

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

2013

ВЫПУСК 2 (1358)
МОСКВА

Основан в марте 1944 г.
Выходит 1 раз в месяц

БЮЛЛЕТЕНЬ
научно-технической
и экономической
информации

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

СОДЕРЖАНИЕ

Сенаторов П.П., Вафин Р.Ф. Обеспеченность нерудным сырьем новых металлургических кластеров Нижнего Приамурья и Южной Якутии	3
Маркин В.С., Филиппов Г.А., Шишов А.А. Состояние и перспективы колесопрокатного производства.....	12

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

Аглодомненное производство

Донсков Е.Г., Лялюк В.П., Донсков А.Д. Развитие представлений и практика интенсификации доменной плавки на рубеже столетий.....	20
---	----

Сталеплавильное производство

Прохоров С.В., Мошкунов В.В., Юречко Д.В., Казаков А.С. Буланов Л.В., Юровский Н.А., Черемисин Д.Д., Столяров А.М. Расчетно-экспериментальное определение границ зоны мягкого обжата	28
Демин А.В., Терлецкий С.В. Комплексная реконструкция машины непрерывной разливки стали Белорусского металлургического завода	38

Прокатное производство

Шлямнев А.П., Углов В.А., Филиппов Г.А., Шабалов И.П., Мухатдинов Н.Х. Нержавеющие стали с азотом: структура, свойства, вопросы технологии производства	42
--	----

Кушнарев А.В., Киричков А.А., Добужская А.Б., Белокурова Е.В. Разработка химического состава рельсовой стали бейнитного класса и технологии производства из нее рельсов в ОАО "ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат"	58
---	----

Трубное производство

Добряк В.Д., Балакин В.Ф., Угрюмов Ю.Д., Угрюмов Д.Ю. Особенности гидравлического механизма подачи гильзы в валки пилигримового стана и пути его усовершенствования	62
--	----

Метизное производство

Фетисов В.П., Бирюков Б.А. Влияние технологии свивки методом двойного кручения на формирование	
---	--

остаточных кручений и прямолинейности металлокорда	72
---	----

Веденеев А.В., Бобарикин Ю.Л., Верещагин М.Н., Целуев М.Ю. Использование температурного критерия для оптимизации геометрии деформирующей и калибрующей зон канала волокна	75
--	----

Производство и применение огнеупоров

Очагова И.Г. Огнеупорная промышленность Китая и тенденции развития огнеупоров для производства стали	80
--	----

Металлургическое оборудование и литейное производство

Сушко А.Е. Подходы к организации технического диагностирования на современном металлургическом производстве	91
---	----

Ресурсосбережение и экология

Карп И.Н., Зайвый А.Н., Марцовой Е.П., Пьяных К.Е. Использование кислорода и обогащенного кислородом воздуха в нагревательных печах, колодцах, на стендах разогрева сталеразливочных ковшей	98
--	----

Касимов А.М., Ковалев А.А. Переработка ванадиевых золослаков промышленной энергетики для нужд черной металлургии	110
--	-----

Горлова О.Е., Хасанов Н.И. Возможности и перспективы утилизации железосодержащих отходов Магнитогорского металлургического комбината	112
--	-----

Экономика, управление и организация производства, инвестиции

Плещенко В.И. К вопросу о горизонте поставок и цен ключевых ресурсов при организации материально- технического снабжения производства	117
---	-----

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

Аннотации к статьям	134
Цены на сырье и металлопродукцию	142
Статистика	146
Динамика курсов основных иностранных валют	159

CONTENTS

Senatorov P.P., Vafin R.F. The New Metallurgical Clusters' Self-Sufficiency in the Non-Ore Raw Materials in the Lower Amur River Region and Southern Yakutia.....	3
Markin V.S., Filippov G.A., Shishov A.A. The Status and Prospects for the Wheel Rolling Process.....	12

AT ENTERPRISES AND INSTITUTES

The Sintering and Blast Furnace Processes

Donskov E.G., Lyalyuk V.P., Donskov A.D. The Development of the Conceptions and the Practice of the Intensification of the Blast Furnace Heat at the Turn of the Century	20
--	----

Steelmaking

Prokhorov S.V., Moshkunov V.V., Yurechko D.V., Kazakov A.S., Bulanov L.V., Yurovskiy N.A., Cheremisin D.D., Stolyarov A.M. The Computational and Experimental Determination of the Boundaries of the Soft Reduction Zone	28
Demin A.V. Terletskiy S.V. The Comprehensive Reconstruction of the Continuous Caster at the Byelorussian Metallurgical Works	38

Rolling Mill Practice

Shlyamnev A.P., Uglov V.A., Filippov G.A., Shabalov I.P., Mukhitdinov N.Kh. The Nitrogen-Containing Stainless Steels. The Structures, Properties, Problems in the Technology for the Production.....	42
--	----

Kushnarev A.V., Kirichkov A.A., Dobuzhskaya A.B., Belokurova E.V. The Development of the Chemical Composition of the Rail Steel of the Bainite Class and the Technology for Manufacturing the Rails from it at the OAO "EVRAZ NTMK"	58
---	----

Production of Pipes and Tubes

Dobryak V.D., Balakin V.F., Ugryumov Yu.D., Ugryumov D.Yu. The Special Features in the Hydraulic Mechanism for Feeding the Hole Tubular Billet into the Rolls of the Pilger Mill and the Ways to its Improvement	62
--	----

Wire Products Manufacturing

Fetisov V.P., Biryukov B.A. The Influence of the Technology for the Twist Jointing by the Method of Double Twisting on Forming the Residual Twisting and Straightforwardness of the Metal Cord	72
--	----

Vedenev A.V., Bobarikin Yu.L., Vereshchagin M.N., Tseluev M.Yu. The Utilization of the Temperature Criterion for Optimizing the Geometry of the Deforming and Sizing Zones of the Die Channel.....	75
--	----

Production and Application of Refractories

Ochagova I.G. The Refractory Industry in China and the Progress Trend of the Refractories for the Steel Production.....	80
---	----

Metallurgical Equipment and Foundry Practice

Sushko A.E. OOO "DIAMEKh 2000": The Approaches to the Organization of the Technical Diagnosis in the Modern Metallurgical Production	91
--	----

Resource Saving and Ecology

Karp I.N., Zaivyi A.N., Martsevoi E.P., P'yanykh K.E. The Utilization of the Oxygen and Oxygen-Enriched Air in the Reheating Furnaces, Soaker, Stands for Heating the Steel-Teeming Ladles.....	98
---	----

Kasimov A.M., Kovalev A.A. Processing the Vanadium-Containing Ash Slags from the Power Industry for the Requirements of the Iron and Steel Industry	110
---	-----

Gorlova O.E., Khasanov N.I. The Opportunities and Prospects for Utilizing the Iron-Containing Wastes of the Magnitogorsk Integrated Iron and Steel Works	112
--	-----

Economics, Management, and Organization of Production, Investments

Pleshchenko V.I. To the Problem of the Horizon of the Supplies of the Key Resources and Prices for them during Organizing the Material and Machine Supply for the Production	117
--	-----

EXPRESS INFORMATION

The Abstracts for the Articles	121
Prices for Raw Materials and Metal Products	124
Statistics	146
Dynamics of Exchange Rates of the Main Foreign Currencies	159

INHALT

Senatorow P.P., Wafin P.F. Versorgung mit nichtmetallischen Rohstoffen von neuen metallurgischen Cluster Nieder Amurgebiet und Süd Jakutien.....	3
Markin W.S., Filippow G.A., Schischow A.A. Stand und Perspektiven der Radwalzen Produktion.....	12

IN BETRIEBEN UND INSTITUTEN

Sinter -und Roheisenerzeugung

Donskow E.G., Ljaljuk W.P., Donskow A.D. Entwicklung von Konzepten und Praktiken der Intensivierung der Hochofenverfahren an der Wende der Jahrhunderte.....	20
--	----

Stahlschmelzerei

Prochorow S.W., Moschkunow W.W., Juretschko D.W., Kasakow A.S., Bulanow L.W., Jurowsky N.A., Tschheremisin D.D. Stoljarow A.M. Numerische und experimentelle Bestimmung der Grenzen von Soft Reduktion für Stranggießanlagen.....	28
Demin A.W., Terlezky S.W. Komplexe Rekonstruktion der Stranggießanlagen in Belarussischen Hüttenwerk	38

Walzgutproduktion

Schljamnew A.P., Uglov W.A., Filippow G.A., Schabalow I.P., Muchatdinow N.Ch. Edelstahl mit Stickstoff: Struktur, Eigenschaften, technologische Probleme	42
Kuschnarew A.W., Kiritschkow A.A., Dobushka A.B., Belokurova E.W. Entwicklung der chemischen Zusammensetzung des Schienstahls Bainit Klasse und der Technologie der Schienenproduktion an JSC "EVRAZ NTMK"	58

Rohrherstellung

Dobryak W.D., Balakin W.F., Ugromow Ju.D., Ugromow D.Ju. Merkmale des hydraulischen Vorschubmechanismus der Hülse in Pilgerwalzen und ihre Verbesserung	62
---	----

Metallwarenherstellung

Fetisov W.P., Birukow B.A. Auswirkungen der Technologie des Schlages mit Doppel Torsion auf die Bildung Resttorsion und Geradheit von Stahlkord	72
---	----

Wedenev A.W., Bobarikin Ju.L., Weretschagin M.N., Zeluev M.Ju. Verwendung der Temperaturkriterium für Optimierung die Geometrie des Verformung- und Kalibrierung Zonen von Kanal der Ziehplatte	75
---	----

Erzeugung und Anwendung von Feuerfeststoffen

Otschagowa I.G. Feuerfestindustrie China und der Entwicklungstendenzen der Feuerfest für die Stahlproduktion	80
--	----

Hüttenausrüstungen und Gießerei

Suschko A.E. Vorgehen bei der Organisierung von technischen Diagnostik in der modernen Metallurgie.....	91
---	----

Ressourceneinsparung und Ökologie

Karp I.N., Saiwy A.N., Marzewoi E.P., Pjanych K.E. Verwendung von Sauerstoff und sauerstoffangereicherte Luft in den Wärmeofen, Tiefofen und Stand für Gießpfannenerwärmung.....	98
--	----

Kasimow A.M., Kowalew A.A. Vorbereitung der Vanadinascheschlacken von Energiewirtschaft für den Bedarf der Stahlindustrie	110
---	-----

Gorlova O.E., Chasanow N.I. Chancen und Perspektiven Recycling der eisenhaltige Abfälle in Magnitogorsk Hüttenwerk.....	112
---	-----

Ökonomik, Leitung und Organisation der Produktion, Investitionen

Pleshchenko W.I. Lieferbedingungen und Preise der wichtigsten Ressourcen bei der Organisation der Logistik der Produktion	117
---	-----

EXPRESS-INFORMATIONEN

Anmerkungen zu den Artikeln	124
Preise für Rohstoffe und Metallwaren.....	142
Statistik.....	146
Dynamik der Entwicklung der grundsätzlichen Auslandsvaluta	159

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НЕРУДНЫМ СЫРЬЕМ НОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ И ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

П. П. СЕНАТОРОВ, канд. геол.-минерал. наук, pav-senatoroff@yandex.ru; Р. Ф. ВАФИН (ФГУП “Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых” — “ЦНИИГеолнеруд”)

На состоявшемся в ноябре 2012 г. заседании Президиума Госсовета РФ по вопросам развития восточных регионов было указано на необходимость ускоренной реализации инициатив, направленных на подъем экономики Дальнего Востока.

Современные проблемы социально-экономической ситуации Дальневосточного региона общеизвестны: огромная слабо населенная территория, резкая дифференциация жителей по субъектам Федерации, слабое развитие транспортной и энергетической систем, малое количество крупных населенных пунктов и промышленных предприятий. Эти проблемы оказывают негативное влияние на общее состояние минерально-сырьевой базы Дальнего Востока, на ее замедленное развитие и освоение, а также на низкие темпы развития горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

Минерально-сырьевая база нерудного сырья для черной металлургии не является исключением, ее современное состояние на Дальнем Востоке определяется практически полным отсутствием местных потребителей. В то же время проблемы ее развития и освоения приобрели особую актуальность, что объясняется следующими причинами:

– в Нижнем Приамурье (Амурская область и Еврейская АО) создается мощный горно-металлургический кластер, что является наиболее серьезным сдвигом в развитии российской черной металлургии за последние десятилетия;

– наметились перспективы создания аналогичного кластера в Южной Якутии.

Нижнее Приамурье. На северо-западе Амурской области в 2010 г. пущен Олекминский ГОК, действующий на базе Куранахского железорудного месторождения. Проектная годовая мощность комбината составляет 920 тыс. т титаномагнетитового концентрата с содержанием железа 65 % и 290 тыс. т ильменитового концентрата с содержанием диоксида титана 49 %. Продукция комбината отгружается в адрес корпорации ВСМПО–АВИСМА (Свердловская область), экспортируется в Китай и Японию. Рас-

сматривается возможность создания в составе комбината первого в России завода по производству диоксида титана.

В Амурской области будет построен Гаринский ГОК, предназначенный для переработки железных руд одноименного месторождения. Проектная мощность комбината составит 7,3 млн т/год промышленного продукта.

В Еврейской АО в 2014 г. планируется пуск Кимкано-Сутарского ГОКа проектной мощностью 10 млн т/год по руде и 3,2 млн т/год по железорудному концентрату. На обогатительной фабрике этого ГОКа будут перерабатываться руды Кимканского и Сутарского железорудных месторождений, а в будущем проводиться глубокое обогащение 7,3 млн т/год промпродукта Гаринского ГОКа. Это позволит довести суммарный выпуск железорудного концентрата на Кимкано-Сутарском ГОКе до 8,3 млн т/год.

Завершающим предприятием металлургического кластера в Нижнем Приамурье должен стать Дальневосточный металлургический комбинат (ДВМК), включающий полный цикл производства железа прямого восстановления по инновационной технологии ITmk3 (Iron Technology Mark 3), разработанной японской компанией Kobe Steel. Эта технология позволяет получать гранулированный чугуны (так называемые нагетсы) — высококачественное сырье для электрометаллургического производства стали.

Строительство ДВМК предполагается в г. Свободном (Амурская область) или рядом с Кимкано-Сутарским ГОКом в пос. Известковый (Еврейская АО). Производственная мощность первой очереди комбината, которую предполагается ввести в строй в 2017 г., составит 1 млн т/год нагетсов. Вся продукция будет поставляться в ОАО “Амурметалл” (г. Комсомольск-на-Амуре). В перспективе на ДВМК планируется установка пяти производственных модулей суммарной мощностью 2,5 млн т/год нагетсов, что в будущем, после создания на комбинате сталеплавильного производства, позволит осуществлять масштабные экспортные поставки чугуна и стальной продукции.

Южная Якутия. В сентябре 2008 г. создано ОАО “Горно-металлургическая компания “Тимир”, базирующееся в г. Нерюнгри. ГК “Тимир”, пока полностью принадлежащая АК АПРОСА, владеет лицензиями на четыре железорудных месторождения с суммарными запасами сырья, превышающими 5 млрд т. В 2012 г. “Евраз Груп С.А.” объявила о намерении приобрести 51 % акций ГК “Тимир”, номинальным покупателем выступает Cybridge Ltd — кипрская структура “Евраз Груп”. Предстоящая сделка одобрена ФАС и правительством РФ.

Ожидается, что в 2017 г. на базе Таежного и Дёсовского месторождений будет пущен Таежный ГОК (Нерюнгринский район) проектной мощностью 20 млн т руды и 7,2 млн т концентрата. Основную долю продукции планируется поставлять на предприятия “Евраз Груп”, в частности на Западно-Сибирский металлургический комбинат (г. Новокузнецк), а также экспортировать ее на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона через порт Находка (входит в “Евраз Груп”).

Первая очередь Тарыннахского ГОКа (Олекминский район) на базе Тарыннахского и Горкитского месторождений мощностью 6 млн т/год руды должна войти в строй в 2024 г. Выход комбината на полную мощность (24 млн т руды, 14,2 млн т окатышей) ожидается к 2028 г.

Строительство Нерюнгринского металлургического комбината (НМК) проектной мощностью 6,1 млн т/год (первая очередь — 2,8 млн т/год) начнет ГК “Тимир”, по новым данным, после 2020 г.

В 2011 г. ОАО “ХК “Якутуголь”, входящее в состав группы “Мечел”, получило лицензию на освоение Пионерского железорудного месторождения, расположенного в Нерюнгринском районе. По условиям лицензии в течение нескольких лет должно быть построено и введено в эксплуатацию предприятие по добыче и обогащению железной руды, которое должно обеспечивать металлургические предприятия “Мечела” и других потребителей качественным железорудным концентратом. В число его потребителей, видимо, могут войти и НМК, и ДВМК.

Понятно, что для работы крупных горнодобывающих и металлургических комбинатов потребуются большие объемы нерудного сырья, в том числе связующих материалов для производства железорудных окатышей, флюсов и огнеупоров.

Бентониты. Расход бентонита составляет в зависимости от качества используемого концентрата от 6 до 10 кг/т окатышей, следовательно, для нужд Тарыннахского ГОКа потребуется от 85

до 140 тыс. т/год бентонита. Для обеспечения этого комбината в течение по меньшей мере 30 лет промышленные запасы необходимого месторождения должны составлять (с учетом 15 % потерь при добыче и переработке) 3–5 млн т.

Бентонитовое сырье понадобится также для нужд литейного производства НМК и ДВМК. В то же время освоенных месторождений бентонитовых и бентонитоподобных глин в Нижнем Приамурье и Южной Якутии нет.

Ближайшим бентонитовым объектом, перспективным для дальнейшего изучения и освоения, является Ургальское месторождение. Оно расположено в Верхнебуреинском районе Хабаровского края, в 1,5 км к восток-юго-востоку пос. Усть-Ургал, в 5 км северо-западнее трассы БАМ. Запасы месторождения, подсчитанные по категориям В + С₁ в количестве 328 тыс. т, учитываются государственным балансом в нераспределенном фонде недр.

Малые запасы месторождения могут быть существенно увеличены за счет изучения шести близрасположенных перспективных участков с суммарными прогнозными ресурсами 14,93 млн т. Качество их сырья не изучено, но оно предполагается близким к качеству сырья Ургальского месторождения. Это единственный в Хабаровском крае бентонитовый объект, представляющий промышленный интерес.

На территории Приморского края в пределах Устиновской перспективной площади (Кавалеровский район) выявлены два сближенных месторождения бентонитов — Зеркальное и Устиновское. Зеркальное месторождение, расположенное в 5 км восточнее с. Устиновка и в 125 км от ближайшей железнодорожной станции Ново-Чугуевка, учтено государственным балансом. Ранее оно разрабатывалось ОАО “Хрустальненский ГОК”, глины использовались для приготовления буровых растворов и в качестве сорбентов. В связи с ликвидацией недропользователя месторождение законсервировано и остаток запасов в количестве 109 тыс. т категории С₁ переведен в нераспределенный фонд. Устиновское месторождение находится в 2 км к восток-юго-востоку от с. Устиновка. Его запасы в количестве 786 тыс. т категории С₁ и 2855 тыс. т забалансовых, принятые НТС Приморского территориального геологического управления в 1977 г., на балансовом учете не состоят.

Результаты аналитических и лабораторно-технологических исследований, выполненных ФГУП “ЦНИИГеолнеруд”, показали высокое качество сырья обоих месторождений.

Прогнозные ресурсы бентонитов в пределах Устиновской площади оцениваются в 2,87 млн т категории P_1 и 1,05 млн т категории P_2 .

Известняки. Производство нагетсов требует участия в технологическом процессе известняка в количестве около 100 кг/т получаемого чугуна. Это означает, что уже в 2017 г. у ДВМК возникнет необходимость в технологическом известняке, потребность в котором ориентировочно к 2020 г., достигнет 100 тыс. т/год, а в последующем — 250 тыс. т/год. С учетом геологических и технологических потерь это вызывает необходимость выявления месторождения известняка с запасами не менее 10 млн т.

Флюсовые известняки в будущем будут востребованы и НМК в количестве 150–180 кг/т получаемого металла. Исходя из тех же соображений промышленные запасы флюсовых известняков для нужд НМК также должны составлять порядка 10 млн т.

Месторождений флюсовых известняков ни в Амурской области, ни в Еврейской АО нет. Для их поисков наиболее перспективна территория, прилегающая к Транссибирской железнодорожной магистрали на ее отрезке пос. Лондоко — г. Шимановск.

В Южной Якутии наиболее приближены к НМК месторождения известняков Бурное и Дэлбэ.

Бурное месторождение, находящееся в 39 км северо-западнее г. Алдан, разведывалось для производства строительной извести. Средняя мощность полезной толщи — 37,75 м, вскрышных пород — 2,75 м. Химический состав сырья: 42,8–55,4 % CaO ; 0,6–10,8 % MgO ; 1,0–1,8 % SiO_2 ; 0,6–0,9 % P_2O_5 . Месторождение, по крайней мере до начала 1990-х годов, интенсивно отработывалось объединением «Якутзолото» для получения извести, ежегодная добыча известняка доходила до 110 тыс. т (1989 г.). В настоящее время оно относится к нераспределенному фонду. Остаток запасов находится на уровне 17 млн т категорий $A + B + C_1$.

Месторождение Дэлбэ расположено в 4 км севернее Бурного. Химический состав известняков следующий: 50,8 % CaO ; 2,0 % MgO ; 1,3 % R_2O_3 ; 0,02 % S ; 0,01 % P ; 2,5 % н.о. Запасы категории C_1 в количестве 35,9 млн т не утверждены.

В районе железорудного месторождения Таежное, по правому берегу р. Леглиер, зафиксированы выходы известковых мраморов, химический состав которых по единичным пробам характеризуется следующими величинами: 50,8–54,8 % CaO ; 0,4–2,2 % MgO ; 0,1–0,7 %

R_2O_3 ; 1,5–5,6 % н.о. Мраморы встречаются и в других районах Южной Якутии.

В Олекминском районе, вблизи проектируемого Тарыннахского ГОКа, предварительно разведано флюсовое месторождение известняков. Мощность полезной толщи изменяется от 6,0 до 40,5 м, некондиционных прослоев — 4,6–10,0 м, вскрышных пород — 1,8–29,0 м. По четырем блокам месторождения подсчитаны запасы категории C_2 в количестве 345875 тыс. т. Прогнозные ресурсы категории P_1 , оцененные по пятому блоку, составляют 106123 тыс. т. Месторождение расположено на большом удалении от г. Нерюнгри.

Плавиковый шпат. Месторождений плавикового шпата, учитываемых Государственным балансом запасов, в Нижнем Приамурье и Якутии нет. Промышленная значимость известных флюоритовых объектов этих регионов из-за их крайне слабой изученности неясна и в настоящее время оценивается экспертами невысоко.

В Амурской области на территории Архаринского района известно Богучанское месторождение [2]. Оно находится в 35 км к югу от станции Урил Транссибирской железной дороги, в 7,5 км севернее с. Сагибово. В 1940–1941 гг. на месторождении и прилегающих площадях проводились поисковые работы, а в 1941–1943 гг. выполнена его разведка.

Месторождение представляет собой серию жил флюорита, образующих рудное тело протяженностью 450 м. Его мощность колеблется от 1,5 до 13,0 м при максимальной суммарной мощности жил сравнительно чистого крупнокристаллического флюорита 1 м. Среднее содержание флюорита в руде, определенное рудоразборкой, составляет 87,03 %. Средний выход кондиционного флюорита равен 20 % при извлечении 33 %. Остальной флюорит может извлекаться только флотацией. Запасы флюорита составляют 840 т по категориям $A + B + C_1$, забалансовые — 1670 т. Запасы не утверждены.

В Южной Якутии известен целый ряд проявлений плавикового шпата — Самодумовское, Жиганское, Хатырхайское, Эльконское и др. [3].

Самодумовское проявление расположено в 16 км юго-восточнее г. Алдан к северо-западу от с. Якокут и приурочено к обогащенным флюоритом мраморизованным доломитам. Предварительно разведана юго-западная зона, имеющая длину 1,1 км и мощность 50–100 м. Залежь флюоритовых руд прослежена на 280 м при мощности 0,5–13,5 м. Химический состав руды: 37,1–78,0 % CaF_2 ; 2,4–28,0 % CaO ; 3,1–11,0 %

MgO; 0,1 % SiO₂; <0,09 % Al₂O₃; <0,03 % P₂O₅. Установлено, что сырье пригодно для производства плавиковошпатовых концентратов Ф-85 и Ф-92. Запасы руды оценены в 44,8 тыс. т при среднем содержании CaF₂ 62,4 %.

Хатырхайское проявление находится в Алданском районе у пос. Хатырхай. Оно представлено пластовой залежью флюоритовых руд протяженностью 200 м и мощностью от 5 до 10 м. Химический состав руды: 38,2–73,3 % CaF₂; 6–12 % CaO. Прогнозные ресурсы флюорита оцениваются в 100 тыс. т.

Жиганское проявление располагается в 3,5 км юго-западнее пос. Якокутская ЦЭС. На нем установлены девять пластообразных залежей с флюоритовым оруденением протяженностью до 200 м, мощностью 0,1–0,8 м и содержанием полезного компонента от 10,7 до 61,4 %. В окрестностях проявления отмечено наличие многочисленных участков с флюоритовой минерализацией.

Эльконское проявление находится в 20 км юго-западнее г. Томмот. Гнезда, линзы и пластообразные залежи флюоритовой руды, простирающиеся на 30 м, достигают мощности 8 м. Содержание CaF₂ — 38,2–55,6 %. На прилегающей к этому проявлению территории также отмечены участки с флюоритовой минерализацией.

Основными источниками плавикового шпата для рассматриваемых потребителей в ближайшем будущем, а возможно и в более отдаленной перспективе, будут скорее всего эксплуатируемые месторождения Приморского, Забайкальского краев и Бурятии, а также экспортные поставки из Монголии.

Доломиты. В Нижнем Приамурье разведанных месторождений доломитов для металлургии нет. Нет здесь и проявлений доломита с оцененной пригодностью для флюсового и огнеупорного производства. Не изученные в этом отношении залежи доломитов имеются в районе пос. Биракан Еврейской АО (Бурунбава и др.).

В Южной Якутии Государственным балансом запасов в нераспределенном фонде недр учитывается одно Пионерское месторождение доломитов для металлургии, разведанное в 1956–1958 гг. в Алданском районе. Оно расположено в кровле одноименного железорудного месторождения и на каком-то этапе его вскрыши неизбежно будет обрабатываться. Средняя мощность полезной толщи составляет 29,8 м, вскрышных пород — 2,8 м. Гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения благоприятны. Запасы доломита подсчитаны по

промышленным категориям В + С₁ в количестве 20,2 млн т, но не утверждены.

Средний состав доломитов: 19,35 % MgO; 29,61 % CaO; 1,50 % R₂O₃; 3,03 % SiO₂; 0,015 % S; 0,005 % P. Доломиты обладают пониженной пористостью (0–6,5 %), повышенной объемной массой и пределом прочности 700–2560 кг/см². Это соответствует требованиям МПТУ 2660–50 Минчермета СССР к металлургическому сырью I и II классов, действовавшим в период разведки месторождения. Доломиты трудноспекаемые (1700 °С), получение металлургического доломита обеспечивается обжигом после тонкого помола с введением в шихту до 1 % железной окалины, понижающей температуру спекания до 1540 °С.

Вскрышные породы, залегающие над центральной частью Горкитского железорудного месторождения, представлены доломитами. Они слагают предварительно разведанное одноименное месторождение, образованное двумя продуктивными горизонтами мощностью 1,7–14,4 м (нижний) и 12,0–60,4 м. Во вскрыше залегают некондиционные доломиты с содержанием SiO₂ свыше 6 % и четвертичные образования; средняя мощность вскрышных пород — 0,7–5,5 м. Запасы доломита подсчитаны по категории С₁ в количестве 93456 тыс. т и категории С₂ в количестве 713952 тыс. т. Сырье месторождения пригодно для использования в металлургии.

Месторождение государственным балансом не учитывается, но находится в распределенном фонде недр. В 2008 г. ОАО «Инвестиционная группа АЛРОСА» получило лицензию, дающую право разведки и добычи железных руд и попутных компонентов на Горкитском месторождении. В июне 2010 г. состоялось переоформление лицензии на ОАО «ГМК «Тимир».

К северу от пос. Чульман на водоразделе рек Томмот и Малая Юхта выявлено Юхтинское месторождение. Оно представлено пластом доломита мощностью 60 м. Химический состав следующий: 19,1 % MgO; 29,7 % CaO; 1,3 % R₂O₃; 3,5 % SiO₂. Они также относятся к металлургическому сырью I и II классов по МПТУ 2660–50. Гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения благоприятны для их отработки карьером. Запасы доломитов, подсчитанные по категории С₁ в количестве 112 млн т, балансом не учитываются.

На территории, примыкающей к Амуро-Якутской железнодорожной магистрали, могут быть выявлены и другие месторождения доломитов,

геологические предпосылки для этого благоприятны.

Графит кристаллический. Несмотря на то что на Дальнем Востоке сосредоточено почти 44 % балансовых запасов графита, его месторождения, располагающие к тому же самыми богатыми рудами, здесь не эксплуатируются.

Месторождения и проявления кристаллического графита с установленной на сегодняшний день промышленной ценностью расположены в Еврейской АО и Южной Якутии.

В Еврейской АО наибольший интерес представляет Союзное месторождение, расположенное на территории Октябрьского района на левом берегу р. Амур в 40 км выше по течению от районного центра с. Амурзет. Ближайшая железнодорожная станция Ленинское находится в 218 км ниже по р. Амур.

Полезную толщу слагают гнейсовидные и мелкозернистые графитовые сланцы. В гнейсовидных сланцах графит образует кучные скопления и пластинки неправильной формы размером 0,1–0,5 мм. Содержание графита составляет 18–20 %, максимальное — 25 %. В мелкозернистых сланцах содержание графита достигает 18–20 %, максимальное — 38,7 %.

Детальная разведка проведена в начале 1960-х годов на Амуро-Бельском участке месторождения, расположенном на его юго-западном фланге и занимающем 5 % его общей площади. Горнотехнические и гидрогеологические условия участка благоприятны для карьерной отработки. Запасы участка, учитываемые государственным балансом, составляют 8745 тыс. т руды (1476 тыс. т графита) при среднем содержании полезного компонента 16,88 %.

Опытным обогащением графитовых сланцев в лабораторных и полужаводских условиях получен концентрат с содержанием углерода около 80 % и золы до 6–8 %. Малоазольные концентраты элементного и кристаллического графита соответствуют всем стандартным требованиям.

В 2004–2006 гг. на флангах Союзного месторождения, на площади 3,5 км², расположенной от Амуро-Бельского участка до пограничной автомобильной дороги, ЗАО “Графит” провело поисковые работы, прогнозные ресурсы графита по категории P₁ составили 5,9 млн т. Содержание извлекаемого графита изменяется от 19 до 24 %, графит преимущественно мелкочешуйчатый, зольность 6–10 %.

И Амуро-Бельский участок, и площадь, изученная ЗАО “Графит”, расположены в пограничной полосе за линией инженерно-технических

сооружений государственной границы с Китаем, где горнодобывающая деятельность пока невозможна.

Дальнейшее изучение Союзного месторождения продолжается на его Кедровом участке, расположенном за пределами пограничной полосы. Прогнозные ресурсы графита апробированы на нем по категории P₂ в количестве 7 млн т. В 2010 г. ООО “Дальневосточный графит”, специально созданное для представления интересов группы “Магнезит”, получило лицензию на право пользования недрами частью этого участка (4 км²), получившей самостоятельное название Тополихинский участок, с прогнозными ресурсами графита категории P₂ 1,9 млн т. Инвестор планирует к 2016 г. ввести в строй рудник производительностью 300 тыс. т/год руды и горно-обогатительное предприятие проектной мощностью 34,0 тыс. т/год концентрата кристаллического графита. Часть графита (10,0 тыс. т/год) предполагается поставлять в Челябинскую область в ОАО “Комбинат “Магнезит”, остальной объем реализовывать заинтересованным потребителям.

Кроме Союзного месторождения в Еврейской АО известны мелкие Бирское и Сутарское месторождения, запасы которых (1,68 и 0,2 млн т графита соответственно) на балансовом учете не состоят. Несмотря на определенные возможности прироста запасов, перспективы их дальнейшего изучения и освоения экспертами оцениваются невысоко, в основном из-за более низкого содержания полезного компонента — 8,4 % на Бирском, 12,0 % на Сутарском месторождении.

В Амурской области определенные перспективы выявления месторождений графита имеются на территории Тындинского и Зейского районов [2].

В Южной Якутии Государственным балансом запасов РФ учитывается Надеждинское месторождение кристаллического графита, расположенное в Алданском районе в 42 км от железнодорожной станции Малый Нимныр и связанное с ней автомобильной дорогой. В 1986 г. в ходе предварительной разведки на нем оконтурены 18 графитоносных зон, на двух из которых (участок № 1) в 1993–1995 гг. проведена детальная разведка. Средняя мощность зоны I — 15,7 м, содержание графита — 1,0–15,6 %, среднее — 3,91 %. Зона II имеет среднюю мощность 11,7 м, содержание графита колеблется от 0,3 до 20,7 %, составляя в среднем 5,43 %. Запасы графитовой руды составляют 8083 тыс. т

категорий В + С₁, графита при среднем содержании 4,17 % — 337 тыс. т.

Флотационная схема обогащения и схема химической доводки флотоконцентрата разработаны институтом ВНИИнеруд (г. Тольятти). Зольность полученного флотоконцентрата менее 5 %, содержание железа и серы ниже стандартных требований ко всем маркам графита. Установлена пригодность сырья Надеждинского месторождения для получения тигельного и элементного графита, который может использоваться для производства графитовых порошков различного назначения.

Надеждинское месторождение находится в нераспределенном фонде недр.

Промышленный интерес представляют также и другие графитовые объекты Нимнырской площади, на которой расположено Надеждинское месторождение. В результате поисковых и поисково-оценочных работ, продолжающихся и в настоящее время, выделены продуктивные графитоносные тела мощностью от 2,5 до 12,0 м, локализованные на нескольких участках: Керакском, Верхне-Керакском и Лево-Нимгерканском. Среднее содержание графита колеблется от 4,6 до 9,9 %. Прогнозные ресурсы графита на Нимнырской площади апробированы в следующих количествах: категория Р₁ — 1,5; Р₂ — 11,5; Р₃ — 4,0 млн т. Качество руд по отдельным пробам оценено ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» как достаточно высокое для промышленного использования.

В Алданском районе, в 65 км восточнее железнодорожной станции Большой Нимныр, расположено месторождение Чебере, отличающееся от других графитовых объектов Алданского щита значительными запасами руды, содержащей более 10 % графита. Авторские запасы графита оценены по категории С₂ в количестве 2,18 млн т, прогнозные ресурсы апробированы по категориям Р₁ + Р₂ в количестве 1 млн т графита. Качество сырья, оцененное ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» по трем технологическим пробам, не уступает качеству руд эксплуатируемого на Урале Тайгинского месторождения, а по отдельным параметрам и превышает его.

Месторождения и перспективные на графит и шунгит площади имеются также в Приморском крае. Тамгинское и Тургеневское месторождения графита, разведанные в 1948 и 1950 г. соответственно, учитываются Государственным балансом запасов в нераспределенном фонде. Оба месторождения мелкие. На первом из них промышленные запасы руды составляют 749 тыс. т, графита — 83,9 тыс. т при

содержании 11,2 %, на втором — 401 и 39,3 тыс. т соответственно при содержании 9,8 %. Руды Тургеневского месторождения труднообогатимы.

Апробированные прогнозные ресурсы графита в Приморском крае учтены по Тамгинскому рудному узлу: 100 тыс. т категории Р₁ и 120 тыс. т категории Р₃.

На юго-восточном обрамлении Ханкайского массива развиты графитистые (шунгитовые) сланцы лузановской свиты. Мощная толща графитистых сланцев отмечена в районе с. Осиновка. Севернее она широкой полосой протягивается от с. Григорьевка к с. Хороль, а также отмечена в бассейне р. Насыровка. Мощность графитистых сланцев варьирует от 200 до 500 м [5]. Район, обладающий развитой инфраструктурой, представляет несомненный интерес в отношении постановки поисковых работ на графит и шунгит.

Магнезит и брусит. В Еврейской АО Государственным балансом запасов учитываются Сафонихинское месторождение кристаллического магнезита и единственное в России Кульдурское месторождение брусита. Здесь имеются также апробированные прогнозные ресурсы этих полезных ископаемых.

Сафонихинское месторождение, разведанное в середине 1950-х годов, расположено в Облученском районе, в 45 км южнее железнодорожной станции Известковая. Месторождение состоит из двух участков.

На участке Вторая Сафониха выявлены пять линзовидных залежей магнезита протяженностью 500–2100 м и мощностью 18–90 м. Внутренне строение залежей неоднородно. Преобладают окварцованные магнезиты со средним содержанием MgO 45,64 %. Чистые магнезиты образуют линзообразные, сложно построенные тела различного размера и мощности с рядом ответвлений, залегающие среди окварцованных разностей.

Участок Первая Сафониха, расположенный в 500 м восточнее, представлен тремя залежами окварцованных магнезитов, простирающимися на 900 м. Наиболее крупная из них — Южная имеет протяженность 540 м, мощность — от 10 до 58 м. Магнезиты, развитые на участке, содержат в среднем 43,3 % MgO. Прогнозные ресурсы магнезита учитываются на Сафонихинском месторождении в количестве 2,0 млн т категории Р₁.

Утвержденные запасы чистых магнезитов первого сорта составляют 8003 тыс. т категорий В + С₁, запасы окварцованных магнезитов вто-

рого сорта в количестве 51445 тыс. т отнесены к забалансовым.

Чистые магнезиты пригодны для получения металлургических порошков, плавленного периклаза, магнезитхромитовых и хромитмагнезитовых огнеупорных изделий, приготовления огнеупорных бетонов и растворов.

В 2010 г. Сафонихинское месторождение выставлялось на аукцион, не принесяший результата.

Кульдурское месторождение брусита расположено в районе железнодорожной станции Известковая. Его полезную толщу образуют две залежи — Основная и Южная. Промышленные запасы сосредоточены в Основной залежи, представляющей собой выходящую на поверхность слегка вытянутую линзу размером 450×600 м и мощностью в центре до 100 м. Основную ее часть слагают бруситы следующего химического состава: 55–65 % MgO; 1,5–6,0 % CaO; 1,5–8,0 % SiO₂. Внутри рудной залежи и в переходах от нее к вмещающим породам встречаются линзообразные прослои бруситовых кальцифиров с содержанием MgO 35–55 % и CaO 35–55 %.

Периклаз, полученный из брусита путем плавки в электродуговых рудно-термических печах, может использоваться в производстве огнеупорных изделий ответственного назначения.

Месторождение отрабатывается ЗАО «Кульдурский бруситовый рудник». В 2010 г. на нем добыто 39 тыс. т брусита. Потребитель сырья — Богдановичское АО «Огнеупоры». На руднике предполагается внедрить инновационную технологию рентгено-радиометрической сепарации руды, позволяющей существенно повысить качество получаемой из нее продукции. Остаток запасов брусита на 1.01.2011 г. составляет 4184 тыс. т.

Прогнозные ресурсы брусита учтены по Мало-Хинганской перспективной площади (23,0 млн т категории P₁) и Южно-Хинганскому рудному узлу (3,9 млн т категории P₃).

Кварциты. В Амурской области в начале 1940-х годов для нужд завода «Амурсталь» (г. Комсомольск-на-Амуре) разведано Неверское (Неверовское) месторождение кварцитов, расположенное в 9 км севернее железнодорожной станции Большой Невер [4]. Мощность полезной толщи — 20–34 м, мощность вскрыши — 1–5 м, средняя — 2,0–2,5 м. На месторождении выделены пять мало различающихся между собой разновидностей кварцитов со средним содержанием SiO₂ 97,24; 96,84; 97,48; 97,04 и 98,38 % соответ-

ственно. Месторождение не разрабатывалось, его запасы, учитываемые государственным балансом в нераспределенном фонде, составляют 2766 тыс. т категорий А + В + С₁ и 419 тыс. т категории С₂. Проведенными лабораторными и заводскими испытаниями установлена пригодность кварцитов для производства динаса, отвечающего требованиям действовавшего в период разведки ОСТ 10288–39.

