russ.).
16. Nechkin G.A., Kobelev V.A., Chernavin A.Yu., Chernavin D.A. Influence of oxides of magnesium, manganese and iron ore material basicity on filterability of smelting products through BF hearth coke filling. *Metallurg*, 2015, no. 11, pp. 43–46. (In Russ.).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ НА ОКАТЫШИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА*

*А. С. ТИМОФЕЕВА, канд. техн. наук, профессор кафедры металлургии и металловедения, uked@yandex.ru;
А. А. КОЖУХОВ, д-р техн. наук, доцент кафедры металлургии и металловедения;
В. В. ФЕДИНА, канд. техн. наук, доцент кафедры металлургии и металловедения;
К. А. ЕЛИСЕЕВА, магистрант кафедры металлургии и металловедения
(Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)
Национального исследовательского технологического университета "МИСиС", Россия, г. Старый Оскол)*

Аннотация. Несмотря на важность уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду пыли, образующейся при транспортировке железорудных окатышей, и сокращения потерь при их истирании, влияние гранулометрического состава окатышей на их разупрочнение при транспортировке исследовано недостаточно.

При определении предельной ударной нагрузки на окатыши использованы неофлюсованные окатыши разного гранулометрического состава с обжиговой машины реального производства пяти фракций: 8, 10, 12, 14 и 16 мм. При проведении данного эксперимента приняты допущения, что все окатыши имеют форму шара и одинаковый химический состав; окатыши всех фракций имеют одинаковую плотность; окатыш начинает двигаться с нулевой скоростью. В экспериментах окатыши падали с высоты 1 м на твердую поверхность (дно короба).

В результате исследований установлена зависимость числа претерпевающих окатышами ударов до полного разрушения от их гранулометрического состава. Выявлено, что наибольшее число ударов (170) выдерживает окатыш диам. 10 мм, а наименьшее — окатыш диам. 8 мм. Поэтому окатыши диам. 10 мм можно использовать при транспортировке на дальние расстояния, а окатыши диам. 8 мм по возможности следует сократить в общей массе окатышей, так как они начнут истираться первыми уже при 45 ударах.

Ключевые слова: неофлюсованные окатыши; гранулометрический состав; разрушение окатышей; предельная нагрузка окатышей.

Ссылка для цитирования. Тимофеева А.С., Кожухов А.А., Федина В.В., Елисеева К.А. Определение предельной ударной нагрузки на окатыши в зависимости от их гранулометрического состава // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 38–41.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-38-41

В данной работе рассматривались окатыши, полученные из магнетитового концентрата, и влияние гранулометрического состава окатышей на их разупрочнение при транспортировке. Это важный вопрос, так как в процессе транспортировки и перегрузок может происходить разрушение окатыша и его истирание. Образующаяся пыль попадает в окружающее пространство, кроме того, теряется часть драгоценного материала, который должен идти на металлургический передел. Исследований по данному вопросу недостаточно.

Для исследования были взяты неофлюсованные окатыши разного гранулометрического состава с обжиговой машины реального производства пяти фракций: 8, 10, 12, 14 и 16 мм.

При проведении данного эксперимента принимались следующие допущения [1]:

- окатыш имеет форму шара;
- окатыши всех фракций имеют одинаковую плотность;
- окатыши имеют один химический состав;
- считается, что окатыш начинает двигаться с нулевой скоростью.

В экспериментах окатыши падали с высоты 1 м на твердую поверхность (дно короба). Применяя законы физики, рассмотрим силу, с которой окатыш ударяется о твердую поверхность, возникающую аналогично при пересыпке окатышей. Сила, с которой окатыш будет ударяться при падении, может быть определена из закона сохранения импульса, по формуле [2]:

$$\overline{m\Delta W} = \overline{F\Delta t}, \quad (1)$$

где m — масса окатыша; $\overline{\Delta W}$ — изменение скорости до удара и после; \overline{F} — сила взаимодействия между окатышем и плоскостью.

Сила со стороны окатыша на плоскость равна по величине силе и противоположна по направлению со стороны плоскости на окатыш (по закону Ньютона):

$$\left| \overrightarrow{F_{\text{ок}}} \right| = \left| \overrightarrow{F_{\text{пл}}} \right|. \quad (2)$$

Перед ударом окатыш будет иметь скорость, которую можно определить из равноускоренного движения, считая, что окатыш начинает падать с нулевой скоростью.

* Исследование выполнено в рамках государственного задания 11.1298.2017/ПЧ.

Тогда

$$W = \sqrt{2gH}, \quad (3)$$

где H — высота, с которой падает окатыш, равная 1 м; g — ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Считая, что удар абсолютно упругий и поверхность расположена неподвижно относительно вертикальной оси, можно применить уравнение (1).

Массу окатыша можно выразить через объем и плотность:

$$m = \frac{1}{6} \pi d_{\text{ок}}^3 \rho_o, \quad (4)$$

где $d_{\text{ок}}$ — средний диаметр окатыша, измеряемый штангенциркулем; ρ_o — объемная плотность окатышей.

Зная время взаимодействия окатыша и скорость, с которой он отскакивает от плоскости, можно найти силу по формуле

$$F = \frac{1}{6} \pi d_{\text{ок}}^3 \rho_o \frac{W_1 - W}{\Delta t}. \quad (5)$$

Скорость отскока окатыша определяется из формулы (3), следовательно получим:

$$W_1 = \sqrt{2H_1g}, \quad (6)$$

где W_1 — скорость отскока; H_1 — высота, на которую поднимаются окатыши при отскоке (из эксперимента).

Тогда, подставляя в формулу (5), получим:

$$F_1 = \frac{1}{6} \pi d_{\text{ок}}^3 \rho_o \frac{\sqrt{2gH} - \sqrt{2H_1g}}{\Delta t}. \quad (7)$$

Для окатышей различного диаметра силы будут различными, так как $d_{\text{ок}}$, H_1 и Δt различны.

Для того чтобы определить высоту отскока окатыша при ударе о твердую металлическую поверхность, проводился следующий эксперимент.

Из каждой фракции 8, 10, 12, 14 и 16 мм брались по 10 окатышей ровной формы шара. Каждый окатыш сбрасывался с 1 м на твердую металлическую поверхность, сбоку была закреплена сетка 1×1 см. Падение окатыша фиксировалось на камеру Baumer с частотой 200 кадров в секунду. Далее в программе Vegas Pro 11 была проведена раскадровка видео на определенные кадры, в которых просматривалась высота отскока (см. рисунок). Результаты эксперимента приведены в табл. 1.



Кадры падения окатыша с высоты 1 м и отскока

Pictures of a falling pellet from 1 m height and kickback

ТАБЛИЦА 1. ЗНАЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЫСОТЫ ОТСКОКА И ВРЕМЕНИ СОУДАРЕНИЯ ОКАТЫШЕЙ

TABLE 1. VALUES OF EXPERIMENT DATA ON THE KICKBACK HEIGHT DETERMINING AND TIME OF PELLETS COLLISION

Параметр	Фракция, мм				
	8	10	12	14	16
H_1 , мм	90	12	13	14	20
$\Delta t \times 10^{-5}$, с	0,406	0,457	0,445	0,592	0,658
F_1 , кгс	47,041	103,83	183,3	217,77	284,8

Для каждой фракции предел прочности различный. Будем считать, что на окатыш со стороны подставки во время удара действует сила, равная пределу прочности, выраженному через взаимосвязь с числом ударов, и определим, через сколько ударов окатыш разрушится. Подставляя в формулу (7) вместо F различные зависимости напряжений, возникающих в окатыше при ударах, через полиномы для каждой фракции, полученные ранее экспериментально, выразим, какое максимальное число ударов может выдержать окатыш определенной фракции. Для каждой фракции предельная нагрузка в зависимости от числа ударов определяется своим полиномом [3].

Для 8 мм:

$$F = -0,3488n^2 + 17,573n + 55,453, R^2 = 0,908.$$

Для 10 мм:

$$F = 0,0995n^2 + 3,6143n - 4,2495, R^2 = 0,894.$$

Для 12 мм:

$$F = 0,0844n^2 + 9,8829n + 31,972, R^2 = 0,834.$$

Для 14 мм:

$$F = -0,1048n^2 + 8,9443n + 83,364, R^2 = 0,76.$$

Для 16 мм:

$$F = -0,2087n^2 + 13,544n + 6,2468, R^2 = 0,958.$$

Решая каждое уравнение относительно числа ударов, получили для каждой фракции определенное число ударов, которое окатыш может выдержать (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2. ПОЛУЧЕННОЕ ЧИСЛО УДАРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

TABLE 2. OBTAINED NUMBER OF STRIKES DEPENDING ON GRANULOMETRIC COMPOSITION

Фракция, мм				
8	10	12	14	16
45	170	57	78	152

С чем же связано такое распределение предельных нагрузок для различного гранулометрического состава окатышей? Для этого были произведены расчеты нагрузок не на окатыш, а на единицу площади поперечного сечения окатышей. Для этого брали окатыши каждой фракции по 100 шт. и проверяли прочность окатышей через каждый удар с одного до двадцати. Затем, зная поперечное сечение каждого окатыша, находили нагрузку, приходящуюся на 1 мм² сечения окатыша. Это было проделано с окатышами каждой исследуемой фракции. Результаты представлены для начального варианта окатышей, без удара, а затем через каждые 5 ударов в табл. 3.

Из исследования следует, что в зависимости от гранулометрического состава число ударов до полного разрушения окатышей разное.

Наибольшее число ударов выдерживают окатыши фракции 10 мм, это, по всей вероятности, связано с хорошим упрочняющим обжигом и не-

ТАБЛИЦА 3. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ (кгс/мм²), ВЫДЕРЖИВАЕМЫЕ ОКАТЫШАМИ РАЗНЫХ ФРАКЦИЙ

TABLE 3. COMPARATIVE LOADS (kgf/mm²), BEARED BY PELLETS OF DIFFERENT FRACTIONS

Число ударов	Фракция, мм				
	8	10	12	14	16
0	7,71	5,57	3,38	2,56	2,04
5	6,6	4,72	3,31	2,27	1,99
10	4,38	4,25	2,99	2,25	1,83
15	3,99	4,19	2,73	2,22	1,81
20	2,49	3,42	2,49	1,85	1,81

Расчетные данные дают возможность получить сравнительные нагрузки для окатышей всех исследуемых фракций. Из данных табл. 3 следует, что самая большая удельная нагрузка на 1 мм² приходится на окатыши фракции 8 мм, поэтому целый окатыш имеет меньшую прочность.

Самая же маленькая нагрузка, приходящаяся на 1 мм², наблюдается в окатышах фракции 16 мм, что обеспечивает целому окатышу этой фракции большую прочность при ударе. При этом не следует забывать, что в расчетах принят однородный окислительный обжиг для всех размеров окатышей. При наличии внутренних трещин результаты воздействия ударных нагрузок могут быть другими.

Воздействия ударных нагрузок на окатыши практически начинаются на выходе из обжиговой машины при падении в бункер охлаждения, где средняя высота может составлять 2 м, затем при складировании в штабель посредством укладчика окатыши падают примерно с высоты 1–2 м. При погрузке в вагоны и последующей разгрузке у потребителя число падений окатыша может изменяться от 4 до 10 раз, высота падений также может изменяться от 1 до 10 м. Таким образом, окатыши при транспортировке испытывают значительные ударные нагрузки.

Вывод

малым сечением окатышей данной фракции, а наименьшее — фракции 8 мм. Исходя из приведенных выше расчетов следует, что долю окатышей размером менее 8 мм следует сократить ориентировочно на 4 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ибатулин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев: монография. — Самара: Самарский гос. техн. ун-т, 2008. — 387 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов. 11-е изд., стер. — М.: Академия, 2006. — 560 с.
3. Тимофеева А.С., Кожухов А.А., Федина В.В., Захарова К.А. Исследование разупрочнения обожженных окатышей в зависимости от их гранулометрического состава // Сборник материалов V региональной межвузовской научно-практич. конф. “Творчество молодых — родному региону”, г. Выкса, 20 апреля 2018 г. С. 152–154.

DETERMINATION OF THE PEAK IMPACT LOAD OF PELLETS DEPENDING ON THEIR GRANULOMETRIC COMPOSITION

A. S. TIMOFEEVA, PhD (Tech), Professor, Dpt Metallurgy and Metal science, uked@yandex.ru;

A. A. KOZHUKHOV, HD (Tech), Associate Professor, Dpt Metallurgy and Metal science;

V. V. FEDINA, PhD (Tech), Associate Professor, Dpt Metallurgy and Metal science;

K. A. ELISEEVA, undergraduate, Dpt Metallurgy and Metal science.

(Sary Oskol Technological Institute after A.A. Ugarov (branch) National Research Technological University “MISiS”, Russia, Sary Oskol)

Abstract. Despite the importance of negative impact decrease on the environment by dust, formed at iron ore pellets transporting, and reduction losses at their abrasion, influence of pellets granulometric composition on their softening during their transporting studied not enough.

To determine the pellets peak impact load non-fluxed pellets of different granulometric composition and five fractions 8, 10, 12, 14 and 16 mm were used taken from sinter machine of real production. For this experiment assumptions were made that all the pellets have a ball form and the same chemical composition, pellets of all fractions have the same density, a pellet starts to move with a zero velocity. In the experiments the pellets were falling from 1 m height on a hard surface (box bottom).

As a result of experiments dependence of the number of strikes undergone by the pellets till complete destruction on their granulometric composition was determined. It was revealed that the biggest number of strikes (170) a pellet of 10 mm diameter can withstand, and the smallest one – a pellet of 8 mm diameter. Therefore 10 mm pellets can be used for long distance transporting, but 8 mm pellets should be decreased if possible in general volume of pellets, since they will be the first to begin the abrasion after 45 strikes.

Key words: non-fluxed pellets; granulometric composition; pellets destruction; peak load of pellets.

For citation: Timofeeva A.S., Kozhukhov A.A., Fedina V.V., Eliseeva K.A. Determination of the peak impact load of pellets depending on their granulometric composition. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii* = *Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 38–41. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-8-41

REFERENCES

1. Ibatulin I.D. *Kinetika ustalostnoi povrezhdaemosti i razrusheniya poverkhnostnykh sloev* [Cynetics of fatigue failure and destruction of surface layers]. Samara: Samarskii gos. tekhn. universitet, 2008, 387 p. (In Russ.).
2. Trofimova T.I. *Kurs fiziki* [A course of physics]. Moscow: Akademiya, 2006, 560 p. (In Russ.).
3. Timofeeva A.S., Kozhukhov A.A., Fedina V.V., Zakharova K.A. Study of roasted pellets weakening depending on their grane-size distribution size distribution. In: *Sbornik materialov V regionalnoi mezhvuzovskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii “Tvorchestvo molodykh – rodnomu regionu”*, g. Vyksa, 20 aprelya 2018 g. [Collection of materials of the V Regional Interuniversity Scientific and Practical Conference “Creativity of the young – native region”, Vyksa, April 20, 2018]. Pp. 152–154.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПОДГОТОВКИ СТАЛИ К НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ

А. Н. СМИРНОВ¹, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, stalevoz@i.ua;
С. В. КУБЕРСКИЙ², канд. техн. наук, профессор, проректор по научной работе;
Е. Н. СМИРНОВ³, д-р техн. наук, профессор кафедры “Металлургия и металловедение”
(¹ Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев;
² Донбасский государственный технический университет, Украина, г. Алчевск;
³ Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)
Национального исследовательского технологического университета “МИСиС”, Россия, г. Старый Оскол)

Аннотация. Проблемы обеспечения гомогенности расплава в ковше особенно остро стоят при использовании технологии непрерывной разливки стали, требующей точного (и стандартного от плавки к плавке) регулирования температуры и химического состава металла. Показана важная роль внепечной обработки стали, разливаемой непрерывным способом, в получении металлопродукции с высоким уровнем физико-химических свойств.

Предложены технологические решения, позволяющие значительно улучшить технико-экономические показатели процесса аргонной продувки железоуглеродистого расплава в сталеразливочном ковше. Использование нового способа подачи аргона, а также установленных оптимальных параметров расположения продувочных узлов позволяет уменьшить интенсивность вторичного окисления стали в процессе инжектирования газа, износ рабочего слоя футеровки, а также загрязненность металла неметаллическими включениями, что позитивно сказывается на его качестве и стойкости ковшовых огнеупоров.

Изменения в конструкции днища сталеразливочного ковша, подходы к длительности цикла разливки, а также технологии перелива последних порций металла в промежуточный ковш повышают выход годного и качество металла.

Разработанные рекомендации к изменению технологии внепечной подготовки автолистовых сталей на установке ковш-печь обеспечивают получение требуемого содержания примесей в узких пределах химического состава и снижение расхода дорогостоящих раскисляющих добавок.

Ключевые слова: непрерывная разливка стали; сталеразливочный ковш; внепечная обработка стали; обработка металла вакуумом; продувка расплава инертными газами; электродуговой подогрев металла.

Ссылка для цитирования. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Смирнов Е.Н. Современные проблемы и решения в области подготовки стали к непрерывной разливке // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 42–50.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-42-50

Сталь как конструкционный материал обладает уникальным комплексом физических, технологических и эксплуатационных свойств, который позволяет широко использовать ее в разных отраслях промышленности.

В последние годы в практике металлургического производства наблюдается устойчивая тенденция к ужесточению требований к гомогенности расплава в ковше по содержанию элементов и температуре, стабильности химического состава стали, а также к загрязненности ее вредными примесями, неметаллическими включениями, газами и цветными металлами. Особенно остро эти вопросы стоят при использовании технологии непрерывной разливки, требующей точного (и стандартного от плавки к плавке) регулирования температуры и химического состава металла, а также высокого его качества.

Поэтому основная цель данной работы предусматривала анализ современных проблем и

разработку эффективных технологических решений по внепечной подготовке металла к непрерывной разливке для получения стали высокого качества.

Со второй половины XX столетия в сталеплавильном производстве начали широко использоваться технологические схемы, предусматривающие выполнение максимально возможного числа операций по доводке металла в сталеразливочном ковше с применением установок ковш-печь (УКП) и вакууматоров. Такая трансформация технологии позволила значительно увеличить производительность плавильных агрегатов, обеспечить высокое качество подготовки металла для последующей его разливки, понизить себестоимость стали, а также синхронизировать дискретную технологию выплавки стали с квазинепрерывной ее разливкой.

В современных условиях развития мирового сталеплавильного комплекса внеагрегатная до-

водка стали при подготовке ее к непрерывной разливке является неотъемлемым звеном технологической цепочки производства специальных и высококачественных сталей и основана на использовании одного или одновременно нескольких технологических приемов [1]:

- обработка металла вакуумом;
- продувка расплава инертными газами;
- электродуговой подогрев металла;
- вдувание порошкообразных материалов и ввод порошковой проволоки;
- перемешивание металла со специально приготовленными шлаками или лигатурами.

С начала 90-х годов прошлого века в практику сталеплавильного производства более интенсивно начали внедряться различные агрегаты и технологии для обработки железоуглеродистого расплава вакуумом. Практически все построенные в тот период новые металлургические предприятия имели в своем составе вакууматоры, а многие существующие проводили рекон-

струкцию с целью внедрения этих агрегатов в имеющуюся технологическую схему. Предпосылками к широкому использованию вакуума в сталеплавильных технологиях стало широкое внедрение способа непрерывной разливки стали, требующего кардинально новых подходов к качеству поступающего на машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) металла, а также существенный рост потребностей мирового рынка в автолистовых сталях и сталях для глубокой вытяжки, предъявляющих особые требования к содержанию примесей. Обеспечить чистоту таких сталей по примесям и ультранизкое содержание углерода без использования вакуумирования практически невозможно.

Наиболее интенсивно ввод в эксплуатацию установок для вакуумирования проходил в 1990–2010 гг., когда было построено более 500 различных технологических агрегатов (рис. 1), способствующих решению глобальных проблем современного сталеплавильного производства.

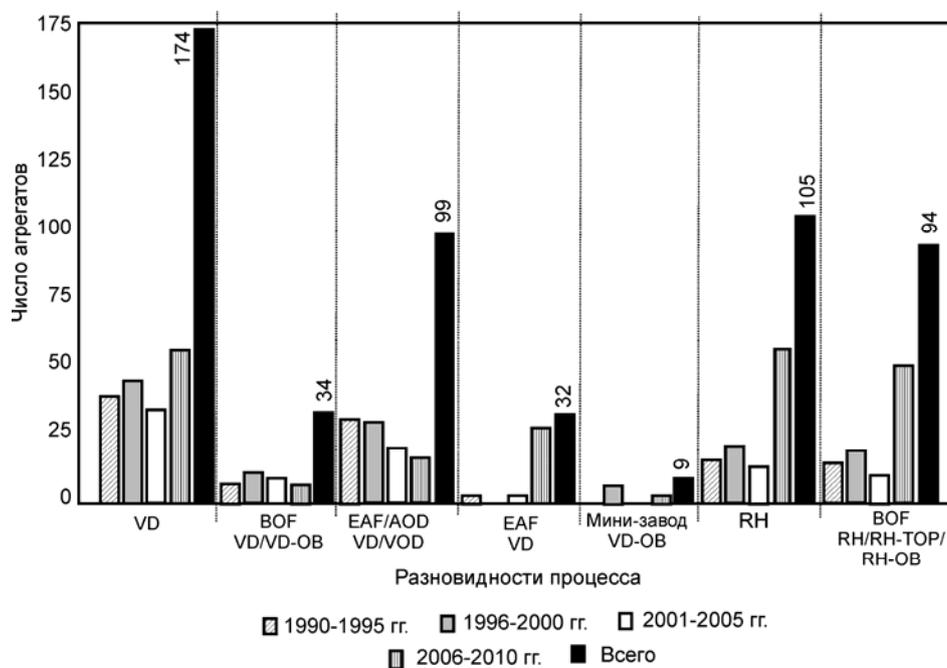


Рис. 1. Общее число установок для вакуумирования, введенных в эксплуатацию в 1990–2010 гг.

Fig. 1. Total number of vacuuming facilities, put into operation in 1990–2010

Одним из наиболее распространенных способов ковшовой металлургии является продувка расплава в ковше инертным газом с целью его гомогенизации по химическому составу и температуре, а также рафинирования от неметаллических включений эндогенного и экзогенного происхождения. Как правило, такой способ внепечной обработки предусматривает вдувание в расплав через пористые пробки, расположенные в днище ковша, или погружные фурмы определенного количества инертного газа (аргона) в единицу времени.

Несмотря на многообразие технологий газодинамической обработки расплавов, работы, направленные на оптимизацию параметров, усовершенствование оборудования и повышение эффективности такого вида внепечной подготовки металла для последующего передела являются весьма актуальными.

Скорость гомогенизации и возникающих в процессе продувки циркуляционных потоков находится в прямой зависимости от удельного расхода инертного газа и места расположения продувочных узлов. Однако при увеличении интен-

сивности продувки возникает ряд существенных проблем, обусловленных развитием процессов вторичного окисления и повышенного износа футеровки сталеразливочного ковша.

Основной причиной вторичного окисления стали является раскрытие зеркала металла, вызванное выходом пузырьков инертного газа на поверхность при высокой интенсивности продувки, и взаимодействие его с кислородом атмосферы, что приводит к образованию дополнительного количества оксидной фазы, снижению качества стали по загрязненности неметаллическими включениями, а также к уменьшению выхода годного металла ввиду ухудшения уровня его физико-химических свойств.

Повышенный износ футеровки может иметь место при воздействии на нее образующихся при продувке интенсивных газожидкостных потоков. Особенно это проявляется при перемещении продувочных пробок ближе к поверхности стенок ковша с целью предотвращения образования застойных зон в этой части объема ванны.

Проведенные в многочисленных работах [2–6] исследования позволили установить наиболее рациональные параметры обработки жидкой стали аргоном, обеспечивающие высокое качество металла, повышение стойкости футеровки и времени эксплуатации сталеразливочного ковша на основе новых представлений о механизме влияния способа и интенсивности вдувания аргона, числа и расположения продувочных узлов на время перемешивания и характер циркуляционных потоков расплава в ковше.

В ходе физического моделирования процесса аргонной продувки было установлено, что при использовании традиционной схемы обработки расплава в сталеразливочном ковше через две донные пробки с расходом 2 л/мин модельный газ образует две вращающиеся газожидкостные струи, раскрывающиеся в верхней части модели. При этом происходит оголение зеркала воды и находящегося на ее поверхности масла, моделирующих сталь и шлак, что на реальном объекте приводит к развитию процессов вторичного окисления, а также к захвату шлака и вовлечению его нисходящими потоками в объем металлического расплава.

Площадь раскрытия поверхности модельной жидкости для рассмотренных условий продувки колебалась в пределах 17–25 % от площади зеркала модели, что вызывает интенсивное вторичное окисление расплава в течение всей техноло-

гической операции. Кроме того, отмечено, что объем жидкости, находящийся между газожидкостными струями, практически не подвергается гомогенизации, представляя собой застойную зону. Неметаллические включения в этой зоне практически не подвергались воздействию образованных потоков и витали в объеме металла, несмотря на свой достаточно большой размер (рис. 2). Поэтому можно утверждать, что при таком расходе инертного газа традиционный способ продувки с целью гомогенизации расплава и его рафинирования от неметаллических включений является малоэффективным.

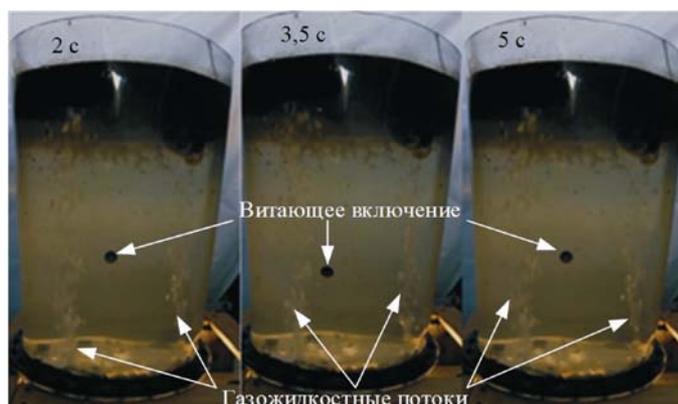


Рис. 2. Характер поведения жидкости и неметаллических включений при традиционной схеме продувки через 2; 3,5 и 5 с от начала опыта

Fig. 2. Character of liquids and nonmetallic inclusions behavior at traditional blowdown schedule in 2; 3.5 and 5 s after test beginning

С целью повышения эффективности аргонной продувки расплава был исследован режим пульсирующей подачи модельного газа с частотой 120 импульсов/мин и аналогичным приведенному выше расходом.

При таком способе внепечной обработки было отмечено, что раскрытие вдуваемого потока газа происходит в средней части модели и к зеркалу модельной жидкости доходит поток, имеющий небольшую кинетическую энергию. Такой характер поведения вдуваемого газа способствует улучшению перемешивания жидкости в средней части модели и обеспечивает значительно меньшее раскрытие зеркала (2–3 % от общей площади), что позитивно влияет на процессы гомогенизации и снижение интенсивности вторичного окисления (рис. 3).

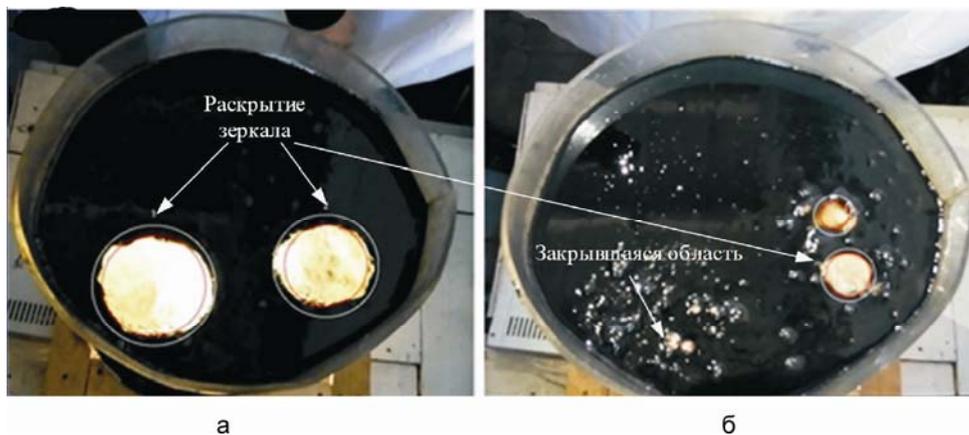


Рис. 3. Характер раскрытия зеркала металла при традиционной схеме продувки (а) и с использованием пульсирующей подачи газа (б)

Fig. 3. Character of metal mirror opening at traditional blowdown schedule (a) and with pulsating gas supply application (b)

Пульсирующая подача газа позитивно влияет на снижение не только площади, но и времени контакта расплава с атмосферой. Это обусловлено тем фактом, что чередующиеся импульсы приводят к периодическому раскрытию и закрытию зеркала металла над каждой из продувочных пробок, тогда как при традиционном способе продувки непосредственный контакт расплава и

атмосферы наблюдается в течение всей обработки.

Также было отмечено, что при пульсирующей подаче газа в результате раскрытия вдуваемого потока в средней части объема жидкости образуются потоки, способствующие выносу неметаллических включений к поверхности раздела металл – шлак (рис. 4).



Рис. 4. Характер поведения жидкости и неметаллических включений при пульсирующей схеме продувки через 1; 1,5; 2 и 4 с от начала опыта:
1, 2 — динамика перемещения потока вдуваемого газа

Fig. 4. Liquid and nonmetallic inclusions behavior character at pulsating blowdown schedule in 1; 1.5; 2 and 4 after the test beginning:
1, 2 — dynamics of blow-in gas flow movement

Важное значение для развития теории и усовершенствования технологии внепечной обработки имеют исследования, позволяющие оценить степень влияния места расположения продувочных узлов, а также их числа на эффектив-

ность гомогенизации расплава, удаление неметаллических включений и стойкость футеровки [3].

Проведенные в лабораторных и производственных условиях эксперименты позволили установить, что:

– увеличение расхода инертного газа, продувка через два продувочных узла и удаление их от вертикальной оси ковша способствуют уменьшению времени перемешивания;

– скорость восходящих потоков достигает максимальных значений в областях, прилегающих к рабочему слою футеровки под шлаковым поясом в зонах, расположенных над продувочными узлами на высоте 0,5–0,7 от высоты налива металла в ковше (рис. 5);

– продувка через две пробки при смещении их относительно вертикальной оси на расстояние 0,6–0,75 радиуса днища и расположение под углом 150–160 град. обеспечивает более интенсивное воздействие восходящих потоков на рабочий слой футеровки (рис. 6) и способствует уменьшению на 16–27 % уровня термических напряжений в нем. Это происходит вследствие оттеснения к центральной зоне более “нагретых” порций металла, расположенных под зеркалом металла.

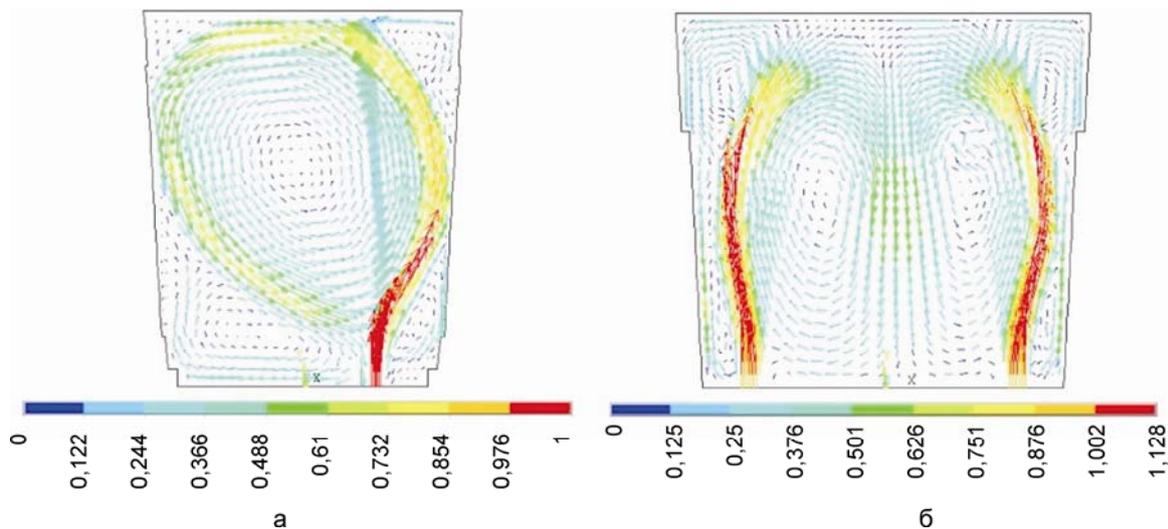


Рис. 5. Развитие потоков при перемешивании жидкой стали в процессе продувки инертным газом через одно (а) и два (б) продувочных узла

Fig. 5. Flow development at liquid steel movement in the process of blowdown by an inert gas through one (a) and two (b) blowing units



Рис. 6. Внешний вид подшлаковой области футеровки стенки ковша над продувочным узлом (а) и растрескивание ее рабочего слоя (б)

Fig. 6. External view of under slag area of ladle wall refractory above the blowing unit (a) and its working layer crumbling (b)

Учитывая тот факт, что в практике сталеплавильного производства используются сталеразливочные ковши с различным отношением высоты налива металла H к диаметру ковша D , было исследовано влияние этих параметров на характер поведения металла при продувке его инертным газом [4–6].

Результаты проведенного физического моделирования свидетельствуют о том, что продувка аргоном в большегрузных ковшах, имеющих величину H/D в пределах 1,30–1,40, приводит к оголению в среднем на 25–30 % большей площади зеркала, чем при $H/D \approx 1$, при расходе вдуваемого газа в широком диапазоне значений. Установлено, что для ковшей с большим значением H/D в придонной части формируется застойная зона, которая занимает 0,15–0,25 объема жидкой ванны и не вовлекается в перемешивание основным циркуляционным потоком. Размеры этой зоны могут быть значительно уменьшены за счет смещения продувочной пробки к стенке ковша.

Кроме того, в условиях продувки металла аргоном в ковше возможен захват и вовлечение вглубь жидкой ванны крупных шлаковых включений сформировавшимися конвективными потоками. При этом такие включения в дальнейшем могут попадать в застойную зону в донной части ковша и служить источником загрязнения стали. Размеры таких шлаковых включений не превышают, как правило, 90–100 мкм, а их геометрическая форма близка к шаровидной или овальной.

Узкие пределы колебания химического состава стали от плавки к плавке, а также минимальное содержание в ней вредных примесей и неметаллических включений способствуют обеспечению высокого качества непрерывнолитого металла.

Наличие в стали неметаллических включений обусловлено протеканием химических реакций при вводе в металл раскисляющих и легирующих добавок, уменьшением температуры расплава, а следовательно, и растворимости примесных элементов, а также возможностью попадания в металлопроводку частиц огнеупоров в результате их износа, конечного печного шлака и шлака промежуточного ковша при развитии различных гидродинамических процессов.

Одним из основных источников шлаковых включений является конечный печной шлак, который может попадать в металлопроводку вследствие возникновения эффекта воронкообразования при переливе последних порций металла в промежуточный ковш.

Вихревые воронки в технологических емкостях возникают при определенном остаточном уровне налива металла в них. Поэтому для предотвращения их образования и развития целесообразно заканчивать разливку при уровне на-

лива, превышающем некоторое критическое значение. Однако при этом увеличиваются потери металла с ковшовым остатком и значительно снижается выход годного.

Для минимизации остатка металла в сталеразливочном ковше на практике часто используется операция визуальной отсечки шлака, которая заключается в закрытии шиберного затвора при появлении шлака в районе защитной трубы. Количество попадающего в промежуточный ковш шлака во многом зависит от эффективности действий разливщика и может увеличиваться при большей жидкоподвижности шлакового расплава. Таким образом, после завершения разливки плавки из сталеразливочного ковша в районе погружения защитной трубы образуется концентрированное пятно высокоосновного печного шлака, химический состав которого значительно отличается от шлака, присаживаемого в промежуточный ковш для обеспечения изолирующих и рафинирующих функций.

Высота налива металла, при которой образуется вихревая воронка, в значительной степени зависит от интенсивности потоков, существующих в сталеразливочном ковше до начала разливки.

Рассматривая технологическую схему производства непрерывнолитой стали, необходимо отметить, что практически все технологические переливы, а также перемешивание расплава инертным газом способствуют возникновению различных потоков в объеме жидкого металла, обладающих определенным уровнем кинетической энергии. Не менее значимыми при этом являются различные физико-химические процессы, происходящие в жидкой ванне ковша, также способствующие возникновению конвективных потоков различной интенсивности.

Физическое моделирование процесса воронкообразования при истечении расплава из технологических емкостей позволило установить зависимости высоты образования воронки в сталеразливочном ковше от длительности выдержки металла после внепечной обработки, а также от массового расхода стали на заключительном этапе разливки.

Полученные результаты были подтверждены в производственных условиях. Установлено, что при меньшей длительности цикла разливки плавки и особенно выдержки металла после внепечной обработки, а также при более высокой температуре стали количество печного шлака, попадающего в промежуточный ковш, увеличивается вследствие более раннего возникновения вихревых потоков и образования воронок на заключительном этапе перелива.

Следует отметить, что короткие циклы разливки обусловлены сокращением цикла внепечной подготовки плавки на УКП. При этом приме-

няются более интенсивные процессы нагрева и перемешивания расплава инертным газом, значительно сокращаются интервалы времени между окончанием подготовки плавки на УКП и началом разливки на МНЛЗ. Иногда в производственных условиях вынужденно сокращается время “мягкого режима” продувки аргоном в конце подготовки плавки на УКП. Все указанные факторы приводят к более сильным инерционным последствиям динамического состояния объема металла перед разливкой и существенно влияют на выход годной непрерывнолитой заготовки. Это обусловлено в первую очередь остатком стали в сталеразливочном ковше.

Для уменьшения остаточного количества металла в сталеразливочном ковше, при котором образуются вихревые воронки, были разработаны и внедрены специальные технологические мероприятия, предусматривающие:

- изменение конструкции футеровки днища сталеразливочного ковша [7, 8], что обеспечивает уменьшение массы остающегося в нем металла и площади контакта его со шлаком при достаточном для предотвращения воронкообразования уровне столба расплава в районе дозирующих устройств;

- максимальный расход металла для наполнения промежуточного ковша, например при остатке в 300-т сталеразливочном ковше на уровне 4–5 т расплава;

- дискретный перелив последних порций стали (1–2 т) с использованием дросселирования струи шиберным затвором для подавления развития вихревых потоков и уменьшения уровня остаточного металла, при котором образуется вихревая воронка.

В последнее десятилетие все большую долю в сортаменте производства современных металлургических предприятий занимают низкоуглеродистые безкремнистые стали, раскисленные алюминием, изделия из которых получают путем глубокой вытяжки при холодной обработке давлением. Наибольшее применение такие стали находят в автомобилестроении.

Одним из основных условий получения высоких механических характеристик этих сталей является минимальное содержание кремния (на уровне следов), поскольку кремний повышает предел текучести и предел прочности, но вместе с тем снижает относительное удлинение стали, коррозионную стойкость и способность стали к цинкованию. Особенно плохо кремний может влиять на свариваемость стали, поскольку существенно снижает температуру солидуса при неравновесной кристаллизации. Кроме того, кремний является вредной технологической присадкой для высокопрочных высокоотпускаемых сталей.

Снижение содержания кремния в металле существенно влияет на характер макроструктуры заготовки и дисперсность дендритной структуры, значительно уменьшая расстояние между осями дендритов второго порядка и ширину межосных участков. При содержании кремния до 0,03 % металл характеризуется практически полным отсутствием зоны столбчатых кристаллов, что обусловлено подавлением развития транскристаллизации.

В течение всего времени пребывания металла в сталеразливочном ковше, особенно в ходе ковшовой обработки, наблюдается прирост содержания кремния. Основными источниками кремния в малокремнистых автолистовых сталях могут быть раскисляющие, легирующие и шлакообразующие добавки, конечный печной шлак, а также огнеупоры рабочего слоя сталеразливочного и промежуточного ковшей.

Проведенные авторами работ [9, 10] исследования позволили, например, установить механизм обескремнивания низкоуглеродистой малокремнистой раскисленной алюминием стали путем подачи оксида магния в область горения электрических дуг при ее обработке под восстановительным шлаком в УКП в результате протекания реакции силикотермического восстановления магния, влияние окисленности металла и шлака на процесс восстановления кремния при десульфурации, а также определить долю кремния, восстанавливаемого из кремнезема шлака.

На основании полученных результатов была разработана методика автоматизированного расчета изменения содержания кремния в стали, количества присаживаемого в ковш оксида магния и длительности дугового нагрева после его присадки для организации эффективной технологии производства малокремнистых автолистовых сталей.

Исключение из технологии внепечной обработки малокремнистых автолистовых сталей необходимости применения принудительного вторичного окисления кремния привело к снижению расхода алюминия на 2 кг/т стали на плавках, в которых содержание кремния по ходу обработки на УКП превышает регламентируемые пределы.

В качестве основных выводов по представленным результатам можно отметить следующее:

- внепечная подготовка металла к непрерывной разливке оказывает решающее влияние на технико-экономические и качественные показатели производства металлопродукции;

- пульсирующий способ продувки стали инертным газом имеет существенные преимущества по сравнению с традиционной технологией и обеспечивает эффективную доводку стали;

– число и схема расположения продувочных узлов, в том числе и для сталеразливочных ковшей с величиной отношения H/D в пределах 1,30–1,40, оказывают значительное влияние на процессы гомогенизации, вторичного окисления, загрязненность стали неметаллическими включениями, а также стойкость футеровки;

– предложенные изменения в конструкции днища сталеразливочного ковша, подходы к длительности цикла разливки, а также техноло-

гии перелива последних порций металла в промежуточный ковш обеспечивают повышение выхода годного и качество металла;

– разработанные рекомендации к изменению технологии внепечной подготовки автолистовых сталей на УКП обеспечивают получение требуемого содержания примесей в узких пределах химического состава и снижение расхода дорогостоящих раскисляющих добавок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов А.Н., Зборщик А.М. Внепечное рафинирование чугуна и стали: учебное пособие. — Донецк: ДонНТУ, 2012. — 186 с.
2. Еронько С.П., Смирнов А.Н., Салмаш И.Н. и др. Оптимизация режимов продувки жидкого металла в сталеразливочных ковшах // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2004. № 8. С. 123–126.
3. Ткаченко С.В., Фистик С.А., Куберский С.В. Моделирование пульсирующего режима продувки расплава в сталеразливочном ковше // *IV Междунар. научно-практич. конф. молодых ученых и студентов “Металлургия XXI столетия глазами молодых”*: сб. докладов. — Донецк: ДонНТУ, 2018. С. 48–51.
4. Смирнов А.Н., Ошовская Е.В., Салмаш И.Н. и др. Некоторые вопросы оценки интенсивности перемешивания при продувке металла в ковше инертным газом. Сообщение 1 // *Процессы литья*. 2008. № 4. С. 41–48.
5. Смирнов А.Н., Ошовская Е.В., Салмаш И.Н. и др. Некоторые вопросы оценки интенсивности перемешивания при продувке металла в ковше инертным газом. Сообщение 2 // *Процессы литья*. 2008. № 5. С. 30–35.
6. Смирнов А.Н., Ошовская Е.В., Сафонов В.М., Писмарев К.Е. Некоторые вопросы оценки интенсивности перемешивания при продувке металла в ковше инертным газом. Сообщение 3 // *Процессы литья*. 2009. № 5. С. 11–19.
7. Пат. 81840 Україна, МПК В 22 D 41/02. Сталерозливний ківш / О.М. Смірнов, Є.М. Максаєв, А.В. Головчанський, С.В. Куберський, М.Б. Левіт, І.М. Салмаш // Заявл. 04.02.2013; опубл. 10.07.2013. Бюл. № 13.
8. Усовершенствование конструкции футеровки днища сталеразливочного ковша для повышения качества и выхода годной непрерывнолитой стали / С.В. Куберский, Е.Н. Максаев, С.В. Семирягин, А.В. Головчанский; под ред. проф., д.т.н. А.Н. Смирнова // *Современные огнеупоры: ресурсосбережение и применение в металлургических технологиях*: сб. научн. тр. — Донецк: Ноулидж, 2013. С. 99–104.
9. Кузнецов Д.Ю., Куберский С.В., Ямполь А.И. Разработка технологии получения заданного содержания кремния в непрерывнолитой стали для автолиста // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2010. № 7. С. 203, 204.
10. Кузнецов Д.Ю., Куберский С.В., Ямполь А.И. Разработка технологии внепечной обработки автолистовых сталей с удалением кремния: сб. науч. трудов ДонГТУ. — Алчевск: ДонГТУ, 2011. № 33. С. 208–214.

MODERN PROBLEMS AND SOLUTIONS IN THE AREA OF STEEL PREPARATION TO CONTINUOUS CASTING

*A. N. SMIRNOV¹, HD (Tech), Professor, Leading Research Associate, stalevoz@i.ua;
S. V. KUBERSKY², PhD (Tech), Professor, Pro-rector on scientific work;
E. N. SMIRNOV³, HD (Tech), Professor, Dpt “Metallurgy and Metal Science”
(¹ Physics and Technology Institute of Metals and Alloys NAS of Ukraine, Ukraine, Kiev;
² Donbass State Technical University, Ukraine, Alchevsk;
³ Sary Oskol Technology Institute after A.A. Ugarov (branch) of National Research Technological University “MISiS”, Russia, Sary Oskol)*

Abstract. The problem of melt homogeneity in ladle provision are particularly important at usage of continuous casting technology, which requires accurate (and standard from a heat to heat) metal temperature and chemical composition control. The important role of ladle treatment of continuously casted steel for metal products obtaining having high level of physical and chemical properties.

Technological solutions proposed, enabling to improve considerably the technical and economic indices of argon blow-down process of iron-carbon melt in steel ladle. Application of the new method of argon supply, as well as determined optimal parameters of blow facilities location enables for decrease steel secondary oxidation intensity in the process of gas injection, lining working layer wear, and also the metal pollution by nonmetallic inclusions, that means a positive influence on its quality and ladle refractory durability.

Alteration of the steel ladle bottom design, approach to the casting cycle duration as well as technologies of metal last portions pouring into tundish increase metal yield and quality.

The elaborated recommendations for automobile steels ladle preparation technology alteration at ladle-furnace facility provide obtaining the required impurities content in low limits and decreasing of expensive deoxidizing additions consumption.

Key words: steel continuous casting; steel ladle; steel ladle treatment; metal treatment by vacuum; melt blow-down by inert

gases; metal heating by electric arc.

For citation: Smirnov A.N., Kubersky S.V., Smirnov E.N. Modern problems and solutions in the area of steel preparation to continuous casting. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 42–50. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-42-50

REFERENCES

1. Smirnov A.N., Zborshchik A.M. *Vnepechnoe rafinirovanie chuguna i stali* [Ladle refining of hot metal and steel: a textbook]. Donetsk: DonNTU, 2012. 186 p. (In Russ.).
2. Eron'ko S.P., Smirnov A.N., Salmash I.N., Kukui D.P., Tsuprun A.Yu. Optimization of liquid metal blowdown regimes in steel ladles. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*, 2004, no. 8, pp. 123–126. (In Russ.).
3. Tkachenko S.V., Fistik S.A., Kuberskii S.V. *Modelirovanie pul'siruyushchego rezhima produvki rasplava v stalerazlivochnom kovshe* [Simulation of melt blowdown pulsating regime in steel ladle]. *IV Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. molodykh uchennykh i studentov materialy "Metallurgiya XXI stoletiya glazami molodykh": sb. dokladov* [IV Intern. scientific and practical conf. young scientists and students materials "Metallurgy of the XXI century through the eyes of young people": collection of reports]. Donetsk: DonNTU, 2018, pp. 48–51. (In Russ.).
4. Smirnov A.N., Oshovskaya E.V., Salmash I.N., Safonov V.M., Pismarev K.E. Some items of stirring intensity estimation at metal blowdown in a ladle by an inert gas. Report 1. *Protsessy lit'ya*, 2008, no. 4, pp. 41–48. (In Russ.).
5. Smirnov A.N., Oshovskaya E.V., Salmash I.N., Safonov V.M., Pismarev K.E. Some items of stirring intensity estimation at metal blowdown in a ladle by an inert gas. Report 2. *Protsessy lit'ya*, 2008, no. 5, pp. 30–35. (In Russ.).
6. Smirnov A.N., Oshovskaya E.V., Salmash I.N., Safonov V.M., Pismarev K.E. Some items of stirring intensity estimation at metal blowdown in a ladle by an inert gas. Report 3. *Protsessy lit'ya*, 2009, no. 5, pp. 11–19. (In Russ.).
7. Smirnov O.M., Maksaev E.M., Golovchanskii A.V., Kuberskii S.V., Levit M.B., Salmash I.M. *Stalerazlivochnyi kovsh* [Steel ladle]. Patent Ukraine no. 81840. IPC B 22 D 41/02. *Byulleten' izobretenii*, 2013, no. 13.
8. Kuberskii S.V., Maksaev E.N., Semiryagin S.V., Golovchanskii A.V. *Usovershenstvovanie konstruktsii futerovki dnishcha stalerazlivochnogo kovsha dlya povysheniya kachestva i vykhoda godnoi nepreryvnolitoi stali* [Improving of ladle bottom refractory design for quality and yield increasing of CC steel]. *Sovremennye ogneupory: resursosberezhenie i primeneniye v metallurgicheskikh tekhnologiyakh: sb. nauchn. tr.* [Modern refractories: resources saving and application in metallurgical technologies: collection of scientific papers]. Smirnov A.N. ed. Donetsk: Noulidzh, 2013, pp. 99–104. (In Russ.).
9. Kuznetsov D.Yu., Kuberskii S.V., Yampo' A.I. Development of technology of obtaining required silicon content in CC steel for automobile sheet. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*, 2010, no. 7, pp. 203, 204. (In Russ.).
10. Kuznetsov D.Yu., Kuberskii S.V., Yampo' A.I. *Razrabotka tekhnologii vnepechnoi obrabotki avtolistovykh staley s udaleniem kremniya: sb. nauch. trudov DonGTU* [Technology development of auto steels ladle treatment for silicon removal: collection of scientific papers DonSTU]. Alchevsk: DonGTU, 2011, no. 33., pp. 208–214. (In Russ.).

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕСС ЗАРАСТАНИЯ КАНАЛА КОВШОВОГО ЗАТВОРА

С. П. ЕРОНЬКО, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой “Механическое оборудование заводов черной металлургии”, ersp@meta.ua;

М. Ю. ТКАЧЕВ, канд. техн. наук, доцент кафедры “Механическое оборудование заводов черной металлургии”;

*Е. А. ПОНАМАРЕВА, аспирант кафедры “Механическое оборудование заводов черной металлургии”
(Донецкий национальный технический университет, Украина, г. Донецк)*

Аннотация. Проблема затягивания выпускного канала сталеразливочного ковша, несмотря на многочисленные исследовательские работы, проводившиеся с целью установления факторов, способствующих интенсивному уменьшению живого сечения потока жидкости и поиску путей устранения этого явления, с которым столкнулись производственники после замены стопорных устройств шибберными затворами, до настоящего времени остается нерешенной и весьма актуальной.

Проанализированы причины и механизм формирования отложений на стенках канала шибберных затворов, обеспечивающих регулируемый перелив стали из разливочных и промежуточных ковшей. Рассмотрены разработанные ранее меры по снижению интенсивности зарастания канала разливочного стакана.

Приведены результаты проверки на физической модели шибберного затвора возможности активного влияния на механику процесса затягивания его канала динамического воздействия, осуществляемого на корпус разливочного устройства с помощью вибратора, возбуждающего колебания низкой частоты в вертикальной плоскости. Эксперименты проведены для двух вариантов положения подвижной плиты затвора: при полном перекрытии его канала и при отсутствии дросселирования струи. Плоская модель затвора выполнена из органического стекла в масштабе 1:2 по отношению к натурному образцу. Направленный отвод тепла в боковом направлении от стенок канала разливочного стакана обеспечивали за счет циркуляции воды по двум параллельно расположенным вертикальным полостям. В качестве материала, имитирующего разливаемую сталь, использовали расплав тиосульфата натрия, нагреваемый до температуры 95 °С.

Полученные экспериментальные данные позволили установить влияние частоты и амплитуды колебаний, возбуждаемых в системе модели шибберного затвора, на скорость увеличения толщины слоя отложений на стенках ее канала. При одинаковой интенсивности вибрационного воздействия количество кристаллов, разрушаемых в слое отложений, в большей мере зависит от частоты колебаний и в меньшей степени от их амплитуды. Для достижения положительного эффекта от использования вибрационного воздействия на систему ковшового затвора в производственных условиях необходимы новые технические решения, обеспечивающие органическое встраивание в нее узла возбуждения колебаний, который бы одновременно отвечал комплексу требований: компактность, простота и безопасность подвода энергоносителя, возможность гибкого регулирования значений параметров колебательного процесса.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш; модель шибберного затвора; зарастание канала шибберного затвора; разливочный стакан; вибратор.

Ссылка для цитирования. Еронько С.П., Ткачев М.Ю., Понамарева Е.А. Модельные исследования влияния вибрационного воздействия на процесс зарастания канала ковшового затвора // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 1. С. 51–57.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-51-57

Проблема затягивания выпускного канала сталеразливочного ковша, с которой столкнулись производственники после замены стопорных устройств шибберными затворами, до настоящего времени остается нерешенной, несмотря на многочисленные исследовательские работы, проводившиеся за последние 50 лет с целью установления факторов, способствующих интенсивному уменьшению живого сечения потока жидкости, и поиска путей устранения этого явления. Полученные при этом теоретические и экспериментальные данные позволили сделать вывод о том, что главные причины и механизм формирования отложений на стенках канала ковшового затвора (рис. 1) обусловлены протекающими в нем гидродинамическими, тепловыми

и химическими процессами [1–3]. Поэтому в качестве действенных мер, направленных на исключение негативных последствий, вызванных указанными процессами, ранее предлагалось:

- использовать ковшовые стаканы со специальным профилем канала, минимизирующим гидравлическое сопротивление потоку металла [4];
- наносить на стенки канала огнеупорных элементов шибберного затвора специальное покрытие, материал которого способен вступить в химическое взаимодействие с отложениями и образовывать при этом легкоплавкие соединения, смываемые потоком жидкой стали [5–8];
- применять разливочные стаканы с газопроницаемой стенкой, позволяющей осуществлять подачу в сталевыпускной канал под избыточным

давлением инертного газа, пузырьки которого, проникая через поры, должны разрушать слой отложений [1, 9];

– осуществлять подогрев корпуса разливочного стакана за счет тепла, выделяемого при сгорании специальной газовой смеси, вдуваемой через пористый элемент нижней огнеупорной плиты затвора при кратковременном перекрытии его выпускного канала [10, 11];

– поддерживать необходимый тепловой баланс в канале ковшового стакана путем наружного обогрева его корпуса с помощью встроенного в гнездовой блок разливочного узла ковша спирального элемента, к которому подается электропитание [12].



Рис. 1. Продольный разрез настыли, образовавшейся в канале разливочного стакана при его зарастании

Fig. 1. Longitudinal section of scab, formed in the nozzle channel at its clogging

Анализ литературных данных об эффективности отмеченных предложений по снижению числа случаев применения кислорода для промывки канала ковшового затвора из-за уменьшения его проходного сечения свидетельствует о том, что данный вопрос по-прежнему следует считать актуальным и поиски его решения следует продолжить. Одним из путей дальнейших исследований в данной области является изучение возможности активного влияния на механику процесса формирования отложений на стенках канала ковшового затвора вибрационного воздействия с целью разрушения связей между центрами кристаллизации, которые находятся на поверхности огнеупора, контактирующей с расплавом, и формирующимися дендритами. Нарушая их рост, можно предположить снижение скорости увеличения толщины слоя образующихся отложений.

Для качественной оценки такой возможности использовали метод физического моделирования. С этой целью изготовили эксперименталь-

ную установку (рис. 2), включавшую выполненную в масштабе 1:2 плоскую прозрачную модель шибера затвора 6. К ее конструктивной особенности следует отнести наличие двух вертикальных полостей 5, параллельно расположенных относительно разливочного канала по его бокам. Подаваемая по трубкам 7 в полости из напорной емкости 10 вода, имевшая температуру 20 °С, интенсифицировала направленный отвод тепла от стенок разливочного канала, контактирующих с жидкостью, имитирующей металлический расплав. Проходящая через полости вода по трубкам 4 сливалась в расположенный под моделью сосуд 2, из которого затем с помощью насоса 1 закачивалась в напорную емкость 10. Имитатором жидкого металла служил расплав тиосульфата натрия, нагреваемый до температуры 95 °С.

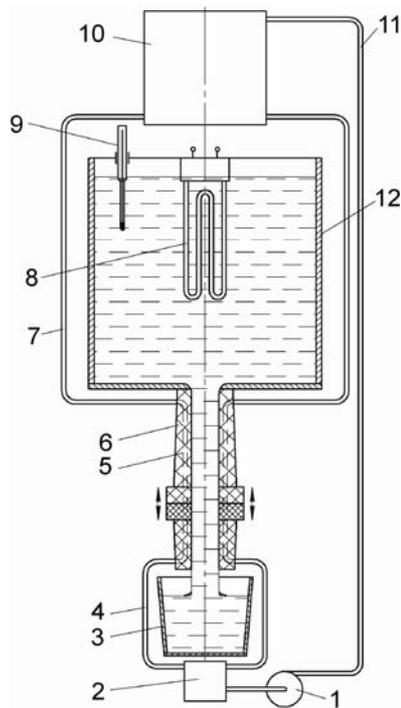


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для моделирования процесса зарастания канала ковшового затвора: 1 — насос; 2 — приемная емкость для воды; 3 — приемный желоб для имитатора жидкой стали; 4 — сливной трубопровод; 5 — полости для охлаждающей воды; 6 — плоская модель затвора; 7 — подающий трубопровод; 8 — электрический нагревательный элемент; 9 — ртутный термометр; 10 — напорная емкость с охлаждающей водой; 11 — напорный трубопровод; 12 — емкость с жидким тиосульфатом натрия

Fig. 2. Diagram of experimental facility for simulation of the ladle shutter channel clogging: 1 — pump; 2 — entry chamber for water; 3 — entry channel for the simulator of liquid steel; 4 — discharge pipe; 5 — cavities for cooling water; 6 — plane shutter model; 7 — supply pipe; 8 — electric heating element; 9 — mercury thermometer; 10 — pressure chamber with cooling water; 11 — pressure pipe; 12 — chamber with liquid sodium thiosulfate

В качестве возбудителя вертикальных колебаний, действующих на плоскую прозрачную модель ковшового затвора, использовали жестко прикрепляемый к ее нижней части, специально изготовленный двухдебалансный вибратор направленного действия (рис. 3). Он включал два параллельных вала, установленных в подшипниковых опорах, синхронизированных между собой парой зубчатых колес с одинаковым числом зубьев и несущих на консольных хвостовиках дебалансы. Крутящий момент каждому валу передавался посредством клиноременной передачи от отдельного микродвигателя постоянного тока с регулируемой частотой вращения. Вибратор был укомплектован набором съемных дебалансов с целью реализации ступенчатого изменения обеспечиваемой им возмущающей силы за счет варьирования числа закрепляемых на его валах грузов со смещенным центром массы.



Рис. 3. Вибратор для возбуждения колебаний в модели шиберного затвора

Fig. 3. Vibrator for oscillations exciting in the slide shutter model

Вибрационную нагрузку, прилагаемую к модели ковшового затвора, задавали частотой колебаний и амплитудой. Амплитуду A вычисляли, используя выражение

$$A = m\varepsilon/m_b,$$

где m — масса дебалансов вибратора; ε — эксцентриситет вибратора; m_b — масса вибратора.

Интенсивность вибрационного воздействия, оцениваемую виброускорением, определяли как

$$W = A\omega^2,$$

где ω — угловая скорость дебалансов.

Многолетняя практика применения шиберных затворов свидетельствует о том, что процесс затягивания разливочного стакана ковша наиболее интенсивно развивается в те периоды, когда его сталевыпускной канал перекрыт, что характерно для условий эксплуатации затворов в литейных

цехах, поскольку перед началом перемещения ковша к каждой последующей литейной форме шиберное устройство переводят в закрытое положение.

При непрерывной разливке стали процесс уменьшения эффективного сечения сталевыпускного канала особо остро проявляется у промежуточных ковшей, оборудованных шиберными затворами, когда металл разливают большими сериями. В связи с этим было принято решение в первую очередь смоделировать работу шиберной системы для указанных производственных условий.

На первом этапе модельных исследований планировалось выполнить проверку влияния вибрационного воздействия на скорость роста толщины слоя отложений в условиях отсутствия движущихся потоков металла, способных смыть их с контактной поверхности огнеупора.

Опыты проводили последовательно по двум вариантам имитации процесса разливки. В первом из них моделировали развитие процесса отложения на стенках канала модели слоя частиц с видеофиксацией его толщины через равные промежутки времени при отсутствии вибрационного воздействия (рис. 4, а).

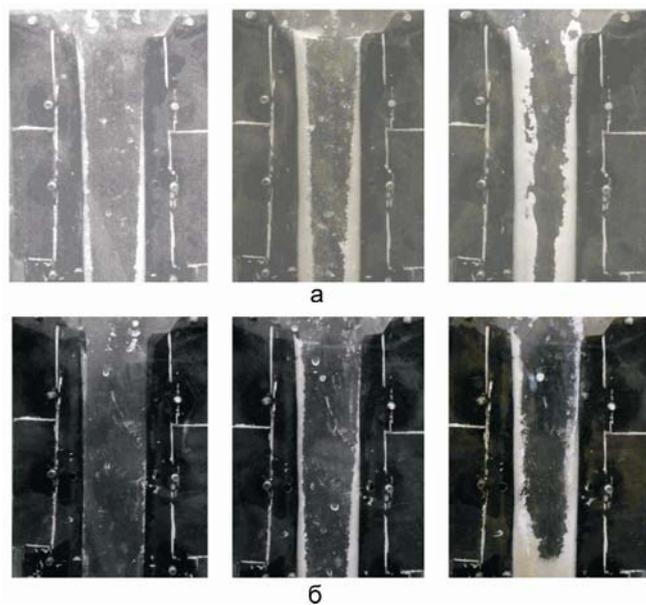


Рис. 4. Форма слоев имитатора настыли, образовавшихся в канале плоской модели затвора в случае отсутствия (а) и наличия вибрационного воздействия на нее (б) при нахождении в перекрытом состоянии в течение 2 мин (левый столбец), 5 мин (средний столбец) и 10 мин (правый столбец)

Fig. 4. Shape of the scull simulator layers, formed in the channel of plane shutter model in the absence of vibration action (а) and with vibration action (б), state closed within 2 minutes (left column), 5 minutes (middle column) and 10 minutes (right column)

Во втором опыте при моделировании процесса зарастания канала шиберного затвора его модель подвергали воздействию вибрации с фиксированными частотой и амплитудой возбуждаемых колебаний, генерируемых вибратором направленного действия. Для условий проводившегося эксперимента значения параметров вибратора составляли: $m = 45$ г; $\varepsilon = 10$ мм; $m_b = 450$ г; $A = 1$ мм; $\omega = 30$ с⁻¹.

Информация, полученная после завершения первого этапа модельных исследований, свидетельствовала о том, что вибрация наиболее эффективна для разобщения образующихся кристаллов со стенкой канала разливочного стакана в начальный период развития процесса его зарастания (см. рис. 4, б, слева). По мере роста толщины слоя отложений влияние вибрационного воздействия на данный процесс ослабляется (см. рис. 4, б, центр). Отделяемые во время вибрационного воздействия от стенок канала стакана частицы при закрытом разливочном канале накапливаются над верхней неподвижной плитой модели затвора (см. рис. 4, б, справа), что в производственных условиях может препятствовать нормальному продолжению разливки металла при последующем открытии затвора, поэтому длительность перекрытия канала при включенном вибраторе должна быть минимально возможной.

При организации и проведении второго этапа эксперимента предполагалось изучение влияния интенсивности вибрационного воздействия на процесс зарастания канала модели ковшового затвора, находящегося в открытом положении, т. е. при наличии в нем потоков имитатора жидкого металла.

Температуру используемого в жидком состоянии тиосульфата натрия, поступавшего из емкости 12 в канал модели шиберного затвора, контролировали по показаниям термометра 9 и поддерживали в интервале 92–95 °С с помощью вмонтированного электрического нагревательного элемента 8. Имитатор жидкой стали, истекавший из канала модели затвора, накапливался в приемном желобе 3, откуда его с помощью

сменных емкостей порциями переливали обратно в емкость 12.

В соответствии с планом второго этапа эксперимента в ходе проводившихся опытов, длительность которых составляла 20 мин, варьировали значения амплитуды и частоты колебаний, в совокупности определяющих интенсивность вибрационной нагрузки на модель ковшового затвора. Для каждого из опробованных режимов вибрационного воздействия на модель контролировали массу отложений на стенках ее разливочного стакана. С этой целью после проведения каждого опыта модель разбирали и тщательно соскабливали со стенок ее канала отложения тиосульфата натрия, массу которых затем определяли с помощью точных весов. Результаты измерений приведены в таблице. Они свидетельствуют о том, что процесс зарастания канала модели ковшового затвора замедляется с увеличением интенсивности вибрационного воздействия на разливочную систему. Для наглядности на рис. 5 показаны фотографии слоев отложений на стенках модели затвора, зафиксированные при истечении имитатора жидкого металла за одинаковые промежутки времени в случаях отсутствия и наличия вибрационного воздействия на модель разливочной системы. Сопоставив форму и толщину слоев отложений, образовавшихся при различных вариантах имитации процесса разливки, можно констатировать факт влияния потоков жидкости, моделирующей разливаемую сталь, на скорость изменения проходного сечения канала, что выражается в снижении интенсивности налипания частиц благодаря их смыванию. При этом наибольшую толщину слоя отложений на стенках канала модели затвора наблюдали в зонах расположения имевшихся неровностей и выступов, увеличивающих местное сопротивление жидкостному потоку, что особо проявлялось в местах стыковки огнеупорных элементов. Причем масса отложений при отсутствии внешнего воздействия на модель шиберного затвора составила 54 г, т. е. была заметно больше значений, полученных во время моделирования разливки с применением вибрации (см. таблицу).

ЗАФИКСИРОВАННАЯ МАССА ОТЛОЖЕНИЙ НА СТЕНКАХ КАНАЛА МОДЕЛИ ШИБЕРНОГО ЗАТВОРА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕЕ

FIXED WEIGHT OF DEPOSITS ON THE WALLS OF THE CHANNEL OF THE SLIDE SHUTTER MODEL AT VARIOUS VIBRATION IMPACT INTENSITY ON IT

Номер опыта	Угловая скорость дебалансов, с ⁻¹	Амплитуда колебаний, мм	Интенсивность вибрационного воздействия, м/с ²	Масса отложений, г
1	15	0,7	0,16	39
2		1,3	0,29	36
3		2,0	0,45	34
4	30	0,7	0,63	30
5		1,3	1,17	26

Номер опыта	Угловая скорость дебалансов, с ⁻¹	Амплитуда колебаний, мм	Интенсивность вибрационного воздействия, м/с ²	Масса отложений, г
6	50	2,0	1,81	21
7		0,7	1,75	17
8		1,3	3,25	13
9		2,0	5,00	10

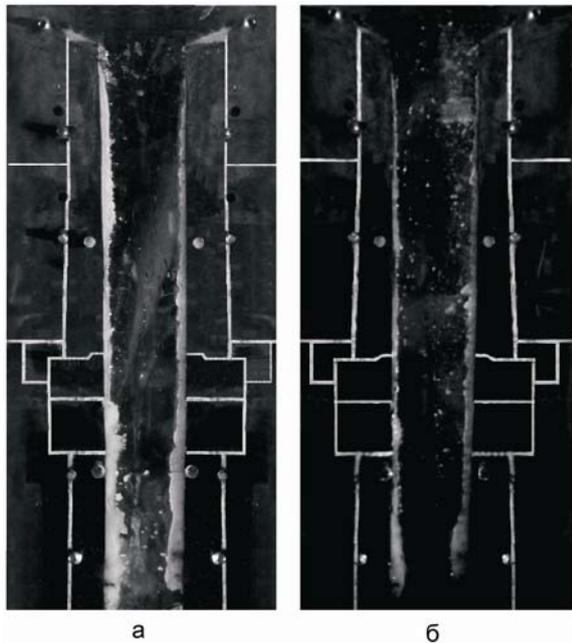


Рис. 5. Форма и толщина слоев отложений на стенках канала модели шиберного затвора при отсутствии внешнего воздействия на нее (а) и в случае наложения вибрации низкой частоты (б)

Fig. 5. Shape and thickness of the depositions on the channel walls of the slide shutter model at the absence of external influence (a) and at low frequency vibration imposing (б)

Следует учесть, что проведенные модельные исследования позволили имитировать формирование слоя отложений в канале затвора, обусловленное только гидродинамическими и тепловыми процессами, протекающими в нем при контакте потоков стали, истекающих из ковша, со стенками огнеупорных элементов его разливочной системы. Явления, связанные с химическими реакциями между компонентами расплава и самих огнеупоров, при данной методике проведения эксперимента не учитывали из-за невозможности симуляции в ходе моделирования химических процессов, имеющих развитие в реальных производственных условиях.

Выводы

Результаты модельных исследований свидетельствуют о возможности активного влияния на развитие процесса зарастания канала ковшового затвора посредством низкочастотных колебаний,

Стоит также отметить, что успех реализации предлагаемого технического решения будет во многом зависеть от совершенства конструктивного исполнения ковшового затвора, оборудованного специальными вибраторами направленного действия, возбуждающими колебания, которые должны препятствовать быстрому росту кристаллов на рабочих стенках сталевыпускного канала. Эксплуатация такого затвора сопряжена с необходимостью подвода энергии, требуемой для функционирования вибратора. Результаты предварительной проработки данного вопроса показали, что из трех широко известных вибрационных систем (электромеханической, электромагнитной и пневматической) для оборудования шиберного затвора в наибольшей мере подходит вибратор, работающий от сжатого воздуха, так как он соответствует таким предъявляемым требованиям, как компактность, безопасность и удобство в эксплуатации. Это обусловлено тем, что у современных ковшовых затворов кассетного типа для прижатия огнеупорных плит применяют блоки тарельчатых или витых пружин, в обязательном порядке охлаждаемых во время разливки стали воздухом, подаваемым по трубопроводу под избыточным давлением от цеховой магистрали. Поэтому этот воздух можно одновременно использовать в качестве энергоносителя для приведения в действие возбудителя колебаний ковшового затвора. При этом параметры колебательного процесса, реализуемого в системе шиберного затвора, можно регулировать путем изменения в нужных пределах давления воздуха, подаваемого к вибратору, а также выбирая соответствующую жесткость его пружин. Число таких вибраторов и геометрические размеры их подвижных элементов, возбуждающих колебательные процессы в ковшовом затворе, должны быть рассчитаны с учетом основных положений теории динамики машин с последующей экспериментальной проверкой на натуральных образцах разливочных устройств шиберного типа.

возбуждаемых в нем в вертикальной плоскости с помощью специального вибратора.

Вибрационное воздействие на разливочный узел ковша целесообразно начинать непосред-

ственно в момент открытия шибера затвора, т. е. в период выравнивания температур поверхностей стенок канала и омывающего их потока жидкого металла.

Толщина слоя отложений в канале ковшового затвора снижается с увеличением интенсивности вибрационного воздействия на него, направленного вертикально вверх с заданными значениями частоты и амплитуды.

Дальнейшие исследования в данной области должны быть связаны с конструктивной разработкой шибера затвора, укомплектованного вибратором, отвечающим комплексу требований: компактность; простота и безопасность подвода энергоносителя, необходимого для возбуждения низкочастотной вибрации; возможность гибкого регулирования параметров колебательного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксельрод Л.М., Вяткин А.А., Вяткина Н.А. и др. Предотвращение процесса затягивания канала сталеразливочного узла промежуточного ковша МНЛЗ // Новые огнеупоры. 2007. № 2. С. 9–14.
2. Shusen L., Wei J., Lifeng Z. etc. Inclusions and nozzle clogging during steel continuous casting process // The Iron and Steel Technology Conference and Exposition (AISTech 2008) 5–8 May 2008. — Pittsburgh: Warrendale, 2008. P. 1247–1261.
3. Thomas B.G., Yuan Q., Zhang L. etc. Flow Dynamics and Inclusion Transport in Continuous Casting of Steel // Proceedings of NSF Conference “Design, Service, and Manufacturing Grantees and Research” 6–9 January, 2003. — Birmingham: University of Alabama, 2003. P. 2328–2362.
4. Horiuchi T., Kajimura M. “MOGUL” — lined submerged entry nozzle // UNITECR'05: Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories, 9th Biennial Worldwide Congress on Refractories 8–11 November 2005. — Orlando, 2005.
5. Аксельрод Л.М., Мельникова Г.Г., Бодина Г.О. Разработка технологии изготовления огнеупорного материала, замедляющего процесс затягивания // Огнеупоры и техническая керамика. 2001. № 2. С. 22–25.
6. Song-Mook C., Thomas B.G., Sung-Kwang K. etc. Effect of nozzle clogging on surface flow and vortex formation // Iron and Steel Technology. 2012. № 7. P. 85–95.
7. Шарафутдинова А.С. Взаимодействие кальцийсодержащих материалов с огнеупорами при внепечной обработке и разливке стали // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. тр. 4-й Междунар. научно-практич. конф. 17 апреля 2014 г. — Курск: Университетская книга, 2014. С. 361–365.
8. Vermeulen Y., Coletti B., Blanpain B. etc. Material Evaluation to Prevent Nozzle Clogging during Continuous Casting of Al Killed Steels // ISIJ International. 2002. № 11. P. 1234–1240.
9. Герцык С.И., Шишимиров М.В., Василенко В.П. Особенности работы литейных ковшей с шибера затвором // Металлургия машиностроения. 2009. № 6. С. 2–5.
10. Кононов В.А., Василенко В.П., Алпатов А.А. Разработка шибера систем для разливки мелких слитков и фасонного литья // Новые огнеупоры. 2013. № 11. С. 18–24.
11. Кононов В.А., Василенко В.П., Герцык С.И. и др. Эффективность внедрения шибера разливки в литейном производстве // Литейщик России. 2010. № 11. С. 23–26.
12. Жилин Д.И. Повышение эффективности шибера затвора с дополнительным подогревом разливочного канала // Заготовительные производства в машиностроении. 2015. № 11. С. 3–6.

MODEL STUDY OF VIBRATION ACTION INFLUENCE ON THE CLOGGING PROCESS OF LADLE SHUTTER CHANNEL

*S. P. ERON'KO, HD (Tech), Professor, Head of Dpt “Mechanical equipment of steel-works”, ersp@meta.ua;
M. YU. TKACHEV, PhD (Tech), Associate Professor, Dpt “Mechanical equipment of steel-works”;
E. A. PONAMAREVA, postgraduate, Dpt “Mechanical equipment of steel-works”
(Donetsk National Technical University, Ukraine, Donetsk)*

Abstract. The problem of steel ladle outlet channel clogging is an unsolved task and very actual till present, despite numerous research works, aimed at factors determination, contributing intensive decrease of real liquid flow section and search of ways to eliminate the phenomena, which the production people came across after substitution of stopper-rod device by slide shutter.

Reasons and formation mechanisms of depositions at slide shutter channel walls, providing a steel controlled pouring from steel ladles and tundishes analysed. Elaborated earlier measures to decrease nozzle channel clogging intensity considered.

Results of a slide shutter physical model verification quoted to check active impact on the channel clogging process possibility by a dynamic action to be applied to casting device body by a vibrator, exciting low frequency vibrations in a vertical area. Experiments done for two variants of shuttle fixed plate state: at complete its channel closing and at absence of the stream throttling. The plane shutter model was made of organic glass in scale 1:2 relating to a natural sample. The intended heat rejection in a side direction from casting nozzle channel walls was provided by water circulation in two parallel located vertical cavities. Sodium thiosulfate melt, heated to 95 °C was used as the material to simulate the casting steel

Experiment data obtained, which allow to determine influence of vibrations frequency and amplitude excited in the slide shutter model system, on the velocity of precipitation layer thickness on the channel walls. At the same intensity of vibration action, the number of crystals, being destroyed in the precipitation layer, depends to a bigger extent on vibration frequency and to smaller extent – to its amplitude. To achieve a positive effect caused by vibration action on the slide shutter system in industrial conditions it is necessary new technical solutions to provide vibrations exciting unit organic implementation into it, which could meet at the same

time complex of requirements: to be compact, simple and safe for energy carrier input, to be flexible in vibration process parameters control.

Key words: steel ladle; slide shutter model; slide shutter channel clogging; casting nozzle; vibrator.