В Южной Якутии известно предварительно разведанное Керакское месторождение кварцитов, здесь имеется также ряд их перспективных проявлений.

На Керакском месторождении, расположенном в 4 км южнее пос. Большой Нимныр, геологоразведочные работы проведены в 1951–1956 гг. Оно представлено залежью практически мономинеральных крупнозернистых кварцитов размером 0,7×1,2 км. Средний состав кварцитов: 97,39 % SiO₂; 1,60 % Fe₂O₃; 0,80 % TiO₂; 0,21 % CaO + MgO. По технологической пробе определены огнеупорность (1760 °С), объемная масса (2,6 г/см³) и пористость (1,3 %) кварцитов. Динас, полученный из керакского кварцита, отнесен к I и II классам. Запасы кварцита подсчитаны по категории С₁ до глубины 20 м в количестве 11,6 млн т. Возможен значительный прирост запасов на глубину. Месторождение балансом не учитывается.

Холодниканское проявление кварцитов находится в 6 км южнее пос. Золотинка. Мономинеральные кварциты аналогичны керакским, содержание кремнезема составляет 96,8–98,7 %; в полевошпатовых кварцитах проявления оно несколько ниже — 79,6–92,0 %. Прогнозные ресурсы кварцитов оцениваются в 5–10 млн т.

Пласты кварцитов мощностью от 20 до 400 м отмечены также на левобережье р. Малый Нимныр, в междуречье Чампура и Алдана, в бассейнах рек Амедици, Кускангра, Унгра, на Сутам-Гонамском междуречье и в других районах Южной Якутии.

Дунит и вермикулит. В Южной Якутии, в 27–30 км к северо-западу от г. Алдан, находится предварительно разведанное Инаглинское месторождение, приуроченное к одноименному ультраосновному щелочному массиву, характеризующемуся кольцевым строением. Центральная часть массива площадью около 16 км² сложена дунитами преимущественно форстеритового (55–65 %) состава. Разведка проведена на площади около 1 км² (6 % общей площади выхода дунитов на поверхность). Запасы дунита подсчитаны по категории С₁ до глубины 50–70 м

и составляют 183,4 млн т. Месторождение на балансовом учете не состоит.

Огнеупорность сырого дунита — 1770 °С. Обожженный при температуре 1450 °С дунит на 95–97 % состоит из форстерита, 3–5 % приходится на магнетит. При обжиге до 1600 °С образуется также клиноэнстатит. Полученный при этом материал содержит 27,6–32,4 % SiO₂ и 58,9–59,9 % MgO, его огнеупорность — 1700–1770 °С.

В разрезах железорудных месторождений Южной Якутии (особенно Таежного) присутствуют прослои и линзы маложелезистых форстеритовых оливинитов, достигающие мощности 10–25 м. Качество их не изучено, но предположительно высокое. Использование оливинитов для производства огнеупоров может повысить экономическую эффективность отработки железных руд.

Дунитовое ядро Инаглинского массива окружено прерывистым кольцом щелочных габброидов. Дуниты и габброиды рассеяны множеством пегматитовых жил, в том числе содержащих вермикулит и ювелирный хромдиопсид. Площадь вермикулитоносной полосы — 2,5–3,0 км, ширина — 20–400 м, в основном — 100–200 м. Среднее содержание вермикулита 16,93 %. Запасы, учитываемые государственным балансом, подсчитаны по категориям С₁ (2858 тыс. т руды или 561 тыс. т вермикулита) и С₂ (387 и 72 тыс. т соответственно). Качество вермикулита — одно из лучших в России. При обжиге (температура нагрева 800 °С) он увеличивается в объеме до 22 раз, объемная масса вспученного вермикулита в засыпке варьирует от 72 до 210 кг/м³, составляя в среднем 100–110 кг/м³. Месторождение находится в распределенном фонде, его подготовку к освоению с 2010 г. ведет ООО «Восток».

Высокоглиноземные минералы. Разведанных месторождений высокоглиноземных минералов группы силлиманита и месторождений кордиерита на Дальнем Востоке нет.

Слабо изученные проявления дистена известны в Амурской области и Якутии (Усть-Ханинское), силлиманита и кордиерита — в Якутии.

В архейских отложениях Алданского щита, в бассейнах рек Иенгра, Горбылях и других развиты практически мономинеральные силлиманитовые гнейсы мощностью от 1–2 до 40 м, прослеживающиеся на расстояние до 4 км. Мощные прослои и линзы силлиманитовых, силлиманит-кордиеритовых, биотит-силлиманит-кордиеритовых, биотит-кордиеритовых и других высокогли-

ноземистых гнейсов и сланцев отмечены здесь на значительных площадях [3].

Определенный интерес представляет также возможность получения силлиманитового концентрата из гнейсов, вмещающих Таежное железорудное месторождение. Несмотря на низкое содержание в них силлиманита (9,9–11,5 %), путем двухстадийной флотации Иркутским филиалом «Гиредмет» в 1960 г. был получен концентрат, содержащий 45 % этого минерала при извлечении 63 % [3].

В Республике Саха (Якутия) Государственным балансом запасов абразивного сырья учитывается одно мелкое месторождение корунда — Чайнытское, разведанное в 1940-х годах. Месторождение находится в 30 км севернее пос. Золотинка. Полезная толща представлена на нем коренными корундсодержащими породами и их россыпью с содержанием полезного компонента 24,32 и 41,05 % соответственно. Запасы корунда в коренных породах составляют 900 т, в россыпи — 3900 т по категориям А + В + С₁. Поблизости от него известно Джелиндинское месторождение корунда и дистена с авторскими запасами (обоих минералов вместе) 11 тыс. т категории С₁ и 34 тыс. т категории С₂. Запасы подсчитаны на ограниченном участке, прогнозные ресурсы дистена и корунда оценены в 140 тыс. т. Многочисленные проявления корунда выявлены также в полосе шириной 10–15 км, протягивающейся от Чайнытского месторождения на северо-запад на расстояние более 150 км.

Каолин. В пределах Амурской области Государственным балансом запасов учитываются два месторождения каолинитсодержащих песков — Чалганское и Святогоровское.

Крупное по запасам Чалганское месторождение расположено в Шимановском районе непосредственно у железнодорожной станции Чалган. На нем выделены четыре участка. Южный и Юго-Западный участки отделяются железной дорогой от разделенных между собой пос. Чалганы Северного и Юго-Восточного участков. Мощность полезной толщи на Чалганском месторождении колеблется от 1,0 до 17,5 м (средняя — около 7 м), вскрышных пород — от 1,0 до 8,8 м (средняя — 4,0 м). Содержание каолина в песках варьирует в интервале 24–44 %, среднее по месторождению — 32 %. Каолин представлен дисперсным и тонкодисперсным материалом. Пески разномерные, слагаются кварцем (83–86 %) и полевым шпатом (14–17 %) с очень небольшой примесью других минералов. Разработана схема обогащения каолинитсодержащих

песков мокрым безэлектролитным методом и последующей флотацией песчаной фракции с получением каолинового, кварцевого и полевошпатового концентратов. Их выход составляет 23,9, 53,0 и 8,1 % соответственно. Каолин оценивался как сырье для керамической и бумажной промышленности. Данных о его огнеупорных характеристиках, а также о возможности использования кварцевого песка в качестве формовочного нет.

Северный участок Чалганского месторождения находится в пользовании Чалгановского опытного комбината НЦ ДВО РАН. Участок ранее эксплуатировался, с 2007 г. добычные работы на нем не ведутся. Лицензия, имеющаяся у недропользователя, действует до 2013 г. Остаток запасов составляет 29703 тыс. т категорий А + В + С₁ и 7728 тыс. т категории С₂.

Юго-Восточный, Юго-Западный и Южный участки Чалганского месторождения с суммарными запасами 1740 тыс. т категорий А + В + С₁ и 24936 тыс. т категории С₂ относятся к нераспределенному фонду недр.

Святогоровское (Калмыковское) месторождение, находящееся в 25 км юго-западнее железнодорожной станции Завитая, разведано в 1948 г. Оно располагает значительно меньшими запасами каолинитсодержащих песков (4063 тыс. т категорий А + В + С₁ и 1000 тыс. т категории С₂), находящимися в нераспределенном фонде. Отработка песков возможна открытым способом. Каолин изучался только в качестве сырья для бумажной промышленности. Месторождение недоизучено по площади и на глубину: мощность продуктивного горизонта — 24 м, глубина разведочных скважин — 15–17 м. Полезная толща значительно обводнена.

В Приморском крае учтены только крупные апробированные запасы каолина в пределах Павловской перспективной площади — 100 млн т категории Р₂.

Огнеупорные глины. В Амурской области Государственным балансом запасов учитываются три месторождения огнеупорных глин — Гальчиминское, Райчихинское и Юхта-Бузулинское, в настоящее время находящиеся в нераспределенном фонде.

Гальчиминское (Дамбукинское) месторождение находится в Зейском районе в 6–8 км от пос. Дамбуки. Детальная разведка проведена в 1950–1951 гг. Средняя мощность глин — 2,42 м, вскрыши — 5,9 м. Месторождение с 1961 г. эксплуатировалось для нужд завода “Амурсталь”, за период добычи погашение запасов составило

176 тыс. т. Остаток запасов, разведанных по категориям А + В + С₁, составляет 2581 тыс. т. Глины в основном высокоогнеупорные с температурой плавления 1690–1750 °С; 15 % проб относится к среднеогнеупорным с температурой плавления 1670–1680 °С. Установлена пригодность глин для изготовления ковшевых припасов, звездочек и сифонных изделий различных марок.

Райчихинское месторождение расположено в Завитинском районе, в 7 км севернее г. Райчихинска. Геологоразведочные работы на нем проведены в 1940-х годах для обеспечения потребностей завода “Амурсталь”. Мощность полезной толщи — 1–6 м, вскрышных пород — 1,7–35,0 м. Глины представлены тремя сортами с огнеупорностью >1690, 1650–1690 и 1580–1650 °С соответственно. Лабораторно-технологическими испытаниями (полузаводские испытания не проводились) установлено, что глины первого сорта пригодны для получения полукислых огнеупорных изделий классов ПК и ПГ, а глины второго сорта — класса ПР по ОСТ 16238–39. Месторождение ранее не разрабатывалось. Его запасы подсчитаны по категориям В + С₁ в количестве 301 тыс. т и категории С₂ в количестве 670 тыс. т. Часть запасов находится под вскрышей мощностью более 12 м.

Юхта-Бузулинское месторождение находится в Свободненском районе в 2 км южнее пос. Бузули. Мощность пласта глин — 0,2–6,0 м (в среднем 3,7 м), вскрышных пород — 3,5–13,0 м (средняя — 7,7 м). Огнеупорность глин варьируется в интервале 1520–1790 °С, в среднем по полезной толще — 1652 °С. Месторождение с 1938 по 1959 г. неоднократно разведывалось. В прошлом оно эксплуатировалось для производства различных керамических изделий и огнеупорного кирпича, глина также поставлялась металлургическим заводам. За время отработки погашена значительная часть запасов (4192 тыс. т), составляющих на сегодня 6325 тыс. т категорий В + С.

В Южной Якутии разведанных месторождений огнеупорных глин нет. Перспективы их выявления имеются вдоль северного склона Чульманской впадины, где в кембрийских карбонатных породах встречены карстовые депрессии, выполненные глинами, в том числе каолинитового состава, и глинистыми кварцевыми песками. Прогнозные ресурсы огнеупорных глин Эргинского проявления, находящегося в районе пос. Чульман, оценены в 800 тыс. т [3].

Таким образом, современное состояние минерально-сырьевой базы нерудного сырья для черной металлургии и сопутствующих производств не позволяет обеспечить эффективную деятельность новых металлургических кластеров Дальнего Востока. Это вызывает необходи-

мость интенсификации геологоразведочных работ на нерудное сырье как для доизучения его известных месторождений, наиболее перспективных для освоения, так и для выявления новых объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Архипов Г. И. Черная металлургия на Дальнем Востоке: перспективы развития // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 1. С. 65–70.
2. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков / И. А. Васильев, В. П. Капанин, Г. П. Ковтонюк и др. — Благовещенск: КИП Амурской области. 2000. — 168 с.
3. Геология СССР. Т. XVIII. Якутская АССР. Полезные ископаемые. — М.: Недра. 1979. — 411 с.
4. Геология СССР. Т. XIX. Хабаровский край и Амурская область. Ч. II. Полезные ископаемые. — М.: Недра. 1976. — 194 с.
5. Геология СССР. Т. XXXII. Приморский край. Ч. I. Геологическое описание. — М.: Недра. 1969. — 695 с.
6. Машковцев Г. А., Коротков В. В. Минерально-сырьевое обеспечение новых горно-металлургических комплексов Восточной Сибири и Дальнего Востока // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2008. № 1. С. 54–63.
7. Сенаторов П. П., Вафин Р. Ф., Щербакова Т. А. Минерально-сырьевая база основных видов нерудного огнеупорного сырья Российской Федерации. Состояние и проблемы // Черная металлургия: Бюл. ин-та “Черметинформация”. 2012. № 2. С. 3–19.
8. Нерудное флюсовое сырье для черной металлургии: состояние и проблемы минерально-сырьевой базы / П. П. Сенаторов, Р. Ф. Вафин, Л. И. Корчагина, В. С. Тохтасьев // Там же. 2012. № 5. С. 10–22.

УДК 621.771.294; 669.141.3:539.374; 669.14.018.29

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОЛЕСОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. С. МАРКИН¹, Г. А. ФИЛИППОВ², д-р. техн. наук, iqs12@yandex.ru; А. А. ШИШОВ³
(¹ ЗАО “Объединенная металлургическая компания”,

² ФГУП “ЦНИИчермет им. И.П. Бардина”, ³ ОАО “Выксунский металлургический завод”)

Железнодорожные цельнокатаные колеса — высоконагруженный элемент колесных пар грузовых и пассажирских вагонов. Колеса работают в сложных условиях: помимо больших осевых и динамических ударных нагрузок, смешанного трения качения с продольным и поперечным скольжением они подвергаются также термомеханическому воздействию тормозных колодок. В условиях длительного контактного взаимодействия с рельсами железнодорожные колеса должны обладать малым износом, большим ресурсом работоспособности и сохранять свои служебные характеристики в течение продолжительного времени.

В связи с этим техническая политика ОАО “Российские железные дороги” (РЖД) в области железнодорожного транспорта в настоящее время направлена на решение двух основных задач: ввод в эксплуатацию дорог со скоростным и смешанным движением и создание грузовых вагонов нового поколения с повышенной нагруз-

кой на ось до 30 тс. Для решения этих задач требуется создание цельнокатаных колес с повышенным уровнем потребительских свойств, в первую очередь с запасом твердости в ободе и усталостной прочностью в диске. Кроме того, с середины 90-х годов прошлого века отмечалась тенденция повышенного износа как рельсов, так и колес. Основные причины такой ситуации, вероятно, связаны с внедрением новых технических и технологических разработок на железнодорожном транспорте (железобетонные шпалы, суженная колея пути, новая конструкция вагонной тележки, тормозных устройств и т. д.), что привело к значительному ужесточению режима эксплуатации рельсов и колес, работающих как пара трения.

Другая причина пониженной эксплуатационной стойкости этих изделий — значительный дисбаланс между свойствами рельсов и колеса, что, в свою очередь, привело к изменению трибометрических характеристик взаимодействия

рельсов и колеса. Одной из причин сложившегося положения является существенный, более интенсивный рост качества и уровня свойств рельсов по сравнению с колесной сталью [1–6].

В связи с этим основная задача, стоящая перед металлургией в ближайшие годы в области металла для железнодорожного транспорта, — совершенствование состава и технологии производства колесной стали с целью повышения качества, уровня твердости и вязкости и обеспечения высокой эксплуатационной стойкости.

Основным требованием, предъявляемым к железнодорожным колесам грузовых вагонов, является повышение твердости обода колеса, которая, как уже отмечалось, существенно ниже твердости головки рельса. Для решения этой задачи недостаточно только корректировки технологии термической обработки. Необходимым условием является совершенствование технологии выплавки колесной стали для создания запаса вязкости.

Работы по совершенствованию технологии выплавки и разлива колесной стали, проводимые ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» совместно с ОАО ВНИИЖТ и ОАО «Выксунский металлургический завод» (ВМЗ), создали предпосылки для изготовления колес с повышенной твердостью обода, которые удовлетворяют современным требованиям ОАО РЖД (рис. 1).

Выполнение столь жестких требований к эксплуатационным свойствам колес возможно лишь при комплексном подходе к качеству их изготовления на всех технологических переделах. Ос-

нова будущих свойств колес закладывается в сталеплавильном производстве. Качество исходного металла и уровень технологии последующих переделов будут определять потребительские свойства колес. Поэтому для улучшения качества колес в ОАО ВМЗ были внедрены новые технологические процессы и усовершенствованы существующие технологии для повышения общего уровня колесного производства. При выборе направлений совершенствования технологий руководствовались требованиями отечественных транспортников, а также существующими тенденциями в развитии зарубежных железнодорожных транспортных систем.

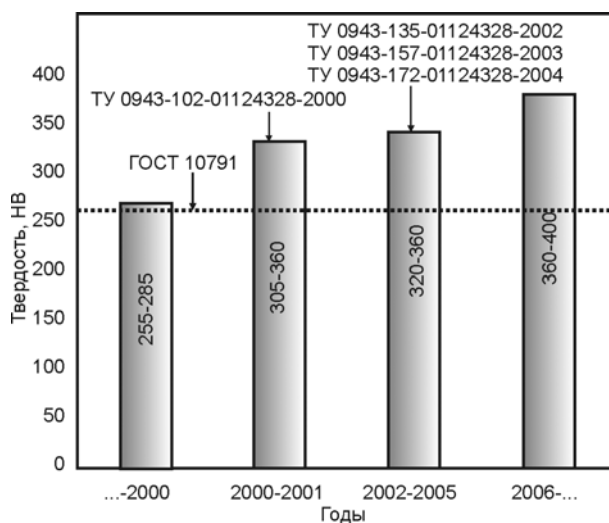


Рис. 1. Существующие и перспективные требования к железнодорожным колесам для грузовых вагонов

Влияние термообработки на структуру и свойства колесной стали

Один из критериев качества готовых колес — уровень твердости рабочих поверхностей (по ГОСТ 10791 для колес грузовых вагонов НВ ≥ 255). Желательна также повышенная твердость на глубине до 30 мм от поверхности катания обода, что позволяет при сильном износе колес в эксплуатации и необходимости их переточки иметь достаточную твердость на новой поверхности катания и в гребне.

Уровень твердости на рабочих поверхностях и в глубине обода колес, производимых в соответствии с ГОСТ 10791, является в настоящее время недостаточным и не предотвращает их интенсивный износ. Поэтому была поставлена задача существенного увеличения твердости обода до 320–360 НВ как на рабочих поверхностях, так и на глубине до 30 мм.

Проблему увеличения твердости подвергающихся сильному износу рабочих элементов колес в принципе можно решать несколькими путями:

- если сохранить используемую марку стали 60Г, а также структурную основу — перлит, то твердость можно повысить путем диспергирования перлитной структуры прежде всего уменьшением межпластиночного расстояния;
- можно увеличить содержание углерода в стали;
- можно перейти к иной структурной основе, например к мартенситной или бейнитной, при этом возможны варианты сохранения марки стали или замены ее на другую сталь с меньшим содержанием углерода.

Другой проблемой при производстве колес является низкая ударная вязкость материала дис-

ков, где при термической обработке формируется грубопластинчатый перлит. Для повышения ударной вязкости необходимо либо диспергировать перлит, либо как минимум измельчить размер перлитных колоний, либо понизить содержание углерода в стали. Но последнее противоречит требованиям увеличения твердости обода.

Одним из путей достижения повышенной твердости рабочих поверхностей обода и на глубине до 30 мм от поверхности катания является диспергирование перлитной структуры посредством подбора режимов термической обработки. С этой целью проведены исследования влияния низкотемпературного нагрева под закалку и температуры распада аустенита в широком интервале на микро- и тонкую структуру колесной стали и достигаемую при этом твердость [7].

На рис. 2 показана зависимость твердости стали, аустенитизированной при 850 °С, от температуры изотермического превращения. После превращения ниже M_s , т. е. в закаленном на мартенсит состоянии, твердость стали максимальна (64–66 HRC); после превращения при 200 °С твердость уменьшается незначительно: при повышении температуры изотермы до 300, 350 и 400 °С твердость существенно понижается до 55, 46 и 36 HRC соответственно. Монотонное падение твердости нарушается после превращения в интервале 400–460 °С, где она вначале остается постоянной, а затем даже подрастает. При дальнейшем увеличении температуры изотермы твердость непрерывно снижается до минимального значения на уровне 10–15 HRC.

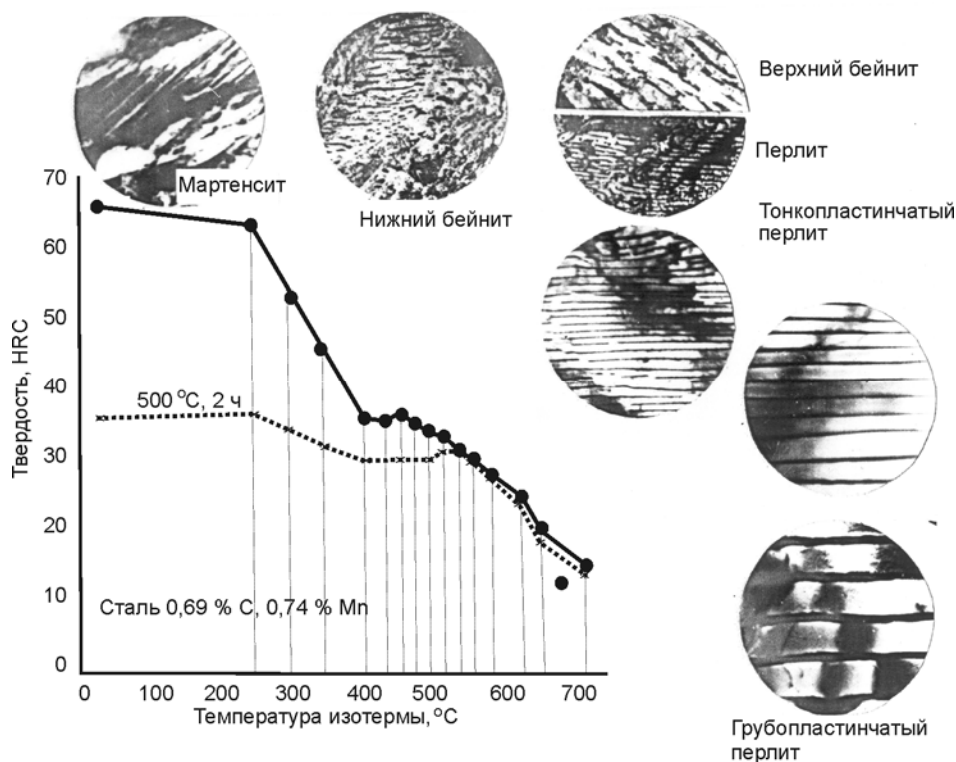


Рис. 2. Влияние температуры изотермического превращения аустенита (нагрев при 850 °С) на структуру и твердость колесной стали марки 2. Пунктиром показано изменение твердости после отпуска при 500 °С. Приведены электронные снимки тонкой структуры

Известно, что по конструктивным требованиям с целью создания определенного распределения внутренних напряжений колеса должны подвергаться отпуску при ~500 °С, поэтому в отпущенном состоянии независимо от первичной структуры различного типа (мартенсита, нижнего бейнита, тонкопластинчатого перлита) твердость рабочих поверхностей готовых колес будет практически одинакова. Необходимо подчеркнуть, что немонотонный характер изменения твердости колесной стали 60Г с температурой превра-

щения аустенита не случайное явление. Подобный характер зависимости твердости отмечен для стали с большим содержанием углерода и марганца [8] и для рельсовой стали [9].

Из рис. 2 видно, что после отпуска при 500 °С твердость стали со структурой мартенсита уменьшается до 36 HRC, а со структурой бейнита — до 30 HRC. До такого же уровня снижается твердость стали, имеющей исходную структуру тонкопластинчатого перлита. На твердость стали со структурой, сформированной при изо-

термическом превращении при 580 °С и выше, отпуск при 500 °С практически не влияет.

Таким образом, повышение температуры изотермического превращения аустенита в колесной стали до 500, 550 °С и выше сопровождается формированием перлита со все возрастающим межпластиночным расстоянием, что приводит к постепенному снижению твердости.

В соответствии с действующим ГОСТ 10791 (сталь марки 2) термическая обработка железнодорожных цельнокатаных колес производится таким образом, что обеспечивает плавное снижение твердости по сечению колеса от обода к диску и ступице. Максимальная твердость достигается у поверхности катания, но на глубине 30 мм она снижается до уровня, едва превышающего 200 НВ, что обусловлено постепенным увеличением межпластиночного расстояния в перлите от ~0,1 до 0,3–0,5 мкм.

Попытка получить тонкопластинчатый перлит, обеспечивающий максимальную твердость рабочим поверхностям колеса, путем более интенсивного спрейерного охлаждения обода колеса водой приводит к тому, что под поверхностью катания до глубины ~5–10 мм образуются структуры сдвигового типа и распределение твердости по сечению колеса становится немонотонным. В значительной мере характер распределения твердости по сечению колеса аналогичен кривой изменения твердости образцов колесной стали, в которых аустенит превращался изотермически в интервале температур 20–720 °С (см. рис. 2). Поэтому необходимо было найти технологическое решение, которое позволило бы при

термической обработке получить дисперсный тонкопластинчатый перлит. Это может быть обеспечено уменьшением размера исходного аустенитного зерна.

В частности, после превращения при 400 °С в мелкозернистой стали структура включает в основном перлит с примесью феррита и верхнего бейнита, тогда как в крупнозернистой стали заметную долю структуры (~30 %) занимает верхний бейнит. После превращения при 450 °С мелкозернистая сталь не имеет в структуре сдвиговых фаз, а в крупнозернистой стали содержится до 30 % верхнего бейнита.

Таким образом, в мелкозернистом аустените существенно снижается температурный интервал перлитного превращения и заметно подавляется образование структур промежуточного превращения.

Это связано с тем, что у мелкозернистой стали с большой протяженностью границ зерен аустенита облегчено диффузионное перераспределение углерода (как известно, скорость диффузии атомов углерода по границам больше, чем по телу зерен) и, следовательно, облегчено диффузионное фазовое превращение — образование перлита.

Результаты разработки режимов термической обработки колес по технологии прерывистой закалки позволили обеспечить благоприятное распределение по сечению обода дисперсной микроструктуры с преобладанием тонкопластинчатого перлита, обеспечивающей высокую твердость (НВ ≥320).

Освоение производства цельнокатаных железнодорожных колес с повышенной твердостью обода

Другим важным фактором, определяющим свойства колесной стали, является загрязненность неметаллическими включениями и примесями. Уровень надежности высокопрочной стали зависит от степени ее чистоты и структурного состояния [10]. Для повышения степени чистоты колесной стали в условиях ОАО ВМЗ разработана современная технология выплавки, раскисления и разливки, включающая продувку плавки аргоном, применение твердых шлакообразующих смесей и сталеплавильных ковшей с нейтральной или основной футеровкой, рациональное двухстадийное раскисление, отсечку печного шлака и ряд других мероприятий [5, 6, 10, 11]. Освоение этих технологических приемов позволяет снизить загрязненность стали неметалли-

ческими включениями и повысить запас вязкости.

В настоящее время в ОАО ВМЗ освоена технология внепечной обработки стали на установке ковш-печь и в вакууматоре. Освоение производства вакуумированной колесной стали открыло новые возможности для повышения запаса вязкости и, следовательно, уровня твердости обода колеса, в частности получение колесной стали в узких заданных пределах по химическому составу, что особенно важно при освоении серийного производства колес с повышенной твердостью обода.

Анализ химического состава плавов вакуумированной колесной стали показал, что по стабильности содержания основных легирующих

элементов вакуумированная колесная сталь существенно превышает показатели невакуумированной стали. Разброс по содержанию углерода составляет 0,04 %, а разброс по содержанию марганца — 0,13 % (данные по 21 плавке). Содержание углерода изменяется в пределах 0,64–0,68 %, а содержание марганца — 0,73–0,86 %.

Следует отметить высокую степень чистоты колесной стали по примесям серы (0,005–0,020 %) и газонасыщенности (рис. 3). Анализ газонасыщенности плавков для производства колес с повышенной твердостью обода показал, что содержание кислорода находится в пределах 0,0050–0,0084 %. Причем 85 % плавков содержит 0,005–0,007 % кислорода, что в 2–3 раза меньше, чем в невакуумированной стали.

Более высокие показатели степени чистоты и газонасыщенности вакуумированной стали при-

водят к меньшей загрязненности неметаллическими включениями (см. таблицу). В частности, загрязненность сульфидами вакуумированной колесной стали почти в 2 раза меньше, чем невакуумированной.

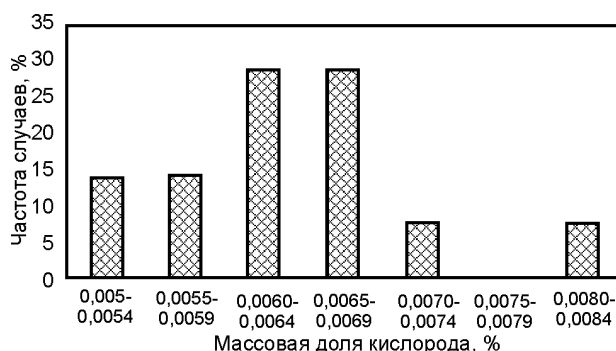


Рис. 3. Распределение доли кислорода в колесах из вакуумированной стали по результатам 14 плавков

ОЦЕНКА СРЕДНЕГО БАЛЛА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ВАКУМИРОВАННОЙ И НЕВАКУМИРОВАННОЙ СТАЛИ*

Сталь	Средний балл						Суммарный балл оксидов и силикатов (без СН)
	СХ	СП	СН	С	ОС	ОТ	
Вакуумированная	0,1	0,2	1,8	1,3	0	0	0,3
Невакуумированная	0,7	1,5	2,4	2,0	0,5	0,5	3,2
ГОСТ 10791	Не более						
	3,0	3,0	—	3,0	1,0	3,0	—

* СХ — силикаты хрупкие; СП — силикаты пластичные; СН — силикаты недеформирующиеся; С — сульфиды; ОС — оксиды строчечные; ОТ — оксиды точечные.

Загрязненность силикатами хрупкими и пластичными также существенно ниже для вакуумированной стали и значительно превосходит требования ГОСТ 10791.

Содержание водорода в колесной стали составляет 0,5–1,5 ppm. При этом в 70 % плавков его содержание не превышает 1,0 ppm.

Таким образом, колесная вакуумированная сталь производства ОАО ВМЗ имеет стабильный химический состав и высокую степень чистоты по содержанию примесей серы, кислорода и водорода. Получение в условиях применения установки внепечной обработки стали чистой по сере и кислороду колесной стали кардинально улучшило ее качество по содержанию неметаллических включений сульфидов и оксидов [5, 10]. Анализ распределения средней балльности неметаллических включений по 78 плавкам показал, что максимальный средний балл сульфидов составляет 1,9. Характерно, что количество плавков с баллом сульфидов 1,5–1,9 составляет около 5 %. Максимальный средний балл пластичных силикатов составляет 1,3, а хрупкораз-

рушенных — 0,9. Средний балл пластичных силикатов — 0,1 (60 % плавков), а хрупкоразрушенных — 0,1 (75 % плавков).

Для снижения загрязненности стали неметаллическими включениями, улучшения качественных характеристик металла ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» разработана технология раскисления и внепечной обработки стали, основанная на более глубоком раскислении металла алюминием, модифицировании образующихся включений глинозема кальцием, обработке расплава в ковше продувкой аргоном и твердыми шлакообразующими смесями с предварительной отсечкой печного шлака.

Это привело к еще большей чистоте колесной стали по содержанию кислорода (0,0015–0,0025 %) и меньшей загрязненности неметаллическими включениями кислородной группы [10]. Таким образом, применение внепечной обработки с отсечкой печного шлака и рациональным раскислением кардинально повысило качество колесной стали по загрязненности неметаллическими включениями.

Основным требованием, предъявляемым к колесам с повышенной твердостью, является уровень твердости на глубине 30 мм, который должен быть в пределах 320–360 НВ. Анализ показал, что около 75 % всех плавков имеет твердость 326–335 НВ, т. е. разброс твердости находится в пределах 10 НВ. Временное сопротивление в ободе также имеет высокую стабильность. Около 80 % колес всех плавков имеет прочность 1110–1140 Н/мм², разброс прочности находится в пределах 30 Н/мм². Суммарный разброс прочности составляет 90 Н/мм², что свидетельствует о высокой стабильности этого показателя (по ТУ 1020 — 1180 Н/мм²).

Повышение степени чистоты колесной стали является одной из причин достаточно высокой ударной вязкости в диске. Она изменяется в пределах 18–34 Дж/см². Причем 90 % плавков показывает значения КСЧ в диске в пределах 18–28 Дж/см² (данные по 33 плавкам).

Таким образом, получение в условиях сталеплавления производства ОАО ВМЗ чистой по примесям и неметаллическим включениям стали позволило увеличить запас вязкости и повысить уровень твердости в ободе колеса.

Другим фактором, от которого зависит надежность колес в эксплуатации, является структурное состояние. Как уже отмечалось, получение в стали однородной мелкодисперсной структуры (малое межпластиночное расстояние) позволяет повысить уровень вязких свойств и одновременно увеличить твердость и прочность, от которых зависит эксплуатационная стойкость колес [7].

Известно, что увеличение степени дисперсности перлита повышает уровень твердости и запас вязкости перлитной стали. Как показало электронно-микроскопическое исследование, максимальная дисперсность перлита может быть обеспечена при превращении аустенита в области 450±20 °С (межпластиночное расстояние составляет 0,07–0,10 мкм). Разработка технологии термической обработки позволила обеспечить структуру тонкопластинчатого перлита на глубине до 30 мм. В частности, межпластиночное расстояние в перлите на глубине 5 мм составляет 0,07–0,10 мкм, а на глубине 25 мм — 0,9–0,15 мкм, что близко к предельному значению для колесной стали с содержанием углерода 0,65–0,70 % (рис. 4).

Получение структуры перлита такой дисперсности обеспечивает высокие твердость и вязкость колесной стали. Уровень твердости на глубине 5 мм составляет 360–380 НВ, на глубине 30 мм — 320–360 НВ, а прочность — 1020–1180 Н/мм². Ударная вязкость в ободе достигает 18–30 Дж/см², а в диске — 16–25 Дж/см².

Таким образом, для осуществления производства колес с повышенной твердостью обода был решен комплекс технологических задач от

выплавки до термической обработки готовых колес, обеспечивающий требуемый уровень эксплуатационной стойкости и надежности. В настоящее время в ОАО ВМЗ изготовлено более 1,5 млн колес с повышенным уровнем твердости. По данным мониторинга ОАО РЖД, эксплуатация колес нового поколения показывает их преимущества по целому ряду показателей (рис. 5).

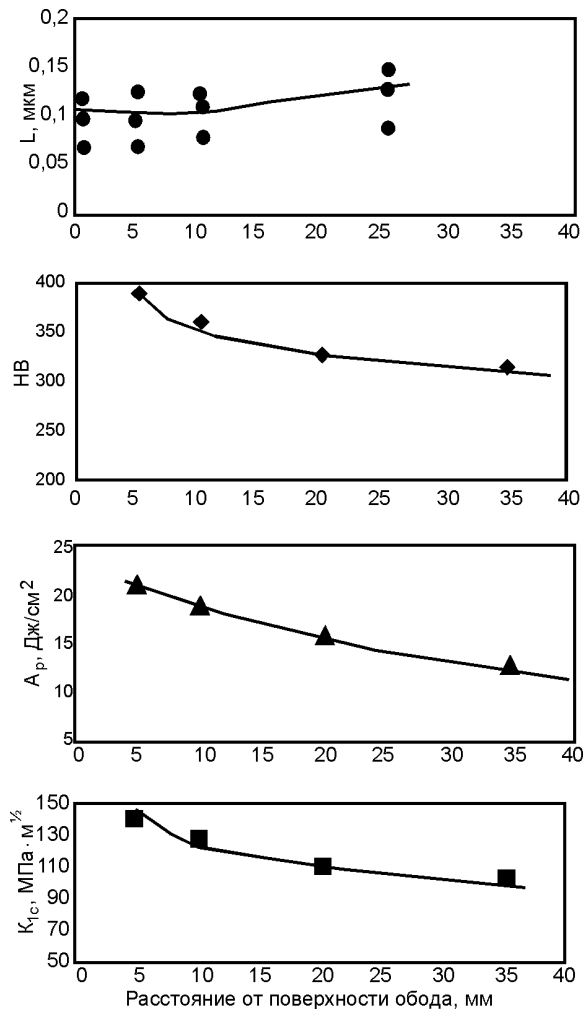


Рис. 4. Изменение межпластиночного расстояния, твердости, работы распространения трещины и вязкости разрушения по глубине обода твердого колеса

Таким образом, в настоящее время освоено серийное производство колес с повышенной твердостью обода (320–360 НВ) в условиях колесопрокатного цеха ОАО ВМЗ. Кроме того, ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» совместно с ОАО ВНИИЖТ и ОАО ВМЗ проводит поисковые и опытные работы по разработке технологий производства колес с более высоким уровнем твердости обода (360–400 НВ) для грузовых вагонов, колес с повышенной твердостью обода (280–320 НВ) для пассажирских вагонов, а также колес для пассажирских вагонов с повышенным сопротивлением возникновению эксплуатационных дефектов на основе сталей бейнитного класса (рис. 6).

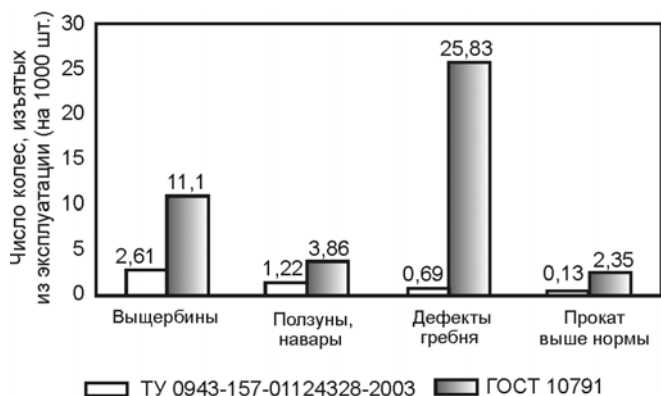


Рис. 5. Удельное число колес, изъятых из эксплуатации по различным дефектам за 10 мес. 2005 г.

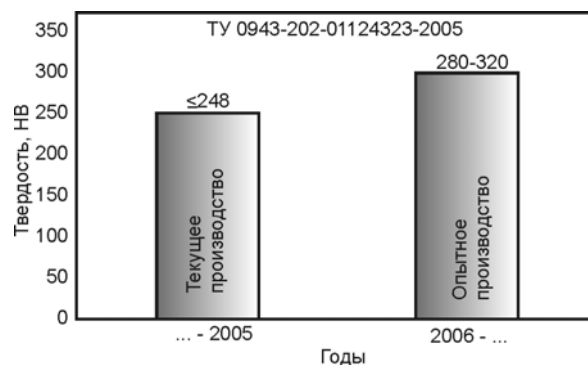


Рис. 6. Существующие и перспективные требования к железнодорожным колесам для пассажирских вагонов

Выводы

1. Разработаны научные основы повышения твердости и вязкости колесной стали за счет улучшения металлургического качества металла и создания структуры ультрадисперсного перлита (межпластиночное расстояние 5–120 нм) по толщине обода.

2. Определены условия получения заданного типа структуры на действующем оборудовании колесопрокатного цеха ОАО ВМЗ, обеспечивающие оптимальное соотношение твердости и вязкости в ободу и диске.

3. Разработаны и включены в новый ГОСТ 10791 технические требования и технические условия на производство колес с повышенной твердостью для грузовых и пассажирских вагонов.

4. Стендовые испытания твердых колес серийного производства показали в 1,5 раза более

высокую усталостную прочность дисков по сравнению со стандартными колесами. По результатам проведенного специалистами ОАО РЖД анализа поведения колес в эксплуатации стойкость по основным видам дефектов твердых колес серийного производства в 4–8 раз превышает стойкость стандартных колес по сопротивлению их образованию. Эксплуатация колес с твердым ободом в 5,5 раза сокращает количество отцепок вагонов и обточек колесных пар.