For citation: Eron'ko S.P., Tkachev M.Yu., Ponamareva E.A. Model study of vibration action influence on the clogging process of ladle shutter channel. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 51–57. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-51-57

REFERENCES

1. Aksel'rod L.M., Vyatkin A.A., Vyatkina N.A. etc. Prevention of clogging process of CC tundish steel casting unit channel. *Novye ognepury*, 2007, no. 2, pp. 9–14. (In Russ.).
2. Shusen L., Wei J., Lifeng Z. etc. Inclusions and nozzle clogging during steel continuous casting process. *The Iron and Steel Technology Conference and Exposition (AISTech 2008) 5–8 May 2008*. Pittsburgh: Warrendale, 2008, pp. 1247–1261.
3. Thomas B.G., Yuan Q., Zhang L. etc. Flow Dynamics and Inclusion Transport in Continuous Casting of Steel. *Proceedings of NSF Conference "Design, Service, and Manufacturing Grantees and Research" 6–9 January 2003*. Birmingham: University of Alabama, 2003, pp. 2328–2362.
4. Horiuchi T., Kajimura M. "MOGUL" – lined submerged entry nozzle. *UNITECR'05: Proceedings of the Unified International Technical Conference on Refractories, 9th Biennial Worldwide Congress on Refractories 8–11 November 2005*. Orlando, 2005.
5. Aksel'rod L.M., Mel'nikova G.G., Bodina G.O. Technology development for refractory material manufacturing, slowing the clogging process. *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*, 2001, no. 2, pp. 22–25. (In Russ.).
6. Song-Mook C., Thomas B.G., Sung-Kwang K. etc. Effect of nozzle clogging on surface flow and vortex formation. *Iron and Steel Technology*, 2012, no. 7, pp. 85–95.
7. Sharafutdinova A.S. *Vzaimodeistvie kal'tsiisoderzhashchikh materialov s ogneporami pri vnepechnoi obrabotke i razlivke stali* [Interaction of calcium-containing materials with refractories at steel ladle treatment and casting]. *Sovremennye innovatsii v nauke i tekhnike: sb. nauch. tr. 4-i Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. 17 aprelya 2014* [Modern innovations in science and technology: a collection of scientific. tr. 4th Intern. scientific and practical conf. April 17, 2014]. Kursk: Universitetskaya kniga, 2014, pp. 361–365. (In Russ.).
8. Vermeulen Y., Coletti B., Blanpain B. etc. Material Evaluation to Prevent Nozzle Clogging during Continuous Casting of Al Killed Steels. *ISIJ International*, 2002, no. 11, pp. 1234–1240.
9. Gertsyk S.I., Shishimirov M.V., Vasilenko V.P. Peculiarities of operation of steel ladles with a slide shutter. *Metallurgiya mashinostroeniya*, 2009, no. 6, pp. 2–5. (In Russ.).
10. Kononov V.A., Vasilenko V.P., Alpatov A.A. Development of slide shutter systems for steel casting into small ingots and shaped castings. *Novye ognepury*, 2013, no. 11, pp. 18–24. (In Russ.).
11. Kononov V.A., Vasilenko V.P., Gertsyk S.I. etc. The effectiveness of sliding shutter casting implementation in foundry. *Liteishchik Rossii*, 2010, no. 11, pp. 23–26. (In Russ.).
12. Zhilin D.I. Improving of efficiency of slide shutter with additional heating of casting channel. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*, 2015, no. 11, pp. 3–6. (In Russ.).

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СИЛИКОМАНГАНЦА И ПОВЫШЕНИЕ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛУКОКСА

Н. Ф. ЯКУШЕВИЧ¹, д-р техн. наук, профессор, nf.yakushevich@yandex.ru;

В. М. СТРАХОВ², канд. техн. наук, заведующий лабораторией;

О. Н. ВОЛОДИН³, генеральный директор; В. В. СЛЕПЕНКОВ³, главный специалист;

И. В. ГОРБАЧЕНКО³, начальник ПТО

(¹ Сибирский государственный индустриальный университет, Россия, г. Новокузнецк;

² ОП “Кузнецкий центр” АО ВУХИИ, Россия, г. Новокузнецк;

³ ООО “Техпроминвест”, Россия, г. Москва)

Аннотация. Рассмотрены особенности технологии выплавки силикомарганца в шахтной рудно-термической печи, представлены схема структуры ее ванны, распределение токов, температурный и шлаковый режимы. Представлен механизм восстановления марганца и кремния, в котором ведущую роль играют образующиеся в коксовом слое комплексы, состоящие из капель высокоуглеродистого расплава Fe–C–Mn и заключенных внутри них мелких частиц углеродистого восстановителя. Показано, что при прохождении таких капель-комплексов через слой шлакового расплава осуществляется довосстановление марганца и кремния из шлака.

Проанализирована возможность использования полукокса УВФ производства ООО “Завод углеродистых материалов” (ЗУМ) при плавке силикомарганца из концентратов марганцевых руд, содержащих 33–37 % Mn. Приведены показатели качества полукокса в сравнении с традиционно используемым коксовым орешком. Установлено, что полукоксы УВФ по физико-химическим свойствам (реакционная способность, удельное электро-сопротивление, зольность) существенно превосходит коксовый орешек.

Выполнен расчет материальных балансов плавки силикомарганца с использованием полукокса УВФ и коксового орешка, показано преимущество использования полукокса даже при минимальном повышении коэффициента извлечения марганца в металл (~1 %).

Теоретические расчеты и промышленный опыт подтвердили эффективность использования полукокса УВФ производства ООО ЗУМ в качестве углеродистого восстановителя при выплавке марганцевых сплавов. Длительные промышленные испытания полукокса при выплавке ферросиликомарганца в печах РКО-25 на Таразском металлургическом заводе, Казахстан, и заводе Geoferrmetal, Грузия, показали высокую технико-экономическую эффективность применения полукокса взамен 50 и 100 % коксового орешка.

Ключевые слова: выплавка марганцевых сплавов; ферросиликомарганец; шахтная рудно-термическая электропечь; углеродистый восстановитель; полукоксы; коксовый орешек.

Ссылка для цитирования. Якушевич Н.Ф., Страхов В.М., Володин О.Н., Слепенков В.В., Горбаченко И.В. Особенности технологии выплавки силикомарганца и повышение ее эффективности с применением полукокса // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 58–68.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-58-68

Плавка силикомарганца осуществляется в шахтных рудно-термических электропечах [1]. Основным рудным сырьем являются марганцеворудные концентраты, содержащие от 30 до 50 % Mn, и кварцит, используемый в качестве дополнительного источника кремнийсодержащего сырья [2]. Сущность технологии плавки силикомарганца заключается в восстановлении марганца, железа и кремния из оксидов, содержащихся в рудном сырье, углеродом [3–5]. В качестве углеродистого восстановителя используются металлургический кокс, полукоксы, каменные угли [7–12].

Силикомарганец применяется в качестве комплексного раскислителя при плавке стали с целью снижения концентрации растворенного в ней кислорода [13].

В силикомарганце два полезных компонента — марганец и кремний, поэтому в качестве базового содержания полезных компонентов в наи-

более широко используемом в сталеплавильном производстве сплаве MnC17 сумма концентраций марганца и кремния принимается равной 82 %. В качестве примеси в сплаве всегда присутствует в значительных количествах железо (до 17 %), поступающее из сырьевых материалов, а так как в процессе плавки в сплав извлекается менее 80 % марганца (более 20 % Mn теряется испарением и остается в шлаке), отношение концентрации марганца и железа в марганцеворудном сырье должно быть не менее 8 при плавке ферромарганца и не менее 5 при плавке силикомарганца MnC17 [2, 3].

Содержание углерода в сплаве зависит от концентрации кремния и температуры и в сплаве MnC17 составляет 1–2 % [14]. Сера и фосфор являются вредными примесями, так как они при присадке силикомарганца в сталь почти полностью переходят в металл и снижают качество

стали, поэтому их содержание в сплаве жестко регламентируется: S < 0,02 %, P < 0,1 %.

Плавка силикомарганца в рудно-термической печи осуществляется непрерывным процессом с постоянной подгрузкой в печь шихты (смеси руды, углеродистого восстановителя, флюсов) на колошник (верх загруженной печи) и с периодическим выпуском металлического и шлакового расплавов через леточное отверстие в ковш [1, 15].

Схема структуры ванны рудно-термической печи показана на рисунке.

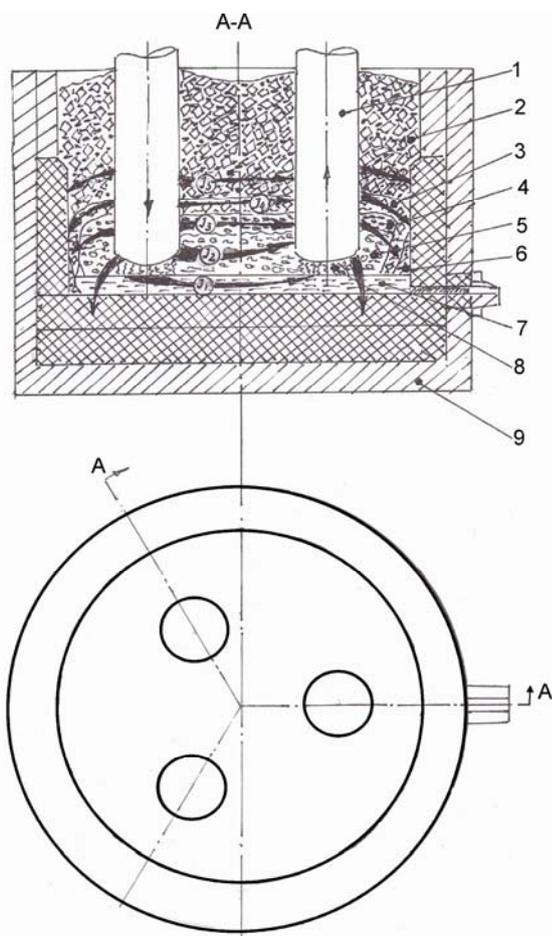


Схема структуры ванны рудно-термической печи для выплавки силикомарганца:

- 1 — электроды; 2 — твердая шихта; 3 — гетерогенная смесь полурасплавленной руды и восстановителя; 4 — коксовый слой; 5 — барботируемый шлак; 6 — гарнисаж; 7 — металлический расплав; 8 — угольная футеровка; 9 — теплоизоляционная футеровка; I_1 — ток дуги; I_2 — ток шлака; I_3 — ток кокса; I_4 — ток проплавляемой шихты; I_5 — ток твердой шихты

Diagram of design of ore-thermal furnace bath for silicomanganese smelting:

- 1 — electrodes; 2 — hard burden; 3 — heterogeneous mixture of semi-melt ore and reducing agent; 4 — coke layer; 5 — bubbled slag; 6 — scull; 7 — metal melt; 8 — coal lining; 9 — heat isolating lining; I_1 — arc current; I_2 — slag current; I_3 — coke current; I_4 — smelted burden current; I_5 — hard burden current

Основным рудным сырьем для выплавки силикомарганца являются концентраты марганцевых руд, от качества которых зависят показатели производства силикомарганца. Из окисных руд Никопольского месторождения с содержанием марганца ~24,3 % (среднее) получают концентраты сорта I (Mn > 43 %; SiO₂ = 12–17 %; P = 0,135–0,215 %), сорта IB (Mn > 41 %; SiO₂ = 15–20 %; P = 0,135–0,245 %), сорта II (Mn > 34 %; SiO₂ = 25–30 %; P = 0,13–0,215 %), сорта III (Mn > 25 %; SiO₂ = 30–35 %; P = 0,14–0,245 %). Из карбонатных руд Никопольского и Большекокшакского месторождений, содержащих ~17,3 % Mn, получают концентраты, содержащие 23–26 % Mn; 20–30 % SiO₂; 0,16–0,24 % P [2]. Поставляемые на заводы Урала, Сибири, Казахстана концентраты марганцевых руд содержат 33–37 % Mn.

При плавке силикомарганца на окисных концентратах, содержащих более 60 % MnO₂ и 3–5 % Fe₂O₃, количество образующегося шлака не-

велико, кратность шлака $K_{ш} = \frac{m_{шлака}}{m_{металла}} = 0,3–0,4$,

шлаки обладают низкой температурой плавления и хорошей жидкотекучестью, плавка осуществляется бесфлюсовым (без добавки известняка) способом, при этом остаточное содержание марганца в шлаках достигает >20 %, а извлечение марганца в металл составляет ~80 % [6, 16, 17]. При плавке на “бедных” концентратах, содержащих 33–37 % Mn, количество “кислого” шлака резко возрастает ($K_{ш} = 0,8–1,0$), соответственно снижается извлечение марганца и резко ухудшаются технико-экономические показатели (уменьшается производительность, растет расход электроэнергии, увеличиваются количество отвального шлака и потери марганца в шлаке).

Для снижения содержания марганца в шлаке необходимо увеличивать основность шлака

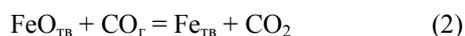
$R = \frac{CaO + MgO}{SiO_2}$ до 0,8–0,9 (за счет добавок

известняка или извести — флюсовый способ), при этом содержание марганца в шлаке может быть снижено до 7–15 %, что также обеспечивает извлечение марганца в металл $\gamma_{Mn} \approx 75–80$ % [2, 17].

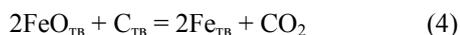
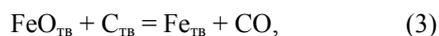
Шихтовая смесь, состоящая, как правило, из кусковых концентратов марганцевых руд (возможно, окатышей, брикетов, агломерата), кварцита, углеродсодержащих восстановителей (кокс, полукокс, угли), возможно, также флюсов и других добавок (известняк, шлаки, карбиды), постоянно подгружается на колошник и формирует верхний слой ванны печи 2.

Опускаясь постепенно вниз, шихта прогревается отходящими газами, образующимися в нижних высокотемпературных горизонтах ванны, при этом из материалов шихты выделяется влага,

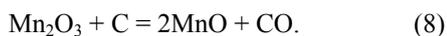
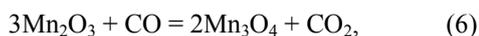
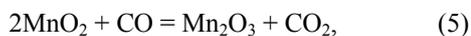
летучие компоненты, продукты диссоциации оксидов и карбонатов. При достижении температур 800–1000 °С в марганцеворудных концентратах начинают восстанавливаться оксиды железа в основном за счет взаимодействия их с монооксидом углерода по реакциям:



В локальных точках контактного взаимодействия оксидов руды и углерода восстановителя может также протекать “прямое” восстановление железа углеродом по реакциям:



и высших оксидов марганца до MnO по реакциям:



Во всех смесях первичным продуктом восстановления являются твердофазные зародыши железа.

При достижении температуры 1200–1300 °С начинается плавление рудных материалов и образуется гетерогенный слой смеси полурасплавленной руды, восстановителя и флюсов (извести) 3. Поверхность взаимодействия углеродистого восстановителя с жидкими эвтектическими пленками увеличивается и восстановление интенсифицируется. При контактом взаимодействии углерода с оксидами образующиеся (и образовавшиеся ранее) зародыши восстановленного железа науглероживаются и при температуре выше 1300 °С расплавляются, образуя жидкую металлическую фазу, в которую в незначительной степени переходит также марганец и кремний.

При полном проплавлении марганцевых концентратов и флюсов образуется высокомарганцевистый, достаточно жидкотекучий шлак, вязкость которого при содержании MnO = 15–35 % при 1400 °С составляет менее 2 П (кгс·с·м⁻²), а плотность $\rho \approx 3,4 \pm 0,2$ г/см³ [18, 19]. Так как плотность углеродистого восстановителя в 3 раза меньше, то углеродистые материалы всплывают и образуют над шлаком слой кокса 4, через который фильтруется проплавленная руда и образовавшиеся капли металлического расплава. Коксовый слой обладает повышенной

электропроводностью, через него протекает значительная часть шунтирующих токов I_3 , разогревая его до более высоких температур, что способствует интенсификации процессов восстановления, науглероживанию капель металла и их коагуляции. Капли металла, насыщенного углеродом, опускаясь вниз, взаимодействуют со шлаковым расплавом, расходуя растворенный в них углерод вплоть до достижения в сплавах Mn–Fe–Si–C конечных концентраций (C = 1,5–2 %). При низкой реакционной способности восстановителя, вязком шлаке, пониженной температуре избыточный по отношению к равновесному углерод выделяется на поверхности расплава в виде спели и благодаря интенсивному барботажу шлакового расплава (при достаточной его жидкотекучести) также участвует в восстановительных процессах. Крупные капли металла, образовавшиеся в коксовом слое, поглощают мелкие фракции углеродистого восстановителя, образуя комплекс углеродистый металл – кокс, плотность которого больше плотности шлака. Такая большая капля насыщенного углеродом металла с заключенным внутри нее углеродистым восстановителем опускается вниз через слой шлакового расплава. При этом происходит довосстановление марганца и кремния углеродом, растворенным в металле, а высокая концентрация и активность растворенного в металле углерода поддерживается за счет растворения углерода, находящегося внутри капли металла. Если зерно углеродистого восстановителя в комплексе оказалось достаточно большим, а пленка окружающего его металлического расплава небольшой толщины, увеличивающейся по мере перехода в нее из шлака марганца и кремния, то комплекс может распасться. При этом утяжелившаяся капля металла опускается далее вниз, продолжая довосстанавливать из шлака марганец и кремний за счет растворенного углерода, концентрация которого в расплаве снижается до равновесных значений (~1,5 %), а частицы освобожденного из комплекса кокса всплывают вверх к коксовому слою, также осуществляя по пути восстановление марганца и кремния из шлака с образованием безжелезистых капель силикомарганца.

Ниже коксового слоя 4 расположен слой шлака 5, объем которого (и соответственно толщина слоя) при $K_{\text{ш}} = 1$ примерно в 2 раза больше слоя накопленного металла. Химический состав и физические свойства шлакового расплава по толщине слоя могут значительно различаться. В верхних и периферийных слоях с повышенным содержанием MnO и SiO₂ шлаки обладают более высокой электропроводностью и жидкотекучестью. Шлаки, контактирующие непосредственно с металлом и электрическими дугами, перед выпуском менее электропроводны (при 1800 °С,

$R \approx 1$, $\chi \approx 0,6 \times 10^6 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) и более вязкие [вязкость $\eta \approx 5\text{--}10 \text{ П}$ для узкой области составов ($R = 1\text{--}0,8$) повышается при увеличении концентрации SiO_2 в шлаке более 50 % (кислые шлаки) и при снижении до значений менее 35 %, но снижается при повышении температуры и концентрации MnO в шлаке].

Высокая электропроводность и большая толщина слоя шлака обуславливают значительную долю мощности, выделяемой в шлаковом расплаве (до 30 %) за счет шунтирующих токов I_2 , которая обеспечивает разогрев шлака и компенсирует потери тепла на эндотермические реакции восстановления марганца и кремния. Фактически плавка идет в комбинированном режиме, доля мощности, выделяемой в электрических дугах (ток I_1), сравнима с мощностью, выделяемой за счет протекания шунтирующих токов $I_2\text{--}I_5$ (см. рисунок).

Таким образом, одной из основных особенностей плавки силикомарганца является необходимость получения конечных шлаков достаточной жидкотекучести ($\eta \leq 8 \text{ П}$) с достаточно высокой температурой плавления (1450–1500 °С), перегретых перед выпуском до температуры ~1600 °С (достаточной для восстановления кремния до содержания его в металле ~17 %). При легкоплавких шлаках скорость проплавления рудной смеси высока и процессы плавления превалируют над процессами восстановления. Кроме того, для успешного восстановления кремния необходимо, чтобы активность кремнезема в конечных шлаках была достаточно высока, т. е. концентрация кремнезема в шлаке должна быть близкой к насыщению (SiO_2) = 45–50 % и основность шлака $R = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2} = 0,8 \pm 0,1$.

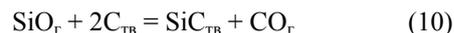
Второй особенностью плавки является конечное довосстановление марганца и кремния из шлака за счет углерода, растворенного в каплях марганца, осуществляемое в нижнем слое шлакового расплава с выделением газа (CO), из-за чего происходит интенсивный барботаж шлака газами и выравнивание состава шлака в объеме.

Третьей особенностью плавки силикомарганца является большой улет марганца в виде пара [температура кипения марганца $T_k = 2060 \text{ °С}$, упругость пара марганца (при содержании его в силикомарганце 65 % и $a_{\text{Mn}} = 0,8$) $p_{\text{Mn}} = 0,035 \text{ ат}$] [10]. Упругость пара кремния при содержании кремния в сплаве ~17 % невелика ($p_{\text{Si}} \approx 1 \times 10^{-5} \text{ ат}$), однако улет кремния в количестве 2–5 % происходит за счет образования в процессе восстановления газообразного монооксида кремния по реакции



Улет марганца в виде пара интенсифицируется при работе на повышенных ступенях напряжения и, соответственно, при увеличении длины электрических дуг и доли мощности, выделяемой в дугах. При неправильно выбранных электрическом и температурном режимах плавки улет марганца может достигать 10 % и более (до 20 %) [6].

Четвертой важной особенностью плавки силикомарганца является необходимость выбора углеродистого восстановителя, обладающего высоким электросопротивлением (низкой электропроводностью), что обуславливает минимальные потери мощности за счет шунтирующих токов I_3, I_4, I_5 , а также высокой реакционной способностью, обеспечивающей максимальную скорость восстановления оксидов железа и марганца в слое твердой шихты 2, в слое полурасплавленной гетерогенной шихтовой смеси 3 и коксовом слое 4. Высокая реакционная способность восстановителя при низких температурах (ниже 1100 °С) необходима также для улавливания газообразного монооксида кремния ($\text{SiO}_{\text{г}}$), образовавшегося в зоне высоких температур по реакции



Повышенная реакционная способность углеродистого восстановителя необходима для обеспечения высокой скорости растворения углерода, находящегося внутри комплекса углеродистый металл – кокс, и поддерживающей высокую концентрацию углерода (близкую к насыщению) в расплаве, а также для обеспечения наиболее полного восстановления марганца и кремния частицами кокса, отделившимися от комплекса после его распада и всплывающими в слое расплава к коксовому слою.

Следует иметь в виду, что при плавке в открытой печи восстановители с высокой реакционной способностью интенсивно окисляются на колошнике. При этом увеличивается расход углеродистого восстановителя и нарушается расчетная стехиометрия реакции, что требует особого контроля при составлении шихтовых смесей и полного исключения фракции менее 2–3 мм.

При использовании определенного сорта углеродистого восстановителя (или смеси нескольких сортов) нужно учитывать, с одной стороны, необходимость хорошей газопроницаемости шихты, что требует использования более крупных фракций, с другой стороны, наличие достаточного количества мелких фракций (2–10 мм) для образования комплексов углеродистый металл – кокс.

Качественные характеристики наиболее часто применяемых при плавке силикомарганца восстановителей приведены в табл. 1 и 2.

ТАБЛИЦА 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

TABLE 1. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF CARBONACEOUS REDUCING AGENTS

Показатель	Полукокс ЗУМ		Уголь ТО разреза Бунгурский-Северный	Коксовый орешек	
	по ТУ, УВФ	фактически, среднее		по ТУ, КО-1,2	фактически, среднее
Технический анализ, %:					
W ^r	10,0	8,2	7,1	18–20	9,2
A ^d	7,0	4,4	15,0	11–15	12,5
V ^{daf}	7,0	6,7	11,0	1,5–3,0	1,6
S ^d	0,20	0,16	0,52		0,45
p ^d	0,025				0,044
Содержание свободного углерода C _{fix} , %	86,5	89,2	75,6	82,5–87,7	86,1
Элементный состав (на органическую массу), %:					
C ^{daf}		92,08	89,56		97,16
H ^{daf}		1,99	3,49		0,55
N ^{daf}		2,43	2,09		1,34
O ^{daf}		3,33	4,29		0,44
S ^{daf}		0,17	0,57		0,51
Реакционная способность по CO ₂ при 1000 °С, K _{CO₂} , см ³ /(г·с)		3,55			0,47
Удельное электросопротивление, по классу 6–3 мм, ρ = 0,2 кг/см ² , Ом·см		3,1×10 ³	>3×10 ⁶		3,3
Плотность, г/см ³ :					
действительная, d _r ^d		1,596			1,927
кажущаяся, d _a ^d		1,122			1,065
Пористость p _r ^d , %		29,7			44,7
Общий объем пор W _{общ} , см ³ /г		0,265			0,420
Структурная прочность П _c , %		78,0			87,5
Термическая стойкость ПТС, %		97,8			96,6

ТАБЛИЦА 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

TABLE 2. CHEMICAL COMPOSITION OF CARBONACEOUS REDUCING AGENTS ASH

Показатель	Полукокс ЗУМ	Тощий уголь разреза Бунгурский-Северный	Коксовый орешек Восточных КХП
Содержание минеральных примесей на 100 кг углерода (C _{тв}), кг	4,9	19,8	12,5
Химический состав золы по оксидам, %:			
SiO ₂	46,80	58,0	48,35
Al ₂ O ₃	23,17	27,4	23,53
Fe ₂ O ₃	5,81	7,2	13,37
CaO	7,19	2,1	4,52
MgO	3,06	1,8	2,72
TiO ₂	0,72	1,0	0,90
P ₂ O ₅	0,014	0,2	0,65
K ₂ O	1,17	2,0	1,69
Na ₂ O	1,72	0,3	0,89
Содержание оксидов на 100 кг углерода, кг:			
SiO ₂	2,29	11,48	7,01
Al ₂ O ₃	1,14	5,43	3,41
Fe ₂ O ₃	0,28	1,43	1,94
CaO	0,35	0,42	0,66

Показатель	Полукокс ЗУМ	Тощий уголь разреза Бунгурский- Северный	Коксовый орешек Восточных КХП
MgO	0,15	0,36	0,39
TiO ₂	0,04	0,20	0,13
P ₂ O ₅	0,001	0,040	0,094
K ₂ O	0,06	0,40	0,24
Na ₂ O	0,08	0,06	0,13
Температура плавления золы, °С:			
температура деформации t _д	1280	1260	1190
температура полусферы t _в	1305	1450	1260
температура растекания t _с	1350	1490	1355
Коэффициент плавления золы K _{пл}	4,36	7,69	3,49
Индекс основности I _{осн}	1,52	2,64	4,10
Коэффициент вязкости шлака K _в	1,19	1,51	1,11
Температура нормального жидкого шлакоудаления T _{нж} , °С	1460	1560	1433

Из приведенных в табл. 1 и 2 данных видно, что предпочтение отдается восстановителям с низкой зольностью и выходом летучих веществ ($A^d = 4-15\%$, $V^{daf} = 1,6-11\%$). Зола обладает кислой пустой породой и вносит на 100 кг углерода восстановителя от 2,3 до 11,5 кг SiO₂ и от 0,3 до 1,9 кг Fe₂O₃ (см. табл. 2). Кремний и железо входят в состав силикомарганца, поэтому их присутствие в золе не лимитирует технологический процесс. Необходимо более строго контролировать в золе восстановителя содержание P₂O₅, особенно если в используемых марганцеворудных концентратах отношение $P_k:Mn_k \geq 0,002$ (MnC17 класса А) или $P_k:Mn_k \geq 0,01$ (MnC17 класса В). Межфазное натяжение на границе кокс – шлак и кокс – металлический расплав ввиду отсутствия стандартной методики в настоящее время не определяется.

Из применяемых восстановителей особый интерес для выплавки марганцевых сплавов представляет полукокс УВФ (углеродистый восстановитель ферросплавов), производимый в ООО «Завод углеродистых материалов» (ЗУМ) в вертикальных печах с внутренним обогревом из длиннопламенных углей Кузбасса. Существенным преимуществом полукокса является его вы-

сокие удельное электросопротивление ($3,1 \times 10^6$ Ом·см против 3,3 Ом·см у кокса) и реакционная способность, составляющая 3,55 см³/г·с, что в 7,5 раза выше, чем у кокса (см. табл. 1).

По техническим характеристикам полукокс УВФ производства ООО ЗУМ соответствует лучшим показателям качества углеродистых восстановителей, применяемых при плавке ферросплавов (в том числе кремния, силикоалюминия, силикокальция, карбида кремния, карбида кальция, фосфора, электрокорунда), обеспечивая лучшие по сравнению с существующими технико-экономические показатели, и может эффективно использоваться при выплавке марганцевых сплавов — силикомарганца и углеродистого ферромарганца.

Для примера приведены результаты расчета материального баланса плавки силикомарганца MnC17 с использованием в качестве восстановителя коксового орешка (100 %) и полукокса УВФ (100 %), выполненного при условии минимального улучшения (в пределах 1 %) показателей коэффициентов перехода марганца в металл.

Принятые коэффициенты распределения элементов по продуктам плавки приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ПРОДУКТАМ ПЛАВКИ, %

TABLE 3. DISTRIBUTION OF ELEMENTS BY SMELTING PRODUCTS, %

Продукты	Mn		Si		Fe		P		S	
	кокс	полукокс								
В металл	85	86			98,5	99	80	78	10	10
В шлак	7	6			1,5	1	10	11	80	80
В улет	8	8	5	3			10	11	10	10

В расчете принято, что высшие оксиды марганца MnO₂ и Mn₂O₃ до Mn₃O₄ и оксиды железа Fe₂O₃ до FeO восстанавливаются газофазными восстановителями (CO, CH₄). Расчет выполнен на 100 кг марганцеворудного концентрата, со-

держащего 37 % (мас.) Mn. Состав концентрата принят по результатам анализов четырех проб концентрата Жайремского ГОКа, Казахстан, % (мас.):

Mn_{общ}	MnO₂	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	BaO	SrO	K₂O	Na₂O	P₂O₅	S	Fe_{общ}
37	58,5	20	2	13,1	2	1	2,4	0,1	0,64	0,04	0,12	0,04	9,17

На восстановление Mn₃O₄ и MnO до Mn необходимо углерода — 7,5 кг (кокс) или 7,6 кг (полукокс), марганца в металл перейдет 31,45 кг (кокс) и 31,82 кг (полукокс), потери марганца испарением составят 2,96 кг, марганца в шлаке останется 4,7 кг (6,08 % MnO) — кокс, 4,03 кг (5,21 % MnO) — полукокс.

На восстановление железа необходимо углерода — 1,93 кг (кокс) или 1,945 кг (полукокс).

Количество и состав металла приведены в табл. 4. При содержании в металле C = 1,5 %, Si = 17 % сумма Mn + Fe = 81,5 %.

ТАБЛИЦА 4. КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ МЕТАЛЛА

TABLE 4. QUANTITY AND COMPOSITION OF METAL

Элемент	При использовании углеродистого восстановителя			
	кокс		полукокс	
	кг	%	кг	%
Mn	31,8	63,5	32,2	62,57
Fe	9,03	18,0	9,07	17,63
Si	8,52	17,0	9,17	17,82
C	0,75	1,5	1,02	1,98
Всего	50,1	100,0	51,46	100,0

На восстановление SiO₂ до кремния необходимо углерода — 7,3 кг (кокс) или 7,86 кг (полукокс).

Необходимо SiO₂ — 15,64 кг (кокс) или 16,84 кг (полукокс). Марганца в шлак в виде MnO перейдет 3,34 кг (кокс) или 2,86 кг (полукокс). При содержании в шлаке MnO = 8 % количество шлака составит 41,75 кг (кокс) или 40,85 кг (полукокс). Кратность шлака $K_{ш}$ = 0,63 (кокс) или 0,85 (полукокс). Сумма компонентов шлака без MnO, FeO, S, P составит ~89 %.

Принимается основность шлака:

$$R = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO} + \text{SrO} + \text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2} = 0,8.$$

При необходимой добавке извести в количестве y кг:

$$R = \frac{y + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO} + \text{SrO} + \text{K}_2\text{O}}{89 - (y + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO} + \text{S}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})} = 0,8.$$

Из уравнения определяется добавка извести $y = 25,5$ кг и содержание SiO₂ = 49,3 %, или 20,66 кг. В шлаке необходимо иметь CaO = 30,35 %, или 12,67 кг. Количество добавляемой извести — 10,67 кг, кварцита (с учетом улета в виде SiO) — 22,1 кг (кокс) или 21,65 кг (полукокс).

На восстановление SiO₂ до SiO необходимо 0,4 кг углерода. Всего требуется углерода — 11 кг (кокс) или 10,8 кг (полукокс) и соответственно кокса — 12,6 кг, полукокса — 12,2 кг.

С золой вносится 0,76 кг SiO₂ и 0,21 кг Fe₂O₃ (кокс) или 0,4 кг SiO₂ и 0,05 кг Fe₂O₃ (полукокс).

Расчетный состав шлака представлен в табл. 5.

Расход материалов на 1 т MnC17, кг:

Материал	Кокс	Полукокс	Δ , % (отн.)
Концентрат марганцевой руды (37 % Mn)	2000	1975	-1,25
Кокс	252	244	-3,17
Известняк (52 % CaO)	478	478	0
Кварцит	442	433	-2,04

Проведены длительные опытно-промышленные кампании по использованию в качестве углеродистого восстановителя полукокса УВФ производства ООО ЗУМ при выплавке силико-марганца MnC17 в печах РКО-25. Качество полукокса в среднем, %: W^r до 10, A^d до 7, V^{daf} до 7, размер кусков — 10–25 мм. Результаты испытаний приведены в табл. 6. При использовании полукокса взамен 50 % коксового орешка на Таразском металлургическом заводе, Казахстан, выявлены следующие положительные результаты работы печи: посадка электродов была устойчивой с понижением положения траверс в среднем на 50–70 мм, извлечение марганца увеличилось в среднем на 1,1 %, кремния — на 1,3 %, расход углерода на базовую тонну сократился на 10 кг, экономия марганцевой руды составила 18 кг/т, кварцита — 10 кг/т.

ТАБЛИЦА 5. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА И СОСТАВА ШЛАКА
TABLE 5. CALCULATION OF SLAG QUANTITY AND COMPOSITION

Компонент	Кокс						Полукокс					
	из руды, кг (100)	из золы кокса, кг (3,1)	из кварцита, кг (22,1)	из известняка, кг (23,9)	всего		из золы, полукокса кг (1,6)	из кварцита, кг (21,65)	из известняка, кг (23,9)	всего		
					кг	%				кг	%	
MnO	3,34					3,34	6,90	3,34			3,34	6,42
FeO	0,176	0,189	0,2	0,2	0,765	1,58	1,58	0,176	0,2	0,2	0,616	1,18
SiO ₂	4,36	0,76	16,66	0,25	22,03	45,52	45,52	4,36	21,2	0,25	26,21	50,36
CaO	2	0,16	0,1	12,67	14,93	30,85	30,85	2	0,1	12,67	14,88	28,59
MgO	1	0,08		0,05	1,13	2,34	2,34	1		0,05	1,1	2,11
Al ₂ O ₃	2	0,71	0,2	0,24	3,15	6,51	6,51	2	0,2	0,24	2,82	5,42
BaO	2,4				2,4	4,96	4,96	2,4			2,4	4,61
SrO	0,1				0,1	0,21	0,21	0,1			0,12	0,23
K ₂ O	0,5				0,5	1,03	1,03	0,5			0,5	0,96
Na ₂ O	0,03				0,03	0,06	0,06	0,03			0,03	0,06
P ₂ O ₅	0,01							0,01			0,01	0,02
S	0,02							0,02			0,02	0,04
Всего					48,395	100	100				52,046	100

ТАБЛИЦА 6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУКОКСА УВФ

TABLE 6. INDUSTRIAL INDICES OF FERROSILICOMANGANESE SMELTING WITH UVF SEMI-COKE APPLICATION

Показатель	Таразский металлургический завод, Казахстан	Geoferrometal, Грузия
Продолжительность кампании, сут	105	89
Тип печей	РКО-25	РКО-5
Сплав	МnС17 PIS	МnС17 РБ
Углеродистый восстановитель кокс:полукокс, %	50:50	Полная замена кокса 60 : 40 (полукокс) (уголь Д)
Производительность печи, т/сут	+5,1 % (отн.)	+(5–6) % (отн.)
Удельный расход электроэнергии	–(80–200) кВт·ч/т	–(1–2) % (отн.)
Удельный расход сырья, кг/т: марганцевой руды углерода (в пересчете на твердый)	–18 –10	–27 –35
Извлечение элементов: кремния марганца	+1,3 % (абс.) +1,1 % (абс.)	+(2–3) % (отн.) +(1–2) % (отн.)
Содержание фосфора в сплаве, % (отн.)	–0,02	–(7–8)
Себестоимость сплава, долл.	–(10–12)	–(10–15)
<i>Примечание:</i> “+” — увеличение, “–” — уменьшение.		

При использовании полукокса в Geoferrometal, Грузия, при полной замене кокса в смеси с углем Д (60:40) производительность печи повысилась на 5–6 % (отн.), удельный расход электроэнергии уменьшился на 1–2 % (отн.), углерода — на 35 кг/т (см. табл. 6). Извлечение кремния повысилось на 2–3 % (отн.), марганца — на 1–2 % (отн.). Содержание фосфора в сплаве уменьшилось на 7–8 % (отн.).

В обеих промышленных кампаниях себестоимость сплава снизилась на 10–12 и 10–15 долл. соответственно.

Таким образом, теоретические расчеты и промышленный опыт свидетельствуют об эффективности использования полукокса УВФ производства ООО ЗУМ как углеродистого восстановителя при выплавке марганцевых сплавов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаврилов В.А., Гасик М.И. Силикотермия марганца. — Днепропетровск: Системные технологии, 2001. — 512 с.
2. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. — М.: Металлургия, 1988. — 784 с.
3. Федоров В.Б., Шоршоров М.Х., Хакимова Д.К. Углерод и его взаимодействие с металлами. — М.: Металлургия, 1978. — 208 с.
4. Якушевич Н.Ф., Галевский Г.В. Взаимодействие углерода с оксидами кальция, кремния, алюминия. — Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 1999. — 250 с.
5. Воробьев И.П. Электротермия восстановительных процессов. — Екатеринбург: УрО РАН, 2009. — 269 с.
6. Толстогузов Н.В. Теоретические основы и технология производства кремнистых и марганцевых сплавов. — М.: Металлургия, 1992. — 239 с.
7. Дуррер Р., Фолькерт Г. Металлургия ферросплавов / Пер. с нем. — М.: Металлургия, 1976. — 480 с.
8. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. — М.: Металлургия, 1976. — 272 с.
9. Нефедов П.Я. О требованиях к качеству углеродистых восстановителей для процессов рудной электротермии // Кокс и химия. 2000. № 8. С. 24–32.
10. Улановский М.Л., Меньшикова С.Д., Миненко Е.В., Лихенко А.Н. О сырьевой базе производства углеродистого восстановителя для недоменных потребителей // Кокс и химия. 1998. № 8. С. 23–26.
11. Страхов В.М., Кашлев И.М. Выплавка ферросилиция с повышенной долей замены кокса углем // Актуальные проблемы рудной и химической электротермии: сб. тр. Всерос. научно-технич. конф. “Электротермия”. — Санкт-Петербург, 2012. С. 31–42.
12. Страхов В.М. Научные и производственные аспекты получения специальных видов кокса для электротермических производств // Кокс и химия. 2008. № 9. С. 44–49.
13. Григорян В.А., Белянчиков Л.Н., Стомахин А.Я. Теоретические основы электросталеплавильных процессов. — М.: Металлургия, 1979. — 256 с.
14. Якушевич Н.Ф., Толстогузов Н.В., Муковкин В.Д., Руденко В.А. Растворимость углерода в силикомарганце // Изв. вузов. Черная металлургия. 1969. № 10. С. 67–70.
15. Емлин Б.И., Гасик М.И. Справочник по электротермическим процессам. — М.: Металлургия, 1978. — 288 с.
16. Елютин В.П., Павлов Ю.А., Левин Б.Е., Алексеев Е.Н. Производство ферросплавов. — М.: Металлургия, 1957. — 436 с.
17. Рысс М.А. Производство ферросплавов. — М.: Металлургия, 1985. — 344 с.