5. В настоящее время в ОАО РЖД поставлено более 3,0 млн колес с повышенной твердостью обода, доля которых в общем объеме эксплуатируемого парка грузовых вагонов составляет более 40 %. Обладая повышенной стойкостью к износу и выщербинообразованию, данные колеса обеспечивают увеличение ресурса в 1,5–2 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железнодорожные рельсы из электростали / А. А. Козырев, В. В. Павлов, Л. А. Годик, В. П. Дементьев. — Новокузнецк, 2006. — 387 с.
2. Поляков В. В., Великанов А. В. Основы технологии производства железнодорожных рельсов. — М.: Металлургия. 1990. — 415 с.
3. Опыт производства железнодорожных колес из “первородной” вакуумированной стали / В. А. Паршин, Ю. М. Парышев, М. А. Стамбульчик, Г. А. Филиппов // Сталь. 1995. № 1. С. 52–55.
4. Качество рельсов из непрерывнолитой стали, выплавленной на основе “первородной” шихты / Б. Ю. Зеличенко, А. А. Киричков, В. А. Паршин и др. // Сталь. 1996. № 5. С. 51–56.
5. Опыт производства поверхностно закаленных рельсов из непрерывнолитой “первородной” стали / Н. Ф. Левченко, В. И. Маркович, О. В. Носоченко и др. // Сталь. 1997. № 11. С. 52–55.
6. Синельников В. А., Филиппов Г. А., Сахарнов А. А. Технологические аспекты повышения конкурентоспособности продукции черной металлургии // Металлург. 1998. № 7. С. 27–30.
7. Влияние дисперсности перлита на механические свойства, деформационное поведение и характер разрушения высокоуглеродистой стали / В. И. Изотов, В. А. Поздняков, Е. В. Лукьяненко и др. // ФММ. 2007. Т. 103. № 5. С. 549–560.
8. Гудремон Э. Специальные стали / Пер. с нем.; под ред. А. С. Займовского, М. Л. Бернштейна. — М., 1959. Т. 1. — 957 с.
9. Термически упрочненные рельсы / А. Р. Раузин, Е. А. Шур, А. В. Великанов и др.; под ред. А. Ф. Золоторевского. — М.: Железнодорожный транспорт. 2000.
10. Требования по загрязненности неметаллическими включениями мартеновской колесной стали для железнодорожных колес повышенной эксплуатационной стойкости / Г. П. Барина, О. С. Калинина, М. Н. Кокорева и др. // Сталь. 2003. № 5. С. 67–69.
11. Филиппов Г. А. Перспективные технологии производства металлопродукции для железнодорожного транспорта // Металлург. 2004. № 9. С. 55–58.

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!

7 марта 2013 г. исполняется 60 лет

СНИТКО ЮРИЮ ПАВЛОВИЧУ,

генеральному директору ОАО «Черметинформация»



В 1976 г. Ю.П. Снитко закончил Сибирский металлургический институт (г. Новокузнецк) по специальности «Металлургия черных металлов».

После окончания института, в 1976–1979 гг. работал на ферросплавном заводе (г. Новокузнецк). В 1979 г. был направлен в целевую аспирантуру. В 1979–1983 гг. учился в аспирантуре ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина (г. Москва). После защиты диссертации работал в Ждановском (ныне Мариупольском) филиале ЦНИИЧМ старшим научным сотрудником. Занимался проблемами производства высококачественных сталей для судостроения.

С 1984 по 1989 г. старший, затем ведущий научный сотрудник Восточного филиала института черной металлургии (г. Новокузнецк). Основная тематика: освоение проектных мощностей нового электросталеплавильного цеха на Кузнецком металлургическом комбинате (КМК), нового металлургического завода в г. Комсомольске-на-Амуре («Амурсталь»). В 1987 г. за освоение выплавки качественных сталей в сверхмощных печах КМК Ю.П. Снитко удостоен премии им. И.П. Бардина Минчермета СССР.

В 1989 г. Ю.П. Снитко получил приглашение в докторантуру ИМет им. А.А. Байкова РАН, и в 1993 г. закончил ее, защитив диссертацию. Основным направлением диссертационной работы было теоретическое и практическое обоснование целесообразности производства ответственных сталей в сверхмощных дуговых электропечах с последующей непрерывной разливкой. В частности, оценена возможность производства рельсовых сталей повышенной эксплуатационной надежности из электростали.

В 1993–1995 гг. Ю.П. Снитко работал профессором кафедры электрометаллургии стали и ферросплавов Сибирского металлургического института. В 1995–2000 гг. работал техническим директором Кузнецкого завода ферросплавов (г. Новокузнецк). Основные направления деятельности: реконструкция ферросплавных печей, обеспечившая повышение производительности и снижение расхода электроэнергии, замена дорогого и дефицитного кокса при выплавке металла углем, комплексная реконструкция природоохранных сооружений предприятий, позволившая выполнить все экологические предписания.

В 1998 г. Ю.П. Снитко по поручению администрации Кемеровской области выполнял обязанности внешнего управляющего КМК. За время работы была подготовлена и представлена программа реконструкции комбината, стержнем которой являлся переход на производство рельсов из электростали.

В 2000 г. Ю.П. Снитко получил приглашение перейти на работу на КМК на должность технического директора для реализации ранее подготовленной программы модернизации. За 2000–2003 гг. была реализована программа реконструкции, включающая реконструкцию копрового, электросталеплавильного рельсобалочного цехов. Осуществлен перевод нагревательных печей с коксодоменного на природный газ. Освоено производство новых, высокоприбыльных видов продукции. За время работы доля комбината на российском рынке качественных рельсов возросла до 60 %.

В 2004 г. Ю.П. Снитко получил приглашение на работу в компанию «Мечел» на должность директора управления реконструкции и развития (г. Москва). За годы работы (2004–2010 гг.) проведена работа по реконструкции ряда металлургических предприятий компании. На непрерывную разливку стали переведены все предприятия группы, модернизированы электропечи, многие прокатные станы.

В настоящее время завершается строительство рельсобалочного стана на Челябинском металлургическом комбинате, проект строительства которого подготовлен в 2007 г., а в 2008 г. начата реализации проекта.

В 2011 г. Ю.П. Снитко перешел на работу в Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований («Черметинформация», г. Москва) на должность генерального директора. За время работы заключены и выполнены работы с рядом российских и зарубежных компаний. В числе заказчиков — российские предприятия и холдинги, зарубежные компании, такие как Sumitomo, Nippon Steel, Япония, «Метинвест», Украина, «Иркутскэнерго», КМЗ и др. В 2012 г. «Черметинформация» по заказу НПК «Уралвагонзавод» подготовила инвестиционные программы для металлургических заводов «Амурметалл» и «Смедерево Железара», Сербия. Создано новое направление в деятельности института — управление проектами.

В настоящее время институт является управляющей компанией строительства мини-завода по производству стали в Ленинградской области.

Коллектив института «Черметинформация», редколлегия журнала «Бюллетень научно-технической и экономической информации» сердечно поздравляют Юрия Павловича с юбилеем, желают здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И ПРАКТИКА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ НА РУБЕЖЕ СТОЛЕТИЙ

Е. Г. ДОНСКОВ, *д-р техн. наук*; В. П. ЛЯЛЮК, *д-р техн. наук*, *Lalukvp@ukrpost.ua*; А. Д. ДОНСКОВ
(*Металлургический институт Криворожского национального университета*)

Используемый в настоящее время арсенал средств повышения производительности Π доменных печей условно может быть подразделен на две группы, одна из которых повышает производительность за счет увеличения интенсивности горения кокса J_k , а другая — за счет снижения удельного расхода кокса k . При этом

$$\Pi = \frac{J_k}{k}. \quad (1)$$

К первой группе относятся прежде всего повышение давления газа в рабочем объеме печей и обогащение дутья кислородом, ко второй — улучшение качества кокса и сырьевых материалов, нагрев дутья, применение топливных добавок к дутью и др.

Ниже речь пойдет об интенсификаторах, повышающих производительность доменных печей за счет увеличения числителя в выражении (1), главным образом о давлении колошниковога газа и кислородном дутье.

В условиях доменной плавки углерод J_C кокса (топливо) окисляется, т. е. сгорает только в кислороде дутья J_O^a и шихты J_O^m .

Отсюда

$$J_k = 1,15J_C = 1,15(0,75 \times J_O^s). \quad (2)$$

при

$$J_O^s = (J_O^a + J_O^m). \quad (3)$$

Здесь J_O^m — количество кислорода шихты, расходуемое в реакциях прямого восстановления, а

$$J_O^a = J_d \omega \quad (4)$$

количество кислорода, поступающего в единицу времени через воздушные фурмы с дутьем, равно произведению интенсивности плавки по дутью J_d на содержание кислорода в нем ω , что хорошо известно.

Известно также, что повышение давления колошниковога газа предназначено для увеличения расхода дутья, а обогащение дутья — для повышения содержания кислорода в нем.

В историческом плане интенсификация доменной плавки началась сравнительно недавно, уже в послевоенный период начиная с 1950-х го-

дов все более широким распространением повышенного давления газа. В специальной технической литературе появился целый ряд публикаций, свидетельствующих о существенном увеличении производительности доменных печей при повышении давления газа на колошнике путем введения дополнительного искусственного сопротивления в газовую сеть доменных печей [1, 2].

Следует отметить, что на доменных печах Магнитогорского металлургического комбината (ММК) в 1950–1955 гг. одновременно с повышением давления газа повысилась температура дутья (558–825 °С), увеличилась доля агломерата в составе шихты (68–94 %), повысилась его основность (0,56–1,26), уменьшился выход шлака (624–488 кг/т чугуна), возросли барабанная проба агломерата 23,9–30 % и кокса (314–323 кг), снизилось содержание золы в коксе (12,09–11,5 %). В этих условиях вычленить долю повышенного давления в улучшении показателей плавки достаточно сложно. На других предприятиях повышение давления колошниковога газа также сопровождалось улучшением условий плавки [3]. В ходе дискуссии о работе доменных печей на повышенном давлении, проведенной УкрНТО ЧМ в 1958 г., наряду с положительными отзывами о методе были высказаны сомнения в его полезности и приведены отрицательные результаты его применения, причем при улучшении условий плавки [3].

Бесспорными, отмечаемыми многими исследователями результатами повышения давления являются сокращение зон горения у фурм, усиление периферийного хода газа и снижение выноса колошниковой пыли [3–8]. Полезность таких достижений по крайней мере требует специального рассмотрения и обоснования. Не вызывают сомнения и иные, отмеченные многими работами [7], отрицательные последствия метода, такие как снижение стойкости кладки шахт, засыпных аппаратов, атмосферных клапанов и другого оборудования и коммуникаций как на самой доменной печи, так и на воздухоудвке и газоочистке, а также ухудшение экономических показателей плавки. Например, при повышении

давления дутья с 2,5 до 3,0 ати расход энергии на компремирование возрастает на 23,4 % [8].

Важно отметить, что неблагоприятные технологические последствия применения повышенного давления, связанные с сокращением зон горения у фурм и усилением периферийного хода газа, вынудили работать с закрытыми фурмами или уменьшать их диаметр [9]. В ряде случаев уменьшение диаметра фурм сопровождалось ухудшением хода доменных печей и результатов плавки. На заводе «Азовсталь» уменьшение диаметра фурм со 180 до 160 мм на доменных печах объемом 1513 и 1719 м³ улучшило ход плавки на несколько дней. Затем резко возросло горение фурм и количество осадок, снизились интенсивность плавки и производительность печей, повысился расход кокса. Обратная мера — увеличение диаметра фурм до 190–200 мм — привела к значительному улучшению хода печей [10]. Аналогичное улучшение показателей плавки при увеличении числа и диаметра воздушных фурм было получено на НТМК, ОХМК, ММК, КарМЗ, Кушвинском заводе, ДМЗ им. Петровского и «Криворожстали» [11].

На доменных печах завода «Криворожсталь» первая попытка уменьшить диаметр фурм на доменной печи объемом 1719 м³ со 180 до 170 мм в начале 70-х годов XX в. также не увенчалась успехом. Возросло горение фурм и количество осадок, повысился расход кокса, снизилась производительность. В результате на этой печи диаметр фурм увеличили до прежнего, а на печах объемом 2000 и 2700 м³ — до 190 мм. Полученные при этом результаты аналогичны тому, что показано ранее на печах завода «Азовсталь». Основной причиной возврата к фурмам большего диаметра на «Криворожстали», как и на «Азовстали», послужило снижение стойкости фурм. Однако по каким-то причинам попытки уменьшить диаметр фурм на «Криворожстали», как и на других заводах, не прекращались. Такое уменьшение диаметра фурм на всех заводах бывшего СССР стало массовым, хотя показатели работы печей чаще всего снижались, однако массового горения воздушных фурм, как ранее, не наблюдалось. На «Криворожстали» это произошло уже в 1970-х годах после освоения кислородного дутья и доведения расхода кислорода до 120–150 м³/т чугуна.

Данный вопрос обойден вниманием исследователей и поэтому детально не изучен, хотя представляет несомненный интерес, в частно-

сти, в связи с устранением неблагоприятного влияния на доменную плавку уменьшения суммарного сечения воздушных фурм, вызванного повышением давления газа в рабочем пространстве печей.

В соответствии с изложенным два широко распространенных метода повышения интенсивности горения кокса за счет увеличения давления газа и количества кислорода, поступающего в печь через фурмы с дутьем [выражения (3) и (4)], связаны друг с другом через суммарное сечение фурм, которое также должно расцениваться как метод интенсификации плавки. При этом все три метода интенсификации в одном случае усиливают влияние друг друга, в другом — конкурентны друг другу и поэтому один из них ослабляет влияние другого или других.

Например, неблагоприятное влияние повышенного давления на газораспределение в горне сокращается при уменьшении суммарного сечения воздушных фурм. Последнее, ослабляя неблагоприятное влияние первого, само по себе отрицательно сказывается на ходе плавки, вызывая увеличение количества осадок и усиление горения фурм. Это устраняется при обогащении дутья кислородом. Однако в данном случае усиливается неблагоприятное влияние давления на газораспределение в горне, поскольку дополнительно сокращаются размеры зон горения [12]. Все вместе приводит к тому, что эффективность совместного применения интенсификаторов в лучшем случае нулевая, а чаще отрицательная. Разобранные обстоятельства не являются единственной причиной этого, и поэтому вопрос в целом требует специального рассмотрения.

В порядке предварительного, возможно спорного, но подтвержденного практикой суждения можно отметить, что внедрение повышенного давления и обогащения дутья кислородом, возможности, которые по повышению интенсивности горения кокса не дали существенного результата, привели к остановке применения более эффективного способа повышения интенсивности доменной плавки путем увеличения расхода дутья за счет увеличения суммарного сечения воздушных фурм.

С учетом физической сущности влияния повышения давления и обогащения дутья на интенсивность поступления кислорода в печь через фурмы, строго говоря, ни один из этих методов

не может считаться способом повышения интенсивности горения кокса, т. е. интенсификатором.

В части повышенного давления газа этому противоречит важная особенность работы центробежных нагнетательных машин, как насосов, так и компрессоров, которая заключается в зависимости их производительности от сопротивления сети, на которую они работают. При повышении сопротивления сети, куда нагнетается жидкость или газ (воздух), производительность

машины, в данном случае компрессора, снижается. На эту особенность существующих воздуходувных машин энергетики указывали еще в самом начале применения повышенного давления. Например, в табл. 1 в сокращенном варианте приведены данные о потерях (производительности) расхода при повышении давления дутья (возрастающего при повышении давления колошникового газа), взятые из работы [13], опубликованной еще в 1952 г.

ТАБЛИЦА 1. ЗАВИСИМОСТЬ РАСХОДА ОТ ДАВЛЕНИЯ ДУТЬЯ ПО ТУРБОВОЗДУХОДУВКАМ РАЗНЫХ ТИПОВ

Воздуходувка	Интервал повышения давления, ати	Уменьшение расхода дутья на 0,1 ат при повышении давления дутья, нм ³ /мин
НЗЛ-3100	1,9–2,1	200
ББК-3100	1,9–2,1	270
ГХХ-3100	2,1–2,4	180
ЧР-3540	2,2–2,3	400
НЗЛ-4100	2,0–2,2	350

Более детально все это показано на рис. 1 [14], где приведен участок газодинамической характеристики компрессора К-4250-1.

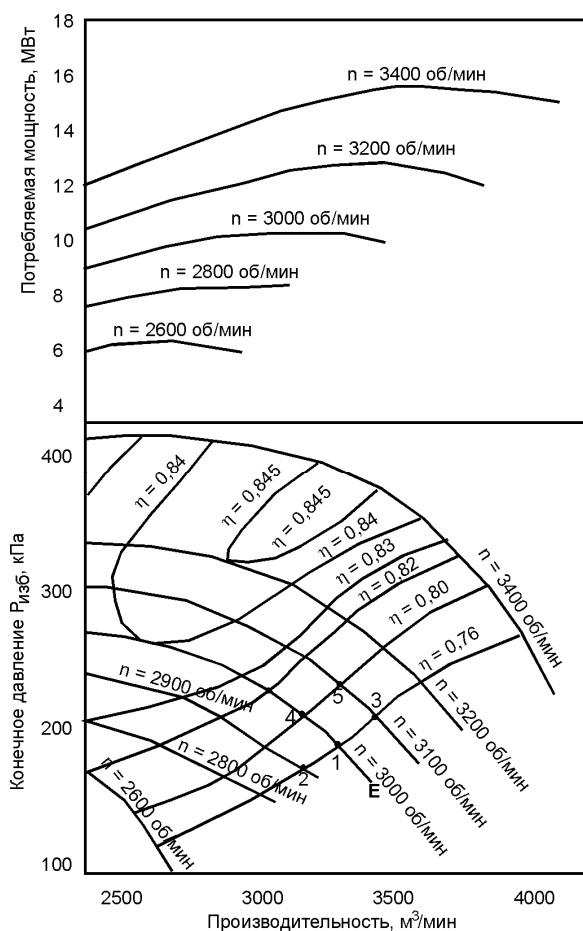


Рис. 1. Газодинамическая характеристика компрессора К-4250-1

Имеет смысл сразу обратить внимание на то, что приведенная диаграмма характеризует зависимость расхода дутья, подаваемого воздуходувной машиной в доменную печь, от двух обстоятельств (причин): давления (силы) на входе в систему, обеспечивающего подачу дутья (физического тела) в трубу, соединяющую воздуходувку с доменной печью, и сопротивления системы, которое включает в себя противодействующие силы трения, суммарного сечения фурм, газопроницаемости столба материалов в печи, пропускного сечения на дроссельной группе.

Увеличению расхода дутья соответствуют повышение силы, толкающей дутье в трубу (давление на входе), и сокращение сопротивления системы поступающему в нее физическому телу, т. е. дутью. Причем не только путем повышения газопроницаемости столба материалов в печи, но также и за счет снижения сопротивления на фурмах путем увеличения суммарного их сечения, а в системе газоочистки — путем снижения сопротивления на дроссельной группе.

В условиях постоянства газодинамического сопротивления системы воздуходувка – доменная печь ($\eta_{пол} = const$) управление процессом подачи дутья осуществляется путем изменения числа оборотов ротора компрессора n .

Например, от исходного положения, соответствующего точке 1 на рис. 1 ($n = 3300$ об/мин; $\eta_{пол} = 0,76$; $P_{изб} = 190$ кн/м²; $Q_d = 3300$ нм³/мин), при необходимости снижения расхода дутья число оборотов n может быть уменьшено до 2900 об/мин (см. рис. 1, точка 2). При этом $P_{изб}$

уменьшается до 170 кН/м^2 , а расход дутья Q_d — до $\sim 3180 \text{ нм}^3/\text{мин}$ при снижении также перепада давления газа в печи ΔP_Σ ориентировочно от 120 до 100 кН/м^2 при давлении газа на колошнике 70 кН/м^2 . Обратная мера, т. е. увеличение n до 3100 об/мин (см. рис. 1, точка 3), приведет к повышению $P_{\text{изб}}$ до 215 кН/м^2 , Q_d — до $3420 \text{ нм}^3/\text{мин}$ при повышении ΔP_Σ до 145 кН/м^2 . Это обычное оперативное управление ходом доменной печи.

Другой канал управления используется реже и заключается в изменении газодинамической характеристики (сопротивления) сети. Например, от того же исходного положения (см. рис. 1, точка 1) при увеличении газодинамического сопротивления при постоянном $n = 3000$ об/мин $\eta_{\text{пол}}$ возрастает до 0,8, $P_{\text{изб}}$ — до 215 кН/м^2 , расход дутья Q_d снижается до $\sim 3180 \text{ нм}^3/\text{мин}$ (см. рис. 1, точка 4). Это может происходить при ухудшении качества загружаемых материалов и снижении газопроницаемости их столба в печи, уменьшении суммарного сечения (как числа, так и диаметра) фурм, а также при повышении давления колошникового газа, например до 110 кПа, которое осуществляется, как известно, путем введения искусственного дополнительного сопротивления в газовую сеть печи. В последнем случае общий перепад давления газа в печи снижается до 105 кН/м^2 , открывая возможность к увеличению расхода дутья. При реализации этой возможности и увеличении n до 3100 об/мин (см. рис. 1, точка 5) $P_{\text{изб}}$ возрастает до 240 кН/м^2 при увеличении Q_d до $3300 \text{ нм}^3/\text{мин}$, т. е. до исходного уровня. При этом ΔP_Σ возрастает до 130 кН/м^2 , т. е. до величины большей исходной.

Таким образом, при повышении давления газа на колошнике общий перепад давления газа, ограничивающий предельную величину J_d , снижается одновременно и по причине сокраще-

ния расхода дутья. При возвращении расхода до исходного уровня перепад возрастает до величины выше исходной, что необходимо для перемещения потока дутья–газа через систему с более высоким газодинамическим сопротивлением.

При обогащении дутья кислородом в соответствии с уравнением Клайперона–Менделеева

$$P = knT, \quad (5)$$

где n — количество молекул в единице объема газа; T — температура газа; k — постоянная Больцмана, которое допускается использовать для реальных газов, если они подобно доменному газу нагреты до температуры выше критической и находятся под давлением, ниже критического [15], уменьшается выход V_r , n и повышается температура газа T_r .

Повышение содержания кислорода в дутье, в соответствии с уравнением (5), сопровождается уменьшением объема газа (V_r , n) и повышением его температуры T . При этом уменьшается объем дутья, содержащий какое-то постоянное, например 1 нм^3 , количество кислорода:

$$V_d = \frac{1}{\omega}, \quad (6)$$

и, соответственно, объем образующегося из дутья газа:

$$V_r = V_d(1 + \omega) = \frac{1 + \omega}{\omega}. \quad (7)$$

В данном случае рассматривается сухое дутье.

Объем газа V_r , образующийся из дутья, при изменении содержания кислорода в дутье можно выразить в долях от его количества, образующегося при атмосферном дутье V_{21} :

$$V'_r = V_r / V_{21}. \quad (8)$$

Результаты расчета с использованием выражений (6)–(8) представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДУТЬЯ И ГАЗА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ КИСЛОРОДОМ

№ п.п.	Параметр газа	Содержание кислорода в дутье, %				
		21	25	30	35	40
1	$V_d, \text{ нм}^3$	4,76	4,0	3,33	2,86	2,5
2	$V_r, \text{ нм}^3$	5,76	5,0	4,33	3,86	3,5
3	V'_r, n	1,0	0,87	0,75	0,67	0,61
4	T_r	1,0	1,15	1,33	1,49	1,65

Очевидно, что количество молекул в единице объема газа n , а при постоянной температуре и давлении газа изменяются аналогично изменению его объема по позиции 3 табл. 2.

При сжигании топлива в 1 нм^3 кислорода независимо от его содержания в дутье выделяется одно и то же постоянное количество тепла, которое усваивается газом:

$$Q = cV_rT_r, \quad (9)$$

где c — теплоемкость газа.

Отсюда

$$T_r = \frac{Q}{cV_r}. \quad (10)$$

Поскольку Q при изменении ω постоянно, пренебрегая изменением c , как несущественным,

получаем, что в рассматриваемых обстоятельствах

$$T_r = \frac{1}{V_r}, \quad (11)$$

изменяется, как показано в табл. 2 (позиция 4). Производство позиций 3 и 4 табл. 2 дает 1,0, т. е. при обогащении дутья кислородом уменьшение объема образующегося газа из-за сокращения n в полной мере компенсируется его увеличением в связи с повышением температуры T_r .

При этом давление газа, образующегося из любого количества поступающего через фурмы кислорода, остается постоянным и, следовательно, возможности для интенсификации плавки повышением расхода дутья (поступлением кислорода через фурмы) отсутствуют.

Наряду с табл. 2 данное положение иллюстрируется рис. 2.

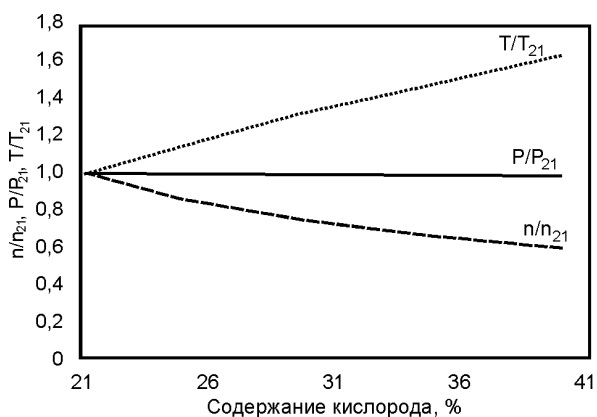


Рис. 2. Изменение параметров газа в зависимости от содержания кислорода в дутье

В трудах V Международного конгресса доменщиков и Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию комбината «Криворожсталь», широко представлены результаты работы доменных печей Украины и России на рубеже тысячелетий [16–18].

В соответствии с приведенными данными интенсивность горения кокса по печам Украины, и в частности комбината «Криворожсталь», на рубеже тысячелетий составила в среднем около $0,7 \text{ т}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$, по доменным печам России — $0,79 \text{ т}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$. Интенсивность доменной плавки по дутью держится на уровне $1,5 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{мин})$. Обращает на себя внимание низкий уровень интенсивности плавки как по сожженному коксу, так и по дутью, который получен в условиях достаточно широкого совместного применения интенсификаторов: кислорода (до 30 % в дутье) и повышенного давления (до 100–180 кПа) газа на колошнике. Несколько более высокий уровень интенсивности хода печей России соответствует

меньшему выходу шлака (на $\sim 100 \text{ кг/т}$ чугуна), более высокой температуре дутья (~ 1100 против $1000 \text{ }^\circ\text{C}$), большему расходу природного газа (96 против $86 \text{ м}^3/\text{т}$), меньшему расходу сырого флюса (~ 8 против 62 кг/т). Детальная характеристика условий работы доменных печей и их изменений на протяжении рассматриваемого периода приведены в указанных работах и в части их влияния на расход кокса и производительность доменных печей здесь не анализируются. В данном случае достаточно отметить, что при улучшении условий плавки ее интенсивность возрастает. Это все хорошо известно, и тем не менее об этом необходимо помнить при сравнении приведенных значений показателей интенсивности плавки с их уровнем в предшествующие годы, когда доменные печи работали с гораздо более высокой интенсивностью на нормальном давлении газа на колошнике и без обогащения дутья кислородом. Особо отметим, что доменные печи работали в намного худших условиях по выходу шлака, температуре дутья, вещественному, химическому, гранулометрическому составам, а также по прочностным свойствам сырья и топлива.

Например, интенсивность горения кокса на доменных печах США, Германии и особенно Советского Союза, приведенная М.А. Павловым в книге, опубликованной в 1949 г., намного превышает ее уровень на современных печах. В частности, на доменной печи № 2 Криворожского металлургического завода она составляла $1,307 \text{ т}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$ [19], т. е. почти в 2 раза больше, чем сейчас. Интенсивность плавки по дутью на доменных печах № 1 ММК и № 3 «Запорожстали», приведенная И.З. Козловичем в работе, опубликованной в 1951 г., составила 2,9 и $2,62 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{мин})$ при работе на атмосферном дутье и нормальном давлении газа на колошнике [20]. Магнитогорская конференция доменщиков 1946 г., исходя из условий обеспечения нормального газораспределения, рекомендовала вдвухать в домну 2,0 объема печи дутья в минуту при работе на неподготовленной шихте и 2,4 объема при работе на подготовленных материалах [21]. Это соответствует интенсивности поступления кислорода с дутьем через фурмы J_{O}^{A} на уровне 0,42 и $0,504 \text{ нм}^3/\text{мин}$. На современных печах показатели интенсивности плавки и по дутью, и по кислороду дутья ниже.

Ожидания повышения интенсивности плавки от применения технологий повышенного давления колошниковога газа и обогащения дутья кислородом можно проиллюстрировать цитатой из учебника по металлургии чугуна: «У форсированных работающих доменных печей интенсивность плавки, выраженная количеством сожженного кокса на 1 м^3 полезного объема, составляет $1,0\text{--}1,25 \text{ т}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$, для чего в печь вдвухается $1,8\text{--}2,2 \text{ м}^3$ воздуха в минуту на 1 м^3 объема печи.

... Повышение давления газа в рабочем пространстве печи, обогащение дутья кислородом позволяют еще в большей мере увеличить интенсивность плавки» [22]. Весь производственный опыт от начала применения этих интенсификаторов до настоящего времени показывает, что цель не была достигнута. Вывод из изложенного очевиден: рассматриваемые методы форсировки интенсифицировали только износ агрегатов и оборудования, расходование средств на компримирование дутья, производство технического кислорода, ремонты и др. Данные обстоятельства совместно с низкой эффективностью кислородного дутья литературой отмечались неоднократно.

Произведенный выше анализ имел целью выяснение и объяснение причин обозначенных несоответствий. Как выше показано, давление газа на колошнике в лучшем случае могло лишь сохранить расход дутья, ухудшая газораспределение в горне и экономические показатели плавки. Обогащение дутья кислородом усилило неблагоприятное воздействие повышенного давления на газораспределение в горне, дополнительно уменьшая размеры зон горения [12]. С другой стороны, сопутствующее повышение температуры газа вынуждало сокращать расход дутья из условий обеспечения ровного хода печи. Неблагоприятное изменение газораспределения в горне для своего сглаживания потребовало уменьшения суммарного сечения фурм, что привело к еще большему сокращению интенсивности плавки по дутью.

Важно подчеркнуть еще раз, что ожидаемые выгоды по интенсификации горения кокса у фурм при повышении давления газа остановили и пустили вспять процесс освоения реального, широко испытанного на печах разных заводов, метода повышения интенсивности плавки по дутью и сожженному коксу на основе увеличения суммарного сечения воздушных фурм.

На рис. 3 приведена построенная по экспериментальным данным диаграмма, связывающая значения общего перепада статического давления газа с количеством, диаметром и суммарным сечением воздушных фурм [11]. Диаграмма построена по материалам продувок сжатым компрессорным воздухом слоя коксика крупностью 3–10 мм в трубе диам. 0,306 м при подаче дутья через периферийно расположенные фурмы, число которых в ходе опытов изменялось от 2 до 32, а диаметр — от 4,2 до 34 мм. Приведенные кривые получены при продувке слоя высотой 0,775 м постоянным количеством дутья (расход дутья 0,0573 м³/с, давление 80 кПа, температура 20 °С). Дробные числа в узловых точках кривых характеризуют число (числитель) и диаметр (знаменатель) фурм. Штриховые линии иллюстри-

руют влияние относительной величины суммарного сечения воздушных фурм при его изменениях за счет диаметра фурм; сплошные — то же, за счет количества фурм; штрихпунктирные — влияние числа и диаметра фурм при постоянной суммарной площади их выходного сечения. Приведенная диаграмма позволяет количественно сравнить различные варианты улучшения газодинамических условий путем рационализации параметров фурм. Например, в точке 8/8,5 (продувка через 8 фурм диам. 8,5 мм) общий перепад давления равен 264 мм рт. ст. При том же расходе дутья он может быть снижен при увеличении числа или диаметра фурм. Увеличение до 12 мм диаметра фурм при том же их числе (суммарное сечение фурм возрастает в 2 раза) уменьшает потери давления до 180 мм рт. ст. Такое же увеличение суммарного сечения фурм за счет их числа при том же диаметре (см. рис. 3, точка 16/8,5) приводит к снижению потерь давления до 110 мм рт. ст., а одновременное увеличение числа и диаметра фурм (см. рис. 3, точка 16/12) доводит потери давления до ~84 мм рт. ст., снижая их более чем в 3 раза.

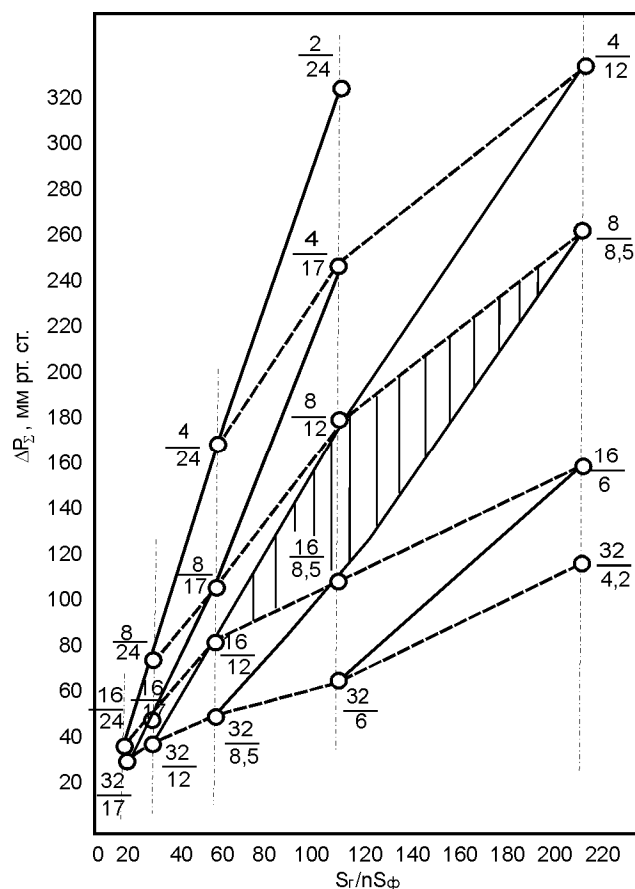


Рис. 3. Диаграмма зависимости общего перепада статического давления от суммарного сечения фурм

Сравнивая эти результаты, полученные экспериментально, с ожидаемыми, в соответствии с

произведенными расчетами, возможностями по интенсификации процесса горения кокса у фурм путем повышения давления газа в печи или обо-

гащения дутья кислородом, трудно сделать вывод о целесообразности применения кислорода и повышенного давления в современных условиях.

Заключение

Целью применения повышенного давления газа в рабочем объеме доменных печей и обогащения дутья кислородом являлось повышение производительности печей за счет интенсификации процесса горения кокса в кислороде дутья у воздушных фурм. Более чем 50-летний опыт применения указанных интенсификаторов на печах Советского Союза, Украины и России показывает, что указанная цель не была достигнута. В соответствии с многочисленными литературными данными, отражающими производственный опыт, уровень интенсивности горения кокса на доменных печах, работающих с давлением колошниковога газа в пределах 100–200 кПа и содержанием кислорода в дутье до 30 %, ниже имевшего место в период, предшествующий широкому применению интенсификаторов, когда доменные печи работали на атмосферном дутье при нормальном давлении газа на колошнике в гораздо более худших условиях по вещественному, химическому и гранулометрическому составам шихты, выходу шлака, температуре дутья и др.

Указанный отрицательный эффект связан со следующими обстоятельствами:

1. Повышение давления газа на колошнике путем введения дополнительного искусственного

сопротивления в газовую сеть доменной печи приводит к сокращению расхода дутья. При этом снижается также общий перепад давлений газа, открывая возможность к увеличению расхода дутья. Возвращение последнего до исходного уровня вызывает увеличение перепада до величины больше исходной.

2. При обогащении дутья кислородом снижение объема образующегося газа, связанное с сокращением содержания в нем азота, в полной мере компенсируется увеличением объема газа из-за повышения его температуры.

3. Оба метода взаимно усиливают отрицательное влияние каждого на газораспределение в горне, сокращая размеры зон горения. Для устранения этого вынуждено сокращается суммарное сечение воздушных фурм, из-за чего дополнительно снижается интенсивность плавки по дутью и сожженному коксу.

Имеющая место на современных печах интенсивность по дутью, кислороду дутья и коксу может быть легко достигнута при работе на атмосферном дутье с нормальным давлением колошниковога газа. Для этого необходимо на современных печах увеличить диаметр фурм до уровня, имевшего место в период до применения рассмотренных интенсификаторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Достижения доменщиков Магнитогорского металлургического комбината / Под ред. А. М. Банных. — М.: Металлургиздат. 1957. — 279 с.
2. Стефанович М. А. Анализ хода доменного процесса. — Свердловск: Металлургиздат. 1960. — 286 с.
3. Дискуссия о работе доменных печей на повышенном давлении. — Днепропетровск: УкрНТО ЧМ. 1958. — 69 с.
4. Стефанович М. А., Якобсон А. П. Особенности движения газа в печи при повышенном давлении // Сталь. 1953. № 2. С. 108–115.
5. Остроухов М. Я. К теории работы доменных печей с повышенным давлением // Сталь. 1954. № 10. С. 882–886.
6. Рамм А. Н. О возможностях интенсификации доменной плавки при повышении давления газов / Труды ЛПИ им. Калинина. Металлургия чугуна. — М.: Металлургиздат. 1955. Вып. № 179. С. 118–125.
7. Тетеревятников Е. Г., Андронов В. Н. Работа доменной печи на давлении под колошником до 1,3 ати // Сталь. 1957. № 3. С. 200–204.
8. Щедрин В. М. Теория доменной плавки под давлением. — М.: Металлургиздат. 1962. — 454 с.
9. Левин Л. Я., Соловьев Е. Т., Кайлов В. Д. Опыт достижения высоких показателей доменной плавки // Сталь. 1962. № 7. С. 587–592.
10. Лукашов Г. Г., Савелов Н. И., Плискановский С. Т. Опыт работы доменных печей на воздушных фурмах различного диаметра // Сталь. 1963. № 3. С. 198–201.
11. Донсков Е. Г., Лялюк В. П., Севернюк В. В. Работа воздушных фурм доменных печей. — Днепропетровск: Пороги, 1997. — 120 с.
12. Рамм А. Н. Современный доменный процесс. — М.: Металлургия. 1980. — 304 с.
13. Пашков В. Д. Повышение давления доменного дутья // Сталь. 1952. № 3. С. 219–227.
14. Ницкевич Е. А. Теплоэнергетика доменного производства. — М.: Металлургия. 1966. — 383 с.
15. Андрищенко А. И. Основы технической термодинамики реальных процессов. — М.: Высшая школа. 1975. — 264 с.

16. Шеремет В. А. Аглодоменное и коксовое производство КГГМК “Криворожсталь” / Труды V Междунар. конгр. доменщиков “Производство чугуна на рубеже столетий”. — Днепропетровск: Пороги. 1999. С. 6–14.
17. Шеремет В. А. Развитие доменного производства Криворожского государственного горно-металлургического комбината “Криворожсталь” / Труды Междунар. научно-технич. конф. “Теория и практика производства чугуна”, посвященной 70-летию КГГМК “Криворожсталь”. — Кривой Рог, 2004. С. 5–12.
18. Состояние технологии доменной плавки и основные направления ее совершенствования / С. Т. Плискановский, И. Г. Товаровский, Ю. А. Приходько и др. / Труды V Междунар. конгр. доменщиков “Производство чугуна на рубеже столетий”. — Днепропетровск: Пороги. 1999. — С. 31–37.
19. Павлов М. А. Metallургия чугуна. Том II. Доменный процесс. — М.: Metallургиздат. 1949. — 628 с.
20. Козлович И. З. Процессы восстановления и окисления в мощных доменных печах / Под ред. М. А. Павлова. — Л.–М.: Metallургиздат. 1951. — 300 с.
21. Готлиб А. Д. Доменный процесс. — М.: Metallургия. 1966. — 503 с.
22. Ефименко Т. Г., Гиммельфарб А. А., Левченко В. Е. Metallургия чугуна. — Киев: Вища школа. 1981. — 496 с.

Сталеплавильное производство

9 февраля 2013 г. на 78-м году ушел из жизни заслуженный металлург Российской Федерации, директор Управления производственного планирования и оперативного управления ООО “УК Мечел-Сталь”

НЕЩАДИМ ИВАН КОНСТАНТИНОВИЧ

Иван Константинович прошел по-настоящему трудовой и достойный жизненный путь.

Начало его рабочей биографии пришлось на непростое время в нашей истории, когда вся страна на пределе сил восстанавливала разрушенное Великой Отечественной войной народное хозяйство. Работая в это время вальцовщиком, затем калибровщиком, мастером и старшим мастером на Новосибирском металлургическом заводе (НМЗ) им. А.Н. Кузьмина, Иван Константинович хорошо узнал и полюбил профессию металлурга, и остался верен ей до конца своих дней.

Инженерная хватка и целеустремленность молодого рабочего были оценены руководством предприятия: Ивана Константиновича назначают начальником технического отдела НМЗ, а затем и заместителем начальника производственного отдела. За годы плодотворного и честного труда И.К. Нещадим заслужил большое уважение своих коллег, сумел стать заметным специалистом в отрасли.

В 1979 г. Иван Константинович был приглашен на работу в Министерство черной металлургии СССР на должность заместителя начальника производственного отдела ВПО “Союзспецсталь”. Здесь, в штабе отрасли, ярко раскрылся еще один его талант — организаторский. Иван Константинович очень много сделал для того, чтобы заводы качественной металлургии страны сумели выйти на новые рубежи! Это позволило ему со временем стать вице-президентом — директором по производству и маркетингу ООО “Спецсталь”.

В 2002 г. И.К. Нещадим принял предложение компании “Мечел” возглавить Департамент производственного планирования и оперативного управления, а в 2011 г. был назначен директором Управления производственного планирования и оперативного управления “УК Мечел-Сталь”.

За свой высокий профессионализм и преданность делу Иван Константинович удостоен звания “Заслуженный металлург РФ”, а вклад в развитие отечественной промышленности отмечен государственными наградами — орденами Трудового Красного Знамени и “Знак Почета”.

Иван Константинович Нещадим оставил яркий, неизгладимый след в истории становления нашей компании! В каждом нашем достижении виден его огромный вклад. Мы все глубоко скорбим в связи с кончиной Ивана Константиновича — нашего дорогого друга, одного из самых уважаемых и любимых руководителей. Память о таких людях всегда на долгие годы остается в сердцах окружающих и заставляет стремиться соответствовать тем высоким требованиям, которые И.К. Нещадим предъявлял к коллегам и подчиненным, но в первую очередь — к себе самому!

Коллектив ООО “УК Мечел-Сталь”

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ МЯГКОГО ОБЖАТИЯ

*С. В. ПРОХОРОВ¹, В. В. МОШКУНОВ¹, Moshkunov@inbox.ru; Д. В. ЮРЕЧКО¹, А. С. КАЗАКОВ¹,
Л. В. БУЛАНОВ², Н. А. ЮРОВСКИЙ², Д. Д. ЧЕРЕМИСИН², А. М. СТОЛЯРОВ³, д-р техн. наук
(¹ ОАО “Магнитогорский металлургический комбинат”, ² ОАО “Уралмашзавод”,
³ ФГБОУ ВПО “Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова”)*

Эффективность мягкого обжатия зависит от точности определения границ зоны, где необходимо позиционировать сегменты на мягкое обжатие.

В большинстве известных систем динамического мягкого обжатия определение границ зоны мягкого обжатия осуществляется с помощью математической модели кристаллизации на верхнем уровне управления АСУТП машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). На слябовых МНЛЗ с динамическим мягким обжатием, установленных на российских металлургических комбинатах, применяются модели кристаллизации DYNACS (Siemens VAI), “Динамика” (ОАО “Уралмаш”), DSC (SMS Siemag). Расчет кристаллизации осуществляется в режиме реального времени с учетом изменяющихся данных о химическом составе стали, температуре в промежуточном ковше, скорости литья, расходах хладагентов в зонах охлаждения и др.

Рассмотрим причины, которые могут влиять на отклонение расчетных границ кристаллизации от физических (или действительных) границ.

Достоверность расчета границ зоны мягкого обжатия зависит от достоверности и своевременности поступления данных, характеризующих плавку. В некоторых случаях поступающие данные неадекватно отражают условия кристаллизации. Например, при наличии большого числа засоренных форсунок в модель кристаллизации формально поступают данные с регуляторов расходов хладагентов на зоны, однако вследствие перераспределения хладагентов по форсункам из-за их засорения физические границы кристаллизации могут быть смещены и не соответствовать расчетным. Несвоевременное поступление информации об изменении химического состава стали в серии плавов при взятии проб тоже может быть причиной несоответствия расчетных границ кристаллизации физическим границам.

Положение расчетных границ кристаллизации зависит и от модели кристаллизации. Полная система уравнений тепломассообмена, характеризующая кристаллизацию жидкого расплава, включает уравнения нестационарной теплопроводности, диффузии, сохранения импульса и неразрывности течения расплава [1]. Такой расчет в режиме реального времени нередко затруднен и поэтому прибегают к помощи упрощенной модели кристаллизации, ограничиваясь только уравнением теплопроводности [2]. В этом случае положение первой границы зоны мягкого обжатия, соответствующей первому порогу проницаемости, приходится постулировать, идентифицируя ее с положением изолинии чаще всего 0,7 или 0,8 содержания жидкой фазы [3] на оси сляба в районе зумпфа. Модель кристаллизации, содержащая в системе уравнения сохранения импульса и неразрывности течения расплава [4], показывает, что это не так, и содержание жидкой фазы, соответствующее первому порогу проницаемости, зависит от скорости литья и особенно от химического состава разливаемой стали. Например, в работе [4] показано, что для одной и той же стали с содержанием углерода 0,15 % при литье в слябы толщиной 250 мм в диапазоне скоростей литья 0,6–1,6 м/мин содержание жидкой фазы на первом пороге проницаемости может находиться в диапазоне 0,55–0,70, а при постоянной скорости литья 1 м/мин при изменении содержания углерода 0,03–0,09 % содержание жидкой фазы в двухфазной зоне, соответствующее первому порогу проницаемости, изменяется в диапазоне 0,39–0,73. Таким образом, неучет в определяющей системе уравнений гидродинамических эффектов в двухфазной зоне, определяемых уравнениями неразрывности и импульса, может привести к неточности расчета первой границы кристаллизации (до 1,5 м для перитектических ста-

лей при скорости разливки 1 м/мин и толщине сляба 0,25 м).

Для решения задач адаптации в упрощенных моделях содержатся калибровочные коэффициенты, изменение величин которых, в частности, позволяет перемещать расчетные границы кристаллизации и место позиционирования сегментов на обжатие так, чтобы эти границы совпадали с физическими границами, соответствующими участку зумпфа в конце кристаллизации между двумя порогами проницаемости двухфазной зоны [4]. Для такой калибровки требуются данные о физических границах зоны мягкого обжатия. Поскольку гидроцилиндры сегментов мягкого обжатия комплектуются датчиками перемещений штоков и давлений в полостях гидроцилиндров, эту информацию можно использовать для калибровки математической модели кристаллизации.

В процессе пусконаладки новой МНЛЗ № 6 (фирмы SMS Siemag) в кислородно-конвертерном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) были опробованы различные варианты мягкого обжатия слябов толщиной 300 и 250 мм. Оценка качества внутреннего строения отлитых слябов осуществлялась по четырехбалльным шкалам ОСТ 14-4-73. Результаты оценки качества слябов показали, что ни режим применяемого обжатия (на первом или втором уровнях автоматизированной системы управления), ни число сегментов, участвующих в обжатии заготовки (два или три), ни величина суммарного обжатия не оказали статистически значимого влияния на степень развития таких основных внутренних дефектов сляба, какими являются осевая рыхлость и осевая химическая неоднородность. Осевая рыхлость оценивалась в среднем на 1,51, а осевая химическая неоднородность — 1,70 балла.

Разливка трубных сталей в слябы толщиной 300 мм осуществлялась преимущественно со скоростью 0,8 м/мин, а в слябы толщиной 250 мм — со скоростью 1,0 м/мин. При этом в соответствии с моделью кристаллизации DSC на мягкое

обжатие слябов толщиной 300 мм позиционировались сегменты № 12 и 13 (положение солидуса от мениска в зумпфе менее 30,6 м) или сегменты № 13 и 14 (положение солидуса от мениска в зумпфе более 30,6 м), а слябов толщиной 250 мм — сегменты № 11 и 12 (положение солидуса от мениска в зумпфе менее 28,1 м) или сегменты № 12 и 13 (положение солидуса от мениска в зумпфе менее 30,6 м). Обжатию подлежал участок слитка между изолиниями, соответствующими содержанию жидкой фазы в зумпфе 0,8 и 0,2.

Для повышения эффективности мягкого обжатия в 2011 г. был начат комплекс работ по проверке соответствия расчетных границ зоны мягкого обжатия физическим границам. На первом этапе проверка осуществлялась посредством последовательного поднятия верхних траверс сегментов в расчетных границах модели DSC [5]. Проведенное тестирование показало, что расчетные границы кристаллизации, соответствующие положениям изолиний с содержанием жидкой фазы в двухфазной зоне на оси слитка 0,8 и 0,2, не соответствуют действительным физическим границам [6]. Проверка осуществлялась путем подъема верхних траверс сегментов на 3–4 мм и наблюдений за показаниями датчиков давлений при разливке слябов толщиной 300 мм. Во всех опытах фактическая протяженность лунки жидкого металла по показаниям датчиков давлений оказалась больше, чем ее расчетное значение, полученное динамической системой DSC. Наибольшее различие наблюдалось при отливке слябов толщиной 300 мм — на 1,1–1,35 м, а при получении слябов толщиной 250 мм — на 0,70 м. Такие отклонения являются существенными, так как составляют 53–63 % от длины одного сегмента (2,13 м) зоны вторичного охлаждения МНЛЗ.

На рис. 1 приведены расчетные данные, характеризующие расположение изолиний солидуса и изолиний, соответствующих содержанию жидкой фазы в двухфазной зоне 0,8 и 0,2, на оси слитка, рекомендованных фирмой SMS Siemag в качестве критериев границ зоны мягкого обжатия.

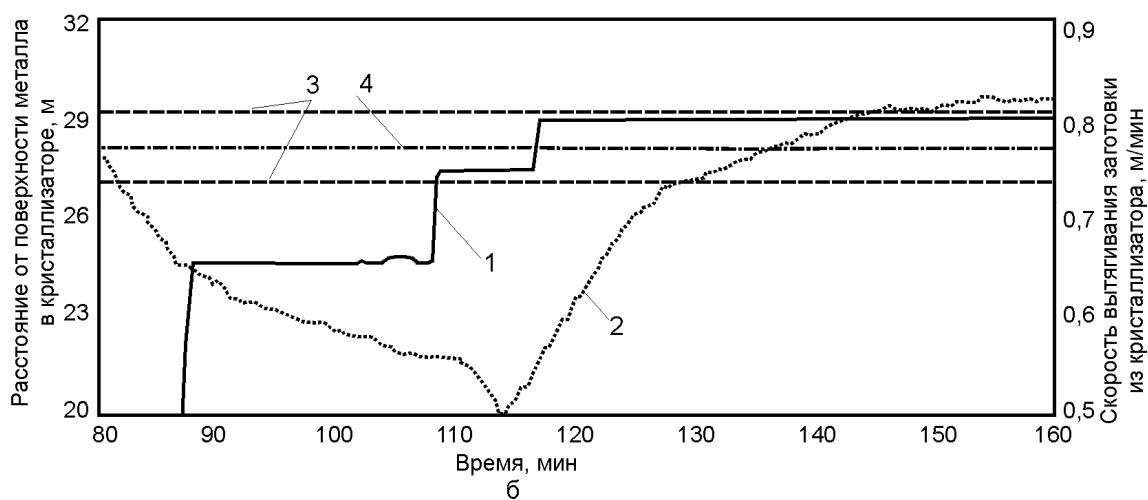
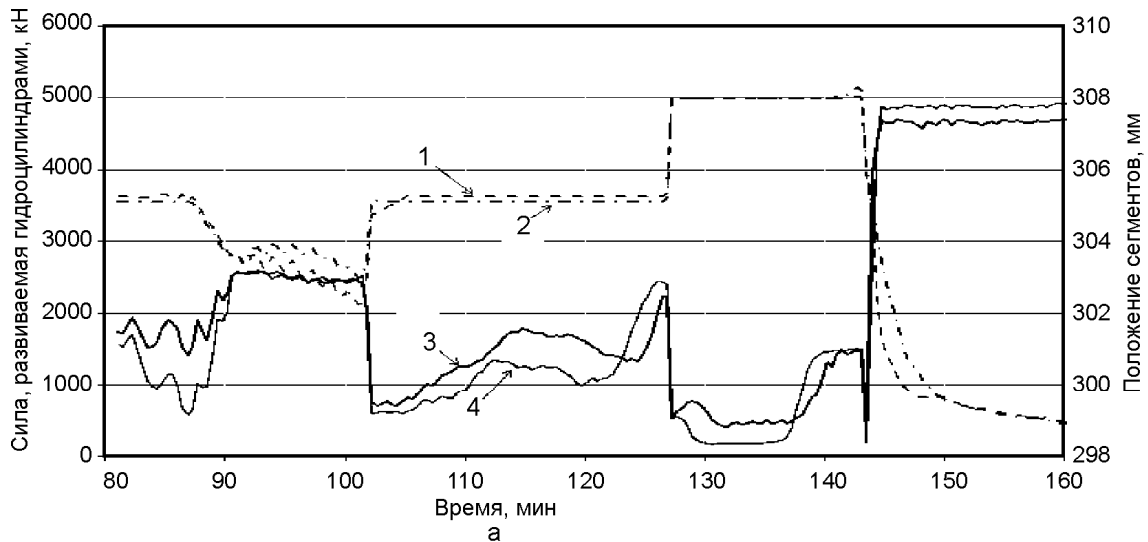


Рис. 1. Показания датчиков растворов и давлений в гидроцилиндрах сегмента № 13 для определения физических границ кристаллизации слитка (а): 1 — величина раствора роликов на входе в сегмент, мм; 2 — величина раствора роликов на выходе из сегмента, мм; 3 — давление на входе в сегмент, кН; 4 — давление на выходе из сегмента, кН; изменение положения солидуса по модели DSC в нестационарном режиме разливки (б): 1 — скорость разливки, м/мин; 2 — положение изолинии солидуса по модели DSC, м; 3 — положение границ сегмента № 13, м; 4 — положение центра сегмента № 13, м соответствие рассчитанных по модели DSC положений изолиний содержания жидкой фазы в зумпфе и позиционирования сегментов (в) при коэффициенте регулирования теплообмена 0,82, сечение 300×2500 мм, $[C] = 0,067\%$

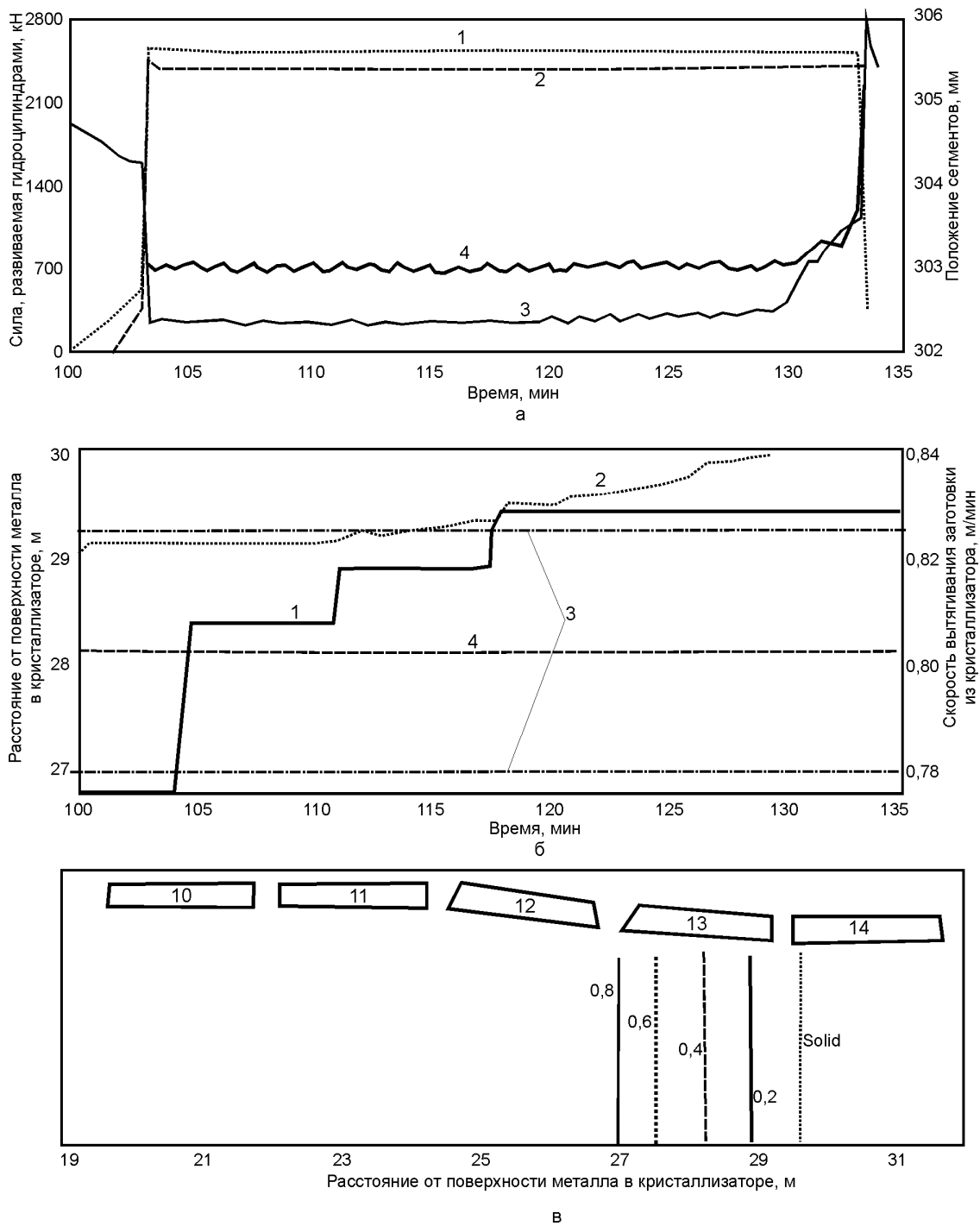


Рис. 2. Показания датчиков растворов и давлений в гидроцилиндрах сегмента № 13 для определения физических границ кристаллизации слитка (а): 1 — величина раствора роликов на входе в сегмент, мм; 2 — величина раствора роликов на выходе из сегмента, мм; 3 — давление на входе в сегмент, кН; 4 — давление на выходе из сегмента, кН; изменение положения солидуса по модели DSC в нестационарном режиме разливки (б): 1 — скорость разливки, м/мин; 2 — положение изолинии солидус по модели DSC, м; 3 — положение границ сегмента № 13, м; 4 — положение центра сегмента № 13, м; соответствие рассчитанных по модели DSC положений изолиний содержания жидкой фазы в зумпфе и позиционирования сегментов (в) (положение солидуса по модели DSC) при коэффициенте регулирования теплообмена 0,7, сечение 300×2600 мм, [C] = 0,05 %

Из рис. 1 видно, что при подъеме сегмента № 13 при разливке стали с [C] = 0,067 % в сляб сечением 300×2600 мм на 127-й минуте сила в гидроцилиндрах сегмента № 13 вначале умень-

шилась до 150–500 кН, что соответствует давлениям в гидроцилиндрах после их калибровки на толщину сляба. Ферростатическое давление расплава отсутствовало до 136 мин, после чего вна-

чале на входе, а затем на выходе из сегмента датчики зарегистрировали давление, соответствующее 1430 кН на пару гидроцилиндров на входе в сегмент и выходе из него. Следует отметить, что на 136-й минуте ферростатическое давление расплава в сегменте № 13 уже появилось, в то время как по модели DSC в середине сегмента № 13 в этот момент находился солидус (см. рис. 1, б). Следует отметить, что границы кристаллизации на 136-й минуте еще не стабилизировались, и при литье с постоянной скоростью 0,8 м/мин сместятся к газорезке в сегменты № 13 и 14. Следовательно, расчетные границы зоны мягкого обжатия по модели DSC, показанные на рис. 1, предполагающие позиционирование на обжатие в сегментах № 12 и 13, не соответствуют физическим границам.

Для перемещения физических границ к кристаллизатору в сегменты № 12 и 13 изменили величину коэффициента, регулирующего величину теплоотвода с поверхности сляба. Исходное значение этого коэффициента после сдачи МНЛЗ № 6 в эксплуатацию в 2010 г. составляло 0,82. Уменьшение величины указанного коэффициента до 0,7 в модели DSC означает формальное ослабление теплоотвода с поверхности слитка, и для поддержания задаваемого теплового профиля отрабатываются соответствующие повышенные расходы воды в зонах охлаждения. При этом расчетный тепловой профиль граней сляба в модели DSC соответствует заданному, но в действительности за счет реального повышения расходов воды в зонах охлаждения температура наружной поверхности сляба понижается на 50–60 °С, кристаллизация происходит быстрее, а физические границы, соответствующие содержанию жидкой фазы в двухфазной зоне 0,8 и 0,2, смещаются к кристаллизатору и приближаются к рассчитанным по модели DSC. Проверка показала, что при поднятии сегмента № 13 во время разливки стали с [C] = 0,05 % в сляб сечением 300×2600 мм датчики не зарегистрировали ферростатического давления на входе и выходе из сегмента (рис. 2). После увеличения скорости до 0,83 м/мин произошло перемещение физических границ кристаллизации в направлении газорезки. На 132-й минуте началось раздутие сляба, о чем свидетельствует увеличение силы, развиваемой гидроцилиндрами на входе в сегмент № 13 до 1200 кН (см. рис. 2). По расчету математической модели DSC, на входе в открытый сегмент находится слябовая заготовка с содержанием жидкости в двухфазной зоне зумпфа 0,8, а на уровне приблизи-

тельно второго ролика от входа в сегмент — с содержанием 0,6, соответствующим первому порогу проницаемости, т. е. границе, разделяющей участок сляба, где давление расплава равно нулю, от участка с давлением расплава больше нуля.

Наряду с экспериментальным установлением несоответствия рассчитанных по модели DSC и действительных границ зоны мягкого обжатия выполнили альтернативное моделирование кристаллизации по математической модели “Динамика” [1, 4]. Математическая модель “Динамика” позволяет не только рассчитать положения ликвидуса и изолиний, характеризующих различное содержание жидкой фазы в двухфазной зоне зумпфа, но за счет присутствия в системе уравнений сохранения импульса и неразрывности течения расплава определить расстояние от мениска до поперечного сечения сляба, в котором давление расплава на фронте кристаллизации равно нулю (первый порог проницаемости).

Далее путем поднятия траверс сегментов при разливке стали в слябы толщиной 300 мм произвели калибровку модели “Динамика” с помощью коэффициента *adapt*, суть которого заключается в изменении интенсивности конвекционных процессов теплообмена в двухфазной зоне. Изменение величины этого коэффициента позволяет перемещать границы кристаллизации на 2–4 м, практически не изменяя условия теплообмена на широких гранях сляба. Например, при перемещении границ кристаллизации на 1,8 м к газорезке температура поверхности сляба на выходе из бункера в конце сегмента № 13 изменилась на 0,15 °С. Результатом такой калибровки является перемещение расчетных границ к физическим без вмешательства в физический процесс охлаждения.

На рис. 3 приведен пример калибровочной диаграммы записей поднятия сегментов и реакций гидроцилиндров по датчикам давления при разливке стали 09Г2С ([C] = 0,081 %) со скоростью 0,8 м/мин в сляб сечением 300×1650 мм. Верхние траверсы сегментов поднимали на 3 мм начиная с № 14 по № 10, продолжительность поднятия — 3 мин, промежуток времени между опусканием данного сегмента и поднятием следующего — 3 мин. Из анализа диаграмм, приведенных на рис. 3, видно, что в сегментах № 13 и 14 ферростатическое давление отсутствует (показания датчиков давления соответствуют: на входе в сегмент — 0, на выходе — 400 кН). В сегментах № 10 и 11 явно выражено ферростатическое давление: на входе в сегмент и выходе

из него уровень давления 750–1000 кН. В сегменте № 12 при поднятии имеет место кратковременный провал давления на входе и выходе, а затем на входе и выходе давление расплава

быстро восстанавливается и достигает величины на входе. В сегменте № 13 давление отсутствует. Следовательно, границы зоны находятся в сегменте № 12.

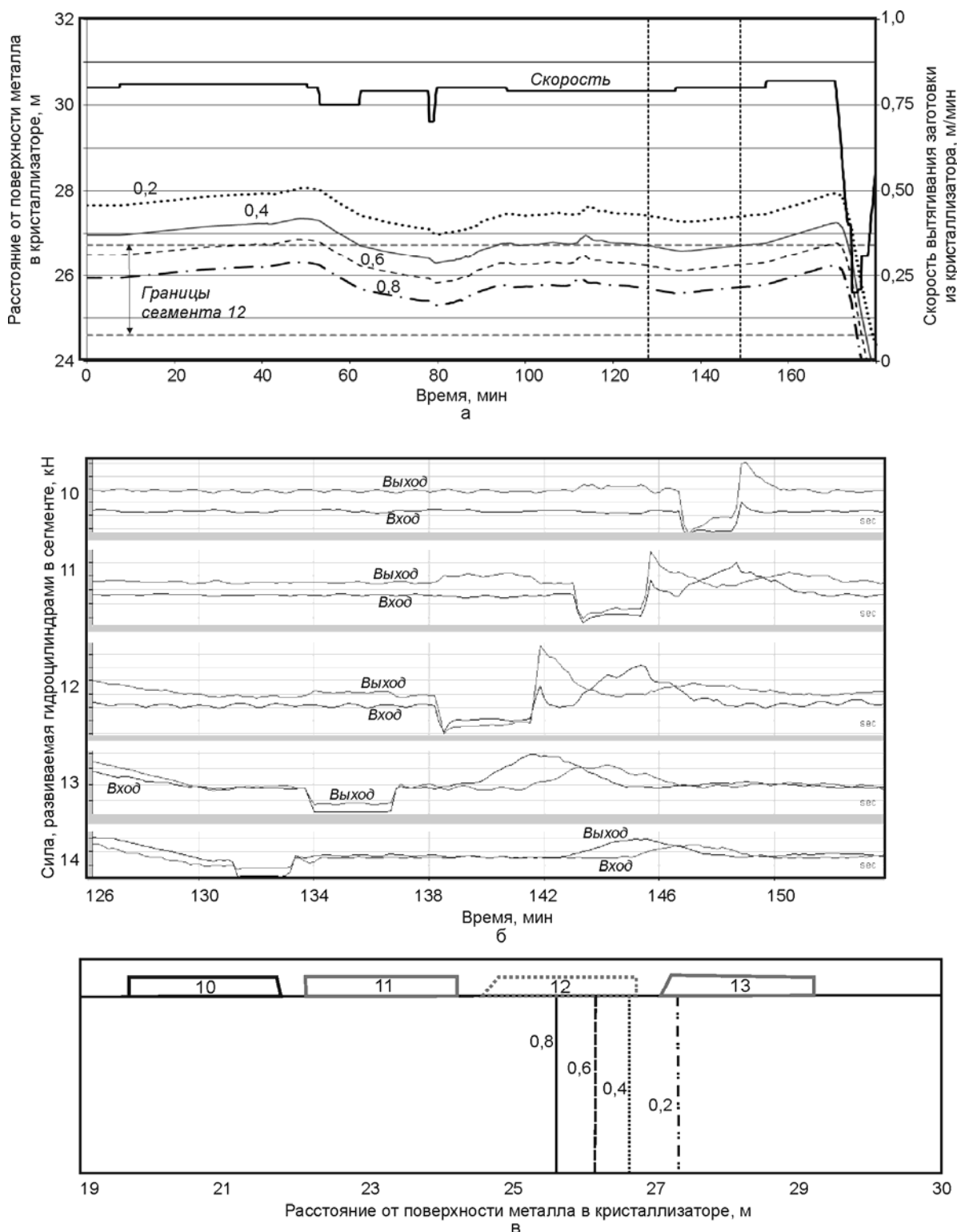


Рис. 3. Расчетные положения изолиний по модели “Динамика” в переходных режимах разливки (а); показания датчиков растворов и давлений в гидроцилиндрах сегмента № 10–14 для определения физических границ кристаллизации слитка (б); соответствие положений рассчитанных в откалиброванной модели “Динамика” границ и позиционирования сегментов (в) при коэффициенте регулирования теплообмена 0,7, сечение 300×1650 мм, [С] = 0,081 %

Величина установленного адаптационного коэффициента для слябов толщиной 300 мм составила $adapt = -0,4$. Поскольку после выполненной калибровки можно утверждать, что с использованием $adapt = -0,4$ расчетные положения границ зоны мягкого обжатия соответствуют физическим границам для слябов толщиной 300 мм, с использованием этого установленного коэффициента по модели “Динамика” выполнили серию расчетов положений границ зоны мягкого обжатия при разливке слябов толщиной 300 мм для значений 0,82 и 0,7 коэффициента в модели DSC.

На рис. 4 и 5 показано сопоставление расчета положений изолиний содержания жидкой фазы в двухфазной зоне зумпфа по модели “Динамика”, откалиброванной по результатам экспериментов (сплошная линия), и модели DSC с коэффициентами регулирования теплообмена 0,82 и 0,70 соответственно (маркеры), для стали с содержанием углерода $[C] = 0,067\%$ (скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×2500 мм).

На рис. 6 и 7 показаны отклонения положений изолиний, соответствующих различным содержаниям жидкой фазы в двухфазной зоне на оси слитка, рассчитанных по моделям “Динамика” и DSC.



Рис. 4. Содержание жидкой фазы на оси слитка. Коэффициент регулирования теплообмена 0,82



Рис. 5. Содержание жидкой фазы на оси слитка. Коэффициент регулирования теплообмена 0,70

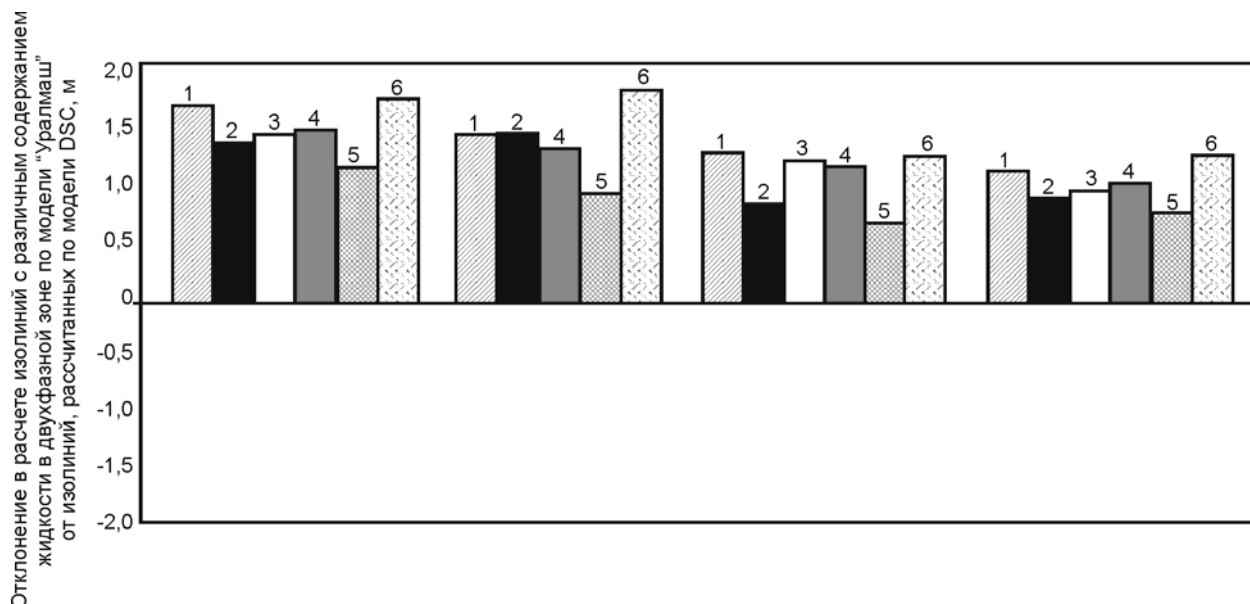


Рис. 6. Отклонение значений положения изолиний с содержанием жидкой фазы 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 на оси слитка, полученного в DSC, от рассчитанного в модели “Динамика” при коэффициенте регулирования теплообмена 0,82 (при положительных значениях границы DSC отстоят дальше к газорезке, при отрицательных — ближе к кристаллизатору):

1 — $[C] = 0,067\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×2500 мм; 2 — $[C] = 0,073\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×2600 мм; 3 — $[C] = 0,053\%$, скорость разливки 0,75 м/мин, сечение 300×2600 мм; 4 — $[C] = 0,058\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×2600 мм; 5 — $[C] = 0,073\%$, скорость разливки 0,805 м/мин, сечение 300×2600 мм; 6 — $[C] = 0,071\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×2600 мм

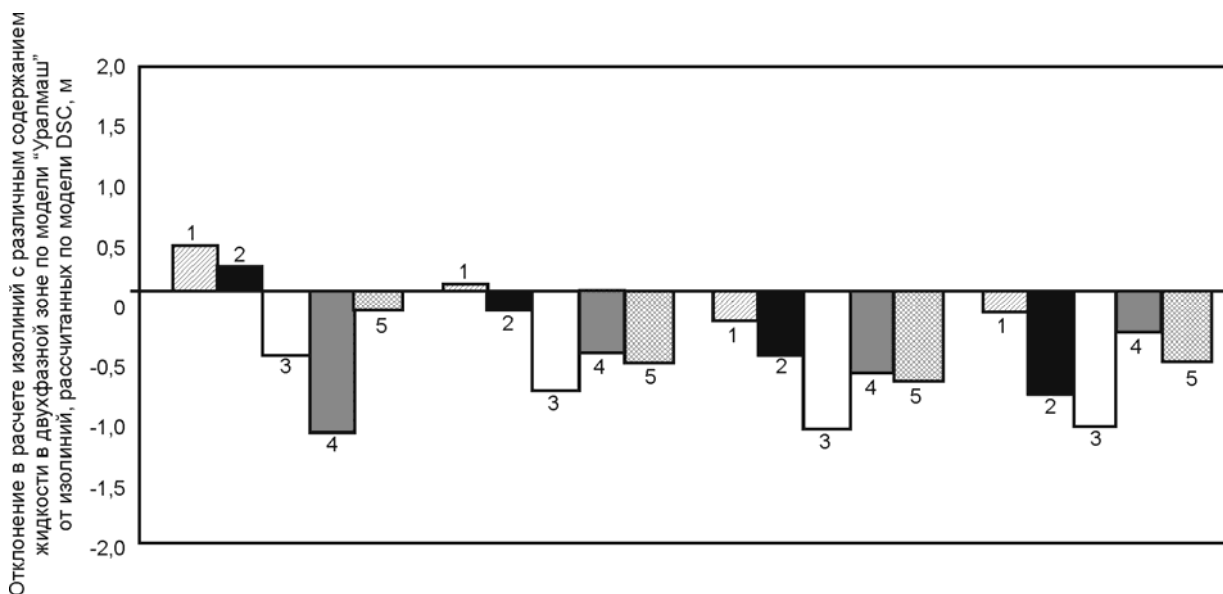


Рис. 7. Отклонение значений координаты содержания жидкой фазы 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 на оси слитка, полученного в DSC, от рассчитанных в модели “Динамика” при коэффициенте регулирования теплообмена 0,7 (при положительных значениях границы DSC отстоят дальше к газорезке, при отрицательных — ближе к кристаллизатору):
 1 — $[C] = 0,05\%$, скорость разливки 0,79 м/мин, сечение 300×2600 мм; 2 — $[C] = 0,11\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×2600 мм; 3 — $[C] = 0,08\%$, скорость разливки 0,75 м/мин, сечение 300×2600 мм; 4 — $C = 0,067\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×1560 мм; 5 — $[C] = 0,11\%$, скорость разливки 0,8 м/мин, сечение 300×1730 мм

Анализ результатов на рис. 6 показывает, что после сдачи МНЛЗ № 6 в эксплуатацию физические границы зоны мягкого обжатия находились ближе к газорезке на расстоянии в среднем для изолиний: 0,8 — на 1,3 м, 0,6 — на 1,73 м, 0,4 — на 1,3 м и 0,2 — на 1,18 м и соответствовали сегментам № 13 и 14. Осуществляемое в сегментах № 12 и 13 мягкое обжатие было ранним, результатом чего было отсутствие его эффективности для снижения показателей осевой рыхлости.

После корректировки физических границ с помощью коэффициента регулирования теплообмена на широких гранях сляба температура сляба понизилась на 50–60 °С, а физические границы оказались ближе к кристаллизатору в среднем для изолинии: 0,8 — на 0,3 м, 0,6 — на 0,43 м, 0,4 — на 0,72 м и 0,2 — на 0,66 м, чем рассчитанные по модели DSC. Однако следует отметить, что после корректировки перекрытие сегментами зоны мягкого обжатия, рассчитанных по модели DSC, осуществлялось с запасом в

сторону положения изолинии солидуса. Это лучше, чем раннее обжатие, но эффективность обжатия снижается из-за трудностей обжатия, если во втором сегменте находится большой процент полностью закристаллизовавшейся заготовки. В этом случае возрастают нагрузки, срабатывают уставки для защиты гидроцилиндров, результатом чего является раскрытие раствора этого сегмента, снижающее эффективность мягкого обжатия.

В таблице приведены результаты расчета по математической модели “Динамика” содержания жидкой фазы на первом пороге проницаемости в зумпфе. Они свидетельствуют о том, что содержание жидкой фазы на первом пороге проницаемости очень дифференцировано по химическому составу и лежит в интервале 0,55–0,74 при изменении содержания углерода в интервале 0,07–0,20 %, как и протяженность между двумя порогами проницаемости, лежащая в этом интервале в диапазоне 1,2–3,5 м.

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПО МОДЕЛИ “ДИНАМИКА” СОДЕРЖАНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ДВУХФАЗНОЙ ЗОНЕ В ЗУМФЕ ПРИ РАЗЛИВКЕ СТАЛЕЙ В СЛЯБЫ ТОЛЩИНОЙ 300 мм СО СКОРОСТЬЮ 0,8 м/мин

Показатель	Сталь			
	К60	10Г2ФБЮ	13Г1СУ	СтЗсп
Содержание углерода, %	0,07	0,11	0,12	0,20
Содержание жидкой фазы на первом пороге проницаемости	0,55	0,61	0,65	0,74
Расстояние от мениска сечения сляба, соответствующего первому порогу проницаемости	27,30	26,80	27,00	25,25
Расстояние от мениска сечения сляба, соответствующего второму порогу проницаемости	28,50	28,70	29,25	28,75
Длина зоны мягкого обжатия, м	1,20	1,90	2,25	3,50

На рис. 8 показаны результаты численных расчетов на откалиброванной модели “Динамика” изменений температур и содержания жид-

кой фазы в двухфазной зоне в зумфе при расходах воды в зонах, соответствующих коэффициенту регулирования теплообмена 0,82 и 0,70.