18. Атлас шлаков / Пер. с нем. — М.: Metallurgiya, 1985. — 208 с.
 19. Эллиот Д.Ф., Глейзер М., Рамакришна В. Термохимия сталеплавильных процессов / Пер. с англ. — М.: Metallurgiya, 1969. — 252 с.

PECULIARITIES OF SILICOMANGANESE SMELTING TECHNOLOGY AND ITS EFFICIENCY INCREASE BY SEMI-COKE APPLICATION

N. F. YAKUSHEVICH¹, HD (Tech), Professor, nf.yakushevich@yandex.ru;
 V. M. STRAKHOV², PhD (Tech.), Head of Lab.,
 O. N. VOLODIN³, General director; V. V. SLEPENKOV³, Chief specialist;
 I. V. GORBACHENKO³, Head of PTO
 (¹ Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk;
² OP "Kuznetsk Center", JSC VUKHIN, Russia, Novokuznetsk,
³ OJSC "Techprominvest", Russia, Moscow)

Abstract. Peculiarities of silicomanganese smelting technology in a shaft ore-reduction furnace considered, a diagram of its bath structure presented, as well as currents distribution, temperature and slag regimes. Manganese and silicon reduction mechanism presented, in which complexes formed in the coke layer are playing a leading role, the complexes being consisted of high-carbon Fe–C–Mn melt drops and included inside them carbon reducing agent small particles. It was shown, that those drops-complexes moving through the slag melt layer results in additional reduction of manganese and silicon from the slag.

A possibility of UVF semi-coke of OJSC "Mill of carbonaceous materials" (ZUM) production application analyzed for silicomanganese smelting from manganese ores concentrates, containing 33–37% Mn. Semi-coke quality indices presented, comparing with traditionally used coke nuts. It was determined that UVF semi-coke considerably exceeds the coke nuts by physical and chemical properties (reaction ability, specific electric resistance, ash content).

A calculation of material balances of silicomanganese heats with usage of UVF semi-coke and coke nuts done, advantage of semi-coke application shown even at minimal increase of manganese into metal extraction coefficient (~1%).

Theoretical calculations and industrial experience confirmed efficiency of UVF semi-coke of OJSC ZUM production application as a carbon reducing agent at manganese alloys smelting. Longtime industrial tests of semi-coke at ferro-silicomanganese smelting at RKO-25 furnaces of Taraz steel-works, Kazakhstan, and GeoFerroMetal plant, Georgia, showed a high technical and economic efficiency of semi-coke application instead of 50% and 100% coke nuts.

Key words: manganese alloys smelting; ferrosilicomanganese; shaft ore-thermal electric furnace; carbon reducing agent; semi-coke; coke nuts.

For citation: Yakushevich N.F., Strakhov V.M., Volodin O.N., Slepencov V.V., Gorbachenko I.V. Peculiarities of silicomanganese smelting technology and its efficiency increase by semi-coke application. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 58–68. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-58-68

REFERENCES

- Gavrilov V.A., Gasik M.I. *Silikotermya margantsa* [Silico-thermal ability of manganese]. Dnepropetrovsk: Sistemnye tekhnologii, 2001, 512 p. (In Russ.).
- Gasik M.I., Lyakishev N.P., Emlin B.I. *Teoriya i tekhnologiya proizvodstva ferrosplavov* [Theory and technology of ferroalloys production]. Moscow: Metallurgiya, 1988, 784 p. (In Russ.).
- Fedorov V.B., Shorshorov M.Kh., Khakimova D.K. *Uglerod i ego vzaimodeistvie s metallami* [Carbon and its interaction with metals]. Moscow: Metallurgiya, 1978, 208 p. (In Russ.).
- Yakushevich N.F., Galevskii G.V. *Vzaimodeistvie ugleroda s oksidami kal'tsiya, kremniya, alyuminiya* [Carbon interaction with oxides of calcium, silicon, aluminum]. Novokuznetsk: Izd. tsentr SibGIU, 1999, 250 p. (In Russ.).
- Vorob'ev I.P. *Elektrotermiya vosstanovitel'nykh protsessov* [Electro-thermal peculiarities of reduction processes]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009, 269 p. (In Russ.).
- Tolstoguzov N.V. *Teoreticheskie osnovy i tekhnologiya proizvodstva kremnistykh i margantseyvykh splavov* [Theoretical base and technology of silicon and manganese alloys production]. Moscow: Metallurgiya, 1992, 239 p. (In Russ.).
- Durrer R., Fol'kert G. *Metallurgiya ferrosplavov* [Metallurgy of ferroalloys]. Moscow: Metallurgiya, 1976, 480 p. (In Russ.).
- Mizin V.G., Serov G.V. *Uglerodistyie vosstanoviteli dlya ferrosplavov* [Carbon reducing agents for ferroalloys]. Moscow: Metallurgiya, 1976, 272 p. (In Russ.).
- Nefedov P.Ya. About requirements to quality of reducing agents for ore electric thermal processes. *Koks i khimiya*, 2000, no. 8, pp. 24–32. (In Russ.).
- Ulanovskii M.L., Men'shikova S.D., Minenko E.V., Likhenko A.N. About the raw material base for the production of carbonaceous reducing agent is not for consumers of blast-iron. *Koks i khimiya*, 1998, no. 8, pp. 23–26. (In Russ.).
- Strakhov V.M., Kashlev I.M. *Vyplavka ferrosilitiya s povyshennoi dolei zameny koksa uglem* [Smelting of ferrosilicon with increased part of coke substitution by coal]. *Aktual'nye problemy rudnoi i khimicheskoi elektrotermii: sb. tr. Vseros. nauchno-tekhnich. konf. "Elektrotermiya"* [Actual problems of ore and chemical electrothermal: Proc. of All-Russia scientific and technical conference "Electrothermia"]. St. Peterburg, 2012, pp. 31–42. (In Russ.).

12. Strakhov V.M. Scientific and industrial aspects of production of special kinds of coke for electro-thermal production. *Koks i khimiya*, 2008, no. 9, pp. 44–49. (In Russ.).
13. Grigoryan V.A., Belyanchikov L.N., Stomakhin A.Ya. *Teoreticheskie osnovy elektrostaleplavil'nykh protsessov* [Theoretical basis of electric steel-making processes]. Moscow: Metallurgiya, 1979, 256 p. (In Russ.).
14. Yakushevich N.F., Tolstoguzov N.V., Mukovkin V.D., Rudenko V.A. Carbon solubility in silicomanganese. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 1969, no. 10, pp. 67–70. (In Russ.).
15. Emlin B.I., Gasik M.I. *Spravochnik po elektrotermicheskim protsessam* [Reference-book on electro-thermal processes]. Moscow: Metallurgiya, 1978, 288 p. (In Russ.).
16. Elyutin V.P., Pavlov Yu.A., Levin B.E., Alekseev E.N. *Proizvodstvo ferrosplavov* [Ferroalloys production]. Moscow: Metallurgiya, 1957, 436 p. (In Russ.).
17. Ryss M.A. *Proizvodstvo ferrosplavov* [Ferroalloys production]. Moscow: Metallurgiya, 1985, 344 p. (In Russ.).
18. *Atlas shlakov* [A slag atlas]. Moscow: Metallurgiya, 1985, 208 p. (In Russ.).
19. Elliot D.F., Gleizer M., Ramakrishna V. *Termokhimiya staleplavil'nykh protsessov* [Thermal chemistry of steel-making processes]. Moscow: Metallurgiya, 1969, 252 p. (In Russ.).

ПРОИЗВОДСТВО И ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ФЕРРОНИОБИЙ В УСЛОВИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПАО НЛМК

*А. С. ТИМОХИН, инженер второй категории, Управление развития технологии, timohin_as@nlmk.com;
Ю. Н. ДОЛГИХ, ведущий инженер, Управление развития технологии;
Е. В. ИСАЕВ, ведущий специалист, Управление снабжения инвестиционных проектов
(Новолипецкий металлургический комбинат, Россия, г. Липецк)*

Аннотация. С учетом конъюнктуры рынка порошковых проволок с наполнителем феррониобий, а также необходимости снижения себестоимости металлопродукции в ПАО НЛМК разработана технология производства порошковой проволоки с наполнителем феррониобий.

Для изготовления оболочки проволоки применяли стальную холоднокатаную ленту толщиной 0,4 мм, шириной 59,2 мм из стали 08Ю собственного производства. Временное сопротивление разрыву от 26 до 37 кгс/мм², относительное удлинение ≥ 30 %.

От каждой бухты отбирали образец для контроля плотности закрытия замка оболочки проволоки и определения коэффициента ее заполнения порошком-наполнителем. С целью уменьшения риска деформации первых рядов проволоки при намотке в бухту и обрыва проволоки при размотке в конвертерных цехах увеличили внутренний диаметр бухт с 560 до 730 мм. Упаковку бухт порошковой проволоки производили лентой из полиэстера.

Опробование опытной порошковой проволоки с наполнителем феррониобий производили на участках внепечной обработки стали в соответствии с действующими технологическими инструкциями. Для анализа параметров использования опытной проволоки были отобраны показатели массива плавок, на которых другие ниобийсодержащие материалы не использовались. В качестве сравнительных подобраны показатели плавок аналогичных сортаментных подгрупп, на которых использовались только проволоки сторонних производителей (феррониобий кусковой не использовался).

По результатам опробования опытной проволоки отмечено, что при производстве низкокремнистого сортамента средний расход опытной проволоки на прирост 0,001 % [Nb] составил 3,27 кг, расход серийной проволоки 3,19 кг, а при производстве стали 08Ю, низкокремнистого низкосернистого сортамента, низколегированного сортамента с массовой долей серы не более 0,002 % расход проволоки на прирост 0,001 % [Nb] на опытных плавках составил 7,5 кг, на сравнительных — 7,6 кг.

Ключевые слова: внепечная обработка стали; легирование стали ниобием; феррониобий, ниобийсодержащие материалы; порошковая проволока с наполнителем.

Ссылка для цитирования. Тимохин А.С., Долгих Ю.Н., Исаев Е.В. Производство и дальнейшее применение для легирования стали порошковой проволоки с наполнителем феррониобий в условиях сталеплавленного производства ПАО НЛМК // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 69–71.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-69-71

В металлургической промышленности ниобий используется для легирования стали и цветных металлов (Ni, Co, Cr и др.). Низколегированные ниобием стали применяют для изготовления кузовов и рам автомобилей, корпусов морских и речных судов, нефтегазовых труб большого диаметра различного климатического исполнения. При концентрации ниобия, превышающей концентрацию углерода в 6–10 раз, сталь становится более устойчивой к межкристаллитной коррозии, приобретает высокую прочность сварных швов. В таблице представлено влияние ниобия на свойства стали.

Учитывая сложившуюся конъюнктуру рынка производителей порошковых проволок с напол-

нителем феррониобий и наложение санкций со стороны США на тех, кто поставляет свою продукцию металлургическим предприятиям России, производящим стальные слябы для производства нефте- и газопроводов, а также с целью сокращения себестоимости продукции в ферросплавном цехе (ФСЦ) Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) отработали технологию производства порошковой проволоки с наполнителем феррониобий.

Порошок феррониобия, использовавшийся для производства опытной проволоки, имел фракционный состав 0–2 мм и следующий химический состав, %: 64,72 Nb; 2,44 Si; 0,05 S; 0,65 Al; 0,17 C.

ВЛИЯНИЕ НИОБИЯ НА СВОЙСТВА СТАЛИ

INFLUENCE OF NIOBIUM OF STEEL PROPERTIES

Элемент	Обозначение в марке стали	Механические свойства						Технологические свойства			
		σ_0	σ_m	δ_5	НВ	ККУ	σ_{-1}	СВ	КорС	ХЛ	КС
Ниобий	Б	++	++	-	+	0	+	+	0	0	0

Обозначения: σ_0 — предел прочности; σ_m — предел текучести; δ_5 — относительное удлинение; НВ — твердость; ККУ — ударная вязкость; σ_{-1} — усталостная прочность; СВ — свариваемость; КорС — коррозионная стойкость; ХЛ — хладноломкость; КС — красностойкость. Таблица показывает примерное влияние отдельных компонентов стали в количествах, содержащихся в малоуглеродистой и низколегированной стали, без учета совместного действия нескольких компонентов. Знаки обозначают: (+) — повышает, (++) — значительно повышает, (-) — снижает, (0) — не оказывает заметного влияния.

Для изготовления оболочки проволоки применяли стальную холоднокатаную ленту толщиной 0,4 мм, шириной 59,2 мм из стали 08Ю, произведенную в цехе холодного проката и покрытий ПАО НЛМК. Временное сопротивление разрыву от 26 до 37 кгс/мм², относительное удлинение ≥ 30 %.

От каждой бухты отбирали образец для контроля плотности закрытия замка оболочки проволоки и определения коэффициента ее заполнения порошком-наполнителем. С целью уменьшения риска деформации первых рядов проволоки при намотке в бухту и обрыва проволоки при размотке в конвертерных цехах (КЦ) увеличили внутренний диаметр бухт с 560 до 730 мм. Упаковку бухт порошковой проволоки производили лентой из полиэстера. Бухты отгружали в каркасах с использованием текстильных строп. Транспортирование бухт осуществляли при помощи электропогрузчика с использованием защитной "рубашки" на вилочном захвате.

Опробование порошковой проволоки с наполнителем феррониобий производства ФСЦ производили на участках внепечной обработки стали КЦ-1,2 в соответствии с действующими технологическими инструкциями. Легирование металла опытной проволокой по массовой доле ниобия осуществляли на установках ковш-печь КЦ-1,2. Для анализа параметров использования опытной проволоки отобран массив плавки, на которых другие ниобийсодержащие материалы не использовались. В качестве сравнительных подобраны плавки аналогичных сортаментных подгрупп, на которых использовались только проволоки сторонних производителей (феррониобий кусковой не использовался).

По результатам опробования опытной проволоки отмечено:

1. В КЦ-1 при производстве низкокремнистого сортамента средний расход опытной проволоки на прирост 0,001 % [Nb] составил 3,27 кг, расход серийной проволоки 3,19 кг (рис. 1).

2. В КЦ-2 при производстве сортамента 08Ю и аналогов, низкокремнистого низкосернистого сортамента, низколегированного сортамента с массовой долей серы не более 0,002 % расход

проволоки на прирост 0,001 % [Nb] на опытных плавках составил 7,5 кг, на сравнительных — 7,6 кг (рис. 2).

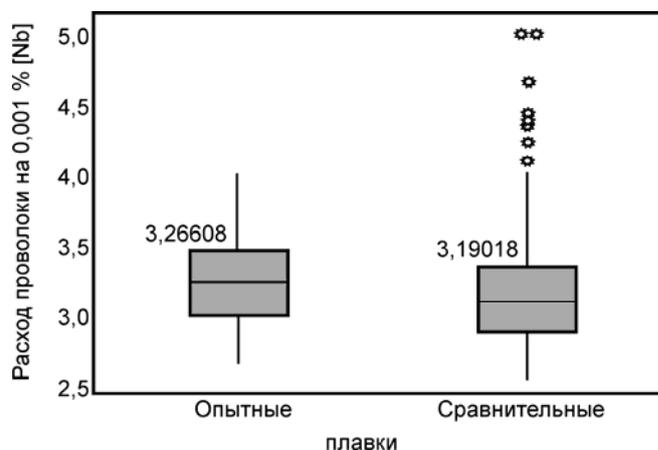


Рис. 1. Расход опытной проволоки на прирост 0,001 % [Nb] при производстве низкокремнистого сортамента

Fig. 1. Consumption of test wire on the 0,001 % [Nb] growth at production of low-silicon grades

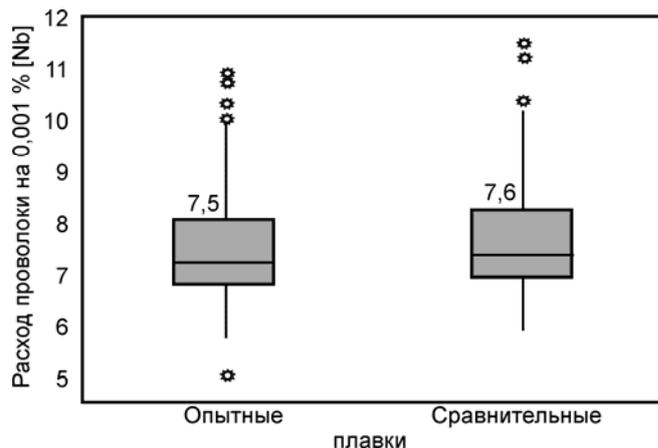


Рис. 2. Расход опытной проволоки на прирост 0,001 % [Nb] при производстве различного сортамента в BOF-2

Fig. 2. Consumption of test wire on the 0,001 % [Nb] growth at production of different grades in BOF-2

По итогам проведенной работы сделаны следующие выводы:

1. Достигли коэффициента заполнения оболочки проволоки наполнителем 78,9 %. В конвертерных цехах обрывов порошковой проволоки с наполнителем феррониобий не отмечено.

2. Усвоение ниобия на опытных и сравнительных плавках в КЦ-1,2 при производстве различного сортамента находилось на сопоставимом уровне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Современная технология производства стали. — М.: Теплотехник, 2007. — 528 с.
2. Шкирмонтов А.П., Курагин О.В., Тимофеев А.А., Долбилов С.Б. Развитие процессов внепечной обработки стали: Обзор по системе “Информсталь” / Ин-т “Черметинформация”. — М., 1989. Вып. 18 (351). — 41 с.

PRODUCTION AND FURTHER APPLICATION OF CORED WIRE WITH FERRONIUBIUM FILLING FOR STEEL ALLOYING AT STEELMAKING SHOP OF PAO NLMK

A. S. TIMOKHIN, engineer of second category, Dpt of technology development, timohin_as@nlmk.com;
YU. N. DOLGIKH, leading engineer, Dpt of technology development;
E. V. ISAEV, leading specialist, Dpt of investment projects supply
(Novolipetsk steel-works, Russia, Lipetsk)

Abstract. Taking into account market status of ferroniobium filled cored wires as well as necessity to decrease metal products cost in PAO NLMK, a production technology of cored wire with ferroniobium filling developed.

For the wire shell manufacturing a steel cold-rolled band was used, having thickness of 0.4 mm, width of 59.2 mm made of domestic production 08Ю grade steel. The tensile strength was from 26 till 37 kg/mm², specific elongation ≥ 30 %.

A sample was taken from every bundle to check the wire shell lock closing tightness and to determine the coefficient of its filling by the powder-filler. To decrease the risk of the wire first layers deformation while coiling into bundle and the wire rupture during uncoiling in BOF shops, the bundle internal diameter was increased from 560 mm till 730 mm. The cored wire bundles packing was made by a polyester band.

The test of pilot cored wire with ferroniobium filling was done at steel ladle treatment areas according to existing technology instructions. For the pilot wire application parameters analysis the indices of heats array were selected, for which other niobium-containing materials were not used. For comparison the heats indices were selected of similar assortment groups, for which only wires of outside manufactures were used (lump ferroniobium was not used).

Based on pilot wire test results it was noted, that at production of low-silicon assortment the average pilot wire consumption on 0,001 % [Nb] growth was equal to 3.27 kg, regular wire consumption 3.19 kg. At production of 08Ю steel of low-silicon low-sulphur assortment, low-alloyed assortment with mass sulphur portion less 0.002%, the wire consumption for 0.001 % [Nb] growth was 7.5 kg at test heats and at comparative — 7.6 kg.

Key words: steel ladle treatment; steel alloying by niobium; ferroniobium; niobium-containing materials, cored wire with filling.

For citation: Timokhin A.S., Dolgikh Yu.N., Isaev E.V. Production and further application of cored wire with ferroniobium filling for steel alloying at steelmaking shop of PAO NLMK. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 69–71. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-69-71

REFERENCES

1. Dyudkin D.A., Kisilenko V.V. *Sovremennaya tekhnologiya proizvodstva stali* [Modern technology of steel production]. Moscow: Teplotekhnika, 2007, 528 p. (In Russ.).
2. Shkirmontov A.P., Kuragin O.V., Timofeev A.A., Dolbilov S.B. *Razvitie protsessov vnepechnoi obrabotki stali: Obzor “Informstal”* [Development of steel ladle processing processes: Review “Informstal”]. Moscow: In-t “Chermetinformatsiya”, 1989, no. 18 (351), 41 p. (In Russ.).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТА ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ТИПА “ВКАТАННАЯ ОКАЛИНА”

А. Б. СЫЧКОВ¹, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологий металлургии и литейных процессов, absychkov@mail.ru;
Н. В. КОПЦЕВА¹, д-р техн. наук, профессор кафедры технологий металлургии и литейных процессов;
Ю. Ю. ЕФИМОВА¹, канд. техн. наук, доцент кафедры технологий обработки материалов;
А. В. ЖЛОБА², начальник ЛПЦ № 4, Zhloba@icloud.com;
Г. Я. КАМАЛОВА¹, аспирант кафедры технологий металлургии и литейных процессов
(¹ Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова, Россия, г. Магнитогорск;
² Магнитогорский металлургический комбинат, Россия, г. Магнитогорск)

Аннотация. Дефект “вкатанная окалина” относится к одному из основных поверхностных дефектов листового проката. Он ухудшает товарный вид холоднокатаного листа, адгезию поверхностных покрытий к металлической основе при оцинковании, хромировании, к нанесению полимерных материалов, обуславливает повышенную коррозию металлопроката и т. п.

Внешний вид дефекта “вкатанная окалина” очень похож на целый ряд нарушений поверхности листа, таких как риска, раскатанные загрязнения, шлаковое включение, раскатанный подповерхностный газовый пузырь и т. п. Точная идентификация вышеуказанного дефекта поверхности важна для выработки мер по его устранению и возможна только с применением металлографических методов.

Представлены результаты металлографического исследования дефекта листового холоднокатаного проката, идентифицированного как “вкатанная окалина”. Причиной этого дефекта обычно является технология производства горячекатаного листа, когда образующаяся на поверхности раската печная и/или воздушная окалина частично закатывается в поверхность металлопроката. На поверхности холоднокатаного листа такой дефект, наследуемый с поверхности горячекатаного листа, является браковочным признаком.

Исследованиями на оптическом и растровом электронном микроскопах с применением микрорентгеноспектрального анализа установлена истинная причина предположительного дефекта “вкатанная окалина”. В данном случае она заключается во вкатывании в поверхность горячекатаного листа остатков шлакового поверхностного слоя и шлакообразующей смеси с металлургического передела, в основном непрерывной разливки, а также продуктов травления и щелочной очистки холоднокатаного листового проката.

Ключевые слова: листовой прокат; поверхностный дефект; “вкатанная окалина”; металлографические методы исследования; световая (оптическая) микроскопия; растровый электронный микроскоп; микрорентгеноспектральный анализ.

Ссылка для цитирования. Сычков А.Б., Копцева Н.В., Ефимова Ю.Ю., Жлоба А.В., Камалова Г.Я. Идентификация дефекта поверхности листового проката типа “вкатанная окалина” // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 72–76.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-72-76

Значимое влияние на качество холоднокатаного листового проката оказывает дефектность его поверхности, которая, в свою очередь, наследуется от дефектов поверхности непрерывнолитого сляба и повреждения поверхности проката в линии прокатных станов горячей и холодной прокатки [1–8].

К одному из основных поверхностных дефектов листового проката относят дефект “вкатанная окалина”, который образуется преимущественно путем вкатывания остатков печной окалины, формирующейся при нагреве слябов в нагревательной печи перед горячей прокаткой на непрерывных широкополосных станах горячей прокатки (НШПС ГП), в поверхностный слой раскатов. Для удаления такой окалины в линии временных НШПС ГП применяются окалиноло-

матели — клетки с горизонтальной и вертикальной осями вращения валков и гидросбивы окалины с давлением воды до 300 атм. Несмотря на то что печная (газовая) окалина обладает большой толщиной и достаточно низкой адгезией к поверхности стального листа и легко удаляются окалиноломателями и гидросбивом, в ряде случаев на поверхности листового раската, в том числе и при последующих переделах — после холодной прокатки например, наблюдается дефект “вкатанная окалина”. К такому же дефекту приводит и закатанная в поверхность листа вторичная (воздушная) окалина.

“Вкатанная окалина” ухудшает товарный вид холоднокатаного листа, адгезию поверхностных покрытий к металлооснове при оцинковании, хромировании, нанесении полимерных материа-

лов, обуславливает повышенную коррозию металлопроката и т. п. При этом внешний вид дефекта “вкатанная окалина” очень похож на целый ряд нарушений поверхности листа, таких как риска, раскатанные загрязнения, шлаковое включение, раскатанный подповерхностный газовый пузырь и т. п. Точная идентификация вышеуказанного дефекта поверхности возможна только с применением металлографических методов — световой и растровой электронной микроскопии (РЭМ), микрорентгеноспектрального анализа (МРСА), при помощи которых определяют характер развития дефекта, химический состав вкатанных частиц. После анализа полученных результатов исследования дефект одно-

значно идентифицируется. Исследования проводили на световом микроскопе Olympus GX51 с применением автоматических анализаторов изображений SIAMS 700 и Thixomet и на РЭМ JSM-6490LV Jeol с системой микрорентгеноспектрального анализа INCA Energy 450x-MAX 50 Premium.

Для исследования были представлены два образца холоднокатаного листа толщиной 1 мм из стали 08, на которых имелись дефекты в виде рисок (рис. 1), причины появления которых были не ясны. Предварительно заводская служба контроля качества аттестовала этот дефект как “вкатанная окалина”.

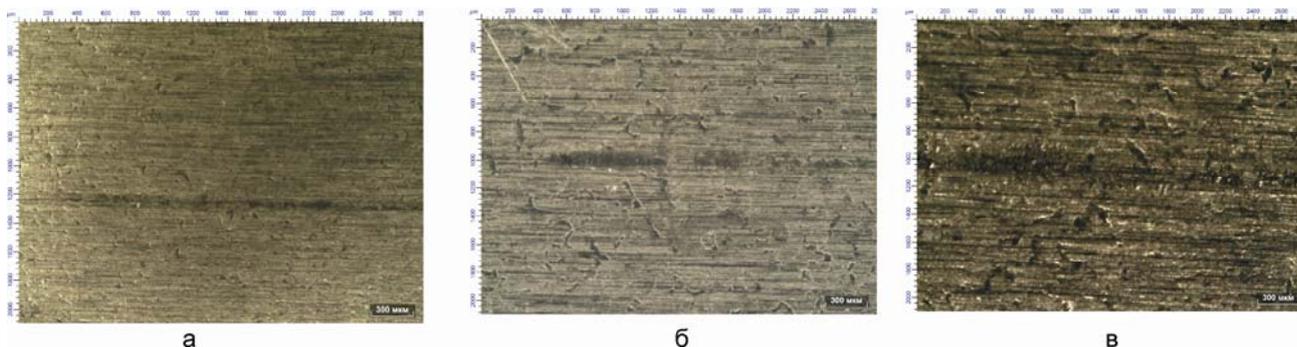


Рис. 1. Внешний вид дефекта поверхности холоднокатаного листа типа “вкатанная окалина” — темная центральная горизонтальная полоса; световой микроскоп с увеличением $a — \times 7,5$; $b — \times 20$; $c — \times 30$

Fig. 1. External view of “rolled-in scale” type surface defect of cold-rolled sheet – dark central horizontal strip; light microscope, magnification: $a — \times 7,5$; $b — \times 20$; $c — \times 30$

Результаты исследования внешнего вида дефекта на поверхности листа на РЭМ* с увеличением $\times(200–600)$ представлено на рис. 2.

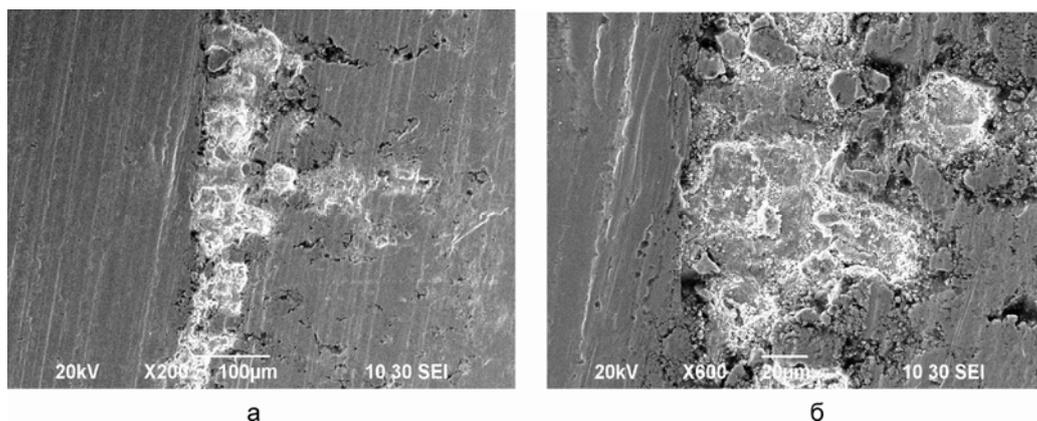


Рис. 2. Внешний вид дефекта типа “вкатанная окалина” на РЭМ с увеличением: $a — \times 200$; $b — \times 600$

Fig. 2. External view of “rolled-in scale” type defect, X-ray electron microscope, magnification: $a — \times 200$; $b — \times 600$

* Работа проводилась в условиях ЦКП НИИ “Наносталей” ФГБОУ ВО “МГТУ им. Г.И. Носова”.

Интересно также стереометрическое исследование (изображение 3D) геометрии рассматриваемых поверхностных дефектов. На рис. 3 представлены внешний вид дефекта и топо-

грамма рельефа этого дефекта (“маленькая риска”). Максимальная глубина дефекта составляет до 80 мкм, длина дефекта — около 600 мкм.



Рис. 3. Дефект на поверхности холоднокатаного листа — разрез по Z — по линии поперек риски: а — внешний вид дефекта; б — изменение рельефа внутренней поверхности дефекта

Fig. 3. Defect on the cold-rolled sheet surface – section by Z – line transverse a scratch: a – external view of the defect; б – defect internal surface shape change

Как видно из рис. 2, углубления дефекта заполнены некоторым веществом, которое нерегулярно распределено по образованной полости. Химический состав этого вещества был неизвестен. Для определения химического состава вещества-заполнителя использовался МРСА совместно с РЭМ.

На рис. 4 в качестве одного из примеров представлены спектры этого анализа для дефекта, изображение которого приведено на рис. 2, а. Спектрограмма участка дефекта (см. рис. 3, а), обозначенного как “спектр 3”, представлена на рис. 4, б.

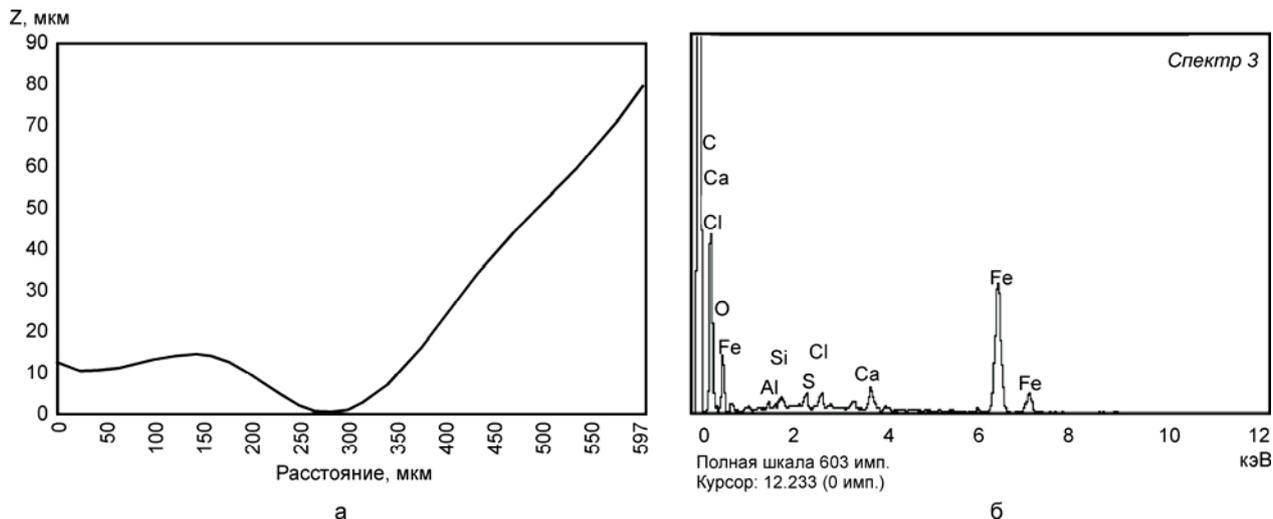


Рис. 4. Расположение анализируемого участка (а) в поверхностном дефекте и спектрограмма (б) его химического состава

Fig. 4. Location of analyzed area (a) in the surface defect and its chemical composition spectrogram (б)

В таблице представлены результаты МРСА по участку дефекта, обозначенного на рис. 3, а, как “спектр 3”. Анализ данных таблицы показы-

вает, что по стехиометрическим отношениям атомных весов и сродству элементов к кислороду в металле невозможно образование ни од-

ного из оксидов железа (FeO — соотношение Fe к O — 77,8:22,2 %; Fe₂O₃ — 70:30 %; Fe₃O₄ — 72,4:27,6 %, т. е. все отношения более 1), так как на практике, по данным МРСА, в спектрах это отношение менее 1 (8,61:17,71 = 0,49).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСТАТКОВ ВЕЩЕСТВА В ДЕФЕКТЕ ТИПА “ВКАТАННАЯ ОКАЛИНА”

CHEMICAL COMPOSITION OF STUFF RESIDUE IN THE “ROLLED-IN” TYPE DEFECT

Химический элемент	Содержание элемента, %	
	весовое	атомное
C	51,17	71,94
O	16,78	17,71
Al	0,37	0,23
Si	0,27	0,16
S	0,70	0,37
Cl	0,82	0,39
Ca	1,42	0,60
Fe	28,46	8,61
Итого	100	100

В итоге было проведено исследование двух образцов с четырьмя дефектами поверхности и сделан химический анализ (МРСА) 21 спектра. В нескольких спектрах было зафиксировано только наличие углерода и железа, кислород отсутствовал. В других спектрах присутствует, хотя и небольшое количество, калий, хлор, натрий.

На основании вышесказанного и анализа сквозной технологии производства стали, непрерывнолитого сляба, горячей и холодной прокатки листа можно сделать вывод о том, что причиной дефектности поверхности листового холоднокатаного проката могут являться наследственно переданные от непрерывнолитого сляба, раскатанные в процессе горячей и холодной прокатки остатки разливочной шлакообразующей смеси (ШОС), различного типа загрязнений, а также продукты травления окалины перед холодной прокаткой в соляной кислоте и, возможно, очистки поверхности проката, например, в щелочных растворах. Подтверждения наличия дефекта “вкатанная окалина” не получено.

Вывод

Методами оптической и растровой электронной микроскопии с применением МРСА проведена идентификация дефекта поверхности низкоуглеродистого холоднокатаного листового проката, аттестованного как “вкатанная окалина”. Показано, что этот дефект является частично продуктом раскатки загрязнений металла, полу-

ченных в процессе насыщения поверхности непрерывнолитого металла ШОС, частично — остатков травильного процесса при удалении окалины с поверхности горячекатаного листа или щелочных остатков при очистке поверхности проката. “Вкатанной окалины” в дефектах поверхности не обнаружено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дефекты стали: справ. изд. / Под ред. С.М. Новокщеновой, М.И. Виноград. — М.: Металлургия, 1984. — 199 с.
2. Правосудович В.В., Сокуренок В.П., Данченко В.Н., Кондратьев С.В. Дефекты стальных слитков и проката: справочник. — М.: Интермет Инжиниринг, 2006. — 384 с.
3. Сычков А.Б., Жигарев М.А., Перчаткин А.В. и др. Трансформация дефектов непрерывнолитой заготовки в поверхностные дефекты проката // *Металлург*. 2006. № 2. С. 60–63.
4. Sychkov A.B., Zhigarev M.A., Perchatkin A.V. etc. The transformation of defects in continuous-cast semifinished products into surface defects on rolled products // *Metallurgist*. 2006. Vol. 50. № 1–2. P. 83–90.
5. Дефекты стальных заготовок и металлопродукции Белорусского металлургического завода. Справочник-атлас / Составитель В.В. Грицаенко; под общ. ред. А.Н. Савенка. — Жлобин: ОАО БМЗ, 2013. — 326 с.
6. Сычков А.Б., Парусов Э.В., Камалова Г.Я. Расчет допустимой глубины поверхностных дефектов непрерывнолитой заготовки // *Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: междунар. сб. научн. тр.; под ред. О.Н. Тулупова*. — Магнитогорск: изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2017. Вып. 23. С. 7–14.
7. Салганик В.М., Артамонова М.О. Преобразование и возможность компенсации поверхностных дефектов толстолистового проката в процессе деформации // *Моделирование и развитие процессов ОМД. Сб. научн. тр.; под ред. В.М. Салганика*. — Магнитогорск: изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2012. С. 9–16.
8. Найзабеков А.Б., Талмазан В.А., Ержанов А.С. Моделирование процесса выкатываемости поверхностных дефектов полос типа “накал” при холодной прокатке с применением ЭВМ // *Вестник МГТУ им. Г.И. Носова*. 2013. № 2. С. 44–47.

IDENTIFICATION OF THE “ROLLED-IN SCALE” TYPE SHEET SURFACE DEFECT

A. B. SYCHKOV¹, HD (Tech), Associate Professor, Dpt Technologies of metallurgy and foundry processes, absyckov@mail.ru;
N. V. KOPTSEVA¹, HD (Tech), Professor, Dpt Technologies of metallurgy and foundry processes;
YU. YU. EFIMOVA¹, PhD (Tech), Associate Professor, Dpt Technologies of materials processing;
A. V. ZHLOBA², Head of LPZ No. 4, Zhloba@icloud.com;
G. YU. KAMALOVA¹, postgraduate, Dpt Technologies of metallurgy and foundry processes
(¹ Magnitogorsk State University after G.I. Nosov, Russia, Magnitogorsk;
² Magnitogorsk steel-works, Russia, Magnitogorsk)

Abstract. “Rolled-in scale” defect is put down to one of main surface defects of sheet rolled products. It deteriorates salable condition of cold-rolled sheet, adhesion of surface coatings to metal base during galvanizing, chrome plating, applying of polymer materials, stipulates increased corrosion of metal rolled products etc.

External view of “rolled-in scale” defect is very similar to the whole number of sheet surface failures, as scratch, rolled impurities, slag inclusions, rolled undersurface gas bubble etc. Exact identification of the abovementioned defect is important for elaboration of measures for its elimination and is possible only by application of metallographic methods.

Results of metallographic study of cold-rolled sheet defect, identified as “rolled-in scale” presented. Technology of hot-rolled sheet production usually is the reason for this defect, when formed on the billet surface furnace and/or air scale is partially rolled into the rolled product surface. Such a defect on the cold-rolled sheet surface, inherited from the hot-rolled sheet surface is considered as a rejected feature.

Studies by optical and raster electron microscopes using X-ray spectral microscopy analysis results in determining real reason of the presumable “rolled-in scale” defect. In this case the rolling-in of residuals of slag surface layer and slag-making mixtures into the hot-rolled sheet surface is the reason. The residuals are inherited from metallurgical stage, mainly continuous casting, as well as pickling process and cold-rolled sheet alkaline cleaning.

Key words: sheet rolled product; surface defect; “rolled-in scale”; metallographic methods of study, light (optical) microscopy; raster electron microscope; X-ray spectral microscopy analysis.

For citation: Sychkov A.B., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Zhloba A.V., Kamalova G.Ya. Identification of the “rolled-in scale” type sheet surface defect. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 72–76. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-72-76

REFERENCES

1. *Defekty stali* [Defects of steel]. Novokshchenova S.M., Vinograd M.I. ed. Moscow: Metallurgiya, 1984, 199 p. (In Russ.).
2. Pravosudovich V.V., Sokurenko V.P., Danchenko V.N., Kondrat'ev S.V. *Defekty stal'nykh slitkov i prokata* [Defects of steel ingots and rolled products]. Moscow: Intermet Inzhiniring, 2006, 384 p. (In Russ.).
3. Sychkov A.B., Zhigarev M.A., Perchatkin A.V. etc. Transformation of defects of continuously-casted billet into surface defects of rolled products. *Metallurg*, 2006, no. 2, pp. 60–63. (In Russ.).
4. Sychkov A.B., Zhigarev M.A., Perchatkin A.V. etc. The transformation of defects in continuous-cast semifinished products into surface defects on rolled products. *Metallurgist*, 2006, vol. 50, no. 1–2, pp. 83–90.
5. Gritsaenko V.V. *Defekty stal'nykh zagotovok i metalloprodukcii Belorusskogo metallurgicheskogo zavoda* [Defects of steel billets and metal products of Belorussky steel-works]. Savenk A.N. ed. Zhlobin: OAO BMZ, 2013, 326 p. (In Russ.).
6. Sychkov A.B., Parusov E.V., Kamalova G.Ya. *Raschet dopustimoi glubiny poverkhnostnykh defektov nepreryvnoitoy zagotovki* [Calculation of admissible depth of continuously casted billet surface defects]. *Trudy MGTU im. G.I. Nosova “Modelirovanie i razvitie protsessov obrabotki metallov davleniem”* [Proc. of MGTU. G.I. Nosov “Simulation and development of metals forming processes”]. Tulupov O.N. ed. Magnitogorsk, 2017, vol. 23, pp. 7–14. (In Russ.).
7. Salganik V.M., Artamonova M.O. *Preobrazovanie i vozmozhnost' kompensatsii poverkhnostnykh defektov tololistovogo prokata v protsesse deformatsii* [Transformation and possibility of plates surface defects compensation in the process of deformation]. *Trudy MGTU im. G.I. Nosova “Modelirovanie i razvitie protsessov OMD”* [Proc. of MGTU. G.I. Nosov “Simulation and development of processes of metals forming”]. Salganik V.M. ed. Magnitogorsk, 2012, pp. 9–16. (In Russ.).
8. Naizabekov A.B., Talmazan V.A., Erzhanov A.S. Simulation of the rolling-out process of “glow” type strip surface defects by computer application. *Vestnik MGTU im. G.I. Nosova*, 2013, no. 2, pp. 44–47. (In Russ.).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЕТУЧИЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ

Л. Г. КОЛЯДА, канд. техн. наук, доцент кафедры химии;

Е. В. ТАРАСЮК, канд. хим. наук, доцент кафедры химии, gepod@inbox.ru

(Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия, г. Магнитогорск)

Аннотация. Важным направлением в борьбе с коррозией металлопродукции является применение специальных упаковочных материалов. Анализ методов и средств борьбы с коррозией металлов показывает, что одним из основных способов противокоррозионной защиты является использование летучих ингибиторов коррозии (ЛИК). При выборе упаковочных материалов, содержащих ЛИК, важное значение имеет оценка их защитных свойств.

Объектами исследования являлись крепированная ламинированная полиэтиленом бумага Волжского целлюлозно-бумажного комбината и ЛИК: два патентованных ингибитора, обозначенных А и В, состав которых не разглашается, и ингибитор УНИ (смесь нитрита натрия и уротропина в весовом соотношении 1:1). Для обеспечения необходимой остаточной концентрации ЛИК в бумаге (не менее 10 г/м², для ингибитора УНИ — 20–30 г/м²) были подобраны оптимальные концентрации рабочих растворов ингибиторов: ЛИК-УНИ — 35 %, ЛИК-А — 7,5 %, ЛИК-В использовали не разбавляя. Нанесение рабочих растворов ЛИК на бумагу проводили валиковым способом. Сушку бумаги осуществляли при температуре 80±1 °С. В качестве объектов для ускоренных коррозионных испытаний использовались образцы холоднокатаной стали 08пс.

Приведены результаты сравнительных испытаний антикоррозионных свойств комбинированных упаковочных бумаг с ЛИК рядом методов: по ГОСТ 9.054, ГОСТ 9.305, по методу немецкого теста VIA Test и федерального стандарта США.

Испытания антикоррозионных свойств упаковочных бумаг по ГОСТ 9.054 в условиях периодической конденсации влаги показали, что после 32 циклов коррозионные поражения выявлены лишь на образцах холоднокатаной стали, упакованных в бумагу с ингибитором ЛИК-А.

Испытания антикоррозионных свойств упаковочных бумаг при воздействии соляного тумана, а также по методу немецкого теста VIA Test и федерального стандарта США выявили, что защитное действие на холоднокатаную сталь оказывает только ингибитор УНИ.

Показано, что при использовании ЛИК в упаковочных материалах должна соблюдаться хотя бы частичная герметизация упаковки, в которой находится изделие. При отсутствии герметичной упаковки содержание ЛИК в упаковочном материале должно быть повышено с учетом потерь в окружающую среду.

Ключевые слова: холоднокатаная сталь; коррозия металлопродукции; комбинированные упаковочные материалы; летучие ингибиторы коррозии; антикоррозионные свойства; показатель коррозии.

Ссылка для цитирования. Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В. Методы исследования защитной способности упаковочных материалов, содержащих летучие ингибиторы коррозии // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 11. С. 77–84.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-77-84

Экономический и экологический ущерб, наносимый процессами коррозии металлических конструкций, изделий и оборудования, с трудом поддается оценке. Например, в США, по последним данным Международной ассоциации инженеров-коррозионистов, ущерб от коррозии в 2013 г. составил 1 трлн долл. (3,1 % ВВП). В Германии этот ущерб составил 2,8 % ВВП. Китайские ученые оценили, что в 2014 г. коррозия металлов и ее последствия нанесли ущерб экономике в размере около 310 млрд долл. (3,34 % ВВП). В России ежегодные потери металлов из-за их коррозии достигают 12 % общей массы имеющегося в стране металлофонда, что соответствует утрате до 30 % ежегодно производимого металла [1, 2]. Этот показатель в 2014 г. составил в нашей стране примерно 10 млн т стали (при годовом выпуске более 70 млн т), что в денежном эквиваленте превышает почти астрономическую цифру — 4 млрд долл.

Общие убытки от коррозии, включающие в себя наряду с прямыми также косвенные потери (простои оборудования, нарушения технологического процесса, аварии, ухудшение качества продукции и ее потери за счет смешения с другими веществами и перехода в окружающую среду, отравление окружающей среды и т. д.), естественно, значительно превосходят прямые потери. Отсюда следует, что для рационального использования металла с наименьшими потерями темпы роста производства средств защиты от коррозии должны превышать темпы роста производства самого металла. Таким образом, разработка эффективных мер защиты металлов от коррозии необходима для сокращения непроизводительных расходов. В этом заключается экономический аспект коррозионной проблемы.

С коррозией связано засорение окружающего пространства как прямыми ее продуктами и вышедшими из строя проржавевшими маши-

нами и оборудованием, так и вредными, а иногда даже ядовитыми веществами, попадающими в природную среду. Продление срока жизни металлических сооружений благодаря защите их от коррозии способствует сохранению чистоты окружающей среды. В этом состоит экологический аспект коррозионной проблемы.

Наконец, коррозия металлов приводит к нарушениям технологического режима, производственного ритма и к авариям. В результате этого подвергается опасности здоровье и жизнь людей, создается чувство неуверенности у рабочего и технического персонала. Таким образом, предотвращение коррозии металлов, их защита важны и в социальном аспекте.

В промышленно развитых странах тратятся огромные средства на борьбу с коррозией путем принятия соответствующих предупредительных мер [3, 4]. Защита от коррозии осуществляется следующими основными методами: созданием условий для образования на поверхности металла при взаимодействии с агрессивной средой защитных слоев, обеспечивающих пассивность металлов (легирование металла, ингибирование, анодная электрохимическая защита); нанесением защитных покрытий на поверхность металла; понижением содержания в среде веществ, вызывающих или ускоряющих коррозию путем специальной очистки или

введением добавок, реагирующих со стимуляторами коррозии; электрохимической катодной защитой и др.

Выбор конкретных мер защиты в каждом частном случае определяется их технологической и экономической целесообразностью [5]. Из всего многообразия способов защиты от коррозии продукции черной металлургии производители предпочитают применение комбинированных материалов в качестве упаковки металлопродукции [6–12]. Анализ методов и средств борьбы с коррозией металлов показывает, что одним из основных способов противокоррозионной защиты является использование летучих ингибиторов коррозии (ЛИК) [13–15].

До последнего времени российский рынок упаковочных бумаг, содержащих ЛИК, был представлен в основном зарубежными производителями. Как правило, экспорт металлопродукции ведется морским путем через зоны с влажным тропическим климатом. Поэтому разработка отечественных аналогов и оценка их защитных свойств в жестких условиях атмосферной коррозии является актуальной проблемой.

Цель настоящей работы — сравнение различных методов оценки защитной способности комбинированных упаковочных материалов, содержащих ЛИК, для холоднокатаной стали.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись крепированная ламинированная полиэтиленом бумага Волжского целлюлозно-бумажного комбината и ЛИК: патентованные ингибиторы А и В, состав которых не разглашается, ингибитор УНИ (смесь нитрита натрия и уротропина в весовом соотношении 1:1). Ингибитор УНИ является одним из наиболее употребляемых [16], хотя в последнее время наметилась тенденция использования безнитритных ингибиторов. Ингибиторы А и УНИ — кристаллические водорастворимые вещества. Ингибитор В — жидкость светло-желтого цвета со слабым запахом. Для обеспечения необходимой остаточной концентрации ЛИК в бумаге (не менее 10 г/м², для ингибитора УНИ — 20–30 г/м²) были подобраны оптимальные концентрации рабочих растворов ингибиторов: ЛИК-УНИ — 35 %, ЛИК-А — 7,5 %, ЛИК-В использовали не разбавляя.

Нанесение рабочих растворов ЛИК на бумагу проводили валиковым способом. Сушку бумаги осуществляли при температуре 80±1 °С [15]. В качестве объектов для ускоренных коррозионных испытаний использовались образцы холоднокатаной стали 08пс.

Определение антикоррозионных свойств упаковочных материалов проводили различными методами: ГОСТ 9.054 (метод 1); ГОСТ 9.305;

метод, разработанный на основе немецкого теста VIA Test (TL-8135-002) и федерального стандарта США (101C, Method 4031, Procedure B) [17].

Сущность метода по ГОСТ 9.054 заключается в том, что герметично упакованные в антикоррозионные бумаги металлические пластины выдерживают в условиях периодической конденсации влаги. Испытания проводятся циклами: 1) экспозиция в течение 7 ч при температуре 40±2 °С и относительной влажности 95±3 %; 2) экспозиция в течение 17 ч в условиях конденсации влаги, которые создаются путем отключения камеры тепла и влаги. Общая продолжительность испытаний составила 32 цикла, или 768 ч. После испытания определяли площадь поверхности, пораженной коррозией, в соответствии с десятибалльной шкалой по ГОСТ 9.041. Испытания проводили в климатической камере СМ-60/75–80 ТВХ.

Сущность метода по ГОСТ 9.305 заключается в ускорении коррозионного процесса повышением температуры и введением в атмосферу раствора хлорида натрия с концентрацией 50±5 г/дм³. В камере соляного тумана испытания проводят при непрерывном распылении раствора при температуре 35±2 °С. Продолжительность испытаний 2, 6, 24, 96, 240 ч и т. д. Испытания проводили в камере

тепла и соляного тумана фирмы Erichsen. По результатам рассчитывали степень поражения металлической поверхности коррозией.

Метод определения влияния ингибитора в упаковочной бумаге на коррозию металла в период консервации, разработанный на основе немецкого теста VIA Test и федерального стандарта США, основан на визуальном сравнении пятен ржавчины на защищенном и незащищенном образцах металла, помещенных в плотно закрытую емкость, где искусственно создается конденсация влаги на поверхности образцов.

Для проведения данного метода собирают четыре испытательных устройства (рис. 1). Контрольные образцы вставляют в резиновые пробки. В прорези резиновых пробок помещают подготовленные образцы упаковочной бумаги ингибированной стороной к контрольным металлическим образцам. В одно из четырех испытательных устройств образцы бумаги не помещают. Это устройство считают контрольным. Резиновые пробки плотно вставляют в колбы Эрленмейера.

Подготовленные испытательные устройства оставляют на $20 \pm 0,5$ ч при комнатной температуре (20 ± 2 °С) и влажности (65 ± 5 %). После выдержки в каждую колбу приливают по 1 дм^3 свежеприготовленной водно-глицериновой смеси (соотношение 2:1). В таком состоянии оставляют колбы на $2,0 \pm 0,2$ ч при комнатной температуре (20 ± 2 °С) и влажности (65 ± 5 %). Затем колбы помещают в сушильный шкаф на $2,0 \pm 0,2$ ч при температуре 40 ± 1 °С. После выдержки в сушильном шкафу металлические образцы демонтируют,

высушивают и осматривают на наличие отпечатков продуктов коррозии в соответствии с контрольным образцом (рис. 2).

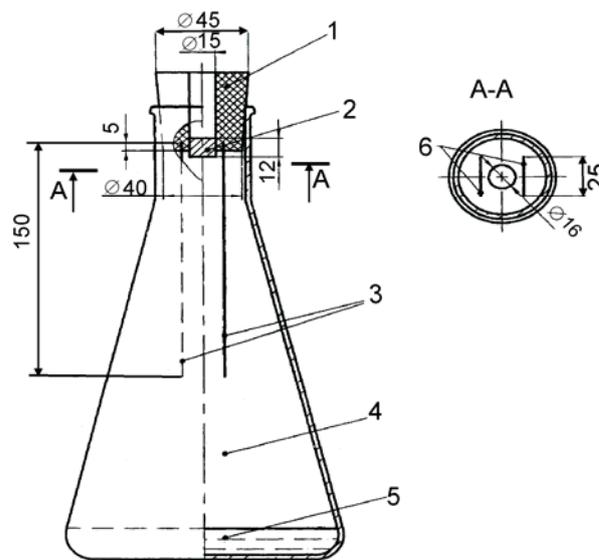


Рис. 1. Испытательное устройство:
1 — резиновая пробка; 2 — контрольные металлические образцы; 3 — образцы упаковочной бумаги; 4 — колба Эрленмейера; 5 — водно-глицериновая смесь; 6 — прорези для образцов

Fig. 1. Test facility:
1 — rubber plug; 2 — reference metal samples; 3 — samples of packaging paper; 4 — Erlenmeyer retort; 5 — water-glycerin mixture; 6 — slots for samples



Рис. 2. Отпечатки продуктов коррозии

Fig. 2. Corrosion products prints

Результаты и их обсуждение

Результаты испытания образцов холоднокатаной стали в условиях периодической конденсации влаги по ГОСТ 9.054 представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. РЕЗУЛЬТАТЫ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ОБРАЗЦАХ ХОЛОДНОКАТАНОЙ СТАЛИ

TABLE 1. RESULTS OF ANTICORROSION TESTS AT COLD-ROLLED STEEL SAMPLES

Марка ингибитора	Площадь коррозии, %	Оценка защитной способности бумаги, балл	Характер коррозии
Без ингибитора	0,004	1	В виде точек
ЛИК-УНИ	0	0	Нет
ЛИК-А	0,007	1	В виде точек
ЛИК-В	0	0	Нет

Испытания, проведенные по ГОСТ 9.054, подтверждают антикоррозионную эффективность бумаги с ингибитором УНИ для защиты холоднокатаной стали. Кроме УНИ упаковочная бумага с ингибитором ЛИК-В также может быть рекомендована для упаковки холоднокатаной стали. Защитная способность упаковочной бумаги с ингибитором ЛИК-А находится на уровне бумаги, не содержащей ЛИК. Но коррозионные поражения поверхности являются допустимыми, так как не превышают 10 % общей металлической поверхности.

Незначительная коррозия, выявленная этим методом, обусловлена, по-видимому, тем, что во втором цикле испытания (период конденсации влаги в естественных условиях) конденсирующаяся влага частично впитывается бумажной основой комбинированного упаковочного материала, а частично высыхает. В отсутствие тонкой пленки воды на поверхности металла очагов коррозии не возникает.

Для определения защитных свойств ингибированных упаковочных материалов в случае транспортировки металлопродукции морским путем через зоны с влажным тропическим климатом необходима оценка антикоррозионных свойств упаковки при воздействии двух

факторов — повышенной влажности и нейтрального соляного тумана [18].

Хлорид натрия заметно усиливает коррозию ряда металлов в атмосферных условиях [5]. Предполагают, что хлорид-ион обладает свойством легко проникать через защитные оксидные пленки, разрушая их. Кроме того, в его присутствии продукты коррозии содержат большое количество растворимых солей вместо гидроксидов, образующихся в условиях повышенной влажности. При адсорбции хлорид-ионов на активных центрах поверхности металла образуется хлор-комплекс корродирующего металла, который способен диссоциировать в электролите, освобождая хлорид-ион:



Хлорид-ион вновь принимает участие в цикле разрушения металла. Агрессивное действие хлорида натрия в условиях атмосферы связано также с его способностью адсорбировать влагу.

Результаты оценки антикоррозионных свойств упаковочных материалов при воздействии соляного тумана представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. СТЕПЕНЬ ПОРАЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ХОЛОДНОКАТАНОЙ СТАЛИ

TABLE 2. FAILURE DEGREE OF COLD-ROLLED STEEL SAMPLES

Марка ингибитора	Степень поражения, %			
	время экспозиции, ч			
	2	6	24	96
Без ингибитора	0	10,0	13,3	30,0
ЛИК-УНИ	0	0	0	3,0
ЛИК-А	0	3,6	5,6	31,1
ЛИК-В	0	5,2	8,9	27,8

На рис. 3 представлен внешний вид металлических пластин в зависимости от длительности экспозиции в камере соляного тумана. Из анализа полученных результатов следует, что бу-

мага с ингибитором УНИ обладает наилучшими защитными свойствами по отношению к холоднокатаной стали: степень поражения образца за 96 ч испытания составила 3 %, что на порядок

меньше, чем для всех остальных образцов. На образцах, упакованных в бумаги с ингибиторами ЛИК-А, ЛИК-В, первые очаги коррозии появились

уже после 6 ч экспозиции, а после 96 ч коррозионные потери оказались на уровне образцов, упакованных в бумагу без ингибитора.

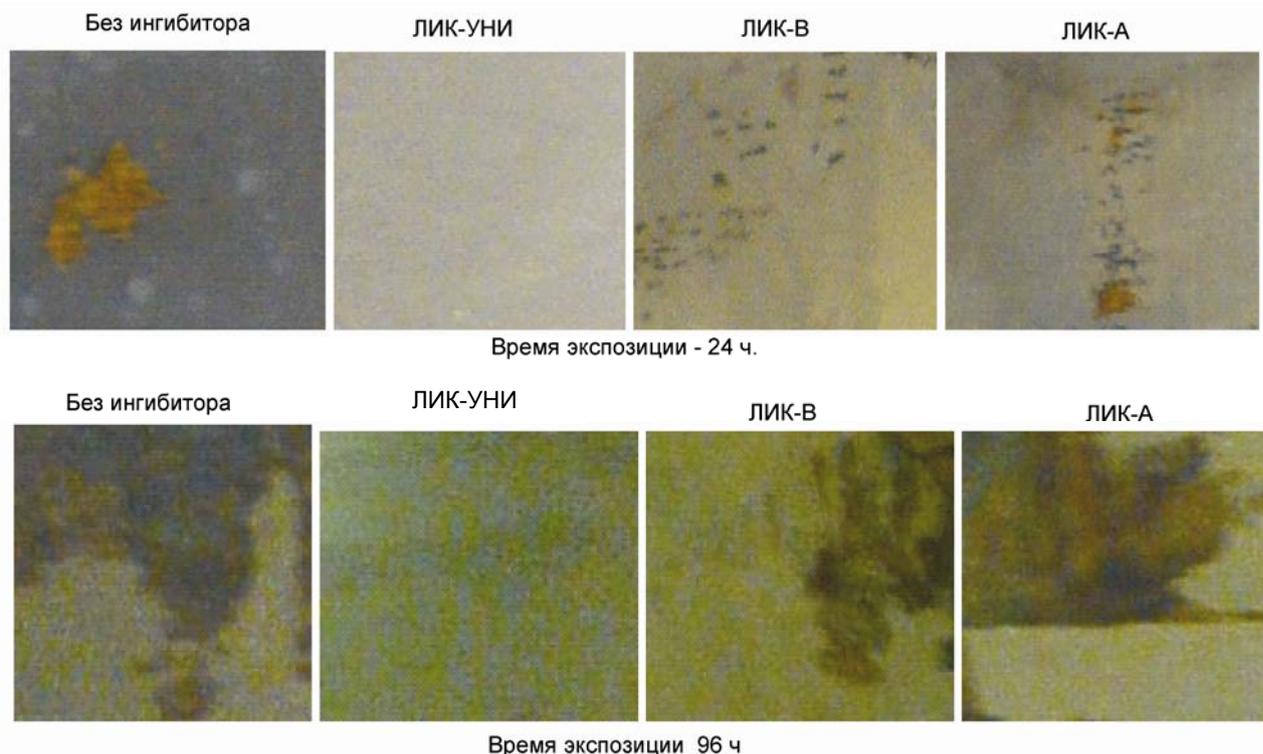


Рис. 3. Результаты испытания при воздействии нейтрального соляного тумана

Fig. 3. Test results at neutral salt mist impact

Изменение массы металлической пластины обусловлено образованием и накоплением на поверхности металла продуктов коррозии. В процессе испытаний в камере соляного тумана масса пластин из холоднокатаной стали увеличилась, что соответствует массе образовавшихся продуктов коррозии. В среде NaCl продуктами коррозии являются $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, FeCl_2 , которые имеют хорошую адгезию к металлу [19].

Коррозию металлических пластин K ($\text{г}/\text{м}^2$) рассчитывали по формуле [19]:

$$K = \frac{m_0 - m_2}{S},$$

где m_0 и m_2 — начальная и конечная масса металла после удаления продуктов коррозии, г; S — общая площадь поверхности.

Коррозионные потери при экспозиции металлических пластин в течение 96 ч в камере соляного тумана составили, $\text{г}/\text{м}^2$: ЛИК-УНИ — 5; ЛИК-А — 30; ЛИК-В — 27; без ингибитора — 33. Лучшими антикоррозионными свойствами для холоднокатаной стали обладает ингибитор УНИ,

что, возможно, обусловлено двумя причинами: во-первых, более высоким содержанием в упаковочном материале, во-вторых, двойственной природой ингибитора. УНИ включает как летучий компонент (уротропин), так и контактный (нитрит-ион). В случае негерметичной упаковки происходит утечка летучего компонента и работает контактный компонент.

Результаты испытания защитных свойств ингибированных материалов в период консервации, проведенного по методике, разработанной на основе немецкого теста VIA Test и федерального стандарта США, представлены на рис. 4.

По результатам этого испытания можно сделать вывод, что лучшие антикоррозионные свойства проявляет ингибитор УНИ, что согласуется с полученными данными в предыдущем методе. Ингибитор ЛИК-В не оказывает защитного действия от коррозии металла в период консервации, а ингибитор ЛИК-А оказывает ограниченное воздействие. Основными достоинствами данного метода являются экспрессность и относительно несложное аппаратурное оформление.



Рис. 4. Результаты испытания защитного действия упаковочных бумаг на коррозию холоднокатаной стали в период консервации

Fig. 4. Test results of packaging paper protective action on corrosion of cold-rolled steel in the conservation period

Заключение

В работе рассмотрены различные методы исследования защитной способности упаковочных материалов, содержащих ЛИК. Испытания антикоррозионных свойств упаковочных бумаг по ГОСТ 9.054 в условиях периодической конденсации влаги показали, что после 32 циклов коррозионные поражения выявлены лишь на образцах холоднокатаной стали, упакованных в бумагу с ингибитором ЛИК-А.

Испытания антикоррозионных свойств упаковочных бумаг при воздействии соляного тумана,

а также по методу немецкого теста VIA Test и федерального стандарта США выявили, что защитное действие на холоднокатаную сталь оказывает только ингибитор УНИ.

Таким образом, в случае использования ЛИК в упаковочных материалах должна соблюдаться хотя бы частичная герметизация упаковки, в которой находится изделие. При отсутствии герметичной упаковки содержание ЛИК в упаковочном материале должно быть повышено с учетом потерь в окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. — М.: Физматлит, 2002. — 336 с.
2. Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В., Пономарев А.П., Вафин В.Р. Анализ современных упаковочных материалов для металлопродукции // Черная металлургия: Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2017. № 6. С. 61–73.
3. Маттссон Э. Электрохимическая коррозия / Под общ. ред. Я.М. Колотыркина. — М.: Металлургия, 1991. — 156 с.
4. Келлер С., Рейнхард Г. Упаковочные материалы, содержащие летучие ингибиторы коррозии. Принципы защиты // Коррозия: материалы, защита. 2015. № 8. С. 24–34.
5. Розенфельд И.Л., Персианцева В.П. Ингибиторы атмосферной коррозии. — М.: Наука, 1985. — 278 с.
6. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. — Киев: Техніка, 1981. — 183 с.
7. Рогова А.Н., Разумков А.В. Современные способы защиты металлоизделий от коррозии многослойными комбинированными материалами // Тара и упаковка. 2002. № 6. С. 44–47.
8. Medyanik N.L., Shadrunkova I.V., Kolyada L.G. etc. Investigation of strength and corrosion resistance properties of combined packaging materials for metal products // Metallurgical and Mining Industry. 2016. № 8. P. 14–20.
9. Харионовский В.В. Защита от коррозии магистральных газопроводов: современные методы и средства // Коррозия: материалы, защита. 2017. № 5. С. 41–48.
10. Kolyada L.G., Tarasyuk E.V., Krylova S.A. Modern Packaging Materials for Steel Products // Solid State Phenomena. 2017. V. 265. P. 1040–1047.
11. Пат. 2287466 РФ, МПК В 65 D 85/00, В 65 D 65/42. Материал для упаковки с летучим ингибитором коррозии / С.Р. Филиппов, О.Р. Харин // Заявл. 26.08.2004; опубл. 20.11.2006. Бюл. № 32.
12. Kolyada L.G., Tarasyuk E.V., Kalugina N.L. Technology of packing materials for metal products // Solid State Phenomena. 2016. V. 870. P. 454–459.
13. Даниякин Н.В., Сигида А.А. Современные летучие ингибиторы атмосферной коррозии (обзор) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-letuchie-ingibitory-atmosfernoy-korrozii-obzor> (Дата обращения 18.07.2018 г.).
14. Кузнецов Ю.И. Летучие ингибиторы атмосферной коррозии. Часть 2 // Коррозия: материалы, защита. 2004. № 3. С. 26–29.

15. Андреев Н.Н., Кузнецов Ю.И. Физико-химические аспекты действия летучих ингибиторов коррозии металлов // Успехи химии. 2005. № 8. С. 755–767.
16. Гиревая Х.Я., Коляда Л.Г., Пономарев А.П. Проблема качества многослойных уголков для упаковки металлопродукции // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 7. С. 19–22.
17. Пинчук Л.С., Неверов А.С. Полимерные пленки, содержащие ингибиторы коррозии. — М.: Химия, 1993. — 176 с.
18. Михайлов А.А., Стрекалов П.В., Панченко Ю.М. и др. Атмосферная коррозия металлов в зонах с тропическим и субтропическим климатом // Коррозия: материалы, защита. 2006. № 6. С. 2–11.
19. Панченко Ю.М., Стрекалов П.В. Образование, учреждение и сброс продуктов атмосферной коррозии металлом. Модель интегральной массы образования продуктов // Защита металлов. 2005. Т. 41. № 4. С. 402–416.

METHODS OF INVESTIGATION OF PROTECTIVE ABILITY OF PACKAGING MATERIALS CONTAINING VOLATILE CORROSION INHIBITORS

*L. G. KOLYADA, PhD (Tech), Associate Professor, Dpt of chemistry;
E. V. TARASYUK, PhD (Chem), Associate Professor, Dpt of chemistry, gepod@inbox.ru
(Magnitogorsk State Technical University after G.I. Nosov, Russia, Magnitogorsk)*

Abstract. Application of special packaging materials is an important trend in control the metal products corrosion. Analysis of methods and means of the metals corrosion control shows, that application of volatile corrosion inhibitors (VCI) is one of main methods of anticorrosion protection. At packaging materials (containing VCI) selection, estimation of their protective properties has an important meaning.

The objects of the study were as follows: a crepe polyethylene laminated paper of Volzhsky pulp-and-paper mill and VCI: two patented inhibitors, indicated as A and B, the chemistries of which are not disclosed, and inhibitor UNI (mixture of sodium nitrite and urotropin in weight relation 1:1). To provide necessary residual VCI concentration in paper (not less than 10 g/m², for UNI inhibitor – 20–30 g/m²), optimal concentrations of the VCI working solution were chosen: VCI-UNI – 35%, VCI-A – 7.5%, VCI-B was used without diluting. Application of the VCI working solutions on the paper was done by roller method. The paper was dried at temperature 80±1°C. Samples of cold-rolled 08nc steel were used as objects for accelerated corrosion tests.

Results of comparative tests of anticorrosion properties of combines packaging paper with volatile corrosion inhibitors presented. The tests carried out by a number of methods: as per GOST 9.054, GOST 9.305, Germany VIA Test method and that of the USA Federal Standard.

Tests of anticorrosion properties of the packaging paper as per GOST 9.054 under conditions of periodical humidity condensation showed, that after 32 cycles the corrosion failure were detected only at samples of cold-rolled steel, packed in the paper with inhibitor VCI-A.

Tests of anticorrosion properties of the packaging paper under impact of salt mist, as well as per Germany VIA Test method and that of the USA Federal Standard revealed, that only UNI inhibitor has a protective action on the cold-rolled steel.

It was shown that while using VCI in packaging materials at least partial sealing of the package, in which an article lies, must be fulfilled. At absence of hermetic packing, VCI content in the packaging material must be increased taking into account losses into atmosphere media.

Key words: cold-rolled steel; metal products corrosion; combined packaging materials; volatile corrosion inhibitors; anticorrosion properties; corrosion indicator.

For citation: Kolyada L.G., Tarasyuk E.V. Methods of investigation of protective ability of packaging materials containing volatile corrosion inhibitors. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 11, pp. 77–84.

(In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-11-77-84

REFERENCES

1. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. *Korroziya i zashchita ot korrozii* [Corrosion and protection against corrosion]. Moscow: Fizmatlit, 2002, 336 p. (In Russ.).
2. Kolyada L.G., Tarasyuk E.V., Ponomarev A.P., Vafin V.R. Analysis of modern packaging materials for metal products. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2017, no. 6, pp. 61–73. (In Russ.).
3. Mattsson E. *Elektrokhimicheskaya korrozija* [Electro-chemical corrosion]. Kolotyarkin Ya.M. ed. Moscow: Metallurgiya, 1991, 156 p. (In Russ.).
4. Keller S., Reinhard G. Packaging materials, containing volatile corrosion inhibitors. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2015, no. 8, pp. 24–34. (In Russ.).
5. Rozenfel'd I.L., Persiantseva V.P. *Ingibitory atmosferno korrozii* [Inhibitors of atmosphere corrosion]. Moscow: Nauka, 1985, 278 p. (In Russ.).
6. Antropov L.I., Makushin E.M., Panasenko V.F. *Ingibitory korrozii metallov* [Inhibitors of metals corrosion]. Kiev: Tekhnika, 1981, 183 p. (In Russ.).
7. Rogova A.N., Razumkov A.V. Modern methods of metal products protection against corrosion by multilayer combined materials. *Tara i upakovka*, 2002, no. 6, pp. 44–47. (In Russ.).

8. Medyanik N.L., Shadrinova I.V., Kolyada L.G. etc. Investigation of strength and corrosion resistance properties of combined packaging materials for metal products. *Metallurgical and Mining Industry*, 2016, no. 8, pp. 14–20.
9. Kharionovskii V.V. Protection against corrosion of pipe gas lines: modern methods and means. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2017, no. 5, pp. 41–48. (In Russ.).
10. Kolyada L.G., Tarasyuk E.V., Krylova S.A. Modern Packaging Materials for Steel Products. *Solid State Phenomena*, 2017, vol. 265, pp. 1040–1047.
11. Filippov S.R., Kharin O.R. *Material dlya upakovki s letuchim ingibitorom korrozii* [Materials for packaging with volatile corrosion inhibitors]. Patent RF no. 2287466. IPC 65 D 85/00, B 65 D 65/42. *Byulleten' izobretenii*, 2006, no. 32. (In Russ.).
12. Kolyada L.G., Tarasyuk E.V., Kalugina N.L. Technology of packing materials for metal products. *Solid State Phenomena*, 2016, vol. 870, pp. 454–459.
13. Danyakin N.V., Sigida A.A. *Sovremennye letuchie ingibitory atmosfery korrozii (obzor)* [Modern volatile inhibitors of atmosphere corrosion (review)]. Electronic resource. Available at URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-letuchie-ingibitory-atmosfernoy-korrozii-obzor> (Accessed 18.07.2018). (In Russ.).
14. Kuznetsov Yu.I. Volatile Inhibitors of atmosphere corrosion. Part 2. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2004, no. 3, pp. 26–29. (In Russ.).
15. Andreev N.N., Kuznetsov Yu.I. Physical and chemical aspects of metals. *Uspekhi khimii*, 2005, no. 8, pp. 755–767. (In Russ.).
16. Girevaya Kh.Ya., Kolyada L.G., Ponomarev A.P. Problem of quality of multi-layer angles for metal products packing. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2015, no. 7, pp. 19–22. (In Russ.).
17. Pinchuk L.S., Neverov A.S. *Polimernye plenki, soderzhashchie ingibitory korrozii* [Polymer films, containing corrosion inhibitors]. Moscow: Khimiya, 1993, 176 p. (In Russ.).
18. Mikhailov A.A., Strekalov P.V., Panchenko Yu.M., Vasil'eva E.G. Atmosphere corrosion of metals in tropic and sub-tropic climate zones. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2006, no. 6, pp. 2–11. (In Russ.).
19. Panchenko Yu.M., Strekalov P.V. Formation, establishment and discharge of products of atmospheric corrosion of metals. The model of the integral mass of the formation of products. *Zashchita metallov*, 2005, vol. 41, no. 4, pp. 402–416. (In Russ.).

КНИЖНАЯ ПОЛКА

Рецензия

на книгу Шкирмонтова А.П. *“Энерготехнологические параметры выплавки ферросплавов в электропечах”*. — М.: Издательский дом МИСиС, 2018. — 216 с.

Материал книги посвящен актуальной теме — повышению эффективности выплавки ферросплавов в электропечах как наиболее энергоемкому и материалоемкому технологическому процессу в электрометаллургии.

В монографии обобщен и проанализирован опыт работы ферросплавных печей отечественных и зарубежных предприятий, а также научно-исследовательских институтов и ряда фирм-разработчиков технологических процессов и электропечных агрегатов.

Выявлено, что при повышении мощности ферросплавных печей от 10,5 до 105 МВ·А диаметр самообжигающихся электродов увеличился с 900 до 1800–2000 мм, т. е. в 2–2,2 раза. Сила тока электрода возросла с 32–37 до 160 кА и более, т. е. в 4,3–5 раз. Рабочее напряжение для выплавки массовых ферросплавов увеличилось не так значительно, со 130–140 до 230–300 В, или в 1,8–2,3 раза. При этом снизились коэффициент мощности, электрический и тепловой КПД.

Установлено на основании аналитических зависимостей, что основной причиной ухудшения параметров выплавки ферросплавов является снижение активного сопротивления ванны при повышении мощности печных трансформаторов. Отмечено, что эффект от увеличения активного сопротивления ванны ферросплавной печи в результате применения углеродистых восстановителей и их смесей с повышенным удельным электросопротивлением в основном составляет 5–17 %.

На выплавку ферросплавов в электропечах в значительной мере влияют энергетический фактор и тарифы на электроэнергию. Поэтому более эффективная работа ферросплавных печей, как весьма мощных потребителей электроэнергии, является актуальной народно-хозяйственной задачей.

Процессы углеродотермического восстановления для получения ферросплавов в электропечах относятся к разряду энергоемких и материалоемких процессов. Удельный расход электроэнергии при производстве различных ферросплавов и кремния составляет от 3 до 20 МВт·ч/т, что в 7–20 раз выше, чем на выплавку 1 т стали в дуговой печи.

Снижение качества рудных материалов (по ведущему элементу) и углеродистых восстановителей также приводит к значительному ухудшению технико-экономических показателей производства. В этих условиях актуальным является повышение эффективности выплавки ферросплавов и необходимость рационального ведения и совершенствования технологического процесса в электропечах.