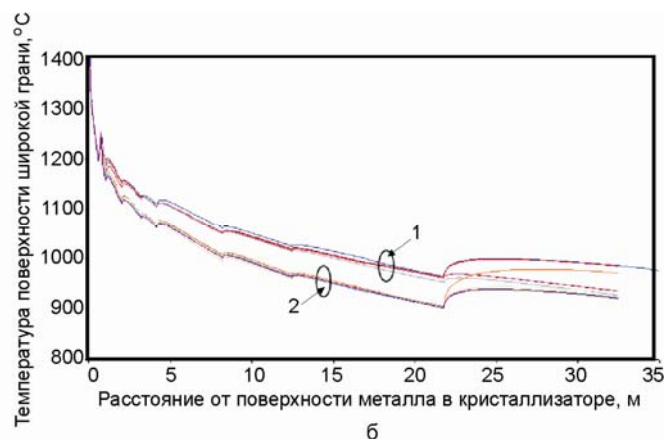
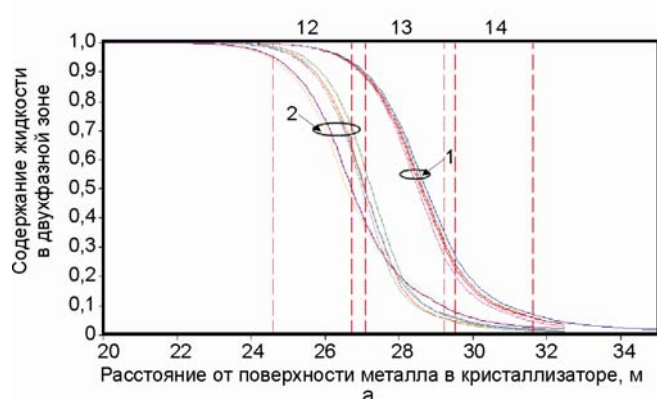


Рис. 8. Расчет содержания жидкой фазы на оси слитка, выполненный с помощью программы “Динамика”, на основе обрабатываемых регуляторами расходов и скоростей литья (а) и соответствующие изменения температуры на поверхности широких граней (б):

1 — разливка с использованием коэффициента регулирования теплообмена 0,82; 2 — коэффициент регулирования теплообмена 0,7. Вертикальные пунктирные линии обозначают границы сегментов № 12, 13 и 14

Из рис. 8, а, видно, что перемещение физических границ в сегменты № 12 и 13 достигнуто изменением внешнего теплообмена за счет увеличения расхода воды на зоны с понижением температуры поверхности сляба на 50–60 °С (см. рис. 8, б). Результатом такого переноса физических границ явилось повышение эффективности мягкого обжатия. Средний балл дефекта осевая рыхлость был снижен до 1,35 балла.

При разливке сталей с [C] = 0,12–0,20 %, когда первому порогу проницаемости соответствует содержание жидкой фазы 0,61–0,74 (см. таблицу), а длина зоны мягкого обжатия между двумя порогами проницаемости достигает 2,25–3,5 м, обжатие следует осуществлять двумя сегментами.

Если на рис. 8 ориентирами границ зоны мягкого обжатия считать изолинии 0,8 и 0,2, то при содержании в стали углерода 0,05–0,12 % и скорости вытягивания заготовки 0,8 м/мин сляб тоже может быть обжат в сегментах № 12 и 13. Однако это может быть неоптимальным реше-

нием, потому что первая граница зоны может находиться в середине или конце сегмента № 12, а вторая — на середине сегмента № 13. Если учесть, что в соответствии с таблицей для такого диапазона содержания углерода первому порогу проницаемости соответствует не 0,8, а 0,55–0,60 содержания жидкой фазы, а длина зоны мягкого обжатия между этими изолиниями составляет 1,9 м, то при учете, что длина сегмента мягкого обжатия составляет 2,13 м, оптимальным вариантом обжатия является обжатие в одном сегменте.

Для повышения эффективности мягкого обжатия можно перенести границы зоны мягкого обжатия в один сегмент, например № 12 или 13, при разливке стали с [C] = 0,081 % путем изменения скорости литья. На рис. 9 показано, что при снижении скорости литья до 0,76 м/мин мягкое обжатие следует осуществлять в сегменте № 12, а при литье со скоростью 0,84 м/мин — в сегменте № 13.

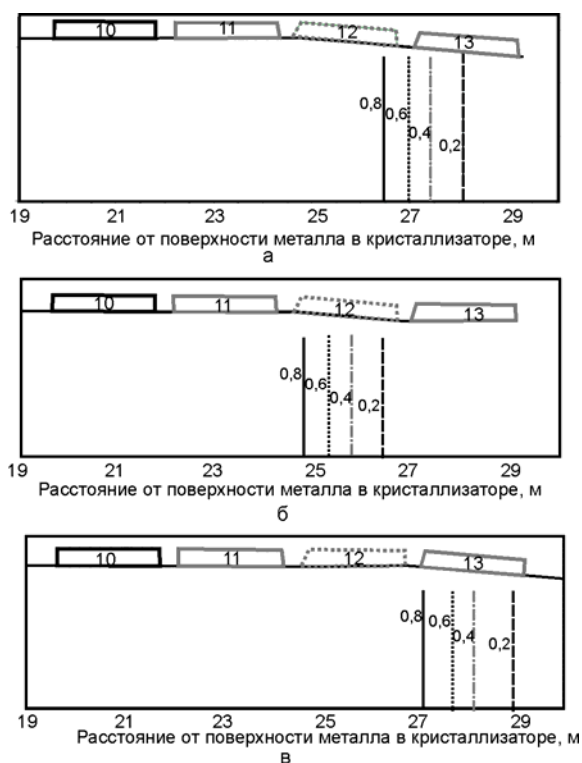


Рис. 9. Положение сегментов и рассчитанных по модели “Динамика” положений изолиний по длине слитка при разливке сляба толщиной 300 мм, шириной 1650 мм с содержанием углерода 0,081 % со скоростью 0,8 м/мин (а), 0,76 м/мин (б) и 0,84 м/мин (в) (цифрами обозначено содержание жидкости в двухфазной зоне на оси сляба в зумпфе, полученное с помощью модели “Динамика”)

Внесенные изменения в технологию мягкого обжатия позволили значительно улучшить качество центральной части слябовой непрерывнолитой заготовки на слябах толщиной 300 мм. На рис. 10 представлена оценка качества макроструктуры по дефекту осевая рыхлость металла, отлитого с использованием проектной технологии мягкого обжатия и после переноса физических границ кристаллизации с корректировкой скорости вытягивания.

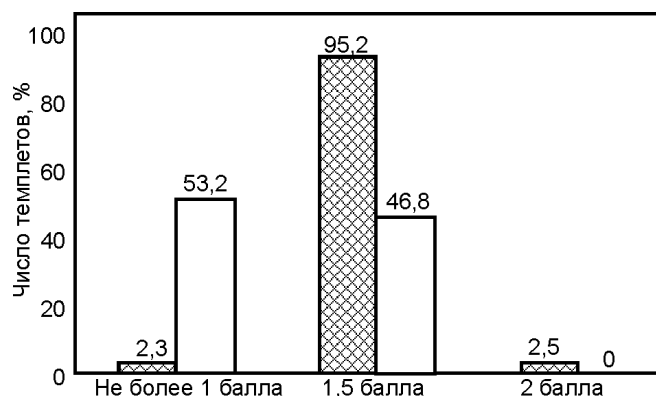


Рис. 10. Оценка качества макроструктуры дефекта осевая рыхлость по проектной и скорректированной технологиям мягкого обжатия

Выводы

1. Расчетную модель кристаллизации, управляющую с уровня 2 АСУТП МНЛЗ, всегда следует калибровать физическими методами контроля, например по показаниям датчиков давления в гидроцилиндрах.

2. Соответствие расчетных и физических границ зоны мягкого обжатия может быть достигнуто за счет калибровочных коэффициентов, регулирующих внешний теплообмен на широких гранях или внутренний в двухфазной зоне. В первом случае соответствие достигается изменением теплового профиля охлаждения. Во втором случае калибровка выполняется адекватно требуемому тепловому профилю охлаждения.

3. Для максимальной эффективности системы динамического мягкого обжатия требуется индивидуальный подход, который заключается в дифференцированном определении содержания

жидкой фазы на первом пороге проницаемости в соответствии с химическим составом и принятии мер для оптимального расположения зоны мягкого обжатия в роликовых сегментах. При этом следует избегать как избыточной длины полностью закристаллизовавшейся заготовки в сегменте, так и раннего обжатия ближе к кристаллизатору от поперечного сечения сляба, соответствующего первому порогу проницаемости.

4. Система динамического мягкого обжатия на МНЛЗ № 6 ОАО ММК после переноса физических границ кристаллизации позволила повысить эффективность мягкого обжатия на слябах толщиной 300 мм. Корректировка скорости вытягивания заготовки позволила улучшить качество макроструктуры по дефекту осевая рыхлость с 1,56 до 1,23 балла. Число темплетов с оценкой не более чем на 1 балл выросло в 23 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и расчет / Л. В. Буланов, Л. Г. Корзунин, Е. П. Парфенов и др. — Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы “Марат”. 2004. — 320 с.
2. Автоматизация для технологического пакета ФАИ “Подключи и начни разливку” / Х. Вал, К. Херцог, Ц. Федершпил, П. Юза. Доклады конференции по непрерывной разливке. Нижний Тагил. Россия. 18–19 октября 2005.
3. Дюдкин Д. А. Качество непрерывнолитой стальной заготовки. — Киев: Техника. 1988. — 253 с.

4. Эффективность мягкого обжатия при разливке стали на машинах непрерывного литья заготовок / Л. В. Буланов, Н. А. Юровский, В. В. Бусыгин и др. // Черная металлургия: Бюл. ин-та “Черметинформация”. 2012. № 4. С. 75–84.
5. Мошкунов В. В., Столяров А. М., Казаков А. С. Определение длины лунки жидкого металла в непрерывнолитых слябах из трубной стали с использованием эффекта “искусственного раздутия” заготовки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2012. № 1 (37). С. 24–26.
6. Совершенствование технологии мягкого обжатия непрерывнолитых слябов из трубной стали / С. В. Прохоров, А. С. Казаков, В. В. Мошкунов и др. // Металлург. 2012. № 2. С. 59–61.

УДК 669.18.046.518:621.746.5.047

КОМПЛЕКСНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ БЕЛОРУССКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

А. В. ДЕМИН, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ (ОАО “Белорусский металлургический завод”)

В 2009–2010 гг. в электросталеплавильном цехе № 2 Белорусского металлургического завода (БМЗ) проведена комплексная реконструкция машины непрерывного литья блюмовых заготовок № 3. Рассчитанная в соответствии с контрактной документацией на производительность 350 тыс. т/год, к 2008 г. МНЛЗ № 3 фактически уже перешагнула 700-тысячный рубеж. Этому способствовала ее частичная модернизация, проведенная в 1998 г., которая была направлена на увеличение производительности и повышение качества блюмов. Основным сортаментом разливаемых на машине заготовок являются блюмы сечением 250×300 и 300×400 мм и длиной 2,5–5,5 м из углеродистых и низколегированных сталей.

Учитывая дальнейшие планы по увеличению объемов производства электросталеплавильного цеха № 2 БМЗ до 1 млн т, а также острую потребность в круглой заготовке диам. 200 мм, предназначенной для нового трубопрокатного комплекса, было принято решение о проведении комплексной реконструкции МНЛЗ № 3. Генеральным подрядчиком и поставщиком оборудования на тендерной основе была выбрана итальянская фирма Danieli.

Технические решения, реализованные в ходе реконструкции, были в первую очередь обусловлены амбициозными задачами достижения значительных производственных результатов: увеличения производительности литейного агрегата, расширения сортамента и обеспечения качества литых блюмов со снижением удельного энергопотребления и минимизацией численности обслуживающего персонала, что позволило бы ввести реконструированную машину в разряд высококонкурентных литейных комплексов.

Схематическое изображение МНЛЗ № 3 после реконструкции приведено на рис. 1.

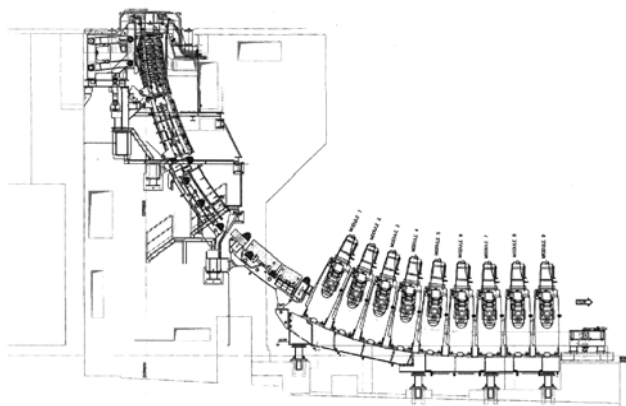


Рис. 1. Схема четырехручьевого машины непрерывной разливки блюмов прямоугольного сечения 250×300 и 300×400 мм и круглого сечения 200 мм (после реконструкции)

Основные реконструктивные мероприятия:

- увеличение базового радиуса МНЛЗ с 10 до 13,5 м;
- замена прямого сборного кристаллизатора на радиальный гильзовый с одновременным исключением вертикального участка зоны вторичного охлаждения (ЗВО);
- увеличение длины ЗВО и переход с водяного на водовоздушное охлаждение;
- замена электромеханического привода качания кристаллизатора на гидравлический;
- увеличение числа трайб-аппаратов правильно-тянущего механизма до 9 на каждый ручей с внедрением систем многоточечного разгиба и динамического мягкого обжатия блюмов;
- поставка комплекса сменного оборудования и установка холодильника для разливки и охлаждения блюмов круглого сечения диам. 200 мм.

Конструкция гильзового кристаллизатора

Гильза кристаллизатора имеет многоконусную конструкцию, позволяющую поддерживать максимальный контакт между образовавшейся корочкой и стенкой кристаллизатора до самого его низа, что снижает возможность трещинообразования и дефектов формы, таких как скошенность стенок прямоугольника, а также преследующую цель предотвращения остаточной деформации под воздействием температуры. Деформация гильзы кристаллизатора могла бы привести к значительному снижению срока службы кристаллизатора и повлечь за собой появление глубоких следов качания и дефектов формы у заготовок.

Конструкция рубашки охлаждения предусматривает высокую скорость воды в зазоре, что направлено на поддержание температуры медной стенки на достаточно низком уровне, чтобы избежать закипания воды, в особенности в критической зоне возле мениска. Ширина зазора между гильзой кристаллизатора и рубашкой находится в диапазоне 3,25–4,00 мм. Это решение является оптимальным с точки зрения предъявляемых требований к скорости потока воды и практических ограничений, существующих вследствие падения давления воды в кристаллизаторе. Для обеспечения постоянства водяного зазора водяная рубашка подвергается механической обработке с узкими пределами допуска.

Непосредственно под гильзой кристаллизатора располагается ряд опорных роликов, основное назначение которых заключается в поддержании заготовки на выходе из кристаллизатора. При их отсутствии заготовка может оцарапать стенку нижней части гильзы, сокращая тем самым срок ее службы и вызывая появление

дефектов поверхности бьюма. Схематически конструкция кристаллизатора показана на рис. 2.

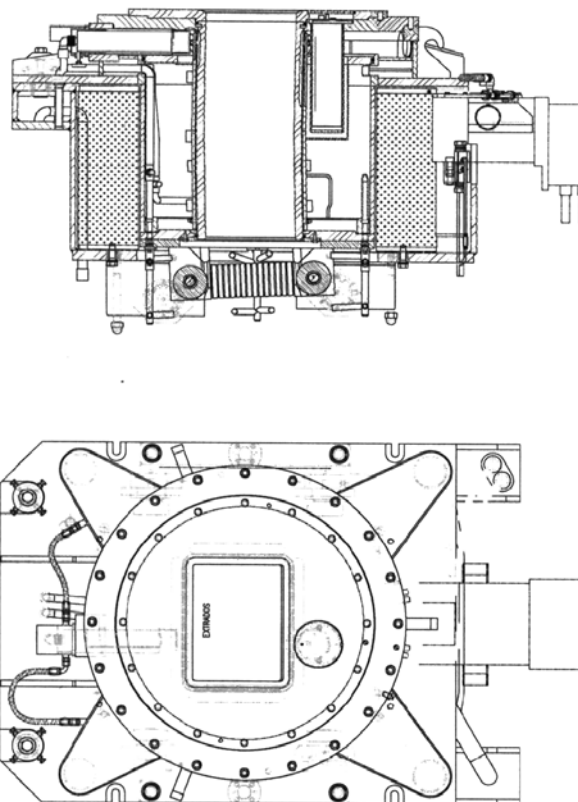


Рис. 2. Конструктивная схема кристаллизатора сечением 250×300 мм

Практический опыт работы показал, что при правильной эксплуатации и техническом обслуживании средний срок службы медной трубчатой гильзы кристаллизатора составляет более 500 плавков для круглых заготовок диам. 200 мм, для сечений 250×300 и 300×400 мм — более 700 плавков.

Механизм качания кристаллизатора

Гидравлический привод механизма качания фирмы Danieli в отличие от старого электромеханического позволяет изменять параметры возвратно-поступательного движения — частоту и амплитуду — во время разлива в зависимости от температурно-скоростных режимов движения заготовки. Благодаря внедрению гидравлического качания кристаллизатора были достигнуты следующие улучшения:

- сокращение глубины следов качания ориентировочно на 50 %;
- получение следов качания более правильной и ровной формы;
- более высокое качество поверхности проката всего производимого сортамента.

Основным показателем, который учитывался при определении параметров качания, является время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору. Оно определяется как интервал времени, в течение которого кристаллизатор движется быстрее при постоянном значении скорости разлива. Его зависимость от параметров качания выражается формулой

$$T_n = \frac{60}{\pi f} \arccos \left(\frac{V_c}{\pi f s} \right),$$

где V_c — скорость разлива, м/мин; f — частота качания, качаний в мин; s — амплитуда, м.

Время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору имеет прямое отношение к глубине следов качания. Мелкие следы качания имеют место, когда кристаллизатор качается с высокой частотой и сравнительно короткой амплитудой, обеспечивая короткое время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору. Практический опыт показывает, что оптимальная величина T_n составляет около 0,12 с.

Так называемое опережение кристаллизатора ML является дополнительным фактором, который влияет на качество поверхности. Определяется ML как часть полной амплитуды качания, покрываемой кристаллизатором во время отставания движения заготовки по отношению к кристаллизатору:

$$ML = S \sin(\pi f T_n) - V_c T_n,$$

где S — полная амплитуда, мм; f — частота качания, качаний в мин; $T_n = NST/60$, с; V_c — скорость разливки, м/мин.

При показателе ML в диапазоне от 3,0 до 5,5 мм создаются условия трения между заготовкой и кристаллизатором, позволяющие получать удовлетворительное качество поверхности слитка. При показателе ML ниже 2 мм взаимодействие между стенками кристаллизатора и поверхностью стали недостаточно, что может повлечь прилипание корочки слитка к стенке. При показателе ML свыше 5,5 мм соответствующее избыточное взаимодействие приводит к нерегулярным и глубоким следам качания и дефектам поверхности заготовки.

Новая конструкция системы вторичного охлаждения с применением комбинированного водяного и водовоздушного охлаждения

Конструкция обеспечивает быструю равномерную скорость затвердевания и предотвращает появление металлургических дефектов, как поверхностных, так и внутренних. Это достигается за счет:

- удлинения протяженности ЗВО в связи с увеличившимися скоростями разливки;
- повышения эффективности теплоотвода и в то же время более мягкого воздействия на поверхность блюма благодаря применению водовоздушной высокодисперсной смеси;
- сведения к минимуму разницы в скорости охлаждения между центром и углами граней слитка вследствие оптимального расположения душирующих форсунок.

Регулировка расхода охлаждающего агента производится по двум независимым системам для каждой зоны каждого ручья, что обеспечи-

вает сбалансированное охлаждение всех сторон блюма — отдельно внутренний и внешний радиус, отдельно боковые стороны.

Система вторичного охлаждения подразделяется на ряд независимых зон, каждая из которых управляется индивидуально с помощью системы автоматизации второго уровня. Такая конструкция создает режим охлаждения, обеспечивающий минимальные напряжения в теле слитка, и позволяет плавно сократить коэффициент теплопередачи от момента выхода заготовки из кристаллизатора до конца ЗВО, где дальнейший теплоотвод осуществляется только за счет естественной конвекции воздуха и излучения.

Зона многоточечного разгиба

В основу принципа системы многоточечного разгиба положены минимальные величины удлинения участков поверхности блюма, испытывающих растягивающие деформации

(табл. 1), для предотвращения возможности образования дефектов даже при самых жестких условиях разливки.

ТАБЛИЦА 1. ВЕЛИЧИНЫ УДЛИНЕНИЯ, %

Максимальное удлинение	Группа стали		
	1	2	3
Поверхности раздела твердое/жидкое состояние	0,30–0,35	0,15–0,20	0,08–0,10
На поверхности заготовки	0,9	0,9	0,9

Зона разгиба спроектирована для выполнения правки слитка с жидкой сердцевиной. Таким образом, при вытягивании слитка происходят плавные переходы от базового радиуса к прямому участку по следующей

схеме: сначала от радиуса 13 м к радиусу 18 м, затем от радиуса 18 м к 34 м и, наконец, от 34-метрового радиуса к бесконечному. Начало разгиба происходит на удалении от мениска жидкого

металла в кристаллизаторе 18,61 м и окончание — на отметке 22,21 м.

Важными параметрами для снижения вероятности трещинообразования в бляхах при разгипе являются температура и скорость разлива, например, чрезмерное охлаждение бляха до

температуры поверхности ниже 850 °С многократно повышает вероятность образования трещин. Точная регулировка вторичного охлаждения с целью поддержания температуры поверхности при правке порядка 950–1000 °С решает эту проблему.

Система мягкого обжатия

Спроектированный компанией Danieli правильно-тянущий механизм состоит из девяти модулей (табл. 2), на каждом из которых предусмотрено обжатие роликами. Для расчета длины жидкого конуса и соотношения доли твердой и жидкой фаз слитка разработана оперативная математическая модель затвердевания, с помощью которой система автоматизации передает соответствующий сигнал на гидроцилиндры

трайб-аппаратов. Система DDSR, спроектированная итальянскими специалистами, подразумевает оптимальный диапазон для начала и окончания зоны мягкого обжатия для всего марочного сортамента сталей в следующей зависимости от доли твердой фазы в слитке: $0,8 > F_s > 0,2$. Схема правильно-тянущего механизма приведена на рис. 3.

ТАБЛИЦА 2. УДАЛЕНИЕ МОДУЛЕЙ ПРАВИЛЬНО-ТЯНУЩЕГО МЕХАНИЗМА ОТ МЕНИСКА МЕТАЛЛА

Показатель	Номер модуля								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние от мениска, м	15	16,2	17,4	18,6	19,8	21	22,2	23,4	24,6
Радиус, м	13	13	13	13/18	18	18/34	34/∞	∞	∞
Модуль в процессе мягкого обжатия	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет

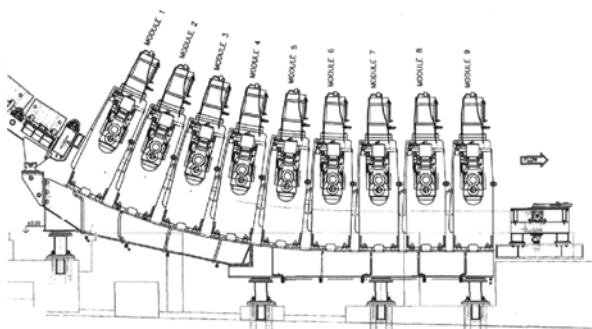


Рис. 3. Правильно-тянущий механизм с системой мягкого обжатия

Положение валков управляется автоматически с помощью позиционных датчиков, установленных на гидроцилиндры трайб-аппаратов.

Использование системы мягкого обжатия позволило повысить скорость разлива на 25 %, при этом получать качество макроструктуры бляхов согласно требованиям нормативной документации.

Комплекс сменного оборудования и установка холодильника для разлива и охлаждения бляхов круглого сечения диам. 200 мм

Указанный комплекс оборудования позволил производить непрерывнолитой блях круглого сечения диам. 200 мм и длиной до 9,6 м для последующего производства трубной заготовки, по форме максимально приближенной к конечной продукции. Использование круглых

бляхов позволило исключить их дополнительный передел на стане 850 в горячекатаную заготовку и существенно повысить рентабельность производства бесшовных труб в трубопрокатном цехе.

Выводы

Выполненный комплекс реконструктивных мероприятий на МНЛЗ № 3 БМЗ позволил повысить ее производительность на 25 % при обеспечении требуемого уровня качественных характеристик, а также освоить новый вид продукции — непрерывнолитую круглую заготовку диам.

200 мм для производства труб, что позволит исключить промежуточный передел на стане 850, сократить затраты и повысить рентабельность производства бесшовных труб в трубопрокатном цехе.

НЕРЖАВЕЮЩИЕ СТАЛИ С АЗОТОМ: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

*А. П. ШЛЯМНЕВ, В. А. УГЛОВ, Г. А. ФИЛИППОВ, И. П. ШАБАЛОВ, Н. Х. МУХАТДИНОВ
(ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина")*

Азот в сталях и сплавах рассматривается, с одной стороны, как вредная примесь, с другой — как легирующий элемент, улучшающий комплекс служебных свойств. Именно эту положительную роль азот выполняет в нержавеющей сталях систем легирования Fe–Cr–Ni, Fe–Cr–Ni–Mo, Fe–Cr–Ni–Mn, Fe–Cr–Mn со структурой аустенита и в сталях с двухфазной аустенито-ферритной структурой.

Работы по исследованию влияния азота на структуру и свойства хромоникелевых нержавеющей сталей наиболее интенсивно начались во время Второй мировой войны в Германии, а затем и в других странах, что было связано с поиском дешевых легирующих элементов взамен дефицитного и дорогого никеля [1, 2]. Уже в этих работах было установлено, что азот относится к элементам, стабилизирующим аустенит по отношению к α - и δ -превращениям.

В России работы по использованию азота в качестве легирующего элемента при разработке нержавеющей сталей начали интенсивно развиваться с середины 50-х годов прошлого века в ЦНИИчермете, ВИАМе и позднее ИМет РАН.

Азот — сильный стабилизатор аустенита, эффективно способствует аустенизации сталей ферритного и аустенито-ферритного классов, а также препятствует образованию δ -феррита в хромоникелевых аустенитных сталях типа 18–10 при высоких температурах. Рядом работ [3, 4] аустенитообразующее влияние азота оценивается в 30 раз более сильным, чем влияние никеля — основного аустенитообразующего элемента в нержавеющей сталях.

Установлено, что азот, кроме того что является сильнейшим аустенитообразующим элементом, при введении в сталь способствует:

- повышению стабильности аустенита по отношению к $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращению при охлаждении и деформации, что обеспечивает сохранение в стали парамагнитности;
- повышению прочности (σ_B , $\sigma_{0,2}$) при сохранении высоких пластических и вязких свойств;

- предупреждению или торможению образования приграничных выделений;
- измельчению зерна;
- повышению стойкости против межкристаллитной коррозии (МКК), точечной, ножевой и других видов коррозии [5–7].

При этом показано, что с увеличением в хромоникелевых нержавеющей сталях азота от 0,031 до 0,20 % не отмечается понижения стойкости против коррозионного растрескивания (КР) [7]. Коррозионные испытания стали, содержащей 0,03 % С, 17 % Cr, 14 % Ni, 2,7 % Mo и 0,2 % N, также не выявили отрицательного влияния азота на стойкость против КР [7].

В работе [7] приводится формула Фауста, по которой можно рассчитывать оптимальное содержание азота в пределах его растворимости при нормальном (атмосферном) давлении, которое может присутствовать в стали для улучшения ее свойств:

$$\% N = \frac{\% Cr + \% Mn}{100} - \frac{\% Ni}{200}$$

Практика показала, что в нержавеющей сталях при их выплавке и разливе в открытых агрегатах может растворяться до 0,7 % N в зависимости от системы легирования [8]:

- в хромоникелевых сталях типа 18–10 эта величина составляет 0,25–0,30 %;
- в сталях системы легирования Fe–Cr–Ni–Mn усваивается в твердом растворе до 0,35–0,45 %;
- в сталях системы Fe–Cr–Mn растворимость азота при нормальном давлении достигает 0,7 %.

В данной статье рассматриваются нержавеющей стали указанных систем легирования с содержанием азотом не выше 0,3–0,35 %, поскольку такие стали могут производиться на действующем оборудовании и для их производства не требуется какой-либо существенной реконструкции сталеплавильных агрегатов и другого технологического оборудования.

Указанные содержания азота в сталях получают двумя путями:

- с использованием азотированных хрома или марганца;
- непосредственным вдуванием в расплав газообразного азота [6, 9, 10].

Второй путь, менее затратный, стал возможным после внедрения в производство внепечных способов обработки металла в агрегатах AOD, VOD, установках ковш-печь и в настоящее время может с успехом использоваться.

Азотсодержащие хромоникелевые и хромоникельмолибденовые стали

В хромоникелевые стали типа 18-10, в том числе молибденсодержащие типа 17-13-2(3), со структурой аустенита азот вводится главным образом для стабилизации аустенита и повышения предела текучести. Наибольший эффект от введения азота достигается при содержании в стали углерода 0,02–0,03 %, при этом азот вводится в количестве до 0,2–0,25 %. Дальнейшее увеличение его содержания в сталях данного типа приводит к облегчению образования и выпадения нитрида хрома (Cr_2N), который оказывает отрицательное влияние на стойкость сталей к МКК, на пластические и вязкие свойства.

В табл. 1 приведен ряд отечественных и зарубежных сталей рассматриваемого типа, легированных азотом и без азота, с указанием гарантированных механических свойств, структуры при комнатной температуре, а также рекомендуемые режимы горячей деформации и термообработки. Все приведенные стали выпускаются или могут выпускаться на действующем оборудовании заводов качественной металлургии без ограничений. В табл. 1 данные приводятся для листа толщиной 3 мм и круглых прутков diam. 15 мм.

ТАБЛИЦА 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СТРУКТУРА ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЖИМЫ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМООБРАБОТКИ ХРОМНИКЕЛЕВЫХ И ХРОМНИКЕЛЬМОЛИБДЕНОВЫХ СТАЛЕЙ

Марки сталей в российской транскрипции	Номер стали по EN и по DIN	Рекомендуемый режим горячей деформации, °C	Режим закалки на воду, °C	Структура	Минимальные значения			Примечание Номер стали по AISI
					$\sigma_{0,2}$ Н/мм ²	σ_b Н/мм ²	δ_5 , %	
03X18H11	1.4306	1150–850	1000–1050	A(δ)* ¹	175	450–700	45	304L
07X18H10* ²	1.4301	1150–850	1020–1050	A(δ)	210	520	45	304
02X18AH9	1.4311	1150–850	1020–1080	A	270	550	35	304LN
03X17AH9* ³	—	1150–850	980–1080	A	320	650	40	Россия
08X18H10T* ⁴	1.4541	1150–850	1050–1180	A(δ)	200	500	40	321
03X17H9AM3* ⁵	—	1150–850	1050–1080	A	325	670	40	Россия
12X18H10T	—	1150–850	1050–1100	A	210	530	40	Россия
03X17H13M3	1.4404	1150–850	1050–1100	A(δ)	195	450–700	40	316
03X17H13AM3	1.4406	1150–850	1050–1100	A	280	600–800	40	316LN

*¹ В структуре стали возможно образование δ -феррита.
*² Указано допустимое по стандартам DIN и ASTM содержание углерода, фактически в стали этой марки содержание углерода не превышает 0,05 %.
*³ Пат. 2173729 РФ от 20.09.2001 г.
*⁴ Стали с титаном приведены для сравнения механических свойств с азотсодержащими низкоуглеродистыми сталями.
*⁵ Пат. 2413031 РФ от 13.10.2009 г.

Из представленных данных следует, что легирование азотом сталей систем Fe–Cr–Ni и Fe–Cr–Ni–Mo сопровождается существенным повышением прочности ($\sigma_{0,2}$) на 25–30 % без снижения пластичности. В структуре азотсодержащих сталей практически не наблюдается образования δ -феррита, поэтому они обладают лучшей технологической пластичностью при горячей обработке давлением. Как было отмечено выше, азот при концентрациях его в сталях до 0,2–0,25 % оказывает положительное влияние и на

коррозионные свойства сталей со структурой аустенита. Понятно, что здесь речь идет о сталях нестабилизированных, т. е. о сталях без добавок элементов-стабилизаторов (Ti, Nb и др.).

В стабилизированных титаном или ниобием сталях содержание азота следует максимально снижать во избежание того, чтобы стабилизирующие элементы (Ti или Nb) не расходовались на образование нитридов, оставляя углерод в твердом растворе, который в

этом случае будет образовывать карбид Cr_{23}C_6 и обеднять границы зерен хромом [11].

В хромистых нержавеющей сталях со структурой феррита или мартенсита действие азота обратное, поэтому при их производстве стремятся снизить его содержание до минимально возможных значений. Обобщенная картина по влиянию азота на свойства хромоникелевых нержавеющей сталей со структурой аустенита и хромистых со структурой феррита показана на рис. 1 [6], который дополнен априорной кривой $\tau = f(N)$ по влиянию азота на коррозионные свойства.

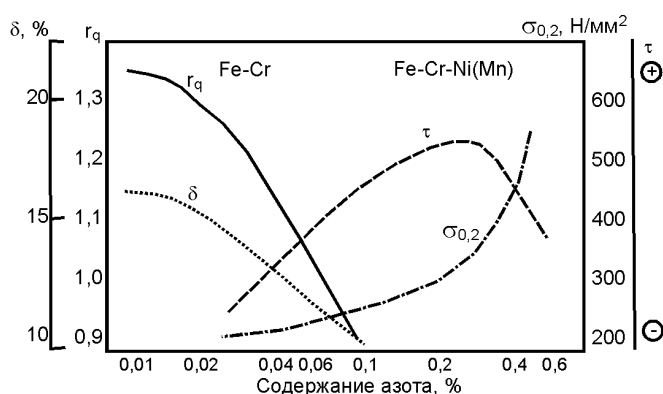


Рис. 1. Влияние азота на прочность ($\sigma_{0,2}$), пластичность (δ , r_q) и на индекс коррозионной стойкости (τ) (“+” — стойкость повышается; “-” — стойкость снижается) хромистых и хромоникелевых нержавеющей сталей

В ряде работ рассматривается влияние азота на склонность нержавеющей сталей к различным видам коррозионных повреждений. Согласно данным работы [8], азот повышает устойчивость хромоникелевых и хромоникельмолибденовых сталей против точечной коррозии (ТК). Он не только замедляет начало возникновения ТК, но и уменьшает скорость распространения питтингов. Для оценки устойчивости стали против ТК хромоникельмолибденовых сталей в работе [8] приводится формула

$$W_1 = \% \text{Cr} + 3,3 \% \text{Mo} + 30 \% \text{N}.$$

Азотсодержащие хромоникельмарганцевые и хромомарганцевые стали

Разработка азотсодержащих нержавеющей сталей систем легирования Fe-Cr-Mn-Ni и Fe-Cr-Mn промышленного производства относится к середине 50-х годов прошлого века и была вызвана двумя причинами. С одной стороны, необходимо было решить ряд задач по снижению

Из формулы видно также, что хром и молибден, безусловно, оказывают влияние на стойкость стали против ТК. Считается, чем выше значение W_1 , тем более устойчива сталь против ТК, а при значениях W_1 свыше 30 сталь приобретает хорошую устойчивость против ТК даже в средах, содержащих хлориды [12]. В работах [13, 14] не выявлено также какого-либо отрицательного влияния азота на снижение стойкости к КР стали системы легирования Fe-Cr-Ni-Mo, содержащей 0,03 % С, 17 % Cr, 14 % Ni, 2,7 % Mo и 0,20 % N.

Азот в нержавеющей сталях со структурой аустенита при его содержании в пределах растворимости при нормальном давлении оказывает заметное положительное влияние на стойкость к МКК за счет замедления выделения избыточных фаз, включая выделение карбида Cr_{23}C_6 (рис. 2) [6, 15]. Данные показывают, что при введении в сталь X5CrNiMo (17135) азота в количестве 0,145 % заметно смещаются вправо границы выпадения избыточных фаз, т. е. для их образования и выделения требуются более длительные выдержки металла в интервале опасных температур.

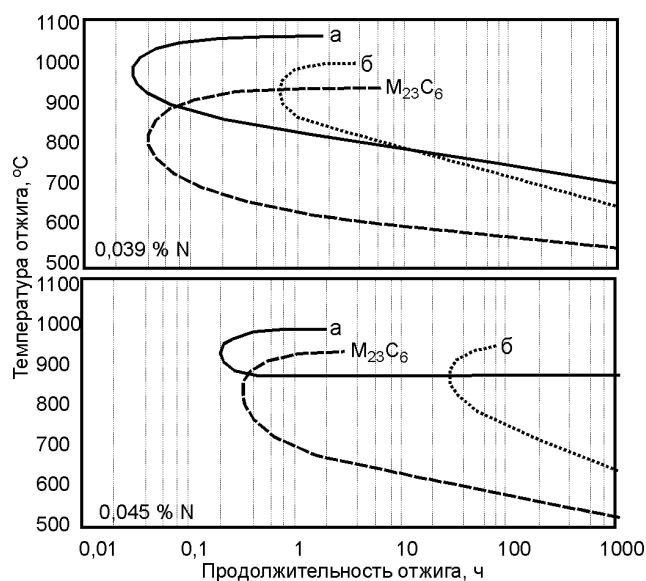


Рис. 2. Влияние содержания азота на образование и выделение карбидов, χ -фазы (а), фазы Лавеса (б) в стали X5CrNiMo (17135)

металлоемкости изделий, с другой — резко сократить использование дефицитного никеля. При этом в сталях необходимо было сохранить те положительные свойства, которыми обладали стандартные хромоникелевые стали типа 18-10: во-первых они должны были оставаться немаг-

нитными при воздействии деформации и напряжений и, во-вторых — хладостойкими вплоть до водородных и гелиевых температур, т. е. до температур минус 253 и 269 °С.

Был разработан ряд марок нержавеющей стали, большинство из которых обладает ком-

плексом свойств, который и сегодня мог быть достаточным для востребования многими отраслями машиностроения и строительства. В табл. 2 приведены некоторые стали из указанного ряда [16, 17].

ТАБЛИЦА 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОМОМАНГАНЦЕВОНИКЕЛЕВЫХ И ХРОМОМАНГАНЦЕВЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Система легирования и марки сталей	Механические свойства			Содержание азота, % (мас.)
	σ_b , Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	δ_5 , %	
	не менее			
Fe–Cr–Mn–Ni–N				
12X17Г9АН4 (ЭИ 878)	700	345	40	0,15–0,25
08X18Г9Н5АБ (ЭП 55)	650	350	40	0,18–0,25
07X21Г7АН5 (ЭП 222)	700	370	40	0,15–0,25
08X20Г10АН4 (НН 3)	700	450	30	0,40–0,47
08X18Г12Н5АБ (НН 3Б)	700	450	30	0,45–0,52
03X20Н16АГ6	670	370	30	0,15–0,28
12X18Г13АН4 (ЭП 197)	780	480	40	0,25–0,32
07X13Г20АН4 (ЧС 52)	650	325	40	0,08–0,18
Fe–Cr–Mn–N				
15X17АГ14 (ЭП 213)	700	350	40	0,3–0,4
10X14АГ15 (ДИ 13)	700	350	35	0,15–0,25
08X14АГ9	780	340	25	0,15–0,25
08X16Г8АМ2	740	320	25	0,15–0,25
03X13АГ19 (ЧС 36)	730	370	45	0,05–0,1

Примечание. Представленные в табл. 2 стали охватывают не весь круг разработанных сталей этого типа. Более полные данные, включающие теоретические основы легирования нержавеющей стали азотом, представлены в работе [18].

Данные табл. 2 показывают, что нержавеющей стали на основе Fe–Cr–Mn–Ni и Fe–Cr–Mn с азотом в пределах его равновесной растворимости обладают более высокой прочностью по сравнению со сталями тех же систем легирования, но без азота, при сохранении достаточно высокой пластичности в холодном состоянии. Более подробная информация о сталях этого типа, разработанных в России и за рубежом, и областях их применения приводится в работах [5, 19].

За рубежом также были разработаны нержавеющей азотсодержащие стали на указанных выше основах, которые в зарубежной нормативно-технической документации классифицировались серией 200, но по разным причинам не получили широкого распространения. Для примера приведем несколько запатентованных в разных странах сталей в привычном для российского читателя обозначении: 03X15Г14АМ2 (пат. 3075839 США. 1963 г.), 03X18Н5Г8ЮДЗАТ (пат. 3071460 США. 1963 г.), 04X17Н11Г6М2АБ (пат. 1194587 Германии. 1965 г.).

В настоящее время производство нержавеющей хромоманганцевых (Mn = 6–10 %) сталей с небольшим (1–6 %) содержанием никеля уси-

ленно развивается в Индии. В то же время в Европе и Америке марганцовистые стали не нашли сколько-нибудь серьезного потребителя и их производство практически свернуто. Основная причина такого положения, по-видимому, заключается в том, что на Западе использование марганцовистых сталей в пищевом машиностроении и промышленности запрещено санитарными службами по причине более низкой коррозионной стойкости, особенно в хлоридсодержащих средах, а также потому, что производство нержавеющей сталей с высоким (≥ 8 %) содержанием марганца требует существенных затрат на экологию. По мнению авторов, нержавеющей стали этой группы не заслуживают к себе столь пренебрежительного отношения, поскольку при использовании в атмосферных условиях, в контакте со средами слабой и средней агрессивности эти стали могут быть экономически эффективными и успешно конкурировать с более дорогими хромоникелевыми сталями.

Необходимо отметить, что в данном сообщении не рассматриваются аустенитные нержавеющей стали со сверхравновесным содержанием азота, прочностные свойства которых выше, чем в сталях рассматриваемого типа. В

России наилучшие результаты по комплексу механических свойств нержавеющей стали со сверхравновесным содержанием азота достиг-

нуты в разработках Института металлургии им. А.А. Байкова РАН, которые возглавляет академик РАН О.А. Банных.

Двухфазные аустенито-ферритные нержавеющие стали с азотом

Стали этого типа в зарубежной литературе называют дуплекс-сталями, в российском стандарте ГОСТ 5632 они выделены в отдельный структурный класс.

Наиболее предпочтительным комплексом свойств обладают двухфазные стали последнего, третьего поколения, которые содержат в своем составе азот как легирующий элемент в количестве 0,05–0,25 %. Для сталей характерны высокие прочностные свойства ($\sigma_b = 755\text{--}815 \text{ Н/мм}^2$, $\sigma_{0,2} = 590\text{--}680 \text{ Н/мм}^2$) в сочетании с достаточно высокими значениями пластичности ($\delta_5 = 35\text{--}40 \%$) и стойкости к коррозионно-эрозионным повреждениям в средах повышенной агрессивности, высокой стойкости против питтинговой коррозии и КР в сероводородсодержащих средах [20, 21]. Наилучшими представителями сталей

этого типа, по мнению авторов, являются стали 03X24N6AM3 (ЗИ 130) и 05X22N7AM3Д-Ш (ЭК 72-Ш), которые были разработаны в ЦНИИчермете в разные годы [21, 22]. Указанные стали выпускаются отечественной промышленностью в виде толстого и тонкого листов, ленты, сортовой продукции, трубной заготовки и труб.

Высокое значение питтингового индекса $PI = 33\text{--}39$ ($PI = \% Cr + 3,3 \% Mo + 16 \% N$) обеспечивает не только высокую стойкость против общей коррозии, например стали 03X24N6AM3, но и хорошую сопротивляемость образованию питтингов в хлорсодержащих средах: скорость коррозии ее в растворе 6 % $FeCl_3$ $v_{кор} = 0,1 \text{ г/(м}^2\cdot\text{ч)}$ и близка к скорости коррозии некоторых высоконикелевых сплавов, таких как, например, ХН30МДБ (ЭК 77), 06ХН28МДТ (ЭИ-943) [20].

Новые направления в развитии нержавеющей сталей

Одним из новых направлений в развитии нержавеющей сталей является создание хромоникелевых сталей, легированных совместно азотом (в пределах его растворимости при атмосферном давлении) и кремнием в количестве 2–4 %, который, согласно работе [23], при введении в хромоникелевую сталь в количестве до 4 % повышает стойкость стали в окислительных средах. В то же время существует мнение, что кремний может замещать в твердом растворе атомы хрома, которые при провоцирующих нагревах диффундируют из твердого раствора к границам зерен на образование карбидной фазы, и тем самым оказывают отрицательное влияние на коррозионные свойства стали.

На взгляд авторов, это мнение, возможно, справедливо для хромоникелевых аустенитных сталей, содержащих углерод в количестве 0,07–0,12 %. В стали с таким содержанием углерода склонность, в частности, к МКК проявляется при провоцирующих отпусках в интервале температур 600–750 °С, когда диффузионная подвижность углерода и даже хрома достаточно высокая. В нашем случае кремнием легируются аустенитные хромоникелевые стали с углеродом не выше 0,03 %. В сталях с таким содержанием углерода карбидообразование начинается при 450 °С и заканчивается при 650 °С, и область сенсбилизации смещается в сторону снижения температуры (450–500 °С) провоцирующего нагрева и увеличения до сотен часов времени выдержки при этих температурах [11]. Поэтому за

1 ч пребывания в области температур 450–500 °С, когда диффузионная подвижность углерода и тем более хрома и кремния низка, атомы кремния не могут занять места атомов хрома, так как в этих условиях в твердом растворе отсутствуют термодинамические стимулы для покидания атомами хрома своих мест, занимаемых ими в кристаллической решетке.

Пока априорно, но доказано экспериментальными данными, что легирование азотистого хромоникелевого аустенита кремнием оказывается, как будет показано ниже, весьма перспективным, а технические решения прогрессивными, поскольку появляется возможность при меньшем легировании хромоникелевой аустенитной стали повысить на 25–35 % прочность с одновременным увеличением в разы коррозионной стойкости.

В ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» в последние годы был разработан и испытан ряд низкоуглеродистых аустенитных сталей: 03X17AN9 (ЭК 177) — для сред средней агрессивности; 03X17N9AM3 (совместно с РосНИТИ) — для работы в хлоридсодержащих средах, т. е. средах высокой агрессивности. Также разработаны нержавеющие стали новой системы легирования Cr–Ni–N–Si (03X17N9AC2 и 03X14N9AC4) для работы в контакте с сильно окисляющими средами.

Сталь 03X17AN9 (ЭК 177) предназначена для панельного домостроения и строительства пассажирских вагонов. Из нее в ОАО «Металлурги-

ческий завод “Электросталь” были изготовлены опытно-промышленные партии сортового проката (круг диам. 90 мм) и холоднокатаного листа толщиной 3,5 мм. Из сорта диам. 90 мм на металлургическом заводе “Серп и Молот” была изготовлена катанка диам. 8 и 6 мм, которая предназначалась для гибких связей стеновых панелей домов с увеличенным сроком службы.

Сталь 03X17H9AM3 с положительным результатом опробована в производстве трубной заготовки и бесшовных труб [24, 25]. Низкоугле-

родистые нержавеющие стали, легированные совместно азотом и кремнием, пока ждут своего потребителя. Все результаты по фазовому составу, механическим и коррозионным свойствам для азотистых с кремнием сталей получены на экспериментальном металле, выплавленном в условиях опытного производства ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина”.

В табл. 3 и 4 представлены химический состав и механические свойства указанных сталей.

ТАБЛИЦА 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТАЛЕЙ, % (мас.)

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N ₂	P	S
03X17H9AM3	0,027	0,32	1,37	17,0	8,8	3,0	0,138	0,007	0,014
03X17AH9	≤0,02	0,27	1,34	16,4	8,7	—	0,12	0,007	0,004
03X17H9AC2	0,025	2,24	1,51	17,2	9,5	—	0,135	0,008	0,005
03X14H9AC4	0,023	3,75	1,59	14,0	8,6	—	0,08	0,007	0,005

Примечание. Содержание примесных элементов, % (мас.): Al ≤0,05; Ti ≤0,1; Cu ≤0,6.

ТАБЛИЦА 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Состояние стали	σ_b , Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	δ_5 , %	Ψ , %	δ_p , %
Сталь 03X17H9AM3					
Горячепрессованное	651; 649	367; 356	60,0; 65,0	82,7; 83,4	44,7; 47,4
Закалка от 1050 °С, 30 мин, охл. вода	677; 673	368; 362	62,5; 62,5	82,3; 80,7	41,0; 41,0
Закалка от 1050 °С, 30 мин, охл. вода + отпуск 650 °С, 2 ч, охл. воздух	660; 651	365; 344	57,5; 65,0	79,8; 80,5	39,1; 42,7
Горячепрессованное + отпуск 650 °С, 2 ч, охл. воздух	670; 675	357; 359	62,5; 64,0	76,1; 78,4	41,0; 43,0
Сталь 03X17AH9					
Закалка от 1050 °С, 10 мин, охл. вода	740; 735	347; 349	61,5; 62,0	—	—
Закалка от 1050 °С, 10 мин + отпуск 650 °С, 2 ч, охл. воздух	745; 744	352; 359	58,5; 60,0	—	—

Материалами для исследований служили перелесная горячепрессованная труба размером 89×9 мм из стали 03X17H9AM3 и холоднокатаный лист толщиной 3,5 мм из стали 03X17AH9.

Испытания механических свойств проводили по ГОСТ 1497 на круглых коротких образцах (сталь 03X17H9AM3) и на длинных плоских образцах (сталь 03X17AH9) в различном структурном состоянии, т. е. после термообработки и без термообработки (см. табл. 4).

Из данных табл. 4 видно, что в исследуемых сталях после закалки свойства прочности (σ_b и $\sigma_{0,2}$) превышают не менее чем на 30 % прочность ближайших отечественных и зарубежных аналогов: аустенитных сталей 08X17H15M3Т ГОСТ 5949 (316L по AISI) и 12X18H12Т ГОСТ 7350 (305 по AISI) при сохранении высоких значений пластичности (δ и Ψ).

Важно отметить, что провоцирующий отпуск при 450–650 °С в течение даже 2 ч не оказывает

влияния ни на прочностные, ни на пластические свойства сталей 03X17H9AM3 и 03X17AH9, которые остаются на уровне закаленной стали (см. табл. 4). Косвенно это свидетельствует о том, что сварные соединения этих сталей не требуют термической обработки.

Структура сталей — аустенит с размером аустенитного зерна № 3–4 по шкале С СТ СЭВ 1959–79 (рис. 3 и 4). Микроструктура стали 03X17AH9 в закаленном и отпущенном состояниях идентична структуре, показанной на рис. 3 и 4. В структуре исследованных сталей после всех видов тепловой обработки и испытаний каких-либо пограничных выделений не обнаруживаются.

Механические свойства сталей системы легирования Fe–Cr–Ni–N–Si показаны в табл. 5 в сравнении с нержавеющей сталью 03X18H11, взамен которой планируется использование азотсодержащих сталей с кремнием.

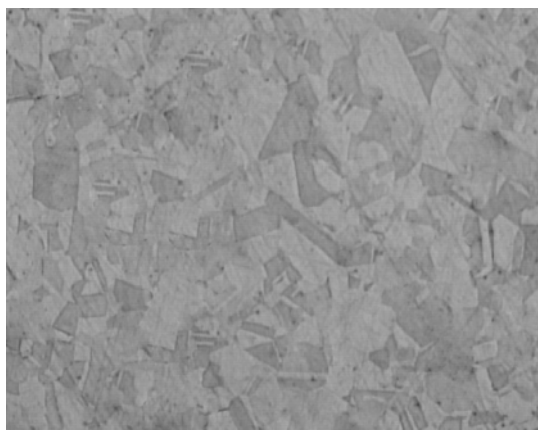


Рис. 3. Микроструктура закаленной от 1050 °C стали 03X17H9AM3 ($\times 100$)

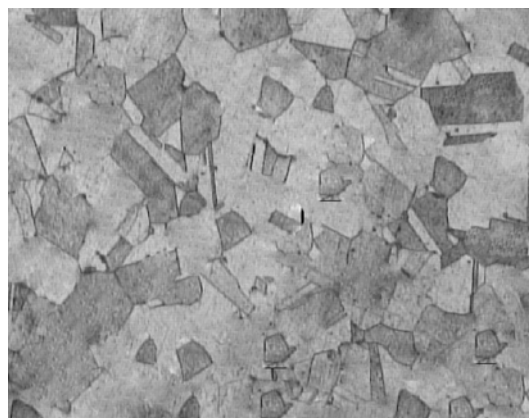


Рис. 4. Микроструктура закаленной от 1050 °C и отпущенной при 650 °C, 2 ч стали 03X17H9AM3 ($\times 100$)

ТАБЛИЦА 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАКАЛЕННЫХ ОТ 1050 °C В ВОДЕ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ СИСТЕМЫ ЛЕГИРОВАНИЯ Fe–Cr–Ni–N–Si, МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЙ — КОВАНЫЙ ПРУТОК ДИАМ. 15 ММ

Сталь	σ_b , Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	δ_5 , %	ψ , %	Прирост σ_b , %	Прирост $\sigma_{0,2}$, %
	не менее					
03X18H11	500	200	45	69	—	—
03X17H9AC2	750	380	65	80	50	90
03X14H9AC4	1050	355	50	65	210	77,5

Дополнительный отпуск при 450–750 °C не оказывает заметного влияния на прочность и пластичность сталей, что позволяет прогнозировать нормальную работу сварных конструкций из

этих сталей без термообработки после сварки электродами близкого или того же химического состава (рис. 5).

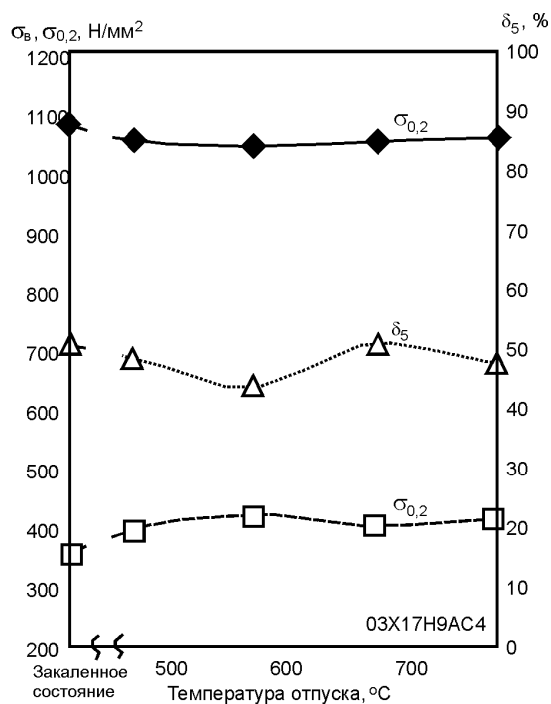
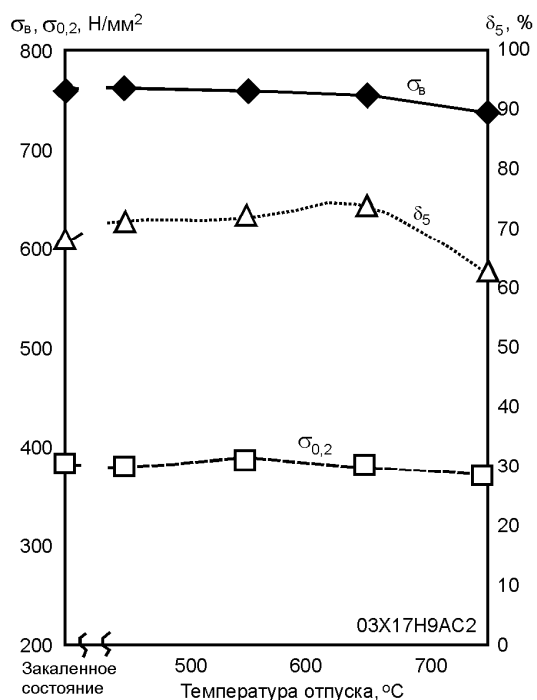


Рис. 5. Влияние провоцирующих отпусков на механические свойства нержавеющей сталей, легированных совместно азотом и кремнием

Данные рис. 5 показывают, что после проводящих отпусков при температуре 450–750 °С свойства сталей не ухудшаются и остаются на уровне закаленного металла. Обращает на себя внимание, что временное сопротивление σ_b стали 03X14H9AC4 после закалки и различных режимов отпуска составляет 1040–1085 Н/мм², что заметно превосходит соответствующее значение σ_b стали 03X17H9AC2. В то же время предел текучести в обеих сталях имеет почти одинаковые значения после всех видов тепловой обработки (см. рис. 5). Исследование разорван-

ных образцов показало, что образцы из стали 03X14H9AC4 после испытаний стали ферромагнитны. Количество образовавшегося мартенсита в них, замеренного ферритометром ИТП-1, составляет 80–90 %. Это свидетельствует о том, что аустенит стали 03X14H9AC4 является метастабильным, но $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращение в стали реализуется при степенях деформации по крайней мере больших 0,2 %

На рис. 6 показана микроструктура сталей 03X17H9AC2 и 03X14H9AC4 в закаленном и закаленном и отпущенном состояниях.

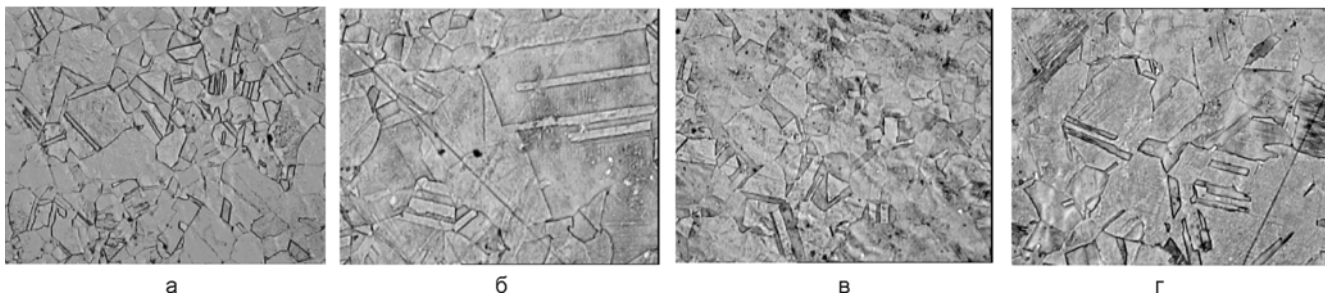


Рис. 6. Микроструктура закаленных с 1050 °С сталей 03X17H9AC2 (а), 03X14H9AC (б) и закаленных с той же температуры и отпущенных при 550 °С, 1 ч сталей 03X17H9AC2 (в), 03X14H9AC4 (г), $\times 300$

Данные рис. 6 показывают, что структура сталей аустенитная без видимых выделений избыточных фаз. Кристаллиты аустенита стали 03X14H9AC4 заметно крупнее, чем в стали 03X17H9AC2, что скорее всего связано с завышенными температурой и временем выдержки при закалке образцов стали 03X14H9AC4, в составе которой существенно ниже содержание хрома, сдерживающего рост зерна при высоких температурах.

Необходимо отметить также, что новые низкоуглеродистые азотсодержащие нержавею-

щие стали вообще и легированные совместно азотом и кремнием в частности не содержат в своем составе карбидообразующих элементов (Ti, Nb и др.), которые оказывают отрицательное влияние на технологические свойства и на качество готового металлопроката. Это означает, что на этапах непрерывной разливки, подготовки литых слэбов к горячей прокатке и при отделке готовой продукции технологических потерь при производстве из них металлопроката будет меньше.

Коррозионные свойства новых низкоуглеродистых азотсодержащих нержавеющих сталей

Исследование коррозионных свойств новых нержавеющих сталей проводили на образцах, изготовленных из того же металла, из которого изготавливались образцы для механических испытаний.

Коррозионную стойкость азотсодержащих сталей 03X17АН9 и 03X17АН9АМЗ изучали с помощью испытаний сталей на склонность к МКК по ГОСТ 6032, методом АМу. Испытания проводили на образцах в том же структурном состоянии, которое указано в табл. 5. Все без исключения образцы выдержали испытания, ни на одном из образцов не обнаружено следов трещин даже при использовании $7\text{--}10^{\times}$ увеличения. Общий вид образцов после испытаний показан на рис. 7.

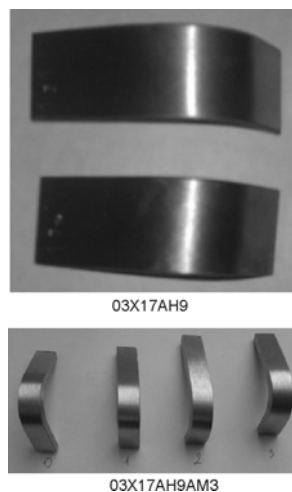


Рис. 7. Вид испытанных на МКК образцов

Коррозионную стойкость новых нержавеющих сталей с азотом и кремнием исследовали посредством испытаний стале в сильно окислительной среде — растворе 27 % HNO_3 + 40 г/л Cr^{6+} . Критерием оценки коррозионной стойкости сталей служила потеря массы образцов после

указанного в табл. 6 времени. Приведенные в табл. 6 результаты свидетельствуют о том, что новые нержавеющие стали системы легирования Fe–Cr–Ni–N–Si и в коррозионном отношении превосходят широко используемую для сильно-окислительных сред сталь 03X18H11.

ТАБЛИЦА 6. КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Сталь	Изменение массы* ¹ , г						Уменьшение потерь массы* ² , раз
	1 ч	2 ч	4 ч	6 ч	8 ч	10 ч	
03X18H11	0,014	0,049	0,143	0,327	0,602	1,046	
03X17H9AC2	0,012	0,033	0,062	0,091	0,122	0,194	5,39
03X14H9AC4	0,002	0,004	0,014	0,021	0,030	0,037	28,27

*¹ Цилиндрические шлифованные образцы диам. 5 мм, длиной 60 мм.
*² По отношению к стали 03X18H11.

В работе [26] приводятся более подробные сведения о коррозионной стойкости нержавеющих сталей с азотом и кремнием, и на основании литературных [27–32] и полученных в работе

данных была построена зависимость по влиянию кремния на скорость коррозии низкоуглеродистых аустенитных нержавеющих сталей (рис. 8).

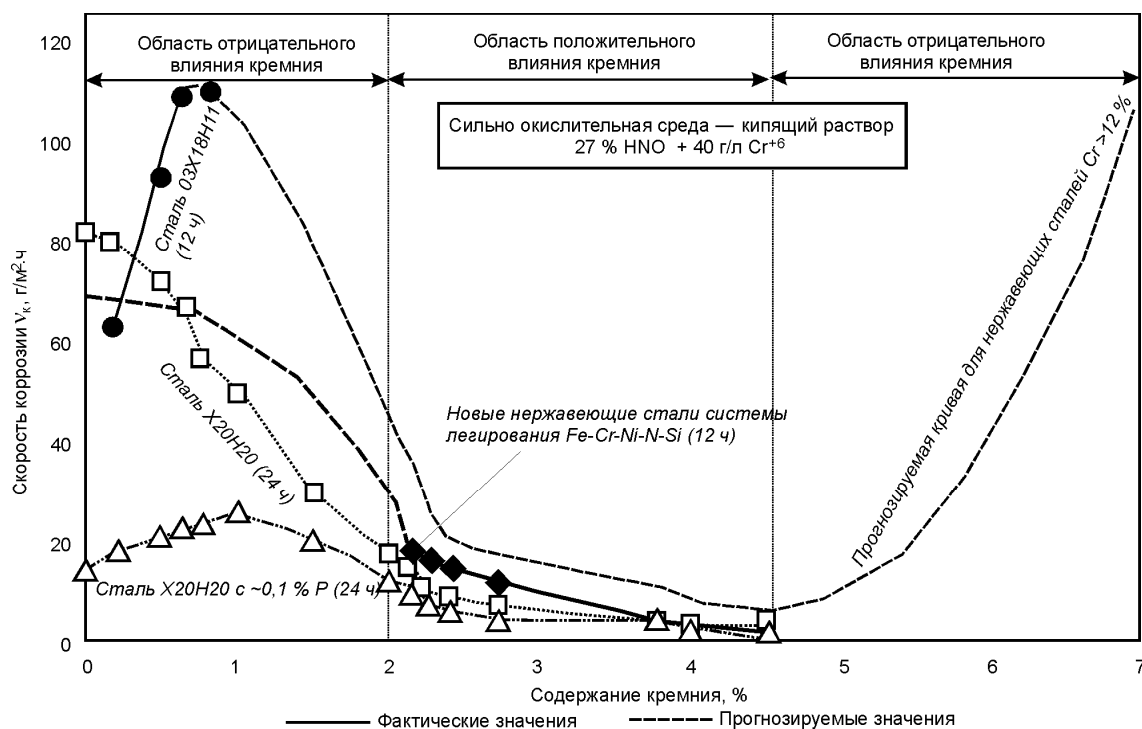


Рис. 8. Влияние кремния на коррозионную стойкость хромоникелевых нержавеющих сталей в сильноокислительной среде

О технологии производства металлопроката из нержавеющей стали

Как было отмечено выше, в данной работе рассматриваются технологии производства листовых и полосовых видов металлопроката из нержавеющих сталей аустенитного, ферритного и аустенито-ферритного классов. Горячекатаные, холоднокатаные лист и лента являются в основном товарными видами металлопроката и поставляются потребителю в готовом для употребления состоянии.

Общая схема технологического цикла производства указанных видов металлопродукции из нержавеющих сталей массового потребления в мире сложилась достаточно давно и включает основные этапы: выбор и подготовку шихтовых материалов, выплавку, внепечную обработку, непрерывную (главным образом) разливку, подготовку непрерывнолитых слябов к прокатке, горячую и холодную деформацию, термообработку

и отделку, упаковку. При правильной организации производства перечисленных этапов технологии достаточно для того, чтобы получить горячекатаную и холоднокатаную листовую и полосу (в рулонах) сталь с необходимым для потребителя качеством.

При этом возникает вопрос: что означает «при правильной организации производства»? А это означает, что на всех этапах технологии от под-

готовки шихтовых материалов до упаковки готовой продукции должен осуществляться, по возможности в автоматически регулируемом режиме, инструментальный контроль, что позволяет свести к минимуму влияние человеческого фактора. При такой организации производства появляется возможность получать нержавеющей прокат высокого качества.

Выплавка и разливка нержавеющей стали

Технология выплавки нержавеющей стали массового потребления претерпела качественный скачок в конце 60-х годов прошлого века, когда появились и стали широко внедряться промышленные образцы агрегатов аргонокислородного (АКР) и вакуумно-кислородного (ВКР) рафинирования, а также установки ковш-печь, т. е. когда появилась технология внепечной обработки стали (рис. 9) [33].



Рис. 9. Схема современной технологии выплавки нержавеющей стали

Главное преимущество новых технологий выплавки нержавеющей стали состоит в том, что с внедрением вышеназванных агрегатов появилась возможность эффективного производства низкоуглеродистых ($C \leq 0,03\%$) сталей без использования дефицитных и дорогостоящих сортов низкоуглеродистого феррохрома. При этом отпала необходимость стабилизации сталей карбидообразующими элементами (Ti, Nb и др.), которые оказывают отрицательное влияние на параметры технологии и качество отделки металла. На российских заводах качественной металлургии с большим опозданием, но появились агрегаты АКР, VOD и др.

Показанное на рис. 9 технологическое оборудование обеспечивает выполнение следующих параметров: в сырьевом пролете 1 контролируется качество лома и подбирается шихтовка для выплавки заданной марки стали; в электропечи 2

при расплавлении достигается химический состав полупродукта для подачи в конвертер AOD, в котором обеспечивается обезуглероживание, легирование, температурный и шлаковый режим. В установке ковш-печь (см. рис. 9, обозначен как продувочный стенд) достигается заданная температура металла, осуществляется продувка и долегиrowание (при необходимости). Здесь же расплав доводится до полной готовности (по химическому составу и температуре) к передаче на участок непрерывной разливки 4.

Этап непрерывной разливки обеспечивает получение заготовки для последующей горячей прокатки. На машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) получают непрерывнолитые слябы из нержавеющей стали различной толщины от 150 до 350 мм, которые после подготовки (ремонт и абразивная зачистка всех граней сляба) поступают на горячую прокатку. Общая схема горячей прокатки слябов на горячекатаные лист и полосу, холодной прокатки на лист и полосу (сталь в рулонах) показана на рис. 10 [34].

По схеме, показанной на рис. 10, производство горячекатаного листа осуществляется из сляба толщиной 200–400 мм, массой до 40 т, холоднокатаного листа — из сляба толщиной 170–200 мм, массой до 30 т. Технология достаточно универсальна в части размерного сортамента толстолистовой стали, поскольку имеется возможность на реверсивном стане 9 вести прокатку с разбивкой сляба по ширине и производить лист толщиной 16–150 мм из нержавеющей сталей всех структурных классов (см. рис. 10, линия III).

В линии II получают горячекатаные лист и сталь в рулонах толщиной до 8–10 мм. Полосовой (в рулонах) подкат толщиной 4–8 (10) мм поступает со стана чистовой прокатки 7 в закально-травильный агрегат, где термообрабатывается в проходной нагревательной печи, травится и поступает в агрегаты резки для порезки на листы и полосы заданного размера и передается на упаковку.

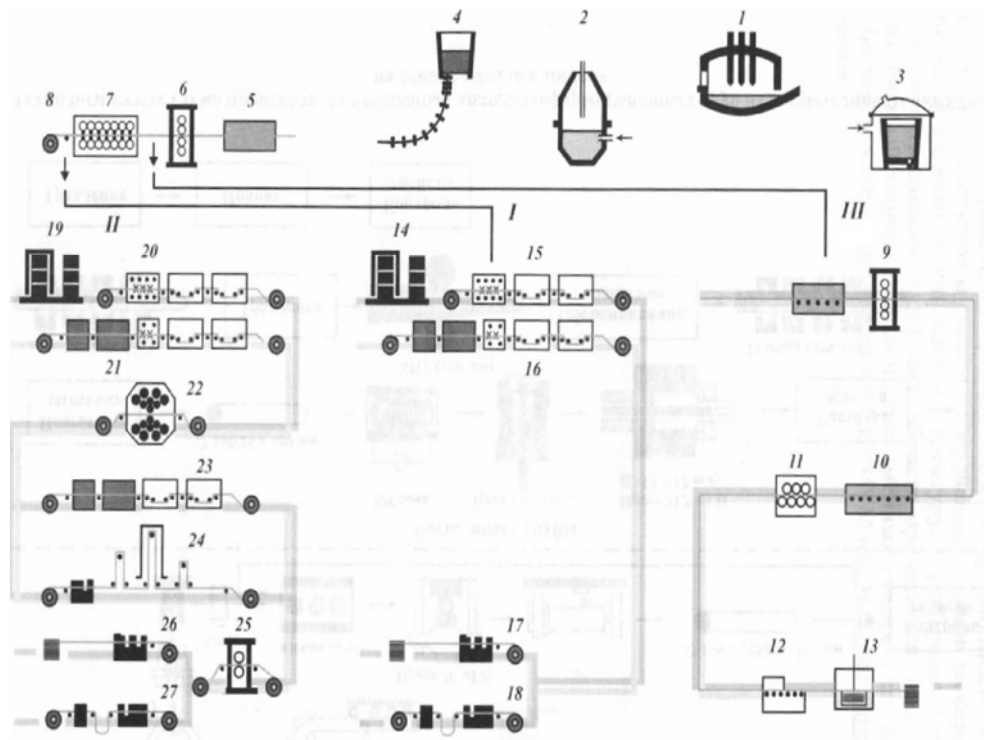


Рис. 10. Схема производства листового и полосового проката из нержавеющей стали:

1 — электродуговая печь; 2 — AOD; 3 — VOD; 4 — непрерывная разливка; 5 — нагревательная печь; 6 — черновая клетка широкополосного прокатного стана; 7 — чистовые клетки широкополосного прокатного стана; 8 — подпольная моталка; 9 — реверсивный стан горячей прокатки толстых (12 мм и более) листов; 10 — печь подогрева; 11 — правильная машина; 12 — агрегат закалики; 13 — агрегат травления; 14, 19 — колпаковые печи; 15, 20 — агрегат непрерывного травления; 16, 21, 23 — непрерывные закально-травильные агрегаты; 17, 26 — агрегаты поперечной резки; 18, 27 — агрегаты продольной резки; 22–20 — валковый прокатный стан; 24 — агрегат светлого отжига; 25 — дрессировочный стан; I — линия производства горячекатаного листа толщиной до 12 мм; II — линия производства холоднокатаного листа и полосовой стали; III — линия производства толстолистовой (толщиной выше 12 мм) стали

Линия I предназначена для производства холоднокатаных видов проката: листа и полосовой (в рулонах) нержавеющей стали толщиной 0,3–3,9 мм и представляет собой пример реализации новой для конца 1970-х годов концепции производства холоднокатаных листов методом рулонной прокатки. По этой технологии работают передовые производители нержавеющей стали (США, Германия, Великобритания, Япония и др.), по этой же технологии построено или строится производство холоднокатаной нержавеющей стали и на новых современных заводах в Китае, Южной Корее, Испании и других странах. Технология совершенствуется в направлении обеспечения непрерывности процесса и совмещения производственных операций в одном агрегате, что позволяет снизить риск травмируемости металла за счет уменьшения транспортировочных операций, количества смоток и размоток. В России производство холоднокатаных видов металлопроката (листа, ленты) рулонным способом осуществляется на Челябинском металлургическом комбинате и Московском металлургическом заводе «Серп и Молот».

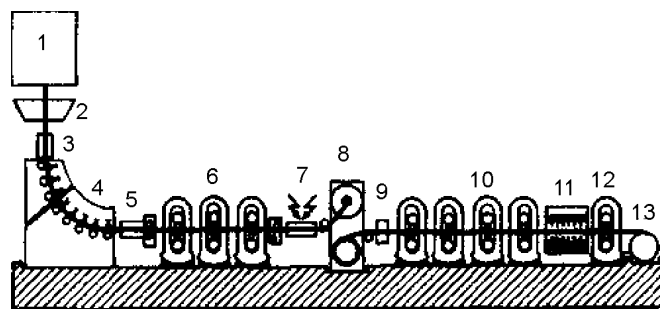


Рис. 11. Схема производства толстолистовой и полосовой стали по технологии ISP:

1 — сталь-ковш; 2 — промков; 3 — кристаллизатор; 4 — группа гидравлически регулируемых валков; 5 — тянущая станция; 6 — трехклетевой стан; 7 — ножницы; 8 — печь «Кремона»; 9 — гидросбив окалины; 10 — четырех(пяти)клетевой стан чистовой прокатки; 11 — система охлаждения полосы; 12 — тянущая станция; 13 — моталка

За рубежом технология производства нержавеющей стали постоянно совершенствуется и развивается в направлении уменьшения капиталовложений, снижения производственных затрат и повышения качества продукции. Наиболее ощутимые результаты были получены в начале

1990-х годов в технологии производства горячекатаной полосы, которая является не только товарной продукцией, но и заготовкой для производства холоднокатаных листов и полос. Новая технология производства полосы была разработана фирмами Mannesmann Demag и Arvedi и реализована на построенном фирмой Arvedi мини-заводе в г. Кремона, Италия. Технология

получила обозначение ISP (In-line Strip Production) (рис. 11).

Примерно в это же время немецкая фирма SMS Simag разработала свой вариант технологии производства горячекатаной полосы под названием CSP (Compact Strip Production), технологическая схема этой технологии показана на рис. 12.

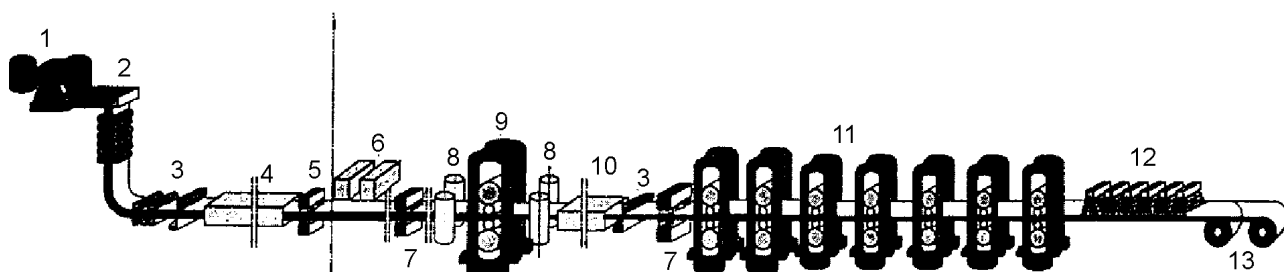


Рис. 12. Общая схема оборудования производственной линии CSP:

1 — башия со сталеразливочными ковшами; 2 — МНЛЗ CSP; 3 — ножницы; 4 — печь с роликовым подом; 5 — гидросбив окалины; 6 — нагревательные печи с шагающими балками; 7 — гидросбив окалины; 8 — клети с вертикальными валками; 9 — черновая клетка; 10 — теплоизолирующие панели; 11 — группа чистовых клетей; 12 — ламинарное охлаждение; 13 — подпольные моталки

На схемах рис. 11 и 12 видно, что в технологических циклах новых технологий производства горячекатаной полосовой стали черновая прокатка с толщины 50–60 мм на толщину 25–30 мм присутствует в усеченном виде и осуществляется в прокатных клетях относительно небольшой мощности (см. рис. 11, позиция 6, на рис. 12, позиция 9), в то время как по классической технологии черновую прокатку слябов с толщины 170–250 мм до толщины 25–30 мм выполняет мощная реверсивная прокатная клетка широкополосного прокатного стана (см. рис 10, позиция 6). В этом заключается главное преимущество технологий ISP и CSP, которое реализуется за счет того, что на МНЛЗ разливается так называемый тонкий сляб толщиной 50–60 мм. Во всех технологиях производства горячекатаной полосы должно выполняться условие, которое состоит в том, что в чистовую группу прокатного стана металл должен поступать в толщинах порядка 25–30 мм.

Отличие технологии ISP от CSP заключается в том, что по технологии ISP, выходящий из кристаллизатора сляб толщиной 50–60 мм с еще жидкой (незакристаллизовавшейся) сердцевинной обжимается в секции 4 (см. рис. 11) до толщины примерно 40 мм группой (до 18 пар) гидравлически регулируемых валков. Далее полоса с толщины примерно 40 мм в трех более мощных клетях (см. рис. 11, позиция 6) обжимается до тол-

щины 15–25 мм. Полоса толщиной 15–25 мм может быть порезана на толстый лист мерной длины и передана на отводящий рольганг или смотана в рулон в печи “Кремона” (койл-бокс) (см. рис. 11, позиция 8). Из печи “Кремона” подогретая полоса подается на чистовую прокатку в четырех(пяти)клетевой прокатный стан, в котором осуществляется прокатка полосы заданного размера, охлаждение и смотка в рулон.

Технологий ISP и CSP или аналогичных им для производства нержавеющей стали в России нет.

Производственные издержки при производстве 1 т горячекатаных полос из конструкционных сталей по технологии CSP, по оценке, на 22–23 % ниже, чем по классической технологии.

В последнее время в мире бурно развивалась технология производства горячекатаной листовой и полосовой нержавеющей стали с использованием прокатных станов Стеккеля. Только за последние 8–10 лет в мире построено не менее десятка технологических линий со станом Стеккеля (в США, Китае, Индии, на Тайване, в Бразилии и в других странах). Станы Стеккеля одноили двухклетевые используют как универсальное оборудование для производства толстых листов (до 60 мм) и полосовой (в рулонах) стали толщиной 1,5–12 мм. В качестве примера на рис. 13 показано одно из компоновочных решений такой линии производства нержавеющей стали, ко-

торое реализовано в Китае на фирме JISCO. По такой технологии можно производить толстый лист толщиной до 60 мм, шириной до 3800 мм и

полосу толщиной 1,5–12 мм, шириной до 2500 мм. Общий объем производства достигает 1,5–1,6 млн т/год.

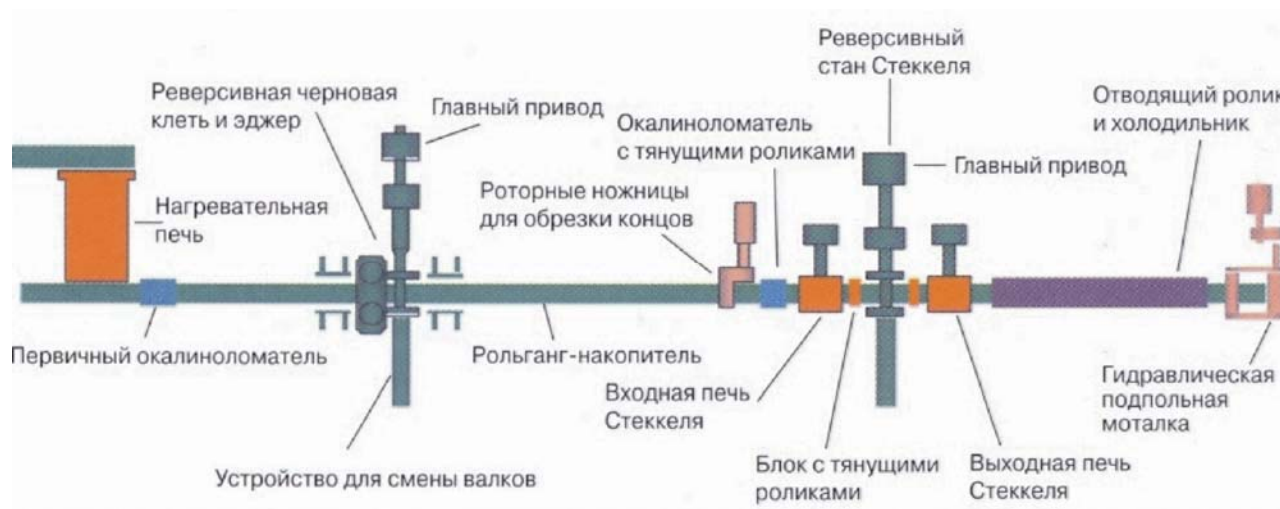


Рис. 13. Классическая планировка стана Стеккеля с черновой клетью (фирма JISCO, Китай)

На стыке XX и XXI веков на ряде зарубежных фирм были построены первые промышленные установки для непрерывной отливки полосы с размерами, близкими к размерам готовой продукции. Производство холоднокатаной листовой и полосовой нержавеющей стали по этой технологии является наименее затратным и по капиталовложениям, и по количеству операций, необходимых для производства продукции требуемого качества.