Основным положением данной работы является научное обоснование и разработка энерготехнологических параметров выплавки крупнотоннажных ферросплавов для улучшения показателей углеродотермического процесса в электропечах. Для этого был применен системный подход и анализ к изучению сложного динамического объекта, представляющего собой комплекс: электропечь, работающую в смешанном режиме дуги и сопротивления, с одной стороны, и рудовосстановительный технологический процесс выплавки ферросплавов, с другой стороны.

В результате проведенного анализа было введено новое понятие в электрометаллургии ферросплавов — энерготехнологический критерий работы ферросплавной электропечи. Полученная безразмерная величина определяется на основе комплекса технологических, электрических и теплотехнических параметров выплавки ферросплавов углеродотермическим процессом и однозначно характеризует эффективность работы электропечи.

Выявлена взаимосвязь энерготехнологического критерия работы ферросплавной печи и удельного расхода электроэнергии на выплавку ферросплавов. Показано, что при увеличении энерготехнологического критерия удельный расход электроэнергии на выплавку ферросплава снижается, при уменьшении величины энерготехнологического критерия удельный расход электроэнергии возрастает.

Разработана новая методика оценки эффективности выплавки ферросплавов в электропечах на основе энерготехнологического критерия. Показано, что для выплавки 75 %-ного ферросилиция хороший уровень работы печи соответствует диапазону значений энерготехнологического критерия 0,300–0,314, при котором удельный расход электроэнергии соответствует диапазону от 9,0 до 8,6 МВт·ч/т сплава.

Для выплавки углеродистого феррохрома хороший уровень работы печи соответствует значениям энерготехнологического критерия 0,304–0,326, при которых удельный расход

электроэнергии составляет от 3,6 до 3,3 МВт·ч/т сплава для определенной технологии выплавки и используемой кусковой шихты.

Разработана новая методика оценки уровня энергоресурсосбережения, в которой энерготехнологический критерий работы печи рассматривается как основной элемент энергетического и технологического аудита ферросплавного печного агрегата, используется для выявления эффективных режимов работы печей, позволяет оценить применение различных видов шихтовых материалов (рудного сырья, углеродистых восстановителей) и использование инновационных технологий получения сплавов кремния, марганца и хрома.

На основе энерготехнологического критерия работы ферросплавной печи проведена сравнительная оценка эффективности выплавки ферросплавов в печах различных конструкций: в печах переменного тока, в печах с пониженной частотой тока, в печах постоянного тока (с открытой и закрытой дугой), а также в плазменных печах. Данная методика может быть использована, в том числе для оценки технических решений, при разработке новых технологий и печных агрегатов для получения ферросплавов.

Энерготехнологический критерий ферросплавной электропечи является объективной основой сравнения работы печей различной мощности, в том числе для выявления наиболее перспективных и эффективных технологий выплавки ферросплавов, особенно в случае применения новых и нетрадиционных видов рудного сырья и углеродистых восстановителей, а также для выявления оптимальных технических решений для перспектив развития в электрометаллургии ферросплавов.

В целом монография **“Энерготехнологические параметры выплавки ферросплавов в электропечах”** автора А.П. Шкирмонтова представляет интерес для специалистов в области металлургии ферросплавов, а также может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам металлургических и энергетических специальностей вузов.

Снитко Ю.П., д-р техн. наук, директор ЦНИИ информации и технико-экономических исследований черной металлургии, г. Москва

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ЗА РУБЕЖОМ

ЗАВОДЫ С ПОЛНЫМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ЦИКЛОМ

Афганистан

Афганская металлургическая компания Khan Steel приступила ко второму этапу строительства своего завода в Кабуле, по завершении которого компания будет располагать мощностями для производства 400 т/сут стали, что составляет 20 % объема стали, импортируемой Афганистаном.

Завод будет работать на железной руде крупнейшего в Афганистане месторождения Хаджигак (Hajigak deposit), которое предполагается разрабатывать совместно с индийскими компаниями.

Крупнейшим поставщиком металлопродукции в Афганистан является Иран.

Индия

Индийская государственная горнодобывающая компания National Mineral Development Corp. (NMDC), которая ведет строительство своего первого металлургического завода Nagarnar Steel Plant в штате Чхаттисгарх, уточнила план пуска завода и объявила, что завод начнет производство стали с июня 2019 г. В ближайшие 3–4 месяца компания ожидает ввода в эксплуатацию доменной печи.

Завод полного цикла мощностью 3 млн т/год строится в г. Нагарнар (Nagarnar), штат Чхаттисгарх. Компания рассчитывает, что в 2019 г. завод будет выведен на 80 % мощности.

Завод будет производить в основном сортовой прокат.

Индийская компания JSW Steel планирует начать строительство нового металлургического завода полного цикла в 2019 г. Завод мощностью 12 млн т/год будет сооружен в прибрежной зоне штата Одиша вблизи г. Парадип (Paradip) в несколько этапов. На первом этапе будет построена доменная печь производительностью 5 млн т/год. Строительство будет осуществляться компанией JSW Utkal Steel Ltd — подразделением JSW Steel.

JSW Steel планирует инвестировать в строительство завода и сопутствующих объектов 7,43 млрд долл. Кроме завода будут построены электростанция мощностью 900 МВт, фабрика окомкования мощностью 32 млн т/год и пульповый трубопровод для транспортировки концентрата железной руды от обогатительной фабрики в г.

Джода (Joda) в этом же штате Одиша до фабрики окомкования в г. Парадип.

Южнокорейские компании Posco и Hyundai обсуждают проект создания совместного предприятия (СП) с индийским заводом Visakhapatnam Steel Plant (VSP), который входит в государственную металлургическую компанию Rashtriya Ispat Nigam (RINL). В рамках СП в Индии на одной из площадок RINL может быть построен металлургический завод мощностью 5 млн т/год для производства высококачественного проката для автомобильной промышленности.

Компания Jindal Steel and Power Ltd (JSPL) намерена к 2030 г. увеличить мощность своего завода в г. Ангул (Angul) до 20 млн т/год. В настоящее время завод производит 6 млн т/год стали.

В 2017 г. JSPL завершила программу расширения мощности завода в Ангуле с 2 млн до 6 млн т/год. Были пущены основные объекты программы – агломерационная фабрика, доменная печь производительностью 4 млн т/год, кислородно-конвертерный цех производительностью 3 млн т/год, при этом доменная печь была построена с перспективой на дальнейшее расширение мощности завода.

Завод имеет фабрику по производству железа прямого восстановления производительностью 2 млн т/год, сортопрокатный стан производительностью 1,5 млн т/год и толстолистовой стан производительностью 1,2 млн т/год.

С завершением этой программы JSPL стала четвертой по величине индийской металлургической компанией после JSW, SAIL и Tata Steel.

Центральное правительство Индии планирует к 2030–2031 гг. достичь производства стали в стране на уровне 300 млн т/год стали.

Индийская компания Jindal Stainless Ltd планирует инвестировать 205 млн долл. в расширение мощности сталеплавильного цеха с 0,8 млн до 2,2 млн т/год, а также в увеличение производительности стана холодной прокатки с 0,8 млн до 1,6 млн т/год на своем заводе в г. Калинганагар (Kalinganagar). Проект планируется реализовать в течение ближайших двух лет.

В будущем компания планирует также реконструировать свой стан горячей прокатки с целью увеличения его производительности до 3,2 млн т/год и построить еще один стан холодной прокатки. Стоимость этого проекта оценивается в 96 млн долл.

Компания Tata Steel планирует в 2020 г. завершить работы второй очереди строительства своего завода в г. Калинганагар (Kalinganagar), штат Одиша. Мощность завода будет увеличена с 3 млн до 8 млн т/год.

В числе других проектов в рамках второй очереди на заводе будет построен стан холодной прокатки и завод начнет производство автолиста.

После приобретения заводов Bhushan Steel plant и Usha Martin plant совокупная мощность заводов Tata Steel составила 18,5 млн т/год.

Компания планирует дальнейшее расширение своих мощностей и к 2025 г. намерена производить 30 млн т/год стали.

Для обеспечения работы новых заводов компания увеличила выпуск железной руды на принадлежащей ей шахте Khandabandh mine в штате Одиша, планируя довести ее производство до 8 млн т/год. В настоящее время шахта производит 60–70 тыс. т/мес. руды, поставляя ее на завод компании в г. Калинганагар.

Япония

Японская компания Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp. (NSSMC) приняла решение полностью заменить футеровку на доменной печи № 2 на заводе Murogan Works своего подразделения фирмы Hokkai Iron & Coke Corp. Печь № 2 объемом 2903 м³ была сооружена фирмой Nippon Steel & Sumikin Engineering Co. LTD в 2001 г. Планируется, что после ремонта печь будет пущена во второй половине 2020 г. Ремонт печи обойдется в 310 млн долл.

Кроме того, NSSMC намерена реконструировать коксовую печь № 3 завода Nagoya Works. Печь производительностью 800 тыс. т/год кокса имеет 84 камеры. Пуск печи после реконструкции планируется осуществить в первой половине 2021 г. Инвестиции в реконструкцию печи составят 505 млн долл.

МИНИ-ЗАВОДЫ И ЗАВОДЫ С НЕПОЛНЫМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ЦИКЛОМ

Индия

Индийская компания Jindal Stainless Steel, специализирующаяся на производстве нержавеющей стали, планирует расширить свои сталеплавильные мощности с 0,8 млн до 1,1 млн т/год, учитывая растущий спрос на лист из нержавеющей стали со стороны производителей кухонной посуды и оборудования. В дальнейшем в штате Одиша будет построен новый завод, который позволит увеличить сталеплавильные мощности компании до 1,6 млн т/год.

Ливия

Ливийская компания Libyan Iron and Steel Company ввела в эксплуатацию завод по производству сортового проката мощностью 800 тыс. т/год в г. Мисрата (Misurata), расположенный на северо-западе страны. Завод производит в основном арматуру для строительства.

США

Шведская компания инвестирует 109 млн долл. в 2019–2021 г. в расширение мощности своего американского подразделения — завода SSAB Americas, расположенного в штате Алабама. Компания планирует увеличить производство толстого листа с термообработкой с 300 тыс. до 400 тыс. т/год. Кроме того, за счет использования новых режимов термообработки, которые позволит реализовать новая система ускоренного охлаждения проката, компания сможет производить лист более высокого качества, не прибегая к использованию легирующих элементов.

ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА

Австрия

Австрийская компания Voestalpine ввела в эксплуатацию в г. Линц свою крупнейшую доменную печь А после ее коренной реконструкции, которая длилась 111 дней. В рамках работ по реконструкции на печи была полностью заменена футеровка и установлен ряд нового оборудования. В частности, был установлен 3D-радар, который позволяет контролировать распределение сырьевых материалов и достигать оптимального распределения. Кроме того, была установлена система автоматического замера температуры на разных уровнях в печи.

Реконструкция печи, на которой выплавляется 2/3 объема чугуна завода, производящего 5 млн т/год, обошлась в 180 млн евро.

Украина

Компания ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» завершила реконструкцию своей доменной печи № 7 и ввела ее в эксплуатацию. Объем ДП № 7 составляет 2000 м³. Ее проектная производительность 3650 т/сут чугуна. В настоящее время печь производит 17 тыс. т/сут чугуна. Реконструкция печи продолжалась 110 дней и потребовала инвестиций в объеме 8,58 млн долл. Работы по реконструкции выполнял департамент по содержанию и ремонтам ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» с привлечением 10 подрядных организаций. В рамках работ по реконструкции произведена замена загрузочного устройства и ряда участков кожуха печи общим весом 46 т. Для продления срока службы огнеупорной

кладки и снижения влияния высокой температуры на кожух было заменено 337 холодильных плит шахты доменной печи. Кроме того, методом шоткретирования была восстановлена футеровка шахты печи после нанесения 564 т огнеупорного бетона. Были также отремонтированы металлоконструкции оборудования шихтоподачи. Футеровка в зонах наибольшего износа была частично восстановлена с применением новейших технологий и материалов. Эту работу выполнила компания Magnesco Metrel UK Ltd — украинское подразделение американской компании.

ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА (ПВЖ)

Швеция

Фирма Tenova поставит компании HYBRIT технологию производства железа прямого восстановления для экспериментального завода по производству стали без применения органических видов топлива, которые в традиционных технологиях используются в качестве восстановителей оксидов железа. В разрабатываемом фирмой HYBRIT процессе в качестве восстановителя используется водород. Экспериментальный завод будет построен в г. Лулео, Швеция. Ожидается, что он будет пущен в 2020 г.

HYBRIT является совместным предприятием компаний SSAB, LKAB и Vattenfall. Компания создана в 2016 г. с целью замены коксующегося угля, месторождения которого отсутствуют в Швеции, водородом. После анализа имеющихся технологий компания пришла к выводу, что процесс Tenova HYL отлично подходит для производства продуктов прямого восстановления железа с использованием водорода в качестве восстановителя.

ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Китай

Китайская металлургическая компания Wuhan Shunle Stainless Steel Co. Ltd (Wuhan Shunle) разместила заказ на фирме Primetals Technologies на поставку двух ДСП типа Quantum и двух установок ковш-печь для своего завода в провинции Хубэй. Primetals Technologies поставит механическое и электрическое оборудование, а также системы автоматизации, включая системы управления шихтовым двором, автоматизированную систему загрузки печи, систему вдувания кислорода, а также системы управления технологическим процессом. Печи Quantum, разработанные

Primetals Technologies, имеют очень низкое энергопотребление, поскольку в процессе загрузки шихта проходит этап предварительного нагрева, что позволяет также снизить общие эксплуатационные затраты и выбросы CO₂. Новые печи и установки ковш-печь планируются к пуску в III кв. 2019 г.

Wuhan Shunle производит прокат для производства крепежа, проволоки, труб из углеродистых, легированных и нержавеющей сталей.

Китайская металлургическая компания Heuyan Derun Iron & Steel Co. Ltd подписала контракт с фирмой Primetals Technologies на поставку ДСП типа Quantum и установки ковш-печь для завода Heuyan plant в провинции Гуандун.

Печь Quantum за счет предварительного нагрева лома отходящими газами имеет низкие показатели энергопотребления и выбросов отходящих газов. В частности, выбросы CO₂ могут быть снижены на 30 % по сравнению с обычной ДСП. Двухкорпусная установка ковш-печь позволит получать требуемый состав стали при изменении состава лома и разливать сталь при необходимой температуре.

Primetals Technologies поставит полностью механическое и электрическое оборудование и системы автоматизации, включая системы автоматизированного управления загрузкой лома, вдувания кислорода и др. Новое оборудование планируется ввести в эксплуатацию в III кв. 2019 г.

Heuyan Derun производит в основном специальный круглый прокат для строительной отрасли.

США

Компания JSW Steel (USA) разместила заказ на фирме Tenova — подразделении Techint Group — на поставку сталеплавильного оборудования для нового завода в г. Бейтон (Baytown), штат Техас. Объем заказа включает ДСП типа Consteel Evolution с непрерывной загрузкой лома, две установки ковш-печь и установку вакуумной дегазации расплава, которые позволят производить высококачественные слябы на строящемся “заводе будущего”.

Кроме того, Tenova поставит автоматизированную систему управлением подачей материалов в электросталеплавильный цех, включая подачу флюсов, легирующих, а также продуктов прямого восстановления и горячебрикетированного железа.

Учитывая высокие требования к уровню выбросов, Tenova поставит также высокоэффективное оборудование газоочистки. В частности, на завод будут поставлены две независимые пылеуловительные камеры: одна для горячих газов, другая — для холодных. Вместе с постав-

ляемой технологической платформой LOWNOX MELTSHOPTM это обеспечит очень низкий уровень выбросов вредных оксидов при работе электросталеплавильного цеха.

НЕПРЕРЫВНАЯ РАЗЛИВКА

Сортовые МНЛЗ

Китай

Компания Magang (Group) Holding Co. (Masteel) разместила заказ на поставку новой блюмовой МНЛЗ фирмой Danieli на свой завод в г. Мааньшань (Maanshan). Пятиручьева МНЛЗ будет отливать блюмы трех размеров от 250×250 до 380×450 мм из высокоуглеродистых сталей (подшипниковые и пружинные), которые затем будут подвергаться прокатке на пруток на высокоскоростном прокатном стане. Особенностью МНЛЗ будет система индукционного подогрева промежуточного ковша, которая позволит контролировать температуру расплава и снизить количество неметаллических включений в кристаллизаторе. Кроме того, МНЛЗ будет оснащена модулями мягкого и жесткого обжатия слитка, что позволит снизить осевую пористость и сегрегацию слитка, а также реализовать режимы с высокой степенью обжатия. Такая конструкция с двумя модулями обжатия будет применена в Китае впервые. Сквозной контроль режимов обжатия будет контролироваться системой Liquid Pool Control Model (модель контроля жидкой ванны), разработанной фирмой Danieli Automation.

Китайская компания Huaigang I&S (Shagang Group) планирует провести реконструкцию сортовой МНЛЗ № 2 на своем заводе в провинции Цзянсу. Реконструкцию будет осуществлять фирма Danieli, которая установит на всех четырех ручьях новые вытягивающие узлы, а также гидравлическое оборудование для реализации режима мягкого обжатия слитка. Кроме того, на машине будут установлены новые кристаллизаторы для отливки квадратной заготовки размером 210×210 мм, новое оборудование участка вторичного охлаждения и другое оборудование.

Компания Danieli Automation, подразделение Danieli, выполнит полную реконструкцию системы автоматизации 1-го уровня, а также установит систему LPC (Liquid Pool Control — контроль жидкой ванны), позволяющую осуществлять контроль режимов вторичного охлаждения слитков, контролировать перемешивание расплава в жидкой ванне, а также процесс обжатия слитка для каждой марки стали.

Huaigang I&S рассчитывает, что после реконструкции МНЛЗ № 2 увеличится ее производительность, повысится качество отливаемой заготовки и появится возможность разливать стали, пользующиеся большим спросом, например подшипниковые.

Ранее фирма Danieli поставила компании Huaigang две МНЛЗ для отливки заготовки diam. 800 мм, сортовую МНЛЗ и осуществила реконструкцию еще одной машины непрерывного литья.

Южная Корея

Южнокорейская компания DaehanSteel Co. Ltd подписала контракт с фирмой SMS group на реконструкцию своего сортопрокатного стана на заводе Pyeongtaek plant, расположенном рядом с Сеулом. Стан производительностью 450 тыс. т/год работает на квадратной заготовке размерами 130×130 и 150×150 мм и производит катушку диаметром от 10 до 25 мм в бунтах. В рамках работ по реконструкции на выходе нагревательной печи будет установлен сварочный агрегат для сварки отдельных болванок заготовки, что обеспечит непрерывную ее подачу на прокатку. Кроме того, будет модернизирован существующий вертикальный бунтоукладчик VCC, который сможет формировать компактные бунты массой до 5 т в вертикальном положении.

ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Производство листового проката

Вьетнам

Вьетнамский производитель холоднокатаной полосы компания My Viet Industries Co. Ltd ввела в эксплуатацию линию травления и стан холодной прокатки полосы, поставленные фирмой Esmech Equipment Pvt Ltd, которая является подразделением SMS group. Двухклетевой стан холодной прокатки CCM (Compact Cold Mill — компактный стан холодной прокатки) производительностью 400 тыс. т/год производит полосу шириной до 1250 мм и минимальной толщиной до 0,15 мм из низкоуглеродистой стали для строительства и других отраслей. Стан оборудован системой продольной сдвижки рабочих валков CVC@plus (Continuously Variable Crown — непрерывно изменяемый поперечный профиль), системой противоизгиба рабочих валков, автоматизированной системой контроля планшетности полосы и интерактивным модулем расчета зазора между валками.

Линия травления позволяет обрабатывать полосу шириной от 600 до 1250 мм и толщиной до 4 мм, при этом скорость процесса составляет от 15 до 120 м/мин.

Производство сортового проката

Вьетнам

Компания Formosa Ha Tinh Steel Corp. ввела в эксплуатацию полунепрерывный заготовочный стан в провинции Ха-Тинь. Стан производительностью 1 млн т/год поставлен фирмой SMS group и, по мнению фирмы, является самым современным станом в мире в своей группе. Стан оснащен обжимной клетью типа CBD (Compact Breakdown — компактное обжатие) последней разработки фирмы, а также сверхжесткими клетями CS в чистовой группе клетей.

Стан принимает блюмы размерами 260×300 и 360×450 мм и производит квадратную заготовку размерами 160 и 180 мм. После нагрева до 1250 °С и удаления окалина струями воды высокого давления блюмы подаются на двухвалковую реверсивную клеть, оборудованную на входе и выходе манипуляторами и кантователями заготовки. Полностью автоматическая система смены прокатных роликов позволяет осуществлять операцию смены за 25 мин. Чистовая группа стана состоит из четырех клетей конфигурации H/V.

Стан оборудован мощными ножницами, которые позволяют безопасно резать квадратную заготовку размером до 180 мм на отрезки длиной 10 или 12 м, а также отрезать головную и хвостовую части. Применение ножниц позволило резко снизить эксплуатационные затраты и увеличить эффективное время использования стана.

Фирма SMS поставила все механическое и электрическое оборудование стана, а также системы автоматизации 1-го и 2-го уровней. Конструкция стана предусматривает возможность увеличения его производительности до 2 млн т/год.

США

Компания Vinton Steel LLC, расположенная в г. Винтон (Vinton), штат Техас, подписала контракт с фирмой Primetals Technologies на реконструкцию своего сортопрокатного стана. Целью реконструкции является увеличение производительности стана, улучшение качества продукции, снижение простоев.

Реконструкции будет подвергнута большая часть оборудования стана — от ножниц резки в холодном состоянии до устройств разгрузки готового проката, включая оборудование упаковки прутка. Ввод стана после реконструкции планируется на начало 2020 г.

Vinton Steel LLC является мини-заводом мощностью 300 тыс. т/год, имеет электросталеплавильный цех и производит арматуру от № 4 до № 18 для строительства. Кроме того, компания производит гладкий круглый прокат для по-

следующего производства мелющих шаров диаметром от 25 до 100 мм для горнодобывающих предприятий. В 2016 г. компания была приобретена японской фирмой Kyoei Steel Ltd.

ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ

Великобритания

Производитель сварных труб компания Tata Steel установила оборудование для индукционного нагрева труб на редуционный стан для прокатки труб с натяжением, который эксплуатируется в г. Корби (Corby). Оборудование с нагревателем Weldac мощностью 750 кВт поставлено норвежской фирмой EFD Induction. За последние 10 лет это уже четвертый комплект оборудования с нагревателем Weldac, которые Tata Steel устанавливает на своих станах.

Завод производит сварные трубы диаметром от 139,7 до 190 мм и толщиной стенки до 10 мм для строительства, предприятий энергетики, автомобильной и машиностроительной отраслей, а также предприятий, использующих прецизионные трубы.

Tata Steel имеет два трубных завода в Великобритании и три — в Нидерландах.

США

Компания JSW USA начала реконструкцию комплекса в г. Бейтаун (Baytown), штат Техас (строительство ДСП, слябовой МНЛЗ и реконструкция толстолистного стана производительностью 1,2 млн т/год). Имея трубный стан, комплекс позволяет осуществлять производство на одной площадке толстого листа и труб. Компания намерена инвестировать в реконструкцию комплекса более 1 млрд долл. Реконструкцию будет осуществлять фирма Danieli.

Компания Evraz Rocky Mountain Steel — крупнейший производитель рельсов в Северной Америке — планирует инвестировать более 200 млн долл. в строительство трубного завода в г. Пуэбло (Pueblo), штат Колорадо — своего четвертого завода в США.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ОТДЕЛКА ПРОКАТА

Швеция

Шведская металлургическая компания SSAB планирует реконструировать линию непрерывного отжига на своем заводе Borlänge plant в Швеции. Реконструкцию, целью которой будет повышение производительности и эффективности работы линии для производства высоко-

прочных сталей категории AHSS, осуществит французская инжиниринговая фирма Fives. Предполагается, что после реконструкции производительность линии увеличится с 500 тыс. до 650 тыс. т/год. Для повышения эффективности работы линии в печи предварительного нагрева будут установлены каскадные индукционные нагреватели, а также печь фирмы Stein, позволяющая использовать тепло печи с радиантными трубами, оборудованная четырьмя индукторами CELES MP. Планируется, что реконструкция печи будет завершена в IV кв. 2019 г.

МЕТАЛЛ С ПОКРЫТИЯМИ

Вьетнам

Компания Southern Steel Sheet Co. Ltd (SSSC) подписала контракт с фирмой Tenova на поставку оборудования для третьей линии горячего цинкования, которая будет построена на заводе компании в г. Нон Трач (Nhon Trach). Полностью автоматизированная линия производительностью 150 тыс. т/год позволит наносить высококачественные цинковые покрытия на холоднокатаную и горячекатаную полосы. Tenova планирует оборудовать линию газовым ножом последнего поколения, станом правки полосы растяжением, а также системой контроля натяжения полосы, которые были разработаны фирмой Tenova Italimpianti — подразделением Tenova.

Ранее, в 2013 г. Tenova поставила на этот же завод оборудование для линии горячего цинкования № 2 и линии нанесения полимерных покрытий.

Southern Steel Sheet Co. Ltd является совместным предприятием Вьетнамской металлургической корпорации (Vietnam Steel Corp.) и компаний Sumitomo Corp. (Япония) и FIW Steel Sdn Bhd (Малайзия).

Китай

Фирма Danieli поставит китайскому производителю специальных сталей компании Tangshan Donggang две системы газовых ножей для двух строящихся линий горячего цинкования. Технология Danieli Kohler X-JET, использованная в конструкции ножей, позволяет получать высококачественные тонкие равномерные покрытия с высокой скоростью. Ножи будут установлены на линиях, которые будут производить полосу с двухсторонними цинковыми покрытиями общей плотностью до 80 г/м², а также полосу с покрытием 55 % AlZn. При пониженных скоростях работы линии плотность покрытия может достигать 60 г/м². Горячее опробование линий для производства оцинкованной полосы планируется на вторую половину 2019 г.

ЛИНИИ ПОРЕЗКИ ПРОКАТА И СЕРВИСНЫЕ ЦЕНТРЫ (СМЦ)

Индия

Компания JSWMI Steel Service Centre — совместное предприятие JSW Steel и японской Marubeni-Itochu Steel — планирует строительство третьего сервисного металлоцентра (СМЦ) недалеко от г. Ченнаи (Chennai), который будет ориентирован на обеспечение металлопрокатом расположенных в окрестностях города автомобильных заводов. Кроме того, СМЦ будет поставлять производителям упаковки луженую жесть, производство которой в объеме 200 тыс. т/год будет начато в ближайшее время в г. Тарапур (Taraapur). Ранее JSWMI поставляла металл в этот регион с основного завода JSW Steel в г. Виджаянагар (Виджаянагар), штат Карнатака.

МАТЕРИАЛО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭКОЛОГИЯ

Великобритания

Фирма Harsco Corp., специализирующаяся на утилизации отходов металлургического производства, объявила, что ее подразделение Metals & Minerals division подписало новый контракт с английской компанией British Steel. В соответствии с контрактом Harsco Corp. будет обеспечивать работу по вывозу и брикетированию шлака, измельчению кокса, транспортировке слэбов завода Scunthorpe Steel Works, принадлежащего British Steel.

Компания British Steel производит рельсы, конструкционный прокат, специальный профиль и катанку. Компания пользуется услугами фирмы Harsco Corp. уже более 30 лет.

Германия

Германская компания Salzgitter Flachstahl GmbH расширяет использование водорода в металлургическом производстве с целью снижения выделения CO₂. Компания реализует проект SALCOS (Salzgitter Low CO₂ Steelmaking — технология Salzgitter с низким уровнем выбросов CO₂ в сталеплавильном производстве), который позволит в перспективе производить сталь без выбросов CO₂. В качестве первого этапа компания исследует возможность замены угля водородом при плавке железной руды. С этой целью на площадке завода фирма Linde AG построит электролизерный завод для производства водорода на месте. Завод будет получать электроэнергию от семи ветроэлектростанций, которые установит также на территории завода фирма Avacon Natur GmbH.

США

Американская фирма SMS Mill Services LLC, специализирующаяся на переработке отходов металлургического производства, подписала долгосрочный контракт с компанией JSW Steel USA, в соответствии с которым SMS Mill Services будет удалять и перерабатывать шлак электро-сталеплавильного цеха компании JSW Steel USA в г. Минго Джанкшен (Mingo Junction), штат Огайо, извлекать металл из отходов производства и оказывать другие услуги по переработке отходов.

Ранее сообщалось, что JSW Steel USA приступила к реконструкции существующей ДСП и слябовой МНЛЗ на заводе в Минго Джанкшен, который она приобрела в 2016 г. у американской компании RG Steel Corp. Еще раньше владельцами завода были американская компания Wheeling-Pittsburgh Steel и российская компания "Северсталь". В будущем JSW Steel USA планирует реконструировать также вторую ДСП, чтобы полностью загрузить стан горячей прокатки производительностью 3 млн т/год.

Подборка экспресс-информации в этом номере сделана по материалам, опубликованным в периодических зарубежных информационных источниках за сентябрь–октябрь 2018 г.

А.М. ОВЧИННИКОВ

НОВОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ ПЕРИОДИКИ

1. Производство и технология в черной металлургии Японии в 2017 г. Production and technology of iron and steel in Japan during 2017. The Technical Society. The Iron and Steel Institute of Japan. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 987–998. (англ.).
2. Железные порошки из побочных продуктов сталеплавильной промышленности. Iron powders from steel industry by-products. K.S. Sista, S. Dwarapudi. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 999–1006. (англ.).
3. Расчет электропроводности расплавленного многокомпонентного шлака с помощью анализа нейронной сети. Electrical conductivity calculation of molten multicomponent slag by neural network analysis. Y. Haraguchi, M. Nakamoto, M. Suzuki etc. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1007–1012. (англ.).
4. Молекулярно-динамическое моделирование межфазного взаимодействия железо/графит: влияние кислорода. Molecular dynamics simulations of iron/graphite interfacial behaviors: influence of oxygen. Y. Yin, W. Li, H. Shen etc. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1022–1027. (англ.).
5. Подверженность восстановленных гранул железной руды механической деградации. Amenability of reduced iron ore pellets to mechanical degradation. F.O. Boechar, L.T. Rocha, R.M. Carvalho etc. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1028–1033. (англ.).
6. Поведение восстановления и кинетики железорудных гранул в атмосфере H_2-N_2 . Reduction behavior and kinetics of iron ore pellets under H_2-N_2 atmosphere. M. Bai, H. Long, S. Ren etc. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1034–1041. (англ.).
7. Механизм эволюции включений в раскисленной алюминием, Ti-содержащей 11Cr нержавеющей стали с обработкой кальцием. Evolution mechanism of inclusions in Al-killed, Ti-bearing 11Cr stainless steel with Ca treatment. J. Li, G. Cheng, Q. Ruan etc. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1042–1051. (англ.).
8. Количественный анализ минеральных фаз в железорудном агломерате методом рентгеновских дифрактограмм Ритвельда. Quantitative analysis of mineral phases in iron-ore sinter by the rietveld method of X-ray diffraction patterns. T. Takayama, R. Muraо, M. Kimura. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1069–1078. (англ.).
9. Влияние добавок кремния на характер окисления ниобия, содержащегося в ферритной нержавеющей стали. Effect of Si addition on oxidation behavior of Nb containing ferritic stainless steel. Y. Inoue, N. Hiraide, K. Ushioda. *ISIJ International*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 1117–1125. (англ.).
10. Влияние безазотной восстановительной атмосферы на проницаемость когезионного слоя в доменной печи. Effect of Nitrogen-less Reducing Atmosphere on Permeability of Cohesive Layer in Blast Furnace. Y. Kawashiri, T. Nouchi, H. Matsuno. *Tetsu-to-Hagane*, 2018, vol. 104, no. 9, pp. 461–471. (япон.).
11. Оценка эффекта совместимости угля по прочности кокса с помощью поверхностного натяжения полукокса. Evaluation of Coal Compatibility Effect in Coke Strength by Surface Tension of Semi-coke. M. Nagayama, K. Fukada, T. Matsui etc. *Tetsu-to-Hagane*, 2018, vol. 104, no. 9, pp. 472–479. (япон.).
12. Моделирование инициирования поверхностных трещин на слябе при непрерывной разливке методом FEM. Simulation of Crack Initiation on the Slab in Continuous Casting Machine by FEM. K. Toishi, Y. Miki, N. Kikuchi. *Tetsu-to-Hagane*, 2018, vol. 104, no. 9, pp. 486–492. (япон.).
13. Влияние кремния на десульфурацию раскисленной алюминием стали. The Effects of Silicon on Desulfurization in Aluminum-Killed Steels. A. Pitts-Baggett. *Iron & Steel Technology*, 2018, vol. 15, no. 10, pp. 70–78. (англ.).
14. Моделирование объема ударной зоны, создаваемой когерентной и обычной сверхзвуковой струей. Modeling on impact zone volume generated by coherent supersonic jet and conventional supersonic jet. G. Wei, R. Zhu, L. Yang etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 7, pp. 681–691. (англ.).
15. Оптимальная технология процесса горячей прокатки для C–Mn-стали путем комбинирования модели, основанной на промышленных данных, и алгоритма многоцелевой оптимизации. Optimal design of hot rolling process for C–Mn steel by combining industrial data-driven model and multi-objective optimization algorithm. S. Wu, X. Zhu, J. Ren etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 7, pp. 700–705. (англ.).
16. Многоклассовый метод классификации поверхностных дефектов стальной полосы на основе поддерживающих векторов с регулируемой гиперсферой. Multi-class classification method for strip steel surface defects based on support vector machine with adjustable hyper-sphere. M. Chu, X. Liu, R. Gong etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 7, pp. 706–716. (англ.).
17. Исследование контроля включений в высокоалюминиевой стали. Inclusion control study in high aluminum steel. B. Peng, F. Li, S. Zheng etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 8, pp. 796–802. (англ.).
18. Анализ поведения осаждения MnS в сернистых сталях на основе модели разностной сегрегации. Analysis of precipitation behavior of MnS in

- sulfur-bearing steel system with finite-difference segregation model. D. Hu, H. Liu, J. Xie etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 8, pp. 803–812. (англ.).
19. Термомеханический анализ трещин треугольной зоны в слябах при вертикальной непрерывной разливке на основе вязкоупруго-пластической модели. Thermomechanical analysis of triangular zone cracks in vertical continuous casting slabs based on viscoelastic-plastic model. J. Cheng, Y. Wu, Y. Wang etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 8, pp. 813–820. (англ.).
 20. Распределение неметаллических включений в расплавленной стали при верхней горячей импульсной магнитоколебательной обработке. Distribution of nonmetallic inclusions in molten steel under hot-top pulsed magneto-oscillation treatment. H. Li, Z. Liu, R. Li etc. *Journal of Iron and Steel Research International (China)*, 2018, vol. 25, no. 8, pp. 867–876. (англ.).
 21. Передовые технологии термообработки толстого листа. Advanced technologies for heat treatment of heavy plates. H. Kehler, P. Wang. *Millenium Steel*, 2018, pp. 40–41. (англ.).
 22. Производство холоднокатаной неориентированной (CRNO) кремниевой стали на Rourkela Steel Plant, SAIL. Cold rolled non-oriented (CRNO) silicon steel production at Rourkela Steel Plant, SAIL. S.K. Gupta, S. Thakur, K. Patwari etc. *Millenium Steel*, 2018, pp. 43–49. (англ.).
 23. Холодная прокатка высокопрочной стали с системой S6-high от ANDRITZ. Cold rolling of advanced high strength steel with the S6-high solution from ANDRITZ. Z. Yuxian, F. Kopin. *Millenium Steel*, 2018, pp. 51–53. (англ.).
 24. Электромагнитная система EMG eMASS® стабилизации полосы. EMG eMASS® electromagnetic strip stabilisation. S. Dombrowski. *Millenium Steel*, 2018, pp. 55–59. (англ.).
 25. Сравнение методов измерения и вычисления импеданса короткого замыкания электродугowych печей. Comparison of EAF dip test short circuit impedance measurement with impedance computation. D. Riedinger. *Millenium Steel*, 2018, pp. 87–90. (англ.).
 26. Mi.DA 4.0: бесконечный процесс разливки и прокатки, основанный на цифровых технологиях. Mi.DA 4.0: Endless casting and rolling process empowered by digital technologies. A. De Luca, A. Ardesi, L. Cestari. *Millenium Steel*, 2018, pp. 91–99. (англ.).
 27. Модель прогностического контроля для линии непрерывного отжига. Model predictive control applied to a continuous annealing line. C. Perottet. *Millenium Steel*, 2018, pp. 106–112. (англ.).
 28. Осаждение и контроль включений TiN в рельсовых сталях. Precipitation behaviour and control of TiN inclusions in rail steels. Y.L. Jin, S.L. Du. *Ironmaking & Steelmaking*, 2018, vol. 45, no. 3, pp. 224–229. (англ.).
 29. Взаимодействие струи с расплавленной сталью при верхней продувке во время кислородно-конвертерного процесса. Interaction behaviour between top blown jet and molten steel during BOF steelmaking process. L.L. Cao, Q. Liu, Z. Wang etc. *Ironmaking & Steelmaking*, 2018, vol. 45, no. 3, pp. 239–248. (англ.).
 30. Численное моделирование кинетики жидкой среды и десульфурации в установке ковш-печь с перемешиванием аргоном. Numerical modelling of fluid flow and desulphurisation kinetics in an argon-stirred ladle furnace. Q. Cao, A. Pitts, L. Nastac. *Ironmaking & Steelmaking*, 2018, vol. 45, no. 3, pp. 280–287. (англ.).
 31. Горнодобывающие и металлургические отходы: обзор практики утилизации и повторного использования. Mining and metallurgical wastes: a review of recycling and re-use practices. E. Matinde, G.S. Simate, S. Ndlovu. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2018, vol. 118, no. 8, pp. 825–844. (англ.).
 32. Влияние добавки оолитовой гематитовой руды на прочность на сжатие железных руд. Effects of oolitic haematite ore additions on the compressive strength of iron ore pellets F. Yang, S.P. Zhang, T. Tang etc. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2018, vol. 118, no. 8, pp. 879–882. (англ.).

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

(по данным российских и зарубежных СМИ и пресс-служб предприятий)

В РОССИЙСКОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

По данным Росстата, индекс промышленного производства в январе–сентябре 2018 г. составил 103,0 % к январю–сентябрю 2017 г.

В сентябре 2018 г. индекс составил 102,1 % к сентябрю прошлого года.

Индекс металлургического производства в январе–сентябре 2018 г. продемонстрировал рост и составил 100,6 % к уровню января–сентября 2017 г.

В сентябре 2018 г. индекс по сравнению с соответствующим месяцем прошлого года составил 93,5 %.

Индекс производства готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования, в январе–сентябре 2018 г. по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. составил 101,1 %.

В сентябре 2018 г. индекс по сравнению с соответствующим месяцем прошлого года составил 97,3 %.

Выпуск важнейших видов продукции черной металлургии в январе–сентябре 2018 г., млн т

Продукция	Январь–сентябрь 2018 г.	Изменение январь–сентябрь 2018 г./ январь–сентябрь 2017 г., %
Концентрат железорудный	71,1	99,0
Ферросилиций, тыс. т	707,6	113,7
Чугун	38,9	100,4
Сталь нелегированная в слитках или в прочих первичных формах и полуфабрикаты из нелегированной стали	43,7	103,5
Прокат готовый черных металлов	46,4	102,5

По данным Росстата, в январе–сентябре 2018 г. металлургические предприятия России произвели более 38,9 млн т чугуна, что на 0,4 % больше, чем в январе–сентябре 2017 г.

В сентябре 2018 г. снижение производства чугуна (зеркальный и передельный в чушках, болванках или в прочих первичных формах) составило 2,3 % по сравнению с сентябрем 2017 г., по сравнению с августом 2018 г. — 2,3 %.

Производство готового проката за январь–сентябрь 2018 г. увеличилось на 2,5 %, до 46,4 млн т. В сентябре 2018 г. по сравнению с августом 2018 г. объем снизился на 3,8 %, к сентябрю 2017 г. — на 1,9 %.

Экспорт из России в январе–сентябре 2018 г.

Показатель	Объем, тыс. т
Руды и концентраты железные	13287,3
Кокс и полукокс	2022,6
Чугун	4287,8
Ферросплавы	590,5
Полуфабрикаты из углеродистой стали	11912,6
Прокат плоский из углеродистой стали	6147,5

По данным Федеральной таможенной службы (ФТС), в январе–сентябре 2018 г. доля металлов и изделий из них в общем стоимостном объеме экспорта составила 10,2 % по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. (10,1 %).

В том числе в страны дальнего зарубежья доля металлов и изделий из них составила 9,8 %, что выше чем в январе–сентябре 2017 г. (9,7 %), в страны СНГ — 13,1 % (12,5 % в соответствующем периоде прошлого года).

Возросли физические объемы экспорта черных металлов по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. на 12,5 % (стоимостной объем — на 28,8 %), в том числе увеличился экспорт чугуна — на 27 %, стальных полуфабрикатов — на 14,2 %, сократились объемы отгрузки на экспорт листового проката на 6,8 %.

Импорт в Россию в январе–сентябре 2018 г.

Показатель	Объем, тыс. т
Руды и концентраты железные	5925,1
Черные металлы (кроме чугуна, ферросплавов, отходов и лома)	4440,6
Трубы стальные	392,9
Металлоконструкции из черных металлов	178,9

По данным ФТС, в январе–сентябре 2018 г. доля металлов и изделий из них в общем стоимостном объеме импорта составила 7,3 % по сравнению с в январем–сентябрем 2017 г. (7 %).

В товарной структуре импорта из стран дальнего зарубежья доля металлов и изделий из них составила 5,9 % (за 9 мес. 2017 г. — 5,8 %), из стран СНГ — 18,1 % (за 9 мес. 2017 г. — 16,7 %).

Стоимостной объем металлов и изделий из них по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. увеличился на 11,4 %, а физический — на 5,4 %.

Объемы импорта черных металлов и изделий из них в натуральном выражении выросли на 5,8 %, однако снизился ввоз листового проката и труб на 4,7 и 29,8 % соответственно.

По данным Росстата, в январе–сентябре 2018 г. трубные предприятия России произвели 9,1 млн т труб, пустотелых профилей и стальных фитингов, что на 4,7 % выше объема января–сентября 2017 г.

В сентябре 2018 г. по сравнению с сентябрем 2017 г. производство снизилось на 10,3 %, по сравнению с августом 2018 г. сокращение объемов составило 2,8 %.

Индекс производства кокса и нефтепродуктов в январе–сентябре 2018 г. по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. составил 102,2 %.

В сентябре 2018 г. индекс составил 103,5 % по сравнению с сентябрем 2017 г.

Индекс производства по виду деятельности “Добыча полезных ископаемых” в январе–сентябре 2018 г. по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. составил 102,9 %.

В сентябре 2018 г. индекс составил 106,9 % по сравнению с сентябрем 2017 г.

НОВОСТИ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

“Северсталь” в рамках проекта “Продуктовые инновации” в январе–сентябре 2018 г. реализовала 85,5 тыс. т новых сложных видов металлопродукции.

Работа над проектом ведется в пяти категориях — прокат с покрытием, холодно- и горячекатаный прокат, толстый лист с трубами большого диаметра и сортовой прокат.

Компания представила бренд SeverFarm — оцинкованный металлопрокат, устойчивый к воздействию агрессивных сред специально для строительства промышленных и сельскохозяйственных объектов. Кроме того, компанией был разработан бренд “Стальной кашемир Matt” — для производителей профнастила и евроштакетника освоено производство проката с полимерным покрытием с цветной обратной стороной.

“Северсталь” освоила производство инновационного штрипса класса K60 в хладостойком исполнении на стане 5000. Металлопрокат обладает эксплуатационными свойствами, позволяющими сохранять высокие характеристики по ударной вязкости даже в условиях экстремально низких температур (до –42 °С).

“Северсталь – Сортовой завод Балаково” (предприятие “Северсталь Российская сталь”) освоил производство новой металлопродукции.

Это арматура периодического профиля класса А600С (Ан600С) диам. 10–40 мм для железобетонных конструкций.

Новая арматура устойчива к коррозии, кроме того, качество “АрмаНормы” гарантирует больший срок эксплуатации конструкции. “АрмаНорму” применяют в строительной отрасли для всех видов железобетонных конструкций, монолитного и высотного домостроения, объектов городской инфраструктуры (мосты, метро, тоннели, эстакады), в строительстве крупных промышленных объектов.

На Череповецком металлургическом комбинате (входит в “Северсталь Российская сталь”) завершили капитальный ремонт агломашины № 8 в аглодоменном цехе.

Была произведена замена элементов батарейного циклона, узлов окомкователя, одновальной дробилки, а также полностью обновили зажигательный горн и направляющие рабочей и холостой ветвей агломашины. Особое внимание уделено экологической составляющей агломашины и узлам, которые влияют на качество производимого агломерата.

В сталеплавильном производстве Череповецкого металлургического комбината (ЧерМК, предприятие “Северсталь Российская сталь”) реализуется проект по обеспечению комбинированной продувки стали на конвертерах.

Новая технология предполагает перемешивание жидкой стали за счет подачи нейтральных газов через днище конвертера, где установят специальные продувочные блоки.

От реализации проекта ожидается существенный экономический эффект — переход на более эффективную технологию выплавки позволит увеличить выход годного по жидкой стали.

Инвестиционный проект будет реализован последовательно на всех конвертерах сталеплавильного производства ЧерМК.

На Нижнетагильском металлургическом комбинате (входит в ЕВРАЗ) в 2021 г. построят новую МНЛЗ.

Строительство МНЛЗ намечено на 2019–2020 гг.

Сумма инвестиций в проект оценивается в 120 млн долл.

Кроме того, к 2021 г. ЕВРАЗ модернизирует на НТМК рельсобалочный стан и проведет капитальный ремонт доменной печи № 6. Инвестиции составят 215 и 160 млн долл. соответственно.

ЕВРАЗ планирует в 2019–2022 гг. вложить в новые проекты около 1,5 млрд долл.

В производство листового проката и рельсов ЕВРАЗ инвестирует порядка 1 млрд долл. В планах компании запуск листопркатного стана производительностью 2,5 млн т в России и модернизация рельсового завода в США для выпуска 600 тыс. т/год 100-м рельсов и балок.

ЕВРАЗ планирует увеличить капитальные вложения на 2019–2022 гг. до 830–990 млн долл/год.

Компания анонсировала модернизацию производства рельсов на заводе Evraz Rocky Moun-

tain Steel, США, стоимостью 480 млн долл., которая позволит выпускать 100-м рельсы (в настоящее время 25 м) и балки, а также увеличить мощности с 530 до 600 тыс. т/год.

Еще один проект компании на ЗСМК — строительство стана производительностью 2,5 млн т/год горяче- и холоднокатаного листового проката толщиной 1,2–25 мм и шириной 900–1600 мм (выход на проектную мощность в 2022–2023 гг.). Проект позволит компании вернуться на рынок листового проката после закрытия в 2013 г. старого цеха в Новокузнецке и заместить продажи 2,7 млн т/год слябов более маржинальной продукцией. Инвестиции составят порядка 490 млн долл.

Электрометаллургический мини-завод “НЛМК-Калуга” (предприятие “НЛМК-Сорт”) освоил новую продукцию — арматурный прокат.

Арматура класса А600 и А600С диам. 10–25 мм предназначена для железобетонных конструкций.

В сортамент “НЛМК-Калуга” входит также арматурный прокат класса А500С диаметром от 10 до 25 мм, а также стальные уголки 25×4, 63×6, 50×5, 75×5–6, 90×6–7, 100×7–8 и 40×4 мм.

По итогам 9 мес. 2018 г. группа ММК произвела 7,301 млн т чугуна и 9,552 млн т стали, что ниже на 2,8 и 0,2 % соответственно.

Производство металлопродукции в январе–сентябре 2018 г. достигло уровня 8,599 млн т, что на 0,6 % превысило показатели аналогичного периода 2017 г. На долю сортового проката в общем объеме производства пришлось 1,4 млн т, рост к январю–сентябрю прошлого года — 0,3 %. Производство горячекатаного листового проката снизилось на 3,2 % в годовом соотношении, до 3,92 млн т. Объемы производства холоднокатаного листового проката выросли на 6,4 %, до 1,1 млн т.

Златоустовский электрометаллургический завод готовит к пуску новый участок термического отжига.

На участке смонтированы пять печей камерного типа Bosio (Словения), а также все вспомогательные агрегаты.

Термическая камерная печь Bosio типа РР-К 23/1000 предназначена для нагрева круга (340×6000 мм), квадрата (80–550×6000 мм) и

слябов (160–290×500–650×1400 мм). Масса садки печи с учетом подставки — 45 т.

На площадке “Тулачермет-Сталь” завершается реализация проекта по строительству литейно-прокатного комплекса (ЛПК).

Производство металла на ЛПК рассчитывают запустить до конца 2018 г.

Запуск комплекса позволит в большей части закрыть потребности отечественной промышленности в качественном сортовом прокате для строительства, машиностроения и других отраслей.

Сумма инвестиций в создание ЛПК оценивается в 44 млрд руб.

На Выксунском металлургическом заводе (предприятие ОМК) внедряют решение для управления складом SAP EWM.

В результате реализации проекта компания ожидает значительного сокращения трудозатрат, а также количества излишков и недостач. Проект позволит компании эффективно управлять складом в режиме реального времени и стать еще ближе к цифровому предприятию.

Фонд развития промышленности Башкортостана может поддержать новый инвести-

Раздел подготовлен по материалам ОАО “Черметинформация”, следующих информационных агентств: “Коммерсантъ”, “Урал-пресс-информ”, “Металлсервис”, infogeo.ru, MetalTorg.Ru, “Финам.Ru”, “Рейтер”, metallicheskiy-portal.ru, “Металлоснабжение и сбыт”, rusmet.ru, а также Министерства экономического развития РФ, Федеральной государственной службы статистики РФ, Федеральной таможенной службы РФ и пресс-служб предприятий и компаний.

В МЕТАЛЛУРГИИ МИРА

По данным World Steel Association (WSA), в январе–сентябре 2018 г. мировое производство чугуна составило 932,4 млн т, что на 2,5 % выше показателя января–сентября 2017 г.

Крупнейшими производителями чугуна в январе–сентябре 2018 г. оставались Китай (578,6 млн т, рост на 2,8 %), Япония (58,5 млн т, снижение на 0,4 %), Индия (53,1 млн т, рост на 7,7 %) и Россия (39,2 млн т, рост на 1,5 %).

В число ведущих продуцентов чугуна вошли:

- Южная Корея (35,2 млн т, на уровне прошлого года);
- Германия (23,0 млн т, рост на 8 %);
- Бразилия (21,1 млн т, рост на 0,3 %);
- США (17,8 млн т, рост на 4,3 %).

ционный проект Белорецкого металлургического комбината (БМК).

Инвестиции планируются в объеме 1,1 млрд руб.

На БМК продолжаются работы по реализации приоритетного инвестиционного проекта по производству многопрядных канатов. Капитальные вложения по нему составляют свыше 510 млн руб.

В январе–сентябре 2018 г. “Металлоинвест” произвел 2,2 млн т чугуна, что выше на 11,3 % по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

В III кв. 2018 г. с завершением капитального ремонта одной из доменных печей на “Уральской стали” “Металлоинвест” увеличил объем выпуска чугуна на 6,5 %, до 0,8 млн т.

За 9 мес. 2018 г. компания произвела 3,7 млн т стали, что выше на 3,8 % по сравнению с 9 мес. 2017 г.

В январе–сентябре 2018 г. “Металлоинвест” произвел 30 млн т железной руды, что ниже на 0,6 % по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

Компания увеличила выпуск окатышей на 11 %, до 20,8 млн т.

По данным WSA, в январе–сентябре 2018 г. в мире было выплавлено 1346,9 млн т стали, что на 4,7 % выше показателя аналогичного периода 2017 г.

В странах Азии производство стали в январе–сентябре 2018 г. выросло на 5,4 %, до 946,8 млн т, в том числе в Китае — на 7,4 %, до 699,4 млн т. Индия увеличила производство стали на 6,1 %, до 79,7 млн т, Япония — на 0,4 %, до 78,6 млн т. Производство в Южной Корее увеличилось на 2 %, до 54,2 млн т.

Рост производства стали в январе–сентябре 2018 г. достиг в европейских странах (ЕС-28) 1,3 %, до 128 млн т. В том числе увеличилось

производство стали в Италии на 2,9 %, до 18,3 млн т, в Испании — на 1 %, до 10,8 млн т, в Германии — на 3,5 %, до 34 млн т.

Темп производства стали в Турции замедлился до 0,9 %, но был выше уровня аналогичного периода прошлого года, выплавка составила 28 млн т.

В Северной Америке производство стали за рассматриваемый период составило 89,7 млн т, рост на 3,4 %, в том числе в США — на 4,5 %, до 64,2 млн т.

В странах Южной Америки выпуск стали увеличился на 2,5 %, до 33,2 млн т, наибольшее снижение производства в Венесуэле — почти 65 %.

В странах СНГ за 9 мес. 2018 г. выплавляли 76,2 млн т стали, что на 1,8 % выше, чем за аналогичный период прошлого года. Metallургические предприятия Украины нарастили производство на 0,8 %, до 15,8 млн т, Белоруссии — на 6,8 %, до 1,8 млн т.

По прогнозу WSA, темпы роста мирового потребления стальной продукции в 2018 г. составят 3,9 % по сравнению с 2017 г.

В 2019 г. прогнозируют уменьшение этого показателя до 1,9 %.

В 2018 г. основным драйвером мирового рынка стали остается Китай. За счет новых инвестиций в инфраструктуру видимый спрос на стальную продукцию увеличится на 6 % по сравнению с прошлым годом.

В 2018 г. в Индии средние темпы роста потребления стальной продукции прогнозируются на уровне 7,5 %.

Потребление стали в США увеличится, по прогнозам, на 2,3 %. В Японии, Южной Корее спрос будет слабым.

ArcelorMittal ожидает роста стального потребления в СНГ на 2–3 %.

Metallургическая компания ArcelorMittal, крупнейший сталепроизводитель в мире, сохраняет позитивный настрой и оставляет прежний прогноз в отношении роста видимого стального потребления — 2–3 % по итогам 2018 г.

Основываясь на текущих экономических перспективах, ArcelorMittal ожидает, что в США стальное потребление улучшится на 2–3 % ввиду роста спроса в машиностроении и строительстве. В Европе те же отрасли будут поддерживать рост стального спроса в течение 2018 г. в диапазоне от 2 до 3 %. В Бразилии прогнозируется рост на 5,5–6,5 %, в странах СНГ — на 2–3 %.

Без учета Китая стальной спрос в мире, по мнению ArcelorMittal, улучшится по итогам года на 3–4 %. В Китае видимое стальное потребление вырастет на 1–2 % и будет зависеть от спроса на рынке недвижимости, в машиностроении и автомобильной промышленности.

По прогнозу MEPS, производство нержавеющей стали по итогам 2018 г. составит 51,75 млн т.

Ожидаемый рост показателей по сравнению с предыдущим годом — 7,6 %. По итогам 2019 г. производство нержавеющей стали в мире достигнет еще более высокой отметки — 54,2 млн т.

Китай в 2018 г. произведет 27,3 млн т нержавеющей стали (рост — более 6 %) или 53 % от общемирового производства. В 2019 г. показатели вырастут еще на 5 %. Японские металлурги нарастят объемы более чем на 4 %, до 3,3 млн т, южнокорейские — почти на 4 %, до 2,5 млн т, тайваньские — до 1,375 млн т.

По прогнозу International Stainless Steel Forum, мировое производство нержавеющей стали в первом полугодии составило 26,1 млн т, рост объемов на 13,3 % по сравнению с первым полугодием 2017 г.

На долю металлургических предприятий Китая пришлось более половины от общего количества выплавленной нержавеющей стали — 13,64 млн т. Улучшение показателей в годовом соотношении — 13,2 %.

Далее по объемам следуют страны Азии (без учета Китая и Южной Кореи), где изготовили 4,177 млн т нержавеющей стали, превысив результат первого полугодия 2017 г. на 5,8 %.

В Европе производство выросло на 1,4 % в годовом исчислении, до 3,935 млн т. На долю Бразилии, Индонезии, России, Южной Африки и Южной Кореи пришлось 2,865 млн т — на 68,3 % больше, чем в первом полугодии 2017 г.

По данным WSA, мировое производство железа прямого восстановления (DRI) в январе–сентябре 2018 г. выросло на 12,3 %, до 62,5 млн т, по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

Первое место по производству DRI за 9 мес. 2018 г. заняла Индия с производством 23,1 млн т (рост 5,1 %), в Иране произведено 18,5 млн т (рост на 33,6 %), далее следуют Мексика — 4,5 млн т и Саудовская Аравия — 3,8 млн т.

США

По предварительным данным American Iron and Steel Institute (AISI), в январе–сентябре 2018 г. США импортировали 20,1 млн т стального проката, что на 12,5 % ниже, чем за январь–сентябрь 2017 г.

В сентябре 2018 г. импорт готового проката снизился по сравнению с августом до 2,2 млн т, однако по некоторым позициям импорт труб вырос на 26 %, листового горячекатаного проката — на 25 %.

ЕВРОПА

По данным ассоциации Eurofer, в январе–августе 2018 г. страны ЕС-28 сократили объемы экспорта сортового и листового проката на 4,8 %, до 13,9 млн т, по сравнению с январем–августом 2017 г.

В том числе экспорт листового проката сократился на 2,8 %, до 9 млн т, в годовом сравнении, сортового проката — на 8,3 %, до 4,9 млн т.

По данным ассоциации Eurofer, страны ЕС-28 в январе–августе 2018 г. увеличили импорт сортового и листового проката на 10 %, до 20 млн т, по сравнению с январем–августом 2017 г.

Импорт листового проката увеличился на 2,1 %, до 15 млн т, ввоз сортового проката вырос на 44 %, до 4,9 млн т.

По итогам 2018 г. видимое стальное потребление в странах ЕС вырастет на 2,2 %.

В 2019 г. тенденция продолжится, ожидаемый рост — 1,1 %, до 164 млн т.

В настоящее время на долю импорта приходится 25 % стального рынка ЕС. За январь–сентябрь 2018 г. Турция и Россия значительно нарастили поставки — на 57 и 56 % соответственно.

ТУРЦИЯ

По предварительным данным Turkey's Steel Exporters' Association (CIB), в январе–октябре 2018 г. Турция нарастила экспорт металлопродукции на 15,5 %, до 16,8 млн т, по сравнению с январем–октябрем 2017 г.

В октябре 2018 г. вырос экспорт на 46 %, до 2,2 млн т.

ЛАТИНСКАЯ АМЕРИКА

По данным Latin American Steel Association (Alacero), в январе–августе 2018 г. видимое потребление стальной продукции в странах Латинской Америки и Карибского бассейна составило 45,1 млн т, сохранившись на уровне января–августа 2017 г.

По итогам 8 мес. 2018 г. в потреблении проката в странах Латинской Америки и Карибского бассейна 57 % составил листовой прокат (25,5 млн т), 42 % сортовой прокат (18,9 млн т) и 1 % бесшовные трубы (629 тыс. т).

Потребление проката выросло за рассматриваемый период в Бразилии (на 9 %), Аргентине (на 8 %), Уругвае (на 12 %), сократилось в Мексике, Перу, Венесуэле.

По данным Alacero, в январе–августе 2018 г. производство стального проката в странах Латинской Америки и Карибского бассейна выросло на 4 % по сравнению с уровнем января–августа 2017 г. и составило 41 млн т.

На долю листового проката пришлось 19,78 млн т, сортового — 19,9 млн т.

Основным производителем является Бразилия — 17,5 млн т проката (43 % от общего производства региона). На долю Мексики приходится 36 % (14,7 млн т) общего производства проката в регионе.

БРАЗИЛИЯ

По предварительным данным Brazil Steel Institute (IABr), за январь–сентябрь 2018 г. бразильские металлургические предприятия увеличили производство готового стального проката на 5,5 %, до 17,5 млн т, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

В сентябре 2018 г. производство проката составило 2,1 млн т, увеличившись на 10,8 % по сравнению с сентябрем 2017 г. В том числе производство листового и сортового проката составило 1,3 и 0,76 млн т, рост на 13 и 7,3 % соответственно.

ЯПОНИЯ

По данным Japan Iron and Steel Federation (JISF), в январе–сентябре 2018 г. Япония сократила производство горячекатаного проката из рядовой стали на 0,6 %, до 53,8 млн т, по сравнению с объемом января–сентября 2017 г.

Снижение производства отмечалось по следующим сортаментным группам: рельсы, балки, крупный и средний сорт, высокоуглеродистая канатка, но выросло производство толстого листа.

Производство горячекатаного проката из специальных сталей замедлилось и выросло на 2,6 %, до 15,6 млн т. Однако сократилось производство холоднокатаного штрипса, листа из электротехнической стали и оцинкованного листа.

По данным JISF, в январе–сентябре 2018 г. Япония поставила на экспорт 26,7 млн т стальной продукции, что на 3,8 % ниже по сравнению с объемом января–сентября 2017 г.

Экспортные поставки стального проката из рядовой стали сократились на 4,7 %, до 17,6 млн т, проката из специальных сталей — на 2,8 %, до 6 млн т, полуфабрикатов — на 0,6 %, до 3,1 млн т.

Основным экспортным направлением для японского стального проката оставались страны Азии, в которые в рассматриваемый период было отгружено 18,1 млн т (без учета Китая). Экспорт в Китай сократился на 2,5 %, до 4,11 млн т. Поставки японской продукции в страны Ближнего Востока выросли на 2,6 %, в Европу — на 14,4 %, в Северную Америку сократились на 20 %.

По данным JISF, в январе–сентябре 2018 г. Япония сократила импорт готовой стальной продукции до 4,1 млн т, что на 8 % ниже показателя января–сентября 2017 г.

Импортные поставки стального проката из рядовой стали сократились на 5,8 %, до 3,3 млн т, из специальных сталей — на 27 %, до 510,8 тыс. т, по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

Многие поставщики металлопродукции в Японию сократили отгрузки, в том числе Южная Корея (12,1 %), Тайвань (4,3 %), в то же время Китай увеличил отгрузки в Японию на 27,7 %, Таиланд — на 4,4 %.

КИТАЙ

По предварительным данным Государственной таможни Китая, в январе–сентябре 2018 г. экспорт стального проката из Китая составил 53,08 млн т, что на 10,7 % ниже уровня января–сентября прошлого года.

В сентябре 2018 г. объемы китайского экспорта достигли 5,95 млн т. Импорт сократился на

0,4 %, до 9,97 млн т. Прибыль металлургов с начала года выросла на 73,1 % в годовом исчислении, до 311,7 млрд юаней.

По прогнозу металлургической компании Baowu Steel Group, за 2018 г. выпуск стали в Китае превысит 900 млн т.

Власти китайского промышленного центра в провинции Хэбэй (в Ханьдане) должны сократить в 2018 г. уровень загрузки доменных печей на 41 % для снижения уровня загрязнения воздуха.

Это соответствует 21,17 млн т чугуна.

Ранее зимние ограничения действовали в провинции Хэбэй – Таншане. Тогда уровень загрузки доменных печей снизился на 33,8 %, что соответствует 19,74 млн т чугуна в годовом эквиваленте.

Австралийский департамент промышленности, инноваций и науки прогнозирует, что в 2018 г. потребление стали в Китае возрастет на 2,8 %.

В 2019 г. оно снизится на 1,9 %, а в 2020 г. — на 2,3 %.

Изменение тенденции производства будет определяться рядом правительственных мер, включая ужесточение экологического регулирования, что приведет к закрытию некоторых производственных мощностей.

В начале ноября 2018 г. китайская компания Shagang Group приостановит работу девяти доменных печей, годовая производительность которых составляет 3,07 млн т.

Доменные печи будут простаивать в период с 1 по 15 ноября 2018 г.

Аналогичные меры предпримет Yonggang Group, дочерняя компания Shagang Group, где в ноябре 2018 г. будет приостановлена работа четырех доменных печей годовой производительностью 2,84 млн т, а также части сталеплавильного производства.

По оценкам аналитиков, остановка оборудования приведет к сокращению производства чугуна на 0,29 млн т, стали — на 0,16 млн т.

По данным CISA, прибыль китайских сталеплавильных предприятий достигла 230 млрд юаней (33 млрд долл.), что на 86 % больше показателей 9 мес. 2017 г.

Рост прибыли обеспечен повышающимся спросом на металлопродукцию на внутреннем рынке и стабильными ценами на железную руду.

Китайские металлургические компании продолжают закрывать избыточные и устаревшие мощности.

Компания Shandong Iron & Steel Group закрыла мощности по выплавке 1,22 млн т/год чугуна и 1,35 млн т/год стали на территории своего подразделения Laiwu Iron and Steel в провинции Синцзян.

Компания Maanshan Iron & Steel заявила о выводе из эксплуатации двух 40-т конвертеров на предприятии по выпуску сортового проката, который находится в провинции Аньхой, мощностью 1,28 млн т/год.

Maanshan за последние три года сообщила о закрытии мощностей по выплавке 2,34 млн т чугуна и 2,79 млн т стали.

В Китае за 9 мес. 2018 г. производство нержавеющей стали сократилось на 0,8 %, до 17,81 млн т.

В сентябре 2018 г. Китай изготовил 2,16 млн т нержавеющей стали. Рост объемов к предыдущему месяцу составил 3,9 %, в годовом соотношении — 1,6 %.

На долю 200-й нержавеющей стали в общем объеме пришлось 0,588 млн т, рост — 7,3 %.

Производство 300-й стали выросло к августу на 4 %, до 1,184 млн т.

ИНДИЯ

По прогнозу Joint Plant Committee (JPC), в ближайшие 3 года потребление стальной продукции в Индии будет расти на 10–11 % в год.

Рост будет обеспечен за счет подъема в национальном строительном секторе.

По данным JPC, за 6 мес. 2018–2019 фин. года (апрель–сентябрь 2018 г.) объем выплавки стали в Индии вырос на 6 %, до 52,28 млн т, по сравнению с прошлым годом.

Выпуск готового проката вырос на 4 %, до 63,76 млн т.

По данным JPC, за 6 мес. 2018–2019 фин. года (апрель–сентябрь 2018 г.) Индия снова стала нетто-импортером стальной продукции.

За 6 мес. 2018 г. компании экспортировали 3,14 млн т стальной продукции, что на 35,2 % ниже объема аналогичного периода прошлого финансового года, импорт при этом сократился на 7,4 %, до 3,96 млн т.

ИРАН

За 6 месяцев текущего финансового года (21 марта 2018 г. – 22 сентября 2019 г.) металлургические компании Ирана экспортировали 4,16 млн т заготовки и готового проката, что на 11,4 % выше объемов прошлого года.

Экспорт сортового проката составил 637 тыс. т, что более чем вдвое выше уровня прошлого года.

Импорт готовой стальной продукции в Иран за 6 месяцев снизился до 546 тыс. т (на 47 % по сравнению с объемом 6 месяцев прошлого года).

Более 83 % импорта составляют поставки листового проката: холоднокатаные рулоны, сталь с покрытием, горячекатаный прокат толщиной до 3 мм.

БЕЛОРУССИЯ

По данным государственной статистики Республики Беларусь, индекс металлургического производства и производства готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования, в январе–сентябре 2018 г. по сравнению с январем–сентябрем 2017 г. составил 103,8 % (в сопоставимых ценах).

По данным государственной статистики Республики Беларусь, в январе–сентябре 2018 г. производство стали составило 1875,5 тыс. т, что на 7 % выше объема января–сентября 2017 г.

Производство готового проката за рассматриваемый период составило 1688 тыс. т и увеличилось на 7 %, стальных труб — 144,5 тыс. т (рост на 17,7 %).

КАЗАХСТАН

По данным государственной статистики Республики Казахстан, в январе–сентябре 2018 г. индекс промышленного производства составил 104,8 % по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

По данным государственной статистики Республики Казахстан, в январе–сентябре 2018 г. индекс производства готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования, составил 101,0 % по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

Увеличилось производство продукции черной металлургии — индекс составил 103,7 %.

По данным государственной статистики Республики Казахстан, по итогам января–сентября 2018 г. металлургические компании страны выплавляли 3,37 млн т стали, что на 2 % меньше, чем за январь–сентябрь 2017 г.

В январе–сентябре 2018 г. производство листового проката выросло на 4,2 %, до 2,21 млн т.

УКРАИНА

По предварительным данным “Укрметаллургии”, в январе–сентябре 2018 г. украинские металлургические компании произвели 13,83 млн т стального проката, что на 3 % больше объемов января–сентября 2017 г.

Производство трубной продукции выросло на 6 %, до 0,83 млн т.

По предварительным данным “Укрметаллургии”, в январе–сентября 2018 г. украинские компании экспортировали 11,2 млн т проката, рост на 4,4 % по сравнению с объемом прошлого года.

Доля экспорта в производстве составила 81,1 %.

В структуре экспорта в основном полуфабрикаты, на долю которых приходилось 43,8 %, что выше показателя аналогичного периода 2017 г.

Доля плоского проката составила 34,8 %, удельный вес сортового проката — 21,4 %.

Основными экспортными рынками украинской металлопродукции остаются страны ЕС (32,9 %), Африки (17,4 %) и Ближнего Востока (11,1 %).

По предварительным данным “Укрметаллургии”, в январе–сентябре 2018 г. потребление в стране несколько сократилось на 1 %, до 3,69 млн т, по сравнению с январем–сентябрем 2017 г.

В потреблении металлопроката 29,2 % составляет импорт (вырос по сравнению с показателем прошлого года — 26,1 %).

Структура импорта характеризовалась доминированием листового проката (49,4 %) над сортовым (47,5 %).

Основные поставщики: страны СНГ — 55,1 %, Азии — 18,4 %, ЕС — 17,7 %.

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ СЕКТОР

По данным Metal Bulletin, в начале октября 2018 г. стоимость руды с 62 %-ным содержанием железа на спотовом рынке составляла порядка 69,90 долл/т CFR с доставкой в китайский морской порт.

Цены на железную руду с содержанием железа 58 и 52 % также увеличились.

По данным Sinferbase, в январе–июле 2018 г. Бразилия экспортировала 262,1 млн т железорудного сырья, что ниже уровня прошлых лет.

Горнодобывающие компании Бразилии в сентябре 2018 г. увеличили экспорт железной руды на 6,2 %, до 34 млн т, к сентябрю 2017 г.

По данным Австралийского бюро статистики, Австралия в сентябре 2018 г. экспортировала 73,6 млн т железной руды, что ниже на 3 млн т по сравнению с сентябрем 2017 г.

В III кв. 2018 г. австралийский экспорт железной руды составил 217,7 млн т при снижении на 4,3 млн т по сравнению с III кв. 2017 г. Во II квартале он был на уровне 233,9 млн т.

По предварительным данным Китайской таможенной службы, в январе–сентябре 2018 г. Китай импортировал 803,3 млн т железной руды, что ниже на 1,6 % объема января–сентября 2017 г.

В сентябре 2018 г. китайский импорт железной руды увеличился на 4,2 % по сравнению с августом 2018 г. и составил 93,1 млн т.

Раздел подготовлен по материалам ОАО «Черметинформация», следующих информационных агентств: Bloomberg, Sinterbase, Reuters, Metal Bulletin, MetalTorg.Ru, infogeo.ru, metallicheckiy-portal.ru, «Белстат», «Металлсервис», Steelland, а также World Steel Association, Joint Plant Committee, Indian Steel Ministry, Eurofer, International Stainless Steel Forum, American Iron and Steel Institute, Brazil Steel Institute, Japan Iron and Steel Federation, MEPS, Istanbul Mineral and Metals Exporters' Association, Bureau of Resources and Energy Economics, Министерство промышленности и торговли Вьетнама, «Агентство Республики Казахстан по статистике», «Агентство Республики Беларусь по статистике».

ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ

25 октября 2018 г. на площадке ГНЦ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина” прошло одно из наиболее значимых событий для металлургической отрасли России — **III Международная конференция “ЧЕРМЕТСТАНДАРТ-2018: Стандартизация — ключевой инструмент повышения экономической эффективности металлургической отрасли России”**.

Традиционно организаторами проведения конференции выступили: ведущий в России научно-исследовательский центр по созданию металлургических технологий и новых материалов — ГНЦ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, объединение крупнейших ведущих металлургических компаний России — ассоциация “Русская Сталь” и представляющий интересы представителей промышленного сообщества — Комитет по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия общероссийской организации Российский союз промышленников и предпринимателей при непосредственной поддержке Министерства промышленности и торговли России, Евразийской экономической комиссии и Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта).

Конференция проходила в насыщенном динамичном формате и включала пленарную часть и секции по обсуждению вопросов стандартизации и подтверждения соответствия. Официальную часть пленарного заседания открыл генеральный директор ГНЦ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, советник Министра Минпромторга России Семенов В.В.

В пленарном заседании приняли участие заместитель директора Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений Минпромторга России Копкина М.М., начальник отдела развития черной металлургии, трубной промышленности и металлоконструкций Департамента металлургии и материалов Минпромторга России Семин А.Н., заместитель начальника управления технического регулирования и стандартизации Росстандарта Тошев Д.А., директор Центра стандартизации и сертификации металлопродукции ГНЦ ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина” Еремин Г.Н., исполнительный директор ассоциации “Русская Сталь” Сентюрин А.В, первый заместитель председателя Комитета РСНП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия, председатель Совета по техническому регулированию и стандартизации при Минпромторге России Лоцманов А.Н. и президент Российского союза поставщиков металлопродукции, генеральный директор ИИС “Металлоснабжение и сбыт” Романов А.Г.

Во вступительном слове Виктор Владимирович Семенов отметил особую роль санкций и экономического давления на Россию, которые вопреки целям западного сообщества, наоборот, способствуют ее укреплению на международном уровне и стимулируют экономическое развитие. Кроме того, генеральный директор главного научного центра отметил значимость вопросов стандартизации и технического регулирования в вопросах защиты рынка РФ от некачественной металлопродукции.

В ходе пленарного заседания особое внимание было уделено изменениям законодательной, нормативной и технической базы в сфере технического регулирования, стандартизации и оценке соответствия, а также актуальным работам, направленным на развитие стандартизации в Российской Федерации и совершенствование ее законодательных основ. Кроме этого были подняты вопросы активизации сотрудничества в направлении развития национальной и межгосударственной стандартизации в рамках реализации отраслевых программ импортозамещения с учетом современных требований, предъявляемых к металлопродукции со стороны различных отраслей промышленности, и фактически имеющихся в настоящее время технологических возможностей металлургических комбинатов.

Конференция продолжилась работой по секциям в формате активного общения: “Практика применения стандартов в черной металлургии” и “Вопросы обязательного подтверждения соответствия продукции черной металлургии. Актуализация базы нормативных документов для целей подтверждения соответствия”.

В заседаниях секций приняли участие руководители и ведущие специалисты металлургических компаний, организаций, учебных и исследовательских институтов, а также представители смежных отраслей промышленности.

В ходе работы секций рассмотрены актуальные вопросы применения стандартов в черной металлургии, состояние базы нормативных документов и перспективы разработки межгосударственных и национальных стандартов, а также проблемы оборота фальсифицированной и контрафактной металлопродукции на рынке и последствия ее применения для конечных потребителей.

Участники обсудили значимые вопросы подтверждения соответствия продукции требованиям стандартов, включая проведение независимых испытаний металлопродукции в аккредитованных испытательных лабораториях и центрах.

ООО «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИК»

119021 г. Москва, Комсомольский проспект, д. 1. Тел./факс (499)129-37-09
ИНН 7704564711 КПП 770401001 Р/с 40702810200120001510 в Филиале «Центральный»
Банка ВТБ (ПАО)
в г. Москве БИК 044525411 к/с 30101810145250000411 в Отделении 1 ГУ ЦБ РФ
по Центральному ФО г. Москва

Исх. № 16/10 от 28.09.2018

Доводим до вашего сведения, что 12–13 февраля 2019 г. в Москве в конференц-зале гостиницы “Варшава” состоится:

XXVIII Международная конференция “ОГНЕУПОРЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – 2019”

В конференции запланировано участие руководителей и экспертов министерств, федеральных служб, ведущих российских и зарубежных инжиниринговых компаний, проектных организаций, институтов, огнеупорных и металлургических предприятий.

На конференции будут рассматриваться следующие вопросы:

- **Сырьевая база.** Сырье, используемое для современного производства огнеупоров. Проблема улучшения качества сырья. Способы уменьшения содержания вредных примесей в сырье. Первичная рудоподготовка сырья. Анализ сырья российских и зарубежных месторождений.

- **Оборудование.** Опыт использования оборудования на различных огнеупорных производствах. Проблемы реконструкции и эксплуатации оборудования. Новое оборудование, поставляемое зарубежными фирмами для огнеупорных предприятий.

- **Неформованные огнеупоры.** Новые технологии для производства современных огнеупоров. Требования к составу и подготовке сырья. Свойства производимых огнеупорных изделий. Проблемы повышения качества огнеупоров.

- **Огнеупоры для производства чугуна и стали.** Опыт применения различных видов огнеупоров в агрегатах черной металлургии. Стойкость огнеупоров. Сравнение огнеупорных изделий разных производителей.