В Европе первая технологическая линия подобного типа была построена компанией Eurostrip на одном из заводов фирмы Krupp в г. Крефельд, Германия. Установка в настоящее время работает в промышленном режиме и производит полосы из нержавеющей стали толщиной 1,5–4,5 мм, шириной до 1450 мм, пригодные для холодной прокатки, в объеме 400 тыс. т/год [35]. Принципиальная схема установки показана на рис. 14. По указанной технологии готовый по химическому составу и температуре жидкий металл подается в зазор между двумя вращающимися навстречу друг другу барабанами (разливочными валками) диам. 1500 мм, выполняющими роль кристаллизатора. Для процессов литья тонкой полосы характерны высокие скорости разливки до 300 м/мин и, соответственно, кристаллизации, что позволяет получать тонкую ли-

тую полосу без развитой дендритной структуры, пригодную для дальнейшей холодной прокатки на конечный размер.

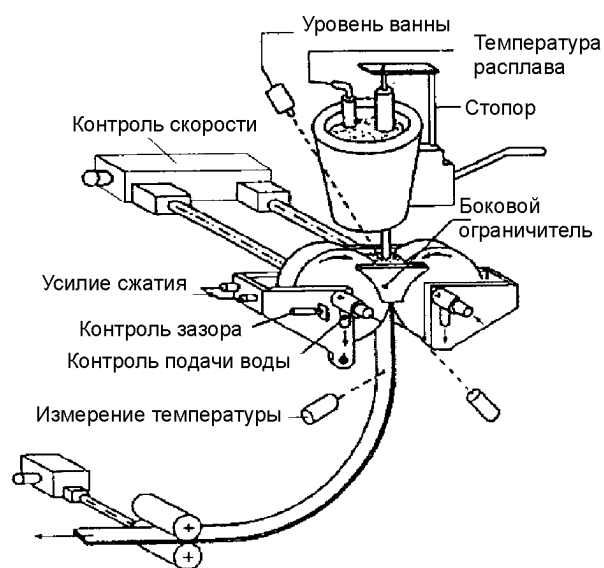


Рис. 14. Общий вид установки непрерывного литья тонкой полосы

На рис. 15 показан другой вариант технологии разливки тонкой полосы в машине с разливочными валками разного диаметра. По имеющимся данным, машина подобного типа установлена на одном из заводов фирмы Usinor Arcelor во Франции.

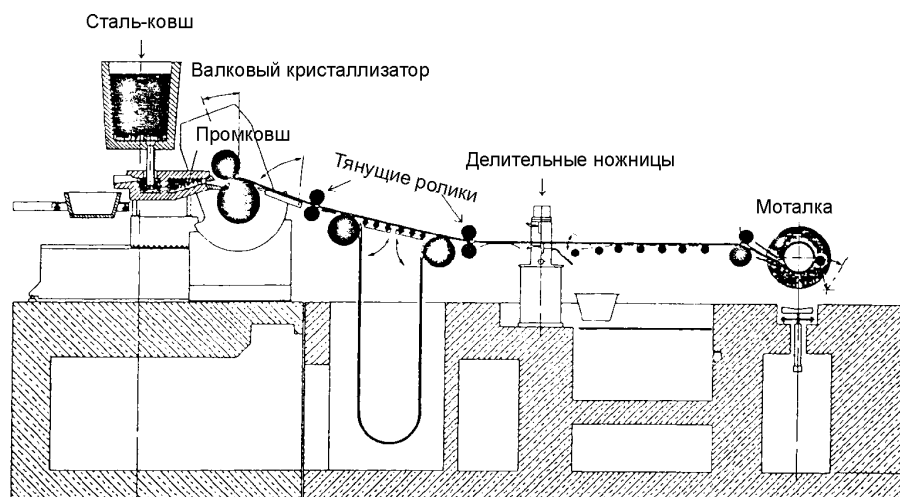


Рис. 15. Технологическая схема непрерывного литья тонкой полосы в валках различного диаметра

К настоящему времени в мире построено больше десятка машин непрерывного литья тонких полос, которые имеют различное назначение: промышленное, опытное, исследовательское (табл. 7). В России некоторое время назад

во ВНИИметмаш им. А.И. Целикова, была построена опытная машина для непрерывной отливки тонких полос шириной до 300 мм, на которой проводились экспериментальные работы по отливке тонкой полосы из нержавеющей стали.

ТАБЛИЦА 7. ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВОК НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ПОЛОСЫ

Страна	Фирма	Масса плавки, т	Скорость литья, м/мин	Диаметр валков, мм (материал поверхности валков)	Толщина, мм	Ширина, мм	Масса рулона, т	Вид стали
Германия	Eurostrip	90	60–100	1500	2–3 1,5–4,5	1100–1450	90; 3×30	Коррозионностойкая
Италия		60	40–100	800/1500 (Cu)	2–3	1130–1350	20	Коррозионностойкая, углеродистая, специальная
США	Nucor-BHP-ИИ	110	80	500	1–2	1345–2000	25	Углеродистая
Франция	Myosotis	92	20–80	1500 (Cu + Ni)	2–4	865–1350	15	Коррозионностойкая, углеродистая, специальная
Австралия	BHP-ИИ	60	80, макс. 150	500 (Cu)	0,9–2	1345, макс. 2000	25	Углеродистая
Япония	NSC/ИИ	60	20–130	1200 (Cu + Ni)	1,6–5	778/1330	27	Коррозионностойкая
	Kawasaki	3	60–420	550/800 (Cu)	0,2–0,8	500	0,5	Коррозионностойкая, специальная
	Pacific Metals Hitachi Zosen	10	50	1200 (сталь)	2,5	1100	10	Коррозионностойкая
Франция	IRSID	0,3/8	15–90	660 (углеродистая сталь, Cu, Cu + Ni, Cr-Zr)	1–2	200/800	1,5	Углеродистая, специальная
Германия	ZPW	0,25	90–480	350/500 (сталь, Cu)	0,6–3	30–80		Коррозионностойкая, специальная
	Ахенский технологический институт (RWTH)	0,18	6–60	580 (Cu)	0,5–3	150–300	0,18	Углеродистая, коррозионностойкая, специальная
	Институт Макса Планка	0,07	5–25	330 (сталь)	0,5–3	120	0,07	Углеродистая, специальная

Страна	Фирма	Масса плавки, т	Скорость литья, м/мин	Диаметр валков, мм (материал поверхности валков)	Толщина, мм	Ширина, мм	Масса рулона, т	Вид стали
Южная Корея	Posco RIST/Davy	5/10	50/135	750/1250, 1300 (Cu + Ni, сталь)	1,8–5	350/1300	1,8/10	Коррозионностойкая, специальная
Великобритания	British Steel	2–5	8–36	750 (сталь)	1–5,5	74/500/750	3	Коррозионностойкая, специальная
Россия	ВНИИметмаш		120–360	340 (Cu–1 % Cr)	0,1–0,5	150/300	0,05	Специальная
Тайвань	ITRI		12–24	400 (Cu–1 % Cr)	2	300		

Технологии непрерывной разливки тонких полос при их реализации отличает от всех остальных технологий производства аналогичной продукции уменьшение капиталовложений примерно на 77 % по сравнению с классической и на 68 % по сравнению с тонкослябовой технологиями; для их строительства требуются значи-

тельно меньшие строительные пространства, значительно меньшие трудозатраты при пересчете на производство 1 т продукции. В России не велись и, насколько известно, не планируются сколько-нибудь масштабные работы, направленные на модернизацию производства металлопродукции из нержавеющей стали.

Заключение

В области создания нержавеющей стали Россия всегда находилась на передовых позициях, но про область производства и качества металлопродукции этого сказать нельзя. Игнорирование прежде всего потребителями и производителями нержавеющей стали мирового опыта по широкому использованию нестабилизированных аустенитных хромоникелевых и хромистых ферритных сталей с низким содержанием углерода привело к тому, что российские заводы несут неоправданные потери за счет невысокого качества готовой продукции и увеличенных производственных затрат.

Отмечаемая потребителем более низкая (на 20–30 Н/мм²) прочность беститанистых (нестабильных) низкоуглеродистых нержавеющей сталей может быть легко компенсирована использованием сталей с небольшим (~0,08–0,15 %) содержанием азота. Нержавеющие стали с азотом, как было указано выше,

прочнее (на 25–30 %) стабилизированных хромоникелевых сталей, имеют прекрасную пластичность, легко свариваются всеми видами сварки плавлением и не требуют каких-либо существенных изменений в технологии производства металлопроката. Это же в полной мере относится к новым низкоуглеродистым сталям, легированным совместно азотом и кремнием.

В области технологии производства нержавеющей стали на российских заводах наблюдается серьезное отставание. Оборудование для производства холоднокатаной нержавеющей стали на Челябинском металлургическом комбинате и ленты на металлургическом заводе «Серп и Молот», построенное более 30 лет назад и на то время считавшееся передовым, с тех пор не модернизировалось и в настоящее время вряд ли способно в полной мере решать задачи по производству конкурентоспособной металлопродукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. R. Scherer, G. Riedrich, H. Kessner // Stahl und Eisen. 1942. 62. S. 347–352.
2. H. H. Ulig // Trans. ASM. 1942. V. 30. № 4. P. 947–982.
3. W. Binder, C. Brown, R. Franks // Trans. ASM. 1949. V. 41. P. 1301–1370.
4. A. Schaeffler // Metal Progress. 1949. V. 56. P. 680.
5. Фельдгандлер Э. Г., Савкина Л. Я. Азот в коррозионностойких сталях // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». 1990. № 11. С. 24–34.
6. Веслинг В. Улучшение свойств коррозионностойких сталей // Черные металлы. 1986. № 13. С. 24–30.
7. Маниг Г. Производство, свойства и применение низкоуглеродистых коррозионностойких хромоникелевых сталей: Обзор по системе «Информсталь» / Ин-т «Черметинформация». М., 1988. Вып. 15 (318). — 26 с.
8. H. Wentrup // Arch. Eisehüttenwesen. 1949. Bd 20. № 11–12. S. 359–362.
9. Совершенствование технологии выплавки коррозионностойкой стали методом газокислородного рафинирования / С. Л. Сергиенко, Г. А. Буряковский, С. С. Казаков и др. // Сталь. 1992. № 9. С. 27–30.

10. О возможности легирования металла азотом из газовой фазы / В. С. Римкевич, Е. В. Буцкий, В. И. Курасов и др. // *Электрометаллургия*. 2000. № 2. С. 14–16.
11. Чигал В. Межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей. — Л.: Химия. 1969. — 232 с.
12. Sakamoto T. Auserst korrosionsbeständige, stickstofflegierte, nichtrostende Stähle für die chemische Industrie. Tagungsbericht T 82-10, Climax Molybdenum Comp., Tagung vom 17. bis 18.6.1980 in Ann Arbor (USA). P. 269–279.
13. Grundmann R. Erfahrungen und Trends bei der Herstellung und Anwendung nichtrostender Stähle // *Ibid*. P. 167–180.
14. Jesper H. Wessling W. Neue nichtrostende Stähle für den chemischen Apparatebau // *Werkstoffe und Korrosion*. 1965. Jg. 16. № 6. S. 435–465.
15. H. Their // *Arch. Eisenhüttenwes.* 1969. Bd 40. № 4. S. 333–339.
16. Bares L. Korrosionbeständige austenitische Stähle höherer Festigkeit mit sehr niedrigem Kohlenstoffgehalt des Typs CrNiN und CrNiMoN: *Hutnicke actuality*. 1975. Bd 16. — 84 s.
17. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы: Справочник / А. П. Шлямнев, Т. В. Свистунова, Н. А. Сорокина и др. — М.: Интермет Инжиниринг. 2000. — 232 с.
18. Приданцев М. В., Талов Н. П., Левин Ф. Л. Высокопрочные аустенитные стали. — М.: *Металлургия*. 1969. — 246 с.
19. Сорокина Н. А., Шлямнев А. П. Коррозионностойкие Cr–Mn-стали повышенной прочности — альтернатива Cr–Ni-сталям // *МиТОМ*. 1999. № 6. С. 26–31.
20. Фельдгандлер Э. Г., Шлямнев А. П. Структура и свойства низкоуглеродистых азотсодержащих аустенито-ферритных сталей // *МиТОМ*. 1995. № 9. С. 10–15.
21. Повышение служебных свойств аустенито-ферритной стали в среде сероводорода / Л. А. Писаревский, А. П. Лубенский и др. / В кн. "Эффективные способы термической обработки и легирования для повышения качества сталей и сплавов". — М.: *Металлургия*. 1998. С. 64–67.
22. А. с. 1123307 СССР, МКИ С 22 С 38/58. Ферритно-аустенитная сталь // *Открытия. Изобретения*. 1985. № 32.
23. Гудремон Э. Специальные стали. — М.: *Металлургиздат*. 1960. — 1698 с.
24. Анализ результатов опытно-промышленного производства труб из новой коррозионностойкой стали / И. Ю. Пышминцев, А. В. Выдрин и др. // *Черная металлургия: Бюл. ин-та "Черметинформация"*. 2011. № 7. С. 66–69.
25. Анализ показателей качества труб из новой коррозионностойкой стали / Б. В. Баричко, А. П. Шлямнев, А. А. Бакунова и др. // *Сталь (в печати)*.
26. Науменко В. В., Шлямнев А. П., Филиппов Г. А. Механические и коррозионные свойства нержавеющей сталей системы легирования Fe–Cr–Ni–N–Si // *Проблемы черной металлургии и материаловедения*. 2010. № 4. С. 68–74.
27. Каспарова О. В., Колотыркин Я. М. К вопросу о влиянии добавок на коррозионную стойкость нержавеющей сталей // *Защита металлов*. 1977. Т. 13. № 1. С. 17–20.
28. Каспарова О. В. Влияние кремния на коррозионно-электрохимическое поведение аустенитных нержавеющей сталей / В кн. "Всероссийская конференция по коррозии и электрохимии". Мемориал Я. М. Колотыркина. Четвертая сессия. — М.: *Просветитель*. 2003. С. 61–73.
29. Каспарова О. В. О влиянии сегрегации примесей по границам зерен на межкристаллитную коррозию аустенитных нержавеющей сталей в сильноокислительных средах // *Защита металлов*. 1988. Т. 24. № 6. С. 899–909.
30. Каспарова О. В. Нарушение пассивного состояния границ зерен и межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей // Там же. 1998. Т. 34. № 6. С. 585–591.
31. Yu Fuzhou, Xu Chuchun, Yao Jianming. Congr. on Met., Corros, Canada. Toronto, June 3–7. 1984. Ottawa: Nat. Res. Counc. 1984. V. 2. P. 588.
32. Лозовацкая Л. П., Левин И. А., Кожевникова Н. А. Связь между содержанием кремния в стали 03X18N11, коррозионной стойкостью границ зерен и их строением / В кн. "Высокопрочные аустенитные стали". — М.: *Наука*. 1987. С. 106–110.
33. Выплавка коррозионностойких сталей с обеспечением качества / Ф.-Й. Валерс, К.-Х. Шуберт и др. // *Черные металлы*. 1999. Октябрь. С. 31–34.
34. Каталог фирмы *Krupp Stahl*. г. Бохум, Германия.
35. Современные литейные агрегаты и тенденции развития технологии литья в будущем / П. Грайс, Ш.-Ф. Роземари и др. // *МРТ*. 2001. С. 44–59.

РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ БЕЙНИТНОГО КЛАССА И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗ НЕЕ РЕЛЬСОВ В ОАО “ЕВРАЗ НИЖНЕТАГИЛЬСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ”

А. В. КУШНАРЕВ¹, А. А. КИРИЧКОВ¹, А. Б. ДОБУЖСКАЯ², Е. В. БЕЛОКУРОВА¹
(¹ОАО “ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат”, ²ОАО “Уральский институт металлов”)

Интенсификация работы железнодорожного транспорта требует от производителей рельсов повышения их качества, получения более высокого уровня прочностных и пластических свойств. К настоящему времени возможности улучшения эксплуатационных характеристик термоупрочненных рельсов из обычно применяемой стали перлитного класса за счет изменения ее химического состава в значительной степени исчерпаны и ограничены специфическими особенностями перлитной структуры, которая может обеспечить довольно высокую прочность при ограниченном уровне пластичности и вязкости.

Известно, что для изделий, требующих одновременно высоких прочностных и пластических свойств, успешно используются стали бейнитного класса. Опытные рельсы, произведенные за рубежом, при эксплуатации в условиях высоких нагрузок и сложного плана пути показали высокую работоспособность [1, 2]. Приводятся данные о том, что опытные рельсы имеют высокие значения усталостной прочности, вязкости разрушения и живучести, а также стойкости против контактно-усталостных разрушений [3–6]. Про-

мышленные опыты, проведенные в России в ОАО “ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат” (ЕВРАЗ НТМК) и ОАО “ЕВРАЗ – Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат” (ЕВРАЗ ЗСМК), также показали положительные результаты [7, 8]. Таким образом, производство рельсов из стали бейнитного класса является одним из перспективных направлений повышения их эксплуатационной стойкости. В связи с этим была поставлена задача разработать химический состав низколегированной стали бейнитного класса и технологию производства из нее рельсов в условиях технологического потока ЕВРАЗ НТМК.

Химический состав стали должен обеспечивать получение бейнитной структуры при охлаждении рельсов после прокатки на спокойном воздухе. На основе исследования кинетики распада переохлажденного аустенита среднеуглеродистой стали, содержащей 0,30–0,40 % С и легированной разным количеством хрома, марганца, молибдена и никеля, разработана сталь 35Х1Г2СН, включенная в ТУ 0921-222-01124323оп–2006. Химический состав стали 35Х1Г2СН, % (мас.), приведен ниже:

C	Mn	Si	Cr	Ni	V	N	Al	P	S	O
0,32– 0,40	1,40– 1,60	0,70– 1,00	1,30– 1,50	0,90– 1,10	0,10– 0,15	0,12– 0,20	Не более			
							0,005	0,020	0,025	0,002

Термокинетическая диаграмма, построенная для этой стали, свидетельствует о высокой устойчивости переохлажденного аустенита: распад аустенита по первой ступени удалось зафиксировать только при охлаждении с достаточно медленной скоростью ~0,10 °С/с и менее. При охлаждении с более высокими скоростями (до 1,0 °С/с) происходит образование бейнита и мартенсита. Охлаждение со скоростями более 1,0 °С/с приводит к образованию только мартенсита. В производственных условиях скорость охлаждения рельсов на спокойном воздухе после

прокатки составляет ~(0,2–0,3) °С/с, что обеспечивает формирование в них бейнитной структуры.

В пределах регламентированного состава произведены плавки конвертерной вакуумированной стали. Нагрев заготовок производили согласно действующей технологической инструкции. После прокатки рельсы, минуя печи изотермической выдержки, охлаждали на центральном холодильнике. В табл. 1, 2 приведены механические свойства рельсов.

ТАБЛИЦА 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОПЫТНЫХ РЕЛЬСОВ ИЗ СТАЛИ 35Х1Г2СН

Вариант	Термообработка (отпуск: температура и продолжительность)	σ_r , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ , %	Ψ , %	КСУ ⁺²⁰ , Дж/см ²	КСУ ⁻⁶⁰ , Дж/см ²
1	Без отпуска	1309–1339	1449–1526	10	37–44	67–84	—
	360 °С, 2,5 ч	1155–1343	1425–1572	10–12	32–39	26–52	32–38
	460 °С, 2,5 ч	1115–1251	1330–1471	11–12	28–54	23–54	—
2	Без отпуска	1004–1116	1491–1544	13–14	32–34	46–58	—
	300 °С, 1 ч	1260–1412	1466–1612	14–15	40–46	31–64	29–45
	300 °С, 2 ч	1367–1455	1498–1580	11–12	31–49	51–68	31–44
3	Без отпуска	1154–1213	1362–1390	13–15	44–57	53–82	30–41
	300 °С, 1 ч	1247–1288	1462–1509	16	43	56–76	33–41
Текущее производство		907	1289	11,4	32,3	28,8	—
Требования нормативной документации							
ТУ 0921-222-01124323оп-2006		Не менее					
		1020	1300	8	25	25	—
ГОСТ Р 51685–2000: категория Т1 категория В		Не менее					
		800	1180	8	25	25	—
		850	1290	12	35	15	—

ТАБЛИЦА 2. ТВЕРДОСТЬ ОПЫТНЫХ РЕЛЬСОВ ИЗ СТАЛИ 35Х1Г2СН

Вариант	Термообработка (отпуск: температура и продолжительность)	На поверхности катания	На глубине 10 мм	На глубине 22 мм	В шейке	В подошве слева/справа
1	Без отпуска	415	378–404	393–404	393	451/444
	360 °С, 2,5 ч	441–451	426–451	426–451	426–451	451–477/464–477
	460 °С, 2,5 ч	415–438	415–438	393–438	393–415	415–477/415–464
2	Без отпуска	438–464	426–438	383–415	383	451–451/451–451
	300 °С, 1 ч	438–477	415–438	415–438	415–426	477–492/477–507
	300 °С, 2 ч	464–477	426–438	426	425–426	477–492/477–492
3	Без отпуска	415	393–404	393–398	383–404	451–464 /451–464
	300 °С, 1 ч	426	415–426	393–415	383–404	451–477/451–451
Текущее производство		363	362	344	351	357/357
Требования нормативной документации						
ТУ 0921-222-01124323оп-2006		Не менее				
		375	—	—	—	—
ГОСТ Р 51685–2000: категория Т1 категория В		Не менее			Не более	
		341–401	341	321	388	388
		363–401	341	341	388	388

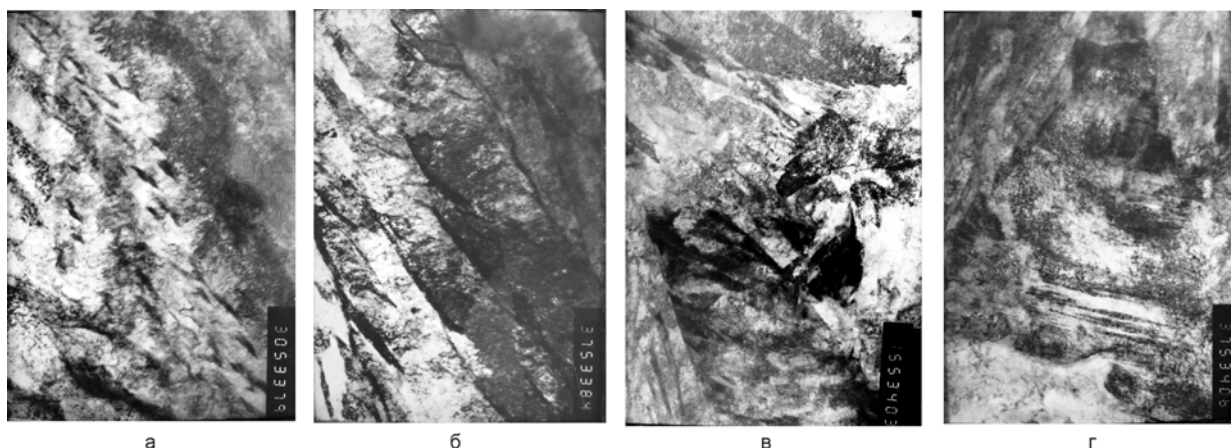
Полученные результаты свидетельствуют о том, что для рельсов из стали 35Х1Г2СН характерно сочетание высоких прочностных, пластических свойств и ударной вязкости.

Проведено исследование микроструктуры металлографическим и электронно-микроскопическим методами, измерена микротвердость структурных составляющих. Установлено, что в рельсах после прокатки присутствуют нижний бейнит, мартенсит и остаточный аустенит. Нижний бейнит представляет собой ферритные пластины (рейки) двух видов: внутри одних распределены одинаково ориентированные карбидные частицы (см. рисунок, *а*), внутри других пластин карбиды не видны (см. рисунок, *б*). Ферритных пластин, не содержащих карбидные частицы, заметно

больше. Согласно работам [9, 10], степень развития процессов выделения карбидов в α -фазе при промежуточном превращении зависит от легирования стали: в сталях, содержащих кремний, карбидообразование при бейнитном превращении может быть вообще подавлено — в них формируется структура бескарбидного бейнита. В этом случае практически весь углерод находится в остаточном аустените. В стали присутствует также отпущенный мартенсит (см. рисунок, *в, г*). Строение нижнего бейнита подобно строению отпущенного мартенсита, и эти структуры не всегда можно достаточно определенно отличить друг от друга. В мартенситных кристаллах, образовавшихся в начале превращения, в процессе дальнейшего охлаждения с невысокой скоро-

стью (в данном случае при охлаждении на воздухе) может происходить выделение карбидов из пересыщенного углеродом феррита. Остаточный

аустенит представляет собой выделения в виде разнотолщинных прослоек неправильной формы между ферритными рейками.



Микроструктура рельса из стали 35X1Г2СН после прокатки:
а, б — нижний бейнит; в, г — мартенсит; а — $\times 30000$; б, г — $\times 37000$; в — $\times 15000$

В качестве термообработки рельсов из бейнитной стали выбран отпуск, целью которого являлось снижение прочностных свойств для улучшения условий правки и обрабатываемости рельсов. Определение режима отпуска проводили в лабораторных условиях на пробах рельсов и в промышленных условиях на рельсах длиной 25 м. Результаты определения механических свойств в производственных и лабораторных условиях показали, что заметное снижение пределов текучести и прочности происходит только в результате отпуска при температуре 450–460 °С. При этом после отпуска при температуре выше 300 °С существенно уменьшается ударная вязкость (см. табл. 1).

В микроструктуре рельсов после отпуска присутствуют такие же, как и после прокатки, структурные составляющие: бейнит с участками мартенсита и остаточный аустенит. Кроме того, после отпуска при температуре выше 300 °С по границам бейнитных и мартенситных пакетов наблюдается дисперсный пластинчатый перлит, количество которого с увеличением температуры и длительности отпуска возрастает. Следовательно, отпуск стали 35X1Г2СН при температуре выше 300 °С привел к частичному распаду остаточного аустенита с образованием перлита. Появление этой хрупкой фазы и уменьшение количества вязкой составляющей — аустенита явилось причиной снижения ударной вязкости.

В результате проведенного исследования в качестве оптимальной выбрана температура отпуска 300 °С. После отпуска при этой темпера-

туре в течение 1 ч перлит практически не образуется и удается избежать падения ударной вязкости.

Наиболее благоприятный комплекс свойств имеют рельсы, произведенные по варианту 3: у них более низкие прочностные свойства и твердость и более высокие пластические свойства и ударная вязкость (см. табл. 1, 2). Для обеспечения безопасной эксплуатации конструкций ответственного назначения предъявляют условия, чтобы относительное удлинение составляло не менее 10–15 %, а относительное сужение — не менее 45–50 % [10]. С учетом этого можно считать, что опытные рельсы, пластичность которых приближается к указанным требованиям, должны обладать хорошей эксплуатационной стойкостью. Полученный комплекс свойств позволит увеличить стойкость рельсов при эксплуатации в условиях повышенных нагрузок, в кривых малого радиуса и в случае опасности образования термомеханических повреждений. По величине ударной вязкости они удовлетворяют требованиям к рельсам низкотемпературной надежности, предназначенным для работы в условиях Севера и Восточной Сибири при низких климатических температурах (величина ударной вязкости при -60 °С не менее 25 Дж/см²).

Опытные рельсы выдержали копровые испытания как при положительной, так и при отрицательной температуре. Величина прогиба проб свидетельствует о высоком уровне пластических свойств при высоких прочностных свойствах.

Проведенные во Всероссийском научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта испытания проб рельсов на циклический изгиб на гидропульсаторе показали, что они имеют достаточно высокий предел выносливости при вероятности разрушения 50 %

на базе 2 млн циклов (табл. 3). Для сравнения приведен предел выносливости рельсов из бейнитной стали партии К26 производства ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» и сертификационной партии Т1-3 производства ЕВРАЗ НТМК из стали перлитного класса.

ТАБЛИЦА 3. ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОПЫТНЫХ РЕЛЬСОВ, тс

35Х1Г2СН, без отпуска	35Х1Г2СН, с отпуском (300 °С, 1 ч)	Шифр партии Т1-3	Шифр партии К26	Партия К26 после шлифовки	Норма безопасности, не менее
61,5	59,0	59,6	52,4	55,7	54,0

Заключение

Разработана сталь 35Х1Г2СН, химический состав которой обеспечивает получение в рельсах как после прокатки (без отпуска), так и после отпуска микроструктуры нижнего бейнита с участками отпущенного мартенсита. Произведены опытные рельсы из этой стали.

В лабораторных условиях и в термоотделении рельсобалочного цеха определен оптимальный режим отпуска рельсов из бейнитной стали. Разработаны рекомендации по производству рельсов из стали бейнитного класса в условиях технологического потока ЕВРАЗ НТМК. Полученные результаты позволяют рекомендовать технологически более удобный способ производства рельсов из разработанной марки стали без отпуска.

После реконструкции рельсового производства ЕВРАЗ НТМК будет возможен еще один вариант термоупрочнения рельсов из такой стали:

охлаждение с требуемой скоростью в установке дифференцированного упрочнения с прокатного нагрева. Вследствие того, что установка позволит регулировать скорость охлаждения в довольно широком интервале, в перспективе необходима разработка новых марок рельсовой стали бейнитного класса, которые обеспечат получение заданного сочетания физико-механических характеристик.

Полученный комплекс свойств (сочетание высоких значений прочности, пластичности и ударной вязкости, высокий предел выносливости) позволит увеличить стойкость рельсов при эксплуатации в условиях повышенных нагрузок, в кривых малого радиуса и в случае опасности образования термомеханических повреждений. По величине ударной вязкости они удовлетворяют требованиям к рельсам низкотемпературной надежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kem A., Schmedders H., Zimmerman A. Proc. of the 39th Mechanical working and steel processing conf. Okt. 19–22. Indianapolis, Indiana // Iron and Steel Society. 1997. XXXV. P. 1015–1021.
2. Рельсы высокой прочности с бейнитной структурой, полученной с прокатного нагрева / Х. Де Боер, С. Р. Датта и др. // Черные металлы. 1995. Июль. С. 29–36.
3. Hirayasu Yokoyama, Sadahiro Yamamoto, Masahisa Fujikake, Yoshikazu Yoshida. Proc. Of the 39th Mechanical working and steel processing conf. Okt. 19–22. Indianapolis, Indiana // Iron and Steel Society. 1997. XXXV. P. 1023–1028.
4. Hiroyasu Yokoyama, Shinji Mitao, Sadahiro Yamamoto, Yuzuru Katacka, Toru Sugiyama // NKK Techn. Rev. 2001. № 84. P. 44–51.
5. Sawley K., School M. Proc. of the 39th Mechanical working and steel processing conf. Okt. 19–22. Indianapolis, Indiana // Iron and Steel Society. 1997. XXXV. P. 1007–1014.
6. Испытания рельсов из бейнитной и перлитной стали // Железные дороги мира. 2003. № 3.
7. Опыт производства рельсов из стали бейнитного класса на НТМК / А. В. Кушнарев, А. А. Киричков, А. Б. Добужская и др. // Сталь. 2005. № 6. С. 131–133.
8. Разработка технологии производства рельсов из бейнитной стали / В. И. Ворожищев, В. В. Павлов, Л. В. Корнева и др. // Сталь. 2005. № 2. С. 71–74.
9. Курдюмов Г. В., Утевский Л. М., Энтин Р. И. Превращения в железе и стали. — М.: Наука. 1977. — 238 с.
10. Счастливцев В. М., Мирзаев Д. А., Яковлева И. Л. Структура термически обработанной стали. — М.: Металлургия. 1994. — 288 с.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ГИЛЬЗЫ В ВАЛКИ ПИЛИГРИМОВОГО СТАНА И ПУТИ ЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ*

В. Д. ДОБРЯК¹, канд. техн. наук; В. Ф. БАЛАКИН², д-р техн. наук; Ю. Д. УГРЮМОВ¹, канд. техн. наук;
Д. Ю. УГРЮМОВ¹ (¹ ОАО «Интерпайп Нижнеднепровский трубопрокатный завод»,
²Национальная металлургическая академия Украины)

Постановка проблемы

Горячая прокатка гильзы в трубу на пилигримовом стане характеризуется периодичностью обработки металла, вращением валков навстречу подаваемой гильзе, возвратно-поступательным движением и поворотом гильзы вокруг оси прокатки на угол, близкий к 90 град., при установившемся процессе в период наката подвижных частей подающего аппарата и холостого хода валков.

Для осуществления этого процесса калибрам валков в диаметральном сечении придается особая конфигурация, включающая холостой, обжимной, полирующий (калибрующий) участки и выпуск. Особенности пилигримовой прокатки требуют строгого согласования периодов движения прокатываемой гильзы и валков, а также их положения в момент встречи перед захватом.

В начале прокатки гильзы формируется так называемая пилигримовая головка трубы. Этот период неустановившегося процесса, называемый затравкой, отличается затравочным режимом захвата, при котором встреча гильзы с валками происходит перед линией центров и захвата как такового не происходит. После 5–15 ударов полностью формируется пилигримовая головка и начинается период установившейся прокатки.

Все кинематические и энергосиловые параметры прокатки рассчитываются прежде всего исходя из условий естественного захвата гильзы при установившемся процессе. Естественный захват характеризуется естественными радиусом и углом захвата. Точка встречи естественного радиуса захвата с гильзой совпадает с началом пилигримовой головки, а расстояние от этой точки до линии центров валков равно вели-

чине подачи m . Иначе величиной подачи m называют длину кольцеобразного участка гильзы, обжимаемого и раскатываемого за один оборот валков (пыльгерный шаг) [1]. Естественный захват оптимален для установившегося процесса прокатки гильзы.

П.Т. Емельяненко [2] определяет максимально возможную подачу следующим выражением:

$$m_{\max} = 0,25(D_i - D_n) \frac{\theta_k}{\mu} \omega_n, \quad (1)$$

где D_i — идеальный диаметр валков, мм; D_n — диаметр калибра, мм; θ_k — угол полирующей части калибра, град.; μ — вытяжка; ω_n — коэффициент опережения в полирующем участке, равный 1,06–1,10.

Как видно из формулы (1), подачу необходимо увеличивать или уменьшать в соответствии с увеличением или уменьшением идеального диаметра валков и угла полирующей части калибра, а также изменять обратно пропорционально вытяжке.

Если по каким-либо причинам подача увеличивается по сравнению с расчетной, то возникнет принудительный захват, характеризующийся опасным ростом давления и момента прокатки, а также переполнением калибра. При уменьшенной подаче падает производительность стана, ухудшается температурный режим прокатки, захват близок к затравочному режиму (диаметр гильзы больше калибра в момент соприкосновения), происходит принудительная задача гильзы в валки.

На практике увеличенная подача является причиной основных видов брака труб: разностенности, бугристости, закатов, ужимов и зажимов, разрывов на поверхности, пробоин и

* Авторы посвящают статью памяти крупного ученого и специалиста в области обработки металлов давлением, доктора технических наук, профессора Оскара Александровича Пляцковского, которому 20 февраля 2013 г. исполнилось бы 100 лет. В течение 32 лет он заведовал лабораторией трубного института (ВНИТИ).

«скворешен» (на тонкостенных трубах). Увеличенная подача на пилигримовом стане может привести к образованию ужимов на калибровочном стане.

При прокатке труб на пилигримовом стане с толщиной стенки от 6,3 до 20 мм величину подачи устанавливают в интервале от 11 до 30 мм, а при прокатке труб с толщиной стенки от 20 до 30 мм — в интервале от 30 до 40 мм. При прокатке особо толстостенных труб, например котельных, с толщиной стенки от 30 до 65 мм, величина подачи может быть установлена до 45 мм. Кроме того, величина подачи может корректироваться в зависимости от нагрузки на двигатель, температуры прокатки, состояния прокатных валков и оборудования. Согласно техноло-

гической инструкции [3], подача регламентируется с точностью до 0,5 мм, что не отвечает возможностям эксплуатируемых подающих аппаратов. Наряду с числом оборотов валков величина подачи входит в перечень основных параметров технологии и качества продукции на каждой плавке (типоразмере труб), подлежащих контролю на участке проката. Величина подачи контролируется при настройке стана и через каждые 10–15 шт. прокатанных гильз с точностью ± 1 мм.

Таким образом, постоянство заданной величины подачи при прокатке каждой гильзы является необходимым условием минимизации брака труб и высокопроизводительной работы пилигримового стана.

Анализ последних достижений и публикаций

В одной из первых работ, посвященных исследованию механизма подачи, приведены гистограммы разброса подач, полученные на пилигримовых станах Таганрогского металлургического и Нижнеднепровского трубопрокатного заводов [4]. В первом случае диапазон разброса подач составлял от 8 до 16 мм, во втором — от 16 до 28 мм. Для выявления основных факторов, влияющих на работу механизма подачи, были составлены дифференциальные уравнения движения каретки и подвижных частей форголлера относительно каретки. Исследование уравнений выполнено на электронных моделирующих устройствах. Нестабильность подачи авторы связывают с колебательным характером движения каретки. Поэтому на электронной модели были изучены зависимости частоты собственных колебаний каретки от основных факторов, таких как площади плунжеров подачи и возврата, объемы жидкости в цилиндрах, приведенная масса каретки. Установлено, что уменьшение массы каретки, площади плунжера подачи, объема жидкости в цилиндрах возврата, увеличение площади плунжеров возврата существенно повышают частоту собственных колебаний каретки, а изменение объема жидкости в цилиндре подачи мало влияет на частоту. Сравнивая частоту собственных колебаний каретки с частотой возмущающей силы (силы торможения подвижных частей), можно судить о близости резонансного режима работы каретки.

Автор работы [5] выделяет две составляющие части подачи: статическую и динамическую. Динамическая составляющая, обусловленная действием возмущающих сил, составляет 90 % пол-

ного отклонения подачи. Автор указывает следующие причины неустойчивости подач: изменение частоты вращения валков, колебания каретки, неравномерность скорости перемещения каретки. Он приходит к выводу, что наилучший путь стабилизации подачи — это уменьшение амплитуды колебаний каретки. Предложено динамическое демпфирование колебаний, основанное на передаче гидравлического давления из тормозной камеры форголлера в гидроцилиндры возврата каретки.

В работе [6] приведены результаты промышленного исследования на пильгерстане 5–12" влияния давления воздуха в рабочем цилиндре форголлера на подачу при прокатке трубы 10"×8. Установлено, что с ростом начального давления воздуха (следовательно, и конечного давления) увеличивается амплитуда колебаний каретки, в то время как подача снижается, что противоречит выводу в работе [5]. В работе [7] получены данные о влиянии неравномерности угловых скоростей валков на вариации подачи. При прокатке трубы 8"×8 разница подач в смежных циклах, вызванная неодинаковой угловой скоростью валков, достигает 10,8 мм при средней подаче 17,8 мм. При этом вращающий момент на верхнем валке был повышенным. Авторы отмечают повышение давления воздуха в процессе прокатки гильзы, а также смещение подвижных частей, которое они назвали «дрейфом», к задней стенке рабочего цилиндра. По мнению авторов, «дрейф» подвижных частей — случайная величина, которая может быть основной причиной разброса подач.

В работе [8] показано, что основное влияние на величину разброса подач оказывает продолжительность первого полупериода колебания каретки. Авторы считают, что при равенстве указанного полупериода и времени торможения подвижных частей динамическая составляющая отклонения подачи будет сведена к нулю. Наиболее эффективным способом стабилизации подачи они считают уменьшение времени торможения подвижных частей форголлера. Однако в этом способе они видят противоречие, заключающееся в том, что уменьшение времени торможения влечет за собой увеличение силы торможения, которая вызывает рост амплитуды колебаний каретки. Поэтому реализация этого способа стабилизации подачи, по мнению авторов, требует дальнейших исследований.

В работе [9] дан обзор исследований, посвященных стабилизации подачи различными путями за счет:

- регулирования расхода жидкости в цилиндрах механизма подачи;
- объемного регулирования скорости цилиндров;
- включения дозирующих устройств и насосов;

Изложение основных материалов исследования

В качестве примера рассмотрим гидравлический привод подачи каретки пилигримового стана 5–12" [4]. На рис. 1 утрированно показаны три последовательных положения каретки 1 с воздушным цилиндром 2 форголлера и подвижных частей 3 с прокатываемой гильзой 4. В положении *a* закончен период *i*-го отката подвижных частей в предыдущем цикле прокатки. В этом положении “мертвое” пространство в цилиндре 2 имеет размер M_i . Из этого положения начинается (*i* + 1)-й период наката подвижных частей к валкам. За время наката каретка должна переместиться на величину подачи $m_{\text{нак}}$. Пильгерная головка должна переместиться за линию центров валков на ту же величину $m_{\text{нак}}$. Положение *b* соответствует конечному моменту (*i* + 1)-го наката и началу (*i* + 1)-го отката подвижных частей. Если бы в этот момент каретка остановилась, то в конце (*i* + 1)-го отката размер “мертвого” пространства воздушного цилиндра снова стал бы равным M_i . Но поскольку каретка, в силу особенности гидропривода, может продолжать движение к валку в период отката, то размер “мертвого” пространства в конце (*i* + 1)-го отката (положение *в*) уменьшится на величину $m_{\text{отк}}$ и станет равным $M_{i+1} = M_i - m_{\text{отк}}$. Это означает, что давле-

– динамического демпфирования колебаний каретки.

Отмечено, что большинство этих способов не имеет существенных преимуществ перед дроссельным регулированием, применяемым в настоящее время. Только динамическое демпфирование на имитационной модели дает снижение амплитуды колебаний каретки примерно в 2 раза, но промышленной апробации оно не получило. Перспективным направлением стабилизации подачи авторы считают гидромеханические механизмы подачи.

Таким образом, анализ основных работ показывает, что главной причиной неравномерности (нестабильности) подачи гильзы на пилигримовых станах с гидравлическим приводным механизмом подачи служат колебания каретки под действием возмущающих факторов, а различные способы стабилизации подачи путем регулирования (дозирования) расхода жидкости в цилиндрах механизма подачи не приводят к необходимому эффекту. Из этого тезиса вытекает предположение о том, что колебания каретки обусловлены внутренними свойствами (особенностями) гидравлического механизма подачи, которые следует рассмотреть более детально.

ние воздуха в поршневой полости цилиндра 2 с каждым пильгерным шагом возрастает, так как увеличивается степень сжатия. Возрастает подпор прокатываемой гильзы, что может приводить к проскальзыванию валков относительно гильзы, особенно на полирующем участке калибра. Оператор стана вынужден стравливать воздух из рабочего цилиндра в конце прокатки гильзы, чтобы не допустить проскальзывания. Выбор момента стравливания и величины падения давления в цилиндре целиком зависит от человеческого фактора.

Увеличение степени сжатия воздуха в рабочем цилиндре форголлера повышает скорость наката подвижных частей как в фазе разгона, так и в фазе торможения, а уменьшение размера “мертвого” пространства означает смещение тормозной втулки вперед по отношению к штатному переднему положению плунжера. Оба эти явления способствуют росту фактической подачи.

Из анализа положений каретки и подвижных частей на рис. 1 следует, что единственной причиной “дрейфа” подвижных частей к задней стенке воздушного цилиндра служит перемещение каретки $m_{\text{отк}}$ в сторону прокатной клетки в пе-

риод отката подвижных частей, т. е. в период прокатки гильзы.

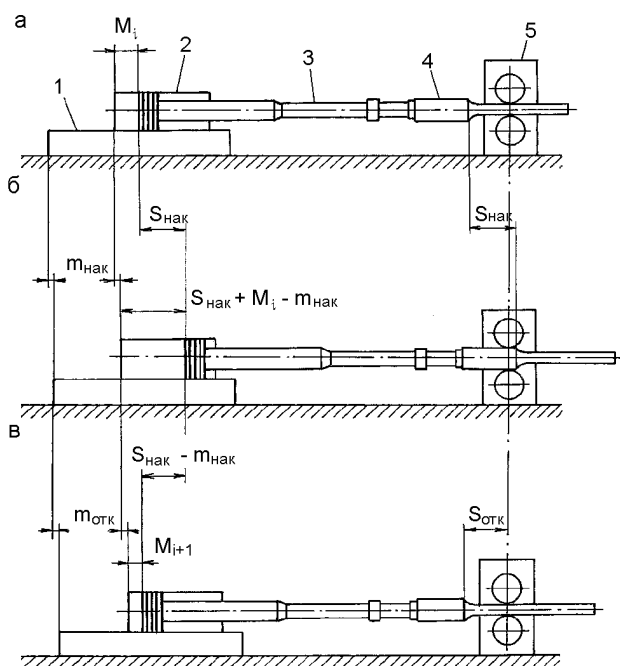


Рис. 1. Определение размера "мертвого" пространства воздушного цилиндра форголлера:
а — конец *i*-го отката; *б* — конец (*i*+1)-го наката;
в — конец (*i*+1)-го отката; 1 — каретка подающего аппарата; 2 — воздушный цилиндр; 3 — подвижные части форголлера; 4 — прокатываемая гильза; 5 — рабочая клеть пилгримового стана

Рассмотрим условия отката, при которых каретка либо движется вперед к валкам, либо останавливается, либо движется назад от валков. Предположим, под действием цилиндра подачи каретка движется в сторону валков со скоростью v_n , давление в цилиндре подачи p_n , а расход жидкости $q_n = F_n v_n$, где F_n — площадь плунжера подачи. Тогда давление в цилиндрах возврата определяется соотношением

$$p_b = \frac{p_n F_n}{2F_b}, \quad (2)$$

где F_b — площадь одного плунжера цилиндра возврата.

При этом расход жидкости через дроссель ручной подачи можно определить двумя выражениями:

$$q_{др} = 2F_{др} v_{др}; \quad (3)$$

$$q_{др} = \mu F_{др} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_b - p_{др})}, \quad (4)$$

где μ — коэффициент расхода; $F_{др}$ — площадь проходного сечения дросселя; ρ — плотность жидкости; $p_{др}$ — давление на выходе дросселя.

Приравняв выражения (3) и (4), получаем:

$$v_n = \frac{\mu F_{др}}{2F_b} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_b - p_{др})}. \quad (5)$$

Приложим к каретке силу P , направленную от валков, и напишем уравнение сил, действующих на каретку:

$$p_n F_n - P - 2F_b p_b^1 = 0. \quad (6)$$

Откуда вновь установившееся давление в цилиндрах возврата с учетом выражения (2) будет равно

$$p_b^1 = p_b - \frac{P}{2F_b}. \quad (7)$$

По аналогии с выражением (5) напишем формулу вновь установившейся скорости каретки:

$$v_n^1 = \frac{\mu F_{др}}{2F_b} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_b^1 - p_{др})}. \quad (8)$$

Если допустить, что давление на выходе дросселя приблизительно равно нулю как до приложения силы P , так и после, т. е. $p_{др} = p_{др}^1 = 0$, то скорости каретки до и после приложения силы будут связаны соотношением

$$\frac{v_n^1}{v_n} = \sqrt{1 - \frac{P}{P_n}}, \quad (9)$$

где $P_n = p_n F_n$ — сила цилиндра подачи.

Из выражения (9) следует, что при $P = P_n$ каретка останавливается, так как $v_n^1 = 0$. Очевидно, что если сила P будет больше силы цилиндра подачи, то каретка пойдет назад. Соотношение (9) графически представлено на рис. 2, откуда видно, что наиболее интенсивно скорость каретки уменьшается в диапазоне изменения силы

$$P \text{ от } \frac{P}{P_n} > 0,8 \text{ до } \frac{P}{P_n} < 1.$$

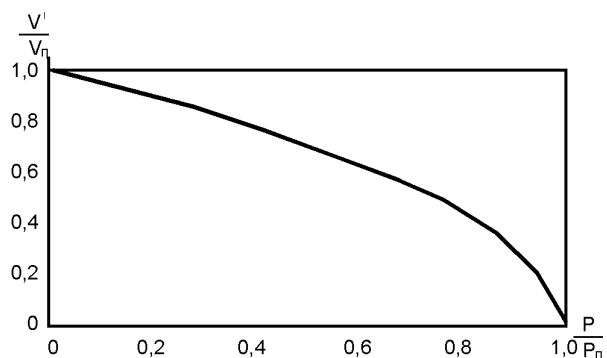


Рис. 2. Зависимость соотношения скоростей каретки от соотношения возмущающей силы и силы цилиндра подачи

Гидропневматический аккумулятор насосно-аккумуляторной станции, из которого поступает жидкость высокого давления к подающим аппаратам, работает в достаточно узком диапазоне изменения давления. Согласно инструкции завода-изготовителя, допустимое падение давления воды в баллоне не должно превышать 11,6 % от минимального рабочего давления. Для системы 100 этот диапазон составляет 10–8,8 МПа.

Пренебрегая потерей давления жидкости в трубопроводе на участке от гидропневматического аккумулятора до подающего аппарата, определим максимальную и минимальную силу цилиндра подачи:

$$P_{\text{н}}^{\text{макс}} = 10 \times 10^6 \times 0,785(0,25)^2 = 0,49 \times 10^6 \text{ Н} = 490 \text{ кН},$$

$$P_{\text{н}}^{\text{мин}} = 8,8 \times 10^6 \times 0,785(0,25)^2 = 0,43 \times 10^6 \text{ Н} = 430 \text{ кН},$$

где 0,25 м — диаметр плунжера подачи.

Как известно [4, 10–14], подвижные части при встрече гильзы с валками испытывают удар, который передается на корпус форголлера, а следовательно, на каретку через шлицевое соединение дрели и дрельной гайки, закрепленной в поршне. Авторы работы [11] дают косвенную оценку силы удара порядка 5000 кН. В работе [12] экспериментально зафиксировано интенсивное возрастание вращающего момента на валках, хотя значение вертикальной составляющей давления металла на валки в момент захвата невелико. Такое возрастание момента авторы объясняют горизонтальным ударом валков по гильзе. В работе [14] горизонтальные силы удара найдены путем математического моделирования взаимодействия подвижных частей и прокатной клетки в трех аспектах. В первом аспекте взаимодействия подвижных частей и прокатной клетки в целом как неподвижного твердого тела сила горизонтального удара для реальных условий прокатки труб пяти типоразмеров от диаметра 168 мм до диаметра 377 мм определена в диапазоне от 1800 до 2285 кН. Во втором аспекте, при котором валки встречаются с неподвижной гильзой при естественном захвате, сила горизонтального удара найдена в диапазоне от 2575 до 3520 кН. В третьем аспекте, при котором валки встречаются с гильзой, имеющей скорость, отличную от нуля (1,57–1,22 м/с), сила удара определена в диапазоне от 1426 до 2094 кН.

Сравнивая силу удара с максимальной силой цилиндра подачи (490 кН), приходим к выводу, что на практике должен происходить отход каретки назад, так как сила удара во всех случаях превосходит силу цилиндра подачи. Следует от-

метить, что неучитываемые здесь силы трения подвижных частей и давления воздуха на поршень, направленные навстречу удару, существенно не уменьшают его силу. С помощью видеосъемки [15] и осциллографирования производственного процесса [8] наглядно показан отход каретки назад после встречи гильзы с валками.

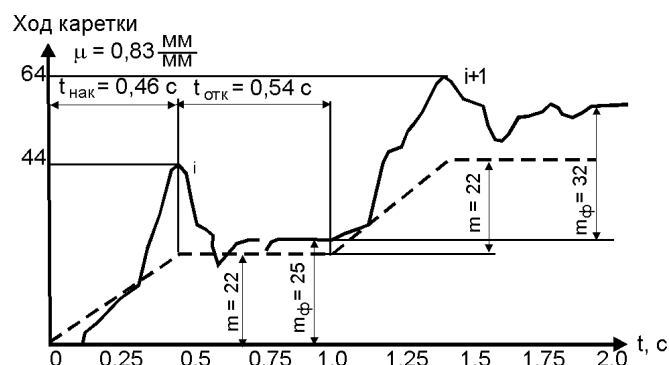


Рис. 3. График перемещения каретки в двух смежных циклах прокатки:
---- идеальный график; — реальный график

На рис. 3 штрихпунктирная линия представляет идеальный график движения каретки, при котором в период наката каретка движется вперед со статической скоростью подачи $v_{\text{ст}} = \frac{m}{t_{\text{нак}}}$, а в период отката неподвижна.

Сплошная линия (см. рис. 3) представляет типичный график реального движения каретки в двух смежных циклах прокатки. Характерными отличиями реального графика служат:

- превышение пути каретки за время наката над технологически заданной величиной подачи;
- отход каретки назад после встречи гильзы с валками;
- повторный бросок каретки вперед.

Вследствие этих особенностей результирующая подача формируется как векторная сумма бросков каретки вперед и отходов назад. Поскольку в каждом цикле имеются отклонения величин бросков и отходов, то результирующие подачи, даже в смежных циклах, отличаются друг от друга. Например, на рис. 3, выполненном на основе видеосъемки [15] прокатки трубы размером 219×12,7 мм при $n = 60$ об/мин, фактическая подача в i -м цикле равна 25 мм, а в следующем ($i + 1$)-м цикле — 32 мм, в то время как заданная подача равна 22 мм. Во всех случаях наблюдается превышение средней скорости каретки в период наката подвижных частей, которую назовем динамической скоростью подачи, над статической (заданной) скоростью подачи. В примере на рис. 3 динамическая скорость по-

дачи в i -м цикле равна $v_{\text{дин}} = \frac{0,044}{0,46} = 0,095$ м/с, а статическая скорость $v_{\text{ст}} = \frac{0,022}{0,46} = 0,048$ м/с.

Превышение динамической скорости подачи над заданной можно объяснить тем, что на каретку в фазе торможения подвижных частей при накате действует возмущающая сила торможения, приложенная через корпус форголлера к каретке и направленная в сторону валков. В работе [15] отмечено, что повышенная начальная подача обуславливает увеличенный начальный объем металла, попавший в очаг деформации в момент захвата гильзы валками, а технологически заданная подача соответствует той части начального объема металла, которая идет на формирование раскатанной части трубы. Оставшаяся (лишняя) часть объема металла за счет внеконтактной деформации приводит к росту диаметра гильзы перед очагом деформации и, как следствие, к образованию «лампасов» и закатов из-за переполнения калибра.

Рассмотрим движение каретки под влиянием силы торможения подвижных частей теории механических колебаний [16]. В нашем случае можно говорить о вынужденном колебании каретки с одной степенью свободы при наличии восстанавливающей силы — силы упругости жидкости в цилиндрах возврата и трубопроводе; возмущающей силы — силы торможения подвижных частей; при отсутствии силы сопротивления (трения), которой пренебрегаем.

Кинетическая энергия T и потенциальная энергия Π рассматриваемой системы определяются выражениями:

$$T = \frac{1}{2} a (\dot{q}_k)^2; \quad (10)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} c q_k^2. \quad (11)$$

Частота свободных колебаний такой системы будет:

$$k = \sqrt{\frac{c}{a}}, \quad (12)$$

где $a = M$ — так называемый коэффициент инерции, которым в нашем случае служит масса колеблющегося тела (каретки); q_k, \dot{q}_k — обобщенная координата и ее скорость изменения, в нашем случае это перемещение каретки и ее скорость; c — коэффициент гидравлической жесткости.

Потенциальная энергия каретки есть энергия упругого сжатия жидкости в цилиндрах возврата и в трубопроводе от цилиндров до дросселя ручной подачи. Эта энергия равна работе средней силы торможения на пути обобщенной координаты:

$$\Pi = P_T^{\text{cp}} q_k. \quad (13)$$

Приравнявая (11) и (13), получаем:

$$c = \frac{2P_T^{\text{cp}}}{q_k}. \quad (14)$$

Найдем обобщенную координату q_k .

Сила торможения создает в цилиндрах возврата и трубопроводе дополнительное давление

$$\Delta p = \frac{P_T^{\text{cp}}}{2F_{\text{пл}}} \quad (15)$$

и сжимает объем жидкости в них на величину

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta p, \quad (16)$$

где $V_0 = 2 \times 0,785 D^2 L + 0,785 d^2 l$ — начальный объем жидкости в цилиндрах возврата и трубопроводе; $\beta = 4,85 \times 10^{-10}$ Па⁻¹ — коэффициент объемного сжатия воды; $L = 7$ м — длина цилиндра возврата перед торцом плунжера в начале прокатки гильзы; $l = 12$ м — длина трубопровода от цилиндров возврата до дросселя ручной подачи; $D = 0,31$ м — внутренний диаметр цилиндра возврата; $d = 0,077$ м — внутренний диаметр трубопровода.

Можно доказать, что

$$\Delta V = 1,57 D^2 q_k. \quad (17)$$

Приравняв выражения (16) и (17), получаем

$$q_k = \frac{V_0 \beta \Delta p}{1,57 D^2}. \quad (18)$$

Скорость перемещения каретки будет

$$q'_k = \frac{V_0 \beta \Delta p}{1,57 D^2 t_T}, \quad (19)$$

где $V_0 = 1,111$ м³; t_T — время торможения подвижных частей при накате.

Рассчитанные по формулам (15), (18), (19) параметры механизма подачи при прокатке пяти типоразмеров труб представлены в табл. 1. Значения средней силы торможения определены как произведение миделевого сечения уступа шпинделя (0,135 м²) на среднее давление в камере торможения [17]. Время торможения принято по данным работы [17].

ТАБЛИЦА 1. ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ

Труба D×δ, мм	Δр, МПа	q _к , м	Ḣ _к , м/с	с, кН/м	к, 1/с	T, с	w, 1/с
168×8	2,40	0,0086	0,055	84140	37,6	0,167	7,10
219×8	2,56	0,0090	0,055	85490	38,3	0,164	6,90
273×8	2,70	0,0097	0,059	84062	38,4	0,163	6,98
324×8	2,59	0,0092	0,051	84522	38,9	0,161	5,97
377×8	2,60	0,0093	0,049	83870	39,3	0,160	5,86

По формуле (12) найдена частота колебаний каретки k , по формуле (14) вычислен коэффициент гидравлической жесткости c . Круговая частота возмущающей силы определена по формуле $\omega = \frac{\pi n}{30}$, а период свободных колебаний каретки — по формуле $T = \frac{2\pi}{k}$.

Сравнивая частоты возмущений силы w и свободных колебаний каретки k , убеждаемся в том, что система далека от резонанса. К концу прокатки гильзы объем жидкости в цилиндрах возврата и трубопроводе становится равным примерно $0,2 \text{ м}^3$.

Соответствующее значение новой обобщенной координаты становится примерно в 5 раз меньше ее значения в начале прокатки гильзы. Иначе говоря, к концу прокатки каждой гильзы подача становится более стабильной.

На основании изложенного выше анализа особенностей гидравлического механизма подачи можно сформулировать основные задачи и наметить пути их решения с целью более точного получения заданной подачи.

1. Уменьшение величины начальной подачи гильзы в валки.

Величина начальной подачи определяется скоростью каретки, которую она получает от цилиндра подачи после окончания отката подвижных частей. Повышение степени сжатия воздуха в поршневой полости цилиндра в результате “дрейфа” подвижных частей к его задней стенке способствует увеличению скорости и величины начальной подачи. Таким образом, стоит задача уменьшить и стабилизировать давление воздуха в конце каждого отката путем стравливания его из поршневой полости цилиндра с помощью регулируемого автоматического клапана, который исключит влияние человеческого фактора на величину стравливания воздуха.

2. Уменьшение силы торможения подвижных частей без уменьшения эффекта торможения.

На величину пути торможения влияет не только амплитуда силы торможения, но и форма импульса силы. В работе [18] показано, что наименьшая сила торможения требуется при прямоугольном графике силы. Действующие в настоящее время тормозные устройства форголлеров отличаются треугольным графиком силы торможения. Если степень совершенства тормозного устройства оценивать коэффициентом

$$K = \frac{P_{\text{макс}}}{P_{\text{ср}}},$$

где $P_{\text{макс}}$ — максимум силы торможения; $P_{\text{ср}}$ — средняя сила торможения, то прямоугольный график имеет значение $K = 1$, а треугольные графики — от 1,5 до 3. Чем ближе коэффициент K к единице, тем меньше максимум силы торможения.

Для получения графика силы торможения, близкого к прямоугольному, в работе [18] предложено буферное устройство, которое установлено на корпусе форголлера и связано с тормозной камерой трубопроводом. В первой части пути торможения буфер накапливает сжимаемую тормозную жидкость, снижая пиковое давление жидкости в камере, а во второй части пути поддерживает давление жидкости в камере. Для разработки и внедрения такого устройства необходимо провести испытания на модели [19].

3. Исключение движения каретки вперед в период отката подвижных частей.

Устранить движение каретки вперед в период отката подвижных частей сравнительно простым способом можно с помощью гидромеханического устройства подачи [15]. Препятствием для внедрения такого устройства на существующих пилгримовых станах является отсутствие места для размещения механического упора с приводом.

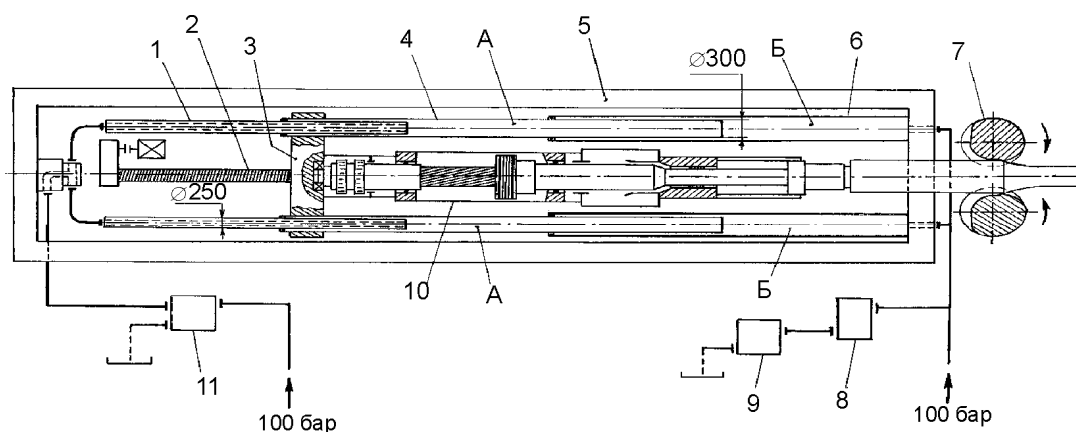


Рис. 4. Вариант гидромеханического привода подачи каретки:

1 — плунжер цилиндра подачи; 2 — винт подачи; 3 — каретка; 4 — цилиндр подачи; 5 — станина; 6 — цилиндр возврата каретки; 7 — валки пилгримового стана; 8 — дроссель ручной подачи; 9 — автоклапан ручной подачи; 10 — форголлер; 11 — дистрибутор каретки; А — рабочая полость цилиндра подачи; Б — рабочая полость цилиндра возврата каретки

Однако если убрать цилиндр подачи, то на его месте можно разместить механический упор с винтовым приводом, как это показано на рис. 4. При этом один плунжерный цилиндр подачи заменяется двумя плунжерными цилиндрами 4. Собственно цилиндры 4 служат плунжерами для цилиндров возврата 6. При такой схеме сохраняется вся существующая система управления подачей. Более предпочтительной представляется схема с передним расположением упорных винтов. При такой схеме сохраняются все существующие гидроцилиндры. При перевалке валков, обслуживании и ремонте оборудования у рабочей клетки винты выкручиваются из зоны клетки. Необходима конструктивная проработка возможности размещения упорных винтов, их опор и приводов среди существующего оборудования.

4. Уменьшение отдачи каретки при встрече гильзы с валками.

Сравнительно простой и малозатратный способ уменьшения отдачи каретки при встрече гильзы с валками описан в работе [15]. Согласно предварительному расчету отдача каретки при установке гидрозамка с пневмоуправлением в линии питания цилиндра подачи должна уменьшиться приблизительно в 5 раз за счет соответствующего сокращения длины столба жидкости, подвергающегося сжатию. Уменьшение величины отдачи каретки даст возможность снизить начальную подачу, что, в свою очередь, приведет к уменьшению внеконтактной деформации металла в калибре. Разработаны рабочие чертежи гидрозамка.

5. Гашение колебаний форголлера в период наката подвижных частей.

Простейший динамический гаситель колебаний состоит из дополнительной массы, соединенной с основной массой посредством упругого элемента с расчетным коэффициентом жесткости [20].

Предположим, что каретка 2 массой M_k и форголлер 1 массой M_ϕ соединены друг с другом посредством упругого элемента с коэффициентом жесткости c_ϕ (рис. 5).

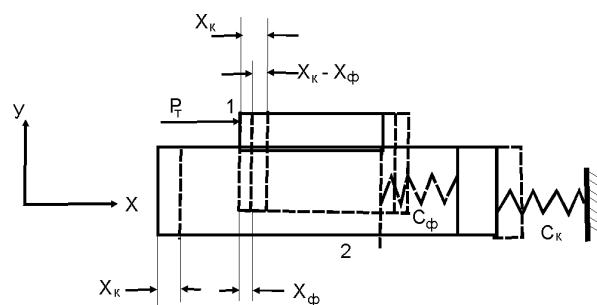


Рис. 5. Схема гашения колебаний форголлера: 1 — форголлер; 2 — каретка

В направлении действия силы торможения P_T подвижных частей каретка опирается на основную через упругий элемент (столб жидкости) с коэффициентом жесткости c_k . Перемещение каретки x_k отсчитывается от положения статического равновесия в покое или в движении. Абсолютное перемещение форголлера x_ϕ также отсчитывается от его положения статического равновесия. Перемещение форголлера в относительном движении равно $x_k - x_\phi$.

Уравнение сил, действующих на каретку:

$$-M_k \ddot{x}_k - c_k x_k + c_\phi (x_k - x_\phi) = 0. \quad (20)$$

Уравнение сил, действующих на форголлер:

$$P_{\max} \sin \omega t - M_{\phi} \ddot{x}_{\phi} - c_{\phi} (x_{\kappa} - x_{\phi}) = 0, \quad (21)$$

где $P_{\tau} = P_{\max} \sin \omega t$; $\omega = \frac{\pi n}{30}$ — частота вращения валков.

Решение уравнений (20) и (21) будем искать в виде выражений:

$$x_{\kappa} = A_{\kappa} \sin \omega t; \quad x_{\phi} = A_{\phi} \sin \omega t. \quad (22)$$

Откуда

$$\ddot{x}_{\kappa} = -A_{\kappa} \omega^2 \sin \omega t; \quad \ddot{x}_{\phi} = -A_{\phi} \omega^2 \sin \omega t, \quad (23)$$

где A_{κ} и A_{ϕ} — максимальные амплитуды колебаний каретки и форголлера.

Подставив выражения (22) и (23) в уравнения (20) и (21), получаем два уравнения с неизвестными A_{κ} и A_{ϕ} , в результате решения которых находим:

$$A_{\kappa} = \frac{P_{\max}}{\left(1 - \frac{M_{\phi}}{c_{\phi}} \omega^2\right) (M_{\kappa} \omega^2 - c_{\kappa} + c_{\phi}) + c_{\phi}}; \quad (24)$$

$$A_{\phi} = \frac{P_{\max} (M_{\kappa} \omega^2 - c_{\kappa} + c_{\phi})}{(c_{\phi} - M_{\phi} \omega^2) (M_{\kappa} \omega^2 - c_{\kappa} + c_{\phi}) + c_{\phi}^2}. \quad (25)$$

Из выражения (25) следует, что амплитуда колебаний форголлера равна нулю при условии

$$M_{\kappa} \omega^2 - c_{\kappa} + c_{\phi} = 0,$$

откуда следует:

$$c_{\phi} = c_{\kappa} - M_{\kappa} \omega^2. \quad (26)$$

Таким образом, если подобрать коэффициент жесткости упругого элемента, соединяющего корпуса форголлера и каретки, по формуле (26), то колебания форголлера прекратятся и каретка не будет оказывать влияние на форголлер. В то время как амплитуда колебаний самой каретки будет определяться выражением

$$A_{\kappa} = \frac{P_{\max}}{c_{\kappa} - M_{\kappa} \omega^2}. \quad (27)$$

Рассчитанные по формулам (26) и (27) значения коэффициента жесткости упругого элемента и амплитуды колебаний каретки представлены в табл. 2 для пяти типоразмеров труб, прокатываемых на пилигримовом стане 5–12". Для расчета использованы данные из табл. 1 (c и w), масса каретки $M_{\kappa} = 27000 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}$, максимальная сила торможения принята как удвоенная средняя сила торможения по данным работы [17].

ТАБЛИЦА 2. МАКСИМАЛЬНАЯ СИЛА ТОРМОЖЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ЖЕСТКОСТИ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА И МАКСИМАЛЬНАЯ АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЙ КАРЕТКИ

Труба D×δ, мм	P _{макс} , кН	c _φ , кН/м	A _κ , м
168×8	723,6	82772,45	0,0087
219×8	769,4	84201,56	0,0091
273×8	815,4	82850,78	0,0098
324×8	777,6	83492,50	0,0093
377×8	780,6	82942,55	0,0094

Можно показать, что вместо пяти упругих элементов с незначительно отличающимися коэффициентами жесткости достаточно иметь один элемент со средним коэффициентом жесткости $c_{\phi}^{cp} = 83252000 \text{ Н/м}$. Такой элемент конструктивно может быть выполнен в виде двух

и более пружин. Например, если упругий элемент представлен двумя пружинами сжатия, то коэффициент жесткости каждой пружины будет $c_{\phi}^{cp} / 2 = 41626000 \text{ Н/м} = 4162,6 \text{ кг/мм}$. Такую жесткость обеспечивают тарельчатые пружины [21].

Выводы

1. Гидравлический привод механизма подачи не обеспечивает идеального графика подачи гильзы в валки пилигримового стана, при котором в период наката подвижных частей с гильзой каретка перемещается на величину заданной подачи, а в период отката остается неподвижной.

2. Неуправляемое движение каретки вперед в период отката подвижных частей способствует

“дрейфу” поршня воздушного цилиндра в сторону его задней стенки, что приводит к увеличению степени сжатия воздуха в конце отката и увеличению подачи.

3. Возмущающее действие на гидроцилиндры возврата каретки силы торможения подвижных частей при накате способствует увеличению начальной подачи перед захватом гильзы валками.

4. Возмущающее действие силы удара гильзы и валков при захвате на гидроцилиндр подачи способствует отходу каретки назад и последующему ее броску вперед.

5. Восстанавливающие силы каретки в виде сил упругости жидкости в гидроцилиндрах и трубопроводах, как и возмущающие силы, обладают изменчивостью. Вариации возмущающих и восстанавливающих сил каретки в конечном итоге приводят к вариации подачи.

6. Для устранения или уменьшения отрицательного влияния вышеперечисленных особенностей гидравлического привода подачи на ее равномерность предложено пять технических мероприятий, два из которых (автоматическое стравливание воздуха и гидрозамок) не представляют сложности для опытно-промышленной проверки, а три других (буферное устройство торможения, винтовой упор дозирования подачи, гашение колебаний форголлера) требуют конструкторской разработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Друян В. М., Гуляев Ю. Г., Чукмасов С. А. Теория и технология трубного производства: Учебник для вузов. — Днепропетровск: РИА Днепр-ВАЛ. 2001. — 544 с.
2. Емельяненко П. Т. Теория косой и пилигримовой прокатки. — М.: Metallurgizdat. 1949. — 492 с.
3. Прокатка труб на установке с пилигримовыми станами 5-12" в ТПЦ-4: ТИ НТЗ-Тр4-01-2007. — Днепропетровск, 2007. — 105 с.
4. Оборудование цехов с пилигримовыми трубопрокатными установками / С. Н. Кожевников, А. В. Праздников, А. М. Иоффе и др. — М.: Metallurgiya. 1974. — 256 с.
5. Листопадов И. Б. Исследование способа динамического демпфирования для стабилизации подачи металла в валки пилигримового стана // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. трудов. Вып. 2. — Киев: Наукова думка. 1998. С. 318–324.
6. Большаков В. И., Листопадов И. Б. Особенности переходных процессов в электрогидромеханической системе периодического действия // Там же. Вып. 10. — Киев: Наукова думка. 2005. С. 307–312.
7. Большаков В. И., Листопадов И. Б., Коноваленко К. В. Особенности взаимодействия пневмогидравлических и гидромеханических систем тяжелых металлургических машин // Там же. Вып. 17. — Киев: Наукова думка. 2008. С. 258–266.
8. Большаков В. И., Листопадов И. Б. Пути стабилизации подачи заготовки на пильгерстане // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2008. № 6. С. 79–83.
9. Большаков В. И., Листопадов И. Б., Коноваленко К. В. Анализ тенденции стабилизации подачи гильзы в валки пилигримового стана // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. трудов. Вып. 17. — Киев: Наукова думка. 2008. С. 242–248.
10. Артюх В. С., Артюх Г. В. Об ударах гильзы в валки на пилигримовых станах // Защита металлургических машин от поломок. 1997. Вып. 2. С. 146–150.
11. Артюх Г. В., Мазай В. З., Артюх В. Г. Амортизатор для рабочей клетки пильгерстана // Там же. 1999. Вып. 4. С. 217–222.
12. Производство горячекатаных труб на современных пилигримовых установках / О. А. Пляцковский, П. Е. Осипенко, В. А. Ткаченко и др. — Рост. кн. изд. 1971. — 203 с.
13. Пути снижения динамических нагрузок клетки пилигримового стана при горячей прокатке труб / В. Ф. Балакин, В. Д. Добряк, Д. Ю. Угрюмов и др. // Черная металлургия: Бюл. ин-та “Черметинформация”. 2011. № 6. С. 53–60.
14. Определение параметров ударного взаимодействия гильзы и валков пилигримового стана / В. Ф. Балакин, В. Д. Добряк, Д. Ю. Угрюмов и др. // Теория и практика металлургии. 2012. № 1–2. С. 25–31.
15. Повышение точности толщины стенки труб на трубопрокатных агрегатах с пилигримовыми станами путем совершенствования подающих аппаратов / Ю. Д. Угрюмов, В. Д. Добряк, Б. Г. Павловский и др. // Черная металлургия: Бюл. ин-та “Черметинформация”. 2009. № 7. С. 71–77.
16. Яблонский А. А., Норейко С. С. Курс теории колебаний: Учебное пособие. — М.: Высшая школа. 1961. — 208 с.
17. Пути модернизации тормозного устройства подающего аппарата пильгерстана / В. Д. Добряк, В. Ф. Балакин, Ю. Д. Угрюмов и др. // Теория и практика металлургии. 2009. № 5–6. С. 57–63.
18. Улучшение параметров торможения подвижных масс при прокатке на пильгерстане / В. Д. Добряк, Б. Г. Павловский, В. Л. Мережко и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2004. № 1. С. 37–40.
19. Моделирование устройства торможения подвижных частей форголлера подающего аппарата пилигримового стана / В. Д. Добряк, В. Ф. Балакин, Ю. Д. Угрюмов и др. // Теория и практика металлургии. 2010. № 3–4. С. 58–62.
20. Левитский Н. И. Колебания в механизмах: Учебное пособие. — М.: Наука. 1988. — 336 с.
21. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 2-х кн. Кн. 2. — М.: Машиностроение. 1974. — 576 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВИВКИ МЕТОДОМ ДВОЙНОГО КРУЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КРУЧЕНИЙ И ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ МЕТАЛЛОКОРДА

В. П. ФЕТИСОВ, д-р техн. наук; Б. А. БИРЮКОВ, канд. техн. наук

Высокое качество обрезиненного металлокордного полотна и снижение силовой неоднородности автомобильных шин во многом зависят от общего уровня и изменчивости таких технологических свойств металлокорда, как остаточные кручения и прямолинейность. При производстве высокопрочного металлокорда легкового ассортимента с уменьшенным числом проволок одной из причин снижения качества металлокорда является изменение во времени величины остаточных кручений и параметров прямолинейности. Проведенные ранее исследования показали, что для плюсовых, минусовых и нулевых значений остаточных кручений отмечается их изменение в первые 2 сут, после чего происходит стабилизация значений во времени [1]. Причем этот эффект проявляется в большей степени для повышенных значений остаточных кручений в момент изготовления независимо от их знака и связан с развитием процессов упругого последействия. Медленное уменьшение упругой составляющей приводит к снижению общей степени деформации и к изменению упругопластического состояния свитого металлокорда.

В общем случае при изготовлении металлокорда на канатной машине двойного кручения можно выделить два основных этапа формирования его упругопластического состояния. На первом этапе при свивке проволока испытывает совокупность многократных упругопластических деформаций кручения, знакопеременного изгиба и растяжения, а на втором этапе при намотке на тарные катушки металлокорд подвергается дополнительному воздействию растягивающих и изгибающих напряжений. Контроль остаточных кручений по переходам в традиционной канатной машине показывает изменение числа кручений витого изделия при деформации в двухплоскостном роликовом правильном устройстве, что требует завышения числа кручений металлокорда после торсиона на величину, равную открутке в рихтовальном устройстве, и предупре-

ждает увеличение общей степени деформации проволоки.

Целью настоящей работы является исследование влияния технологических факторов, изменяющих упругопластическое состояние витого изделия, на стабильность во времени остаточных кручений и прямолинейности металлокорда.

Эксперименты проводили на канатной машине со следующей общей последовательностью технологических операций:

- преформация проволоки знакопеременным изгибом с растяжением;
- деформация кручением в I и II зонах свивки;
- разделение зон деформации кручением между II зоной и торсионом;
- деформация кручением в торсионе;
- деформация знакопеременным изгибом с растяжением и кручением во вращающемся рихтовальном устройстве;
- вытяжка растяжением на первых трех ручьях вытяжного кабестана;
- деформация знакопеременным изгибом с растяжением в роликовом двухсекционном правильном устройстве с индивидуальной вытяжкой на шести оставшихся ручьях вытяжного кабестана;
- регулируемое по величине и постоянное натяжение металлокорда при намотке на приемную катушку.

Приведенная последовательность технологических операций позволяет:

- уменьшить суммарную упругопластическую деформацию за счет доли деформации кручением;
- повысить однородность деформации кручением путем разделения зон деформирующих воздействий и фиксации протяженности зон деформаций;
- уменьшить степень деформации при окончательной рихтовке металлокорда.

В табл. 1 и 2 представлено влияние изгибающих и растягивающих напряжений при намотке

на тарную катушку на изменение во времени остаточных кручений и прямолинейности высокопрочного металлокорда 2Л30НТ. Величину оста-

точных кручений и стрелу прогиба металлокорда контролировали на образцах длиной 6 м и 400 мм соответственно.

ТАБЛИЦА 1. ВЛИЯНИЕ ИЗГИБАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НАМОТКЕ МЕТАЛЛОКОРДА 2Л30НТ НА КАТУШКУ В60 С НАТЯЖЕНИЕМ 400 г НА ИЗМЕНЕНИЕ ВО ВРЕМЕНИ ОСТАТОЧНЫХ КРУЧЕНИЙ (m) И СРЕЛЫ ПРОГИБА (h)

Время отбора образцов для испытания					
в момент изготовления		после вылеживания в течение 18 ч			
		в катушке		в нитке	
m, обороты	h*, мм	m, обороты	h*, мм	m, обороты	h*, мм
(0)	$\frac{3-12}{8,7}$	(-1)	$\frac{18-27}{22,2}$	(-0,5)	$\frac{5-10}{6,4}$
				(-1)	$\frac{5-8}{6,0}$
				(-1)	$\frac{3-8}{6,4}$

* Числитель — минимальные и максимальные значения, знаменатель — средние значения.

ТАБЛИЦА 2. ВЛИЯНИЕ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ НАМОТКЕ