- **Огнеупоры для разливки стали.** Новые исследования по использованию огнеупоров в агрегатах разливки стали.

- **Цветная металлургия, литейная, цементная, стекольная химическая и нефтехимическая промышленность.** Огнеупоры для цветной металлургии, литейной, цементной, стекольной и химической промышленности. Графит. Керамика. Новые потребности промышленности и предложения производителей.

- **Инвестиции, менеджмент производства и сбыта, анализ рынка.** Анализ состояния рынка огнеупорной продукции в России за 2018 г. и перспективы его развития в 2019 г. Инвестиционные проекты технического перевооружения предприятий. Внедрение систем технического менеджмента и менеджмента по сбыту выпускаемой продукции. Обследование огнеупорных предприятий и их производств на основе информационно-аналитических систем.

Стоимость участия в конференции из расчета на одного человека составляет **25 000 руб.** без НДС.

Рабочие языки конференции **русский и английский**. Предусмотрен синхронный перевод.

Материалы наиболее интересных докладов будут опубликованы в Бюллетене научно-технической и экономической информации “Черная металлургия”.

Темы выступлений и заявки на участие просьба выслать в оргкомитет конференции до **20 ноября 2018 г.** по электронной почте или факсу.

Телефоны: (495) 413–52–84 Филимонов Владимир Алексеевич

(499) 129–37–09; 8_915–295–01–88 (моб.) Борисов Андрей Геннадиевич

Факсы: (499) 129–37–09

Электронная почта: Andrey.Borisov2011@gmail.com

СТАТИСТИКА*

ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Показатель	Август 2018 г.	В % к		Январь– август 2018 г. в % к январю– августу 2017 г.	Справочно		
		августу 2017 г.	июлю 2018 г.		август 2017 г. в % к		январь– август 2017 г. в % к январю– августу 2016 г.
					августу 2016 г.	июлю 2017 г.	
Валовой внутренний продукт, млрд руб.	47086,0 ¹⁾	101,7 ²⁾			101,6 ³⁾		
Индекс выпуска товаров и услуг по базовым видам экономической деятельности		101,1	104,7	102,5	104,2	106,4	103,0
Индекс промышленного производства ⁴⁾		102,7	102,7	103,1	104,0	103,8	103,3
Продукция сельского хозяйства, млрд руб.	646,3	89,2	132,2	97,4	105,4	149,5	101,1
Грузооборот транспорта, млрд т·км	472,1	102,5	100,0	103,0	107,7	101,6	107,2
в том числе железнодорожного транспорта	218,1	104,4	99,3	104,6	105,2	100,2	106,9
Объем услуг в сфере телекоммуникаций, млрд руб.	146,3	101,2	100,8	100,4	98,9	102,8	97,8
Оборот розничной торговли, млрд руб.	2748,0	102,8	103,6	102,7	101,7	103,5	100,2
Объем платных услуг населению, млрд руб.	799,8	102,0	99,9	102,8	99,2	101,2	100,2
Внешнеторговый оборот, млрд долл.	55,5 ⁵⁾	121,8 ⁶⁾	96,3 ⁷⁾	121,5 ⁸⁾	118,0 ⁶⁾	90,5 ⁷⁾	127,2 ⁸⁾
В том числе:							
экспорт товаров	34,4	139,5	94,1	128,5	110,0	83,6	126,8
импорт товаров	21,0	100,9	100,0	111,0	129,1	100,3	127,9
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	5961,4 ⁹⁾	103,2 ²⁾			103,6 ³⁾		
Индекс потребительских цен		103,1	100,0	102,4	103,3	99,5	104,2
Индекс цен производителей промышленных товаров ⁴⁾		115,3	100,2	110,4	104,7	101,5	107,6
Реальные располагаемые денежные доходы ¹⁰⁾		99,1	99,3	102,2 ¹¹⁾	99,0	102,5	97,3 ¹¹⁾
Среднемесячная начисленная заработная плата работников организаций:							
номинальная, руб.	41140 ¹⁰⁾	110,3 ¹⁰⁾	97,0 ¹⁰⁾	111,0 ¹⁰⁾	105,7	97,6	106,8
реальная		107,0 ¹⁰⁾	97,0 ¹⁰⁾	108,4 ¹⁰⁾	102,3	98,1	102,5
Общая численность безработных (в возрасте 15 лет и старше), млн чел.	3,5	92,4	97,3	91,7	93,9 ¹²⁾	97,2	93,0 ¹²⁾
Численность официально зарегистрированных безработных (по данным Роструда), млн чел.	0,7	87,9	98,4	86,6	85,0	96,9	85,2

1) Данные за I полугодие 2018 г. (первая оценка).

2) I полугодие 2018 г. в % к I полугодию 2017 г.

3) I полугодие 2017 г. в % к I полугодию 2016 г.

4) По видам деятельности “Добыча полезных ископаемых”, “Обрабатывающие производства”, “Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха”, “Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений”.

5) Данные за июль 2018 г.

6) Июль 2018 г. и июль 2017 г. в % к соответствующему периоду предыдущего года, в фактически действовавших ценах.

7) Июль 2018 г. и июль 2017 г. в % к предыдущему месяцу, в фактически действовавших ценах.

8) Январь–июль 2018 г. и январь–июль 2017 г. в % к соответствующему периоду предыдущего года, в фактически действовавших ценах.

9) Данные за I полугодие 2018 г.

10) Оценка.

11) В целях сопоставимости данных показатель приведен без учета единовременной денежной выплаты пенсионерам в январе 2017 г. в размере 5 тыс. руб., назначенной в соответствии с Федеральным законом от 22 ноября 2016 г. № 385-ФЗ. С учетом указанной выплаты реальные располагаемые денежные доходы в январе–августе 2018 г. в % к январю–августу 2017 г. составили 101,4 %, в январе–августе 2017 г. в % к январю–августу 2016 г. — 98,0 %.

12) Показатель рассчитан по численности безработных в возрасте 15–72 лет.

*Использованы данные Федеральной службы государственной статистики РФ, ОАО “Черметинформация”.

**ОБОРОТ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
в действующих ценах**

Подотрасль, продукция	Август 2018 г., млрд руб.	В % к		Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.
		августу 2017 г.	июлю 2018 г.	
Всего	15848,3	112,1	100,9	112,5
Добыча полезных ископаемых	1557,1	134,0	101,5	128,3
В том числе:				
добыча угля	154,2	142,9	104,8	122,1
добыча сырой нефти и природного газа	1074,9	142,7	100,7	136,3
добыча металлических руд	125,7	123,2	111,8	113,2
добыча прочих полезных ископаемых	51,6	106,4	96,2	104,6
Обрабатывающие производства	4105,4	116,1	103,1	118,9
В том числе:				
производство пищевых продуктов	439,7	104,5	102,7	103,4
производство напитков	75,8	103,3	94,5	108,3
производство табачных изделий	36,7	93,1	в 3,8 р.	129,6
производство текстильных изделий	21,3	111,0	104,4	110,9
производство одежды	22,8	108,1	112,8	103,8
производство кожи и изделий из кожи	7,0	92,3	125,3	96,6
обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	57,4	115,9	104,7	115,5
производство бумаги и бумажных изделий	94,7	118,2	107,3	117,1
деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	26,0	112,6	92,3	118,9
производство кокса и нефтепродуктов	1264,1	142,6	98,9	142,5
производство химических веществ и химических продуктов	260,7	119,6	106,6	112,5
производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	49,4	124,5	136,3	108,5
производство резиновых и пластмассовых изделий	101,4	110,7	105,4	110,4
производство прочей неметаллической минеральной продукции	149,7	103,3	101,2	106,2
производство металлургическое	558,2	116,4	102,6	120,3
производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	184,3	99,9	107,8	98,9
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	99,1	94,9	100,9	103,0
производство электрического оборудования	95,1	106,2	102,0	108,3
производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	110,4	100,2	96,3	105,2
производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	215,9	115,2	111,9	118,1
производство прочих транспортных средств и оборудования	129,1	85,2	108,7	115,1
производство мебели	21,7	96,0	106,8	104,4
производство прочих готовых изделий	15,4	93,6	88,7	107,6
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	605,1	100,8	99,9	105,8
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	100,9	109,6	99,8	109,6
Строительство	593,2	88,4	94,7	100,7

ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОТРАСЛЯХ

Подотрасль, продукция	Август 2018 г.	В % к		Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.
		августу 2017 г.	июлю 2018 г.	
Электроэнергия, млрд кВт·ч	84,6	101,1	102,0	101,3
Пар и горячая вода, млн Гкал	44,4	98,5	103,3	102,5
Нефтедобывающая				
Нефть сырая, включая газовый конденсат, млн т	47,3	102,8	99,8	100,6
Нефтеперерабатывающая				
Нефть, поступившая на переработку (первичная переработка нефти), млн т	24,7	100,5	97,1	102,2
Бензин автомобильный, млн т	3,4	97,8	95,3	103,1
Дизельное топливо, млн т	6,6	95,9	95,6	99,7
Топочный мазут, млн т	3,8	100,1	94,4	92,2
Газовая				
Газ горючий природный (газ естественный), млрд м ³	47,5	100,1	100,7	106,2
Газ нефтяной попутный (газ горючий природный нефтяных месторождений), млрд м ³	7,4	104,0	97,5	104,2
Угольная				
Уголь, млн т	37,4	111,5	105,7	107,7
В том числе:				
каменный	31,5	110,2	103,9	106,2
бурый рядовой (лигнит)	5,9	119,0	116,3	115,0
Уголь каменный и бурый обогащенный, млн т	10,4	99,2	98,4	98,2

ОБЪЕМ ПОГРУЗКИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ГРУЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ¹⁾, млн т

Продукция	Август 2017 г.	Январь–август 2017 г.	Декабрь 2017 г.	Январь– декабрь 2017 г.	Август 2018 г.	Январь–август 2018 г.
Грузы, всего	106723,9	836957,0	110574,9	1266482,1	108930,9	860973,8
В том числе:						
каменный уголь	28668,9	236484,6	32742,6	361539,0	31282,2	248851,1
кокс	973,8	7518,8	950,8	11162,9	942,8	7275,9
нефть и нефтепродукты	19234,0	156863,6	21275,0	235733,8	19316,1	156858,4
руда железная и марганцевая	9476,1	73300,8	9799,5	110472,1	10176,3	77308,5
руды цветных металлов и серное сырье	1748,6	13766,0	1640,7	20224,3	1751,2	13465,3
черные металлы	6114,4	47378,6	7163,2	72967,9	6409,1	52476,3
лом черных металлов	1441,6	9917,3	1314,4	15744,5	1597,4	10040,3
химические и минеральные удобрения	4772,3	37954,9	5199,3	57084,6	4818,0	39521,6
строительные грузы	12561,9	90390,0	9455,2	133139,9	10817,2	85426,9
цемент	3012,8	18453,1	1408,0	26824,3	2601,5	17197,2
лесные грузы	3553,1	30008,3	3683,7	43271,4	3849,8	31152,2
зерно и продукты перемола	2124,0	14041,0	2789,3	24746,0	2165,8	19486,8
комбикорма	89,3	679,8	78,7	993,5	79,1	615,2
импортные грузы	980,9	6387,6	744,9	9778,4	786,3	6356,7
рыба	28,1	217,0	42,2	332,7	14,3	171,7
прочие грузы	11944,1	93595,6	12287,4	140857,4	12323,8	94773,0

1) По данным ОАО РЖД.

ТОВАРНЫЙ СОСТАВ ЭКСПОРТА

Продукция	Июль 2018 г.	В % к		Январь-июль 2018 г. в % к январю- июлю 2017 г.	Справочно		
		июлю 2017 г.	июню 2018 г.		июль 2017 г. в % к		январь-июль 2017 г. в % к
					июлю 2016 г.	июню 2017 г.	январю- июлю 2016 г.
Рыба свежая и мороженая, тыс. т ¹⁾	146,9	98,1	127,2	99,6	113,8	139,1	126,7
Ракообразные и моллюски, тыс. т ¹⁾	10,9	107,9	86,1	104,1	128,2	105,0	144,9
Пшеница и меслин, тыс. т	3832,1	в 2,7 р.	177,9	180,2	89,8	107,5	117,7
Мука пшеничная или пшенично-ржаная, тыс. т	17,3	107,1	110,0	159,2	в 2,1 р.	118,3	65,8
Крупа, тыс. т	2,6	123,1	79,6	105,9	85,8	63,6	106,1
Масло подсолнечное, сафлоровое или хлопковое и их фракции, тыс. т	162,7	139,4	80,1	98,6	178,3	51,9	134,3
Макаронные изделия, тыс. т	7,9	105,0	97,7	91,2	92,4	72,9	111,7
Кондитерские мучные изделия, тыс. т	17,0	115,8	95,1	113,2	98,1	98,6	97,5
Соль, пригодная для употребления в пищу, тыс. т	3,7	93,9	98,6	113,0	91,6	104,8	105,0
Фосфаты кальция, тыс. т	166,5	43,4	52,0	102,5	183,2	в 4,5 р.	112,4
Руды и концентраты железные, тыс. т	1212,7	77,9	68,7	81,7	110,1	133,4	118,4
Уголь каменный, млн т	11,5	113,0	59,2	109,9	109,1	49,3	109,8
Кокс и полукокс, тыс. т	148,7	59,7	63,3	91,5	181,3	142,4	162,5
Нефть сырая, включая газовый конденсат природный, млн т	20,9	96,5	104,2	98,7	104,4	100,9	100,4
Нефтепродукты, млн т	11,8	108,0	93,5	98,3	94,2	78,5	99,1
Газ природный, млрд м ³	15,7	101,4	97,2	106,3	112,5	102,5	112,0
Электроэнергия, млрд кВт·ч	1,4	90,5	85,9	91,7	93,6	94,1	98,1
Аммиак безводный, тыс. т	203,3	в 2,1 р.	38,5	149,3	29,7	18,7	79,1
Углеводороды ациклические, тыс. т	202,3	114,9	104,7	126,3	137,6	194,2	69,6
Удобрения, тыс. т	1560,9	93,1	41,1	99,3	85,2	36,5	103,7
Каучук синтетический, тыс. т	84,7	111,0	107,4	101,0	100,8	108,1	101,1
Шины пневматические резиновые, тыс. шт.	1650,0	88,9	80,4	99,7	97,7	90,3	94,0
Лесоматериалы необработанные, млн м ³	1,7	104,7	110,8	95,5	96,2	100,3	95,1
Лесоматериалы обработанные, млн т	1,7	113,5	98,2	105,0	110,8	89,1	112,4
Фанера клееная, тыс. м ³	238,7	113,7	106,7	109,1	107,2	94,1	99,5
Целлюлоза древесная, тыс. т	147,6	95,9	82,6	102,2	96,2	92,5	97,3
Бумага газетная, тыс. т	114,2	105,5	127,6	100,4	113,9	119,4	104,6
Ткани хлопчатобумажные, млн м ²	5,2	79,9	92,5	105,8	97,9	112,6	89,0
Черные металлы (кроме чугуна, ферросплавов, отходов и лома), млн долл.	1421,1	139,1	92,8	131,5	115,4	90,1	140,2
Чугун передельный, тыс. т	354,8	114,7	43,6	132,1	134,3	57,2	88,6
Ферросплавы, тыс. т	72,6	134,7	71,6	106,0	72,7	64,9	107,9
Трубы из черных металлов, тыс. т	182,7	113,9	79,4	155,2	179,0	68,5	176,2
Медь рафинированная, тыс. т	58,7	145,8	176,8	120,0	80,9	84,5	107,5
Проволока медная, тыс. т	14,1	101,5	в 2,4 р.	87,2	113,3	105,7	106,4
Никель необработанный, тыс. т	8,6	63,5	78,9	94,5	72,6	147,9	71,1
Алюминий необработанный, тыс. т	302,4	141,9	115,4	112,7	82,2	83,5	82,0
Машины, оборудование и транспортные средства, млн долл.	1558,0	101,1	64,5	113,4	69,7	52,2	108,1

1) Включая выловленные (добытые) и проданные вне зоны действия таможенного контроля.

ИНДЕКСЫ ЦЕН И ТАРИФОВ НА КОНЕЦ ПЕРИОДА, %

Индекс	К предыдущему месяцу			Август 2018 г. к		Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.	Справочно август 2017 г. к декабрю 2016 г.
	июнь 2018 г.	июль 2018 г.	август 2018 г.	декабрю 2017 г.	августу 2017 г.		
Индекс потребительских цен	100,5	100,3	100,0	102,4	103,1	102,4	101,8
Сводный индекс цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения	100,5	100,6	101,2	104,6	104,7	103,9	103,0
Индекс цен производителей промышленных товаров ¹⁾	103,4	100,3	100,2	109,7	115,3	110,4	102,4
Индекс цен производителей сельскохозяйственной продукции	100,2	100,7	100,9	100,2	100,5	94,7	92,8
Индекс тарифов на грузовые перевозки	100,1	103,7	100,2	105,1	101,2	102,5	114,5

1) На товары, предназначенные для реализации на внутреннем рынке.

**ИНДЕКСЫ ЦЕН ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ОТРАСЛЯМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
НА КОНЕЦ ПЕРИОДА, %**

Отрасль	К предыдущему месяцу			Август 2018 г. к		Январь–август 2018 г. в % к январю– августу 2017 г.	Справочно август 2017 г. к декабрю 2016 г.
	июнь 2018 г.	июль 2018 г.	август 2018 г.	декабрю 2017 г.	августу 2017 г.		
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	98,7	100,8	102,4	101,4	103,7	104,4	103,8
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	100,0	102,6	100,3	102,8	102,8	103,2	110,0
Добыча полезных ископаемых	111,4	99,7	98,2	116,5	133,1	122,3	106,7
Производство кокса и нефтепродуктов	103,6	99,5	101,4	121,6	133,3	122,3	107,0
Производство металлургическое	101,3	99,9	99,5	109,8	118,4	113,4	97,5
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	100,9	100,9	100,3	108,0	109,9	106,6	102,2
Производство химических веществ и химических продуктов	102,1	101,0	102,4	110,2	114,5	108,3	100,4
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	100,7	101,6	101,5	110,6	109,8	106,2	102,8

**САЛЬДИРОВАННЫЙ ФИНАНСОВЫЙ РЕЗУЛЬТАТ (ПРИБЫЛЬ МИНУС УБЫТОК)
ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЯНВАРЕ–ИЮЛЕ 2018 г.**

<i>Отрасль</i>	<i>Сальдо прибылей (+) и убытков (-), млрд руб.</i>	<i>В % к январю–июлю 2017 г.¹⁾</i>
Всего	+7578,7	134,7
Добыча полезных ископаемых	+2530,9	166,4
В том числе:		
добыча угля	+178,8	98,4
добыча сырой нефти и природного газа	+1930,5	198,2
добыча металлических руд	+206,8	97,1
добыча прочих полезных ископаемых	+102,6	114,4
Обрабатывающие производства	+2082,5	136,7
В том числе:		
производство пищевых продуктов	+120,0	111,5
производство напитков	+36,1	92,1
производство табачных изделий	+28,4	в 6,4 р.
производство текстильных изделий	+3,2	103,9
производство одежды	+5,2	98,9
производство кожи и изделий из кожи	+0,8	54,6
обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	+6,9	—
производство бумаги и бумажных изделий	+73,3	164,3
деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	+9,1	175,5
производство кокса и нефтепродуктов	+660,7	131,5
производство химических веществ и химических продуктов	+161,4	83,4
производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	+25,3	92,9
производство резиновых и пластмассовых изделий	+25,5	152,1
производство прочей неметаллической минеральной продукции	+35,4	179,1
производство металлургическое	+634,1	178,8
производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	+51,2	97,4
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	+47,9	102,0
производство электрического оборудования	+25,5	129,9
производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	+12,6	47,5
производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	+41,8	в 3,1 р.
производство прочих транспортных средств и оборудования	+60,8	в 3,0 р.
производство мебели	+1,7	72,4
производство прочих готовых изделий	+0,4	103,2
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	+407,6	104,8
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	+20,4	в 2,3 р.
Строительство	+44,1	76,6

1) Темпы изменения сальдированного финансового результата отчетного периода по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года рассчитаны по сопоставимому кругу организаций; с учетом корректировки данных соответствующего периода предыдущего года, исходя из изменений учетной политики, законодательных актов и др. в соответствии с методологией бухгалтерского учета. Прочерк означает, что в одном или обоих сопоставляемых периодах был получен отрицательный сальдированный финансовый результат.

**ПРИБЫЛЬ И УБЫТОК ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ЯНВАРЕ–ИЮЛЕ 2018 г.**

<i>Отрасль</i>	<i>Сумма прибыли, млрд руб.</i>	<i>Доля прибыльных организаций в общем числе организаций, %</i>	<i>Сумма убытка, млрд руб.</i>	<i>Доля убыточных организаций в общем числе организаций, %</i>
Всего	9015,0	68,2	1436,3	31,8
Добыча полезных ископаемых	2626,2	65,1	95,3	34,9
В том числе:				
добыча угля	204,1	65,3	25,3	34,7
добыча сырой нефти и природного газа	1959,1	75,4	28,6	24,6
добыча металлических руд	229,4	54,8	22,6	45,2
добыча прочих полезных ископаемых	110,8	59,9	8,2	40,1
Обрабатывающие производства	2470,7	70,8	388,2	29,2
В том числе:				
производство пищевых продуктов	153,2	76,3	33,2	23,7
производство напитков	39,5	75,3	3,4	24,7
производство табачных изделий	28,9	76,9	0,5	23,1
производство текстильных изделий	5,8	65,1	2,6	34,9
производство одежды	5,6	72,4	0,4	27,6
производство кожи и изделий из кожи	1,1	70,9	0,3	29,1
обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	27,8	64,8	20,9	35,2
производство бумаги и бумажных изделий	76,9	74,9	3,6	25,1
деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	10,9	58,3	1,8	41,7
производство кокса и нефтепродуктов	705,4	75,9	44,7	24,1
производство химических веществ и химических продуктов	229,5	77,8	68,1	22,2
производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	30,1	77,3	4,8	22,7
производство резиновых и пластмассовых изделий	31,5	74,6	6,0	25,4
производство прочей неметаллической минеральной продукции	64,3	55,5	28,9	44,5
производство металлургическое	666,9	67,4	32,8	32,6
производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	71,5	70,5	20,3	29,5
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	55,0	75,6	7,1	24,4
производство электрического оборудования	34,0	72,6	8,5	27,4
производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	42,3	73,3	29,7	26,7
производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	63,2	66,7	21,4	33,3
производство прочих транспортных средств и оборудования	98,2	67,4	37,4	32,6
производство мебели	2,6	76,0	0,9	24,0
производство прочих готовых изделий	3,7	66,7	3,3	33,3
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	472,0	51,7	64,4	48,3
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	30,2	54,6	9,8	45,4
Строительство	129,6	69,4	85,5	30,6

**СРЕДНЕМЕСЯЧНАЯ НАЧИСЛЕННАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ
(БЕЗ ВЫПЛАТ СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА) ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Отрасль	Июль 2018 г.			Январь-июль 2018 г.		
	руб.	в % к		руб.	в % к	
		июлю 2017 г.	июню 2018 г.		январю-июлю 2017 г.	общероссийскому уровню среднемесячной заработной платы
Всего	42413	110,2	92,4	42545	111,1	100
Добыча полезных ископаемых	80453	109,1	98,6	80984	105,8	190
В том числе:						
добыча угля	58784	113,0	101,0	56749	111,6	133
добыча сырой нефти и природного газа	118193	111,3	96,7	129758	103,5	в 3,1 р.
добыча металлических руд	69502	111,6	105,1	63988	108,8	150
Обрабатывающие производства	41126	108,2	101,7	39666	108,4	93
В том числе:						
производство пищевых продуктов	32651	109,1	102,5	31318	108,0	74
производство напитков	40431	109,0	101,9	39375	105,7	93
производство табачных изделий	105573	118,2	94,7	105441	104,7	в 2,5 р.
производство текстильных изделий	24722	109,2	100,2	23675	109,4	56
производство одежды	20398	108,8	97,9	19542	113,2	46
производство кожи и изделий из кожи	22761	113,2	91,7	22208	111,6	52
обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	26694	108,0	103,7	25091	106,8	59
производство бумаги и бумажных изделий	42694	108,3	100,7	42329	106,9	99
деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	33598	110,7	90,1	33425	112,5	79
производство кокса и нефтепродуктов	76025	100,0	94,2	94687	117,3	в 2,2 р.
производство химических веществ и химических продуктов	49327	107,7	98,9	49147	110,1	116
производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	57560	112,1	102,1	55704	107,3	131
производство резиновых и пластмассовых изделий	33263	108,2	100,1	32544	107,7	76
производство прочей неметаллической минеральной продукции	35826	108,8	103,6	33404	108,5	79
производство металлургическое	53689	107,8	107,7	49801	107,2	117
производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	39016	108,8	102,0	37295	107,7	88
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	51068	107,3	96,5	48853	107,1	115
производство электрического оборудования	39311	107,4	100,4	37781	107,7	89
производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	39359	106,9	97,7	38968	108,8	92
производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	46494	113,1	114,1	40957	110,5	96
производство прочих транспортных средств и оборудования	49521	107,5	102,2	46947	106,9	110
производство мебели	23881	110,1	102,0	22300	103,4	52
производство прочих готовых изделий	31537	109,3	101,4	30240	108,3	71
ремонт и монтаж машин и оборудования	45585	105,6	103,1	43843	106,3	103
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	48686	108,8	99,8	47349	107,0	111
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	32418	113,5	103,1	30855	108,5	73
Строительство	38650	110,7	101,1	36802	111,1	87

**ЧИСЛО ЗАМЕЩЕННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ОРГАНИЗАЦИЯХ ПО ОТРАСЛЯМ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ИЮЛЕ 2018 г. (БЕЗ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА)**

Отрасль	Всего замещенных рабочих мест, тысяч	В том числе работниками		
		списочного состава (без внешних совместителей)	внешними совмести- телями	выполнявшими работы по договорам гражданско- правового характера
Всего	33161,8	31849,5	474,8	837,5
Добыча полезных ископаемых	936,5	928,8	2,1	5,5
В том числе:				
добыча угля	138,7	137,6	0,3	0,8
добыча сырой нефти и природного газа	155,3	154,3	0,3	0,7
добыча металлических руд	192,5	190,7	0,4	1,3
Обрабатывающие производства	5258,7	5189,4	26,3	43,0
В том числе:				
производство пищевых продуктов	763,3	752,4	4,0	7,0
производство напитков	95,2	93,0	0,5	1,6
производство табачных изделий	6,3	6,3	0,0	0,0
производство текстильных изделий	51,2	50,4	0,3	0,5
производство одежды	81,3	80,5	0,3	0,4
производство кожи и изделий из кожи	28,2	28,0	0,1	0,1
обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	121,0	118,8	0,4	1,8
производство бумаги и бумажных изделий	86,1	85,0	0,3	0,8
деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	36,4	34,5	0,3	1,6
производство кокса и нефтепродуктов	121,1	120,3	0,4	0,4
производство химических веществ и химических продуктов	311,9	308,5	1,2	2,2
производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	71,9	68,0	0,5	3,5
производство резиновых и пластмассовых изделий	139,6	137,6	0,9	1,1
производство прочей неметаллической минеральной продукции	310,2	305,5	1,6	3,2
производство металлургическое	444,6	441,9	1,1	1,6
производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	471,7	465,8	2,5	3,4
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	358,3	352,1	3,5	2,8
производство электрического оборудования	189,4	186,6	1,3	1,5
производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	301,9	297,1	1,9	2,8
производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	266,9	265,2	0,7	1,0
производство прочих транспортных средств и оборудования	607,1	603,2	1,6	2,3
производство мебели	51,8	51,4	0,2	0,2
производство прочих готовых изделий	46,1	45,4	0,4	0,4
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	1301,3	1283,6	5,6	12,0
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	441,2	431,3	3,0	7,0
Строительство	1032,3	1000,7	9,7	21,9

Подготовлено В.В. Смильтиной

ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА ПО РЕГИОНАМ В ЯНВАРЕ–АВГУСТЕ 2017–2018 гг., тыс. т

Регион	Январь–август 2017 г.	Январь–август 2018 г.	Изменение январь–август 2018 г. к январю–августу 2017 г., %
ЕС-28	62902	63883	1,6
Прочие страны Европы	8455	8579	1,5
СНГ	49675	50969	2,6
Северная Америка	22262	23452	5,3
Южная Америка	20672	18267	–11,6
Африка (только ЮАР)	2818	3081	9,3
Ближний и Средний Восток (только Иран)	1495	1559	4,3
Азия	636330	652771	2,6
Австралия и Океания	2930	3060	4,4
МИР, всего*	807540	825621	2,2

** Итог приведен по 39 странам, на которые приходится около 99 % мирового производства чугуна.*

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА ПО СТРАНАМ В ЯНВАРЕ–АВГУСТЕ 2017–2018 гг., тыс. т

Регион	Январь–август 2017 г.	Январь–август 2018 г.	Изменение январь–август 2018 г. к январю–августу 2017 г., %	Рейтинг
Австралия	2468	2603	5,5	24
Австрия	4238	3441	–18,8	16
Аргентина	1427	1443	1,2	27
Босния и Герцеговина	473	362	–23,5	32
Бразилия	18650	16230	–13,0	7
Великобритания	3986	4033	1,2	15
Венгрия	853	912	6,9	29
Германия	18927	20455	8,1	6
Индия	43694	47410	8,5	3
Иран	1495	1559	4,3	26
Испания	2974	3048	2,5	21
Италия	3460	3216	–7,0	18
Казахстан	2504	2465	–1,6	25
Канада	4218	4343	3,0	13
Китай	499002	512270	2,7	1
Колумбия	129	136	5,0	33
Мексика	2791	3111	11,5	19
Нидерланды	4175	4208	0,8	14
Новая Зеландия	462	457	–1,0	30
Парагвай	22	21	–1,3	34
Польша	3448	3255	–5,6	17
Россия	34390	34865	1,4	4
Сербия	901	1074	19,2	28
Словакия	2701	2802	3,7	22
США	15254	15998	4,9	8
Тайвань	10067	9640	–4,2	10
Турция	7081	7143	0,9	11
Украина	12781	13639	6,7	9
Франция	7188	7113	–1,0	12
Чехия	2557	2771	8,3	23
Чили	444	437	–1,6	31
ЮАР	2818	3081	9,3	20
Южная Корея	31187	31170	–0,1	5
Япония	52380	52280	–0,2	2

МИРОВАЯ ВЫПЛАВКА СТАЛИ ПО РЕГИОНАМ МИРА В ЯНВАРЕ–АВГУСТЕ 2017–2018 гг., тыс. т

Регион	Январь–август 2017 г.	Январь–август 2018 г.	Изменение январь–август 2018 г. к январю–августу 2017 г., %
ЕС-28	112405	114215	1,6
Прочие страны Европы	26781	27440	2,5
СНГ	66294	67808	2,3
Северная Америка	77340	79757	3,1
Южная Америка	28574	29527	3,3
Африка	8826	9577	8,5
Страны Среднего Востока	20856	23859	14,4
Азия	795129	837888	5,4
Австралия и Океания	3910	4401	12,5
МИР, всего*	1140116	1194471	4,8

** Итого приведен по 66 странам, входящим в Международный институт чугуна и стали, на которые приходится около 98 % мирового производства стали.*

МИРОВАЯ ВЫПЛАВКА СТАЛИ ПО СТРАНАМ В ЯНВАРЕ–АВГУСТЕ 2017–2018 гг., тыс. т

Регион	Январь–август 2017 г.	Январь–август 2018 г.	Изменение январь–август 2018 г. к январю–августу 2017 г., %	Рейтинг
Австралия	3470	3958	14,1	26
Австрия	5439	4497	-17,3	24
Аргентина	2939	3469	18,0	28
Белоруссия	1474	1596	8,3	38
Бельгия	5202	5473	5,2	20
Болгария	441	477	8,0	46
Босния и Герцеговина	498	378	-24,1	52
Бразилия	22502	23234	3,3	9
Великобритания	4982	5171	3,8	21
Венгрия	1233	1330	7,8	41
Венесуэла	284	112	-60,6	58
Вьетнам	6774	8937	31,9	17
Гватемала	192	195	1,7	56
Германия	29366	30255	3,0	7
Греция	860	951	10,6	42
Египет	4444	5064	14,0	22
Индия	66703	71140	6,7	2
Иран	13513	16437	21,6	10
Испания	9514	9555	0,4	16
Италия	15605	16137	3,4	11
Казахстан	3058	3071	0,4	33
Канада	8801	8519	-3,2	18
Катар	1765	1766	0,1	37
Китай	583574	617398	5,8	1
Колумбия	860	738	-14,2	44
Куба	139	141	1,7	57
Ливия	256	253	-1,3	54
Люксембург	1444	1535	6,3	39
Македония	161	201	25,4	55
Мексика	13408	13932	3,9	14
Молдова	242	427	76,4	50
Нидерланды	4612	4637	0,5	23
Новая Зеландия	440	442	0,6	49
Норвегия	391	368	-5,9	53
ОАЭ	2 214	2 124	-4,0	36

Регион	Январь–август 2017 г.	Январь–август 2018 г.	Изменение январь–август 2018 г. к январю–августу 2017 г., %	Рейтинг
Пакистан	3230	3385	4,8	31
Парагвай	13	12	-5,0	61
Перу	788	809	2,6	43
Польша	6886	6843	-0,6	19
Россия	47363	48264	1,9	6
Сальвадор	62	66	5,8	59
Саудовская Аравия	3364	3531	5,0	27
Сербия	991	1334	34,7	40
Словакия	3263	3446	5,6	29
Словения	422	451	7,0	48
США	54737	56903	4,0	4
Таиланд	2934	3002	2,3	34
Тайвань	15213	15501	1,9	12
Турция	24742	25159	1,7	8
Узбекистан	438	458	4,6	47
Украина	13719	13992	2,0	13
Уругвай	36	38	3,3	60
Финляндия	2757	2808	1,9	35
Франция	10414	10257	-1,5	15
Чехия	3211	3394	5,7	30
Чили	775	725	-6,4	45
Швеция	3033	3101	2,2	32
Эквадор	377	391	3,7	51
ЮАР	4126	4260	3,3	25
Южная Корея	47061	48330	2,7	5
Япония	69641	70195	0,8	3

Раздел подготовлен по материалам WSA.

ПРОИЗВОДСТВО ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ В ОТДЕЛЬНЫХ ПОДОТРАСЛЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В РОССИИ В ЯНВАРЕ–АВГУСТЕ 2017 г.

ПРОИЗВОДСТВО СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ОТДЕЛЬНЫХ ПОДОТРАСЛЯХ

Подотрасль, продукция	Август 2018 г.	В % к		Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.
		августу 2017 г.	июлю 2018 г.	
Добыча металлических руд				
Концентрат железорудный, млн т	8,0	100,1	100,0	98,8
Производство электроферросплавов				
Ферросилиций, тыс. т	75,6	105,3	95,6	115,6
Производство кокса				
Кокс и полукокс из каменного угля, млн т	2,3	99,1	101,1	95,5
Производство огнеупоров				
Цементы огнеупорные, строительные растворы, бетоны и аналогичные составы, не включенные в другие группировки, тыс. т	108,0	64,2	93,1	71,9
Изделия огнеупорные безобжиговые и прочие огнеупорные керамические изделия, тыс. т	50,2	95,1	110,2	95,3

ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА, СТАЛИ И ГОТОВОГО ПРОКАТА

Подотрасль, продукция	Август 2018 г.	В % к		Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.
		августу 2017 г.	июлю 2018 г.	
Чугун зеркальный и передельный в чушках, болванках или в прочих первичных формах, млн т	4,3	98,7	96,1	100,8
Сталь нелегированная в слитках или в прочих первичных формах и полуфабрикаты из нелегированной стали, млн т	5,0	99,7	95,6	103,7
Сталь нержавеющая в слитках или прочих первичных формах и полуфабрикаты из нержавеющей стали, тыс. т	16,0	124,0	85,3	109,2
Сталь легированная прочая в слитках или в прочих первичных формах и полуфабрикаты из прочей легированной стали, млн т	1,2	94,5	94,0	97,8
Прокат готовый, млн т	5,2	98,4	96,4	102,8

ПРОИЗВОДСТВО СТАЛЬНЫХ ТРУБ ПО ВИДАМ

Подотрасль, продукция	Август 2018 г.	В % к		Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.
		августу 2017 г.	июлю 2018 г.	
Трубы стальные для нефте- и газопроводов бесшовные, тыс. т	47,3	89,4	125,4	98,7
Трубы обсадные, насосно-компрессорные трубы и бурильные трубы, используемые для бурения нефтяных или газовых скважин, бесшовные стальные, тыс. т	150,0	102,5	98,9	105,5
В том числе:				
обсадные бесшовные стальные	95,0	98,3	102,2	104,3
насосно-компрессорные бесшовные стальные	51,3	110,8	97,5	107,7
бурильные для бурения нефтяных и газовых скважин бесшовные стальные	3,7	109,7	88,1	107,6
Трубы круглого сечения прочие стальные, тыс. т	241,0	97,3	104,5	99,9

ПРОИЗВОДСТВО НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МЕТИЗНОЙ ПРОДУКЦИИ

<i>Подотрасль, продукция</i>	<i>Август 2018 г.</i>	<i>В % к</i>		<i>Январь–август 2018 г. в % к январю–августу 2017 г.</i>
		<i>августу 2017 г.</i>	<i>июлю 2018 г.</i>	
Производство метизов				
Проволока холоднотянутая из нелегированной стали, тыс. т	131,0	101,4	105,4	104,6
Проволока холоднотянутая из нержавеющей стали, т	801,0	117,7	106,3	82,5
Проволока холоднотянутая из прочей легированной стали, тыс. т	17,1	107,5	108,6	95,5

По данным Федеральной службы государственной статистики РФ, ОАО “Черметинформация”.

Подготовлено Н.Г. Зиновьевой

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) 719-07-38; +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. Кржижановского, 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*

Металл Экспо 2019

25 лет

25-я Международная
промышленная выставка

При поддержке:



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Организатор:
**МЕТАЛЛ
ЭКСПО**

12-15 ноября 2019

Москва, ВДНХ, пав. 75



Оборудование и технологии
для металлургии
и металлообработки
МеталлургМаш'2019



Транспортные
и логистические услуги
для предприятий ГМК
МеталлТрансЛогистик'2019



Металлопродукция
и металлоконструкции
для строительной отрасли
МеталлСтройФорум'2019



Ежегодный
выставочный
квартал 2006г.

Генеральный
информационный партнер:



ММ Металлоснабжение и сбыт

www.metal-expo.ru

Оргкомитет выставки:
тел./факс +7 (495) 734-99-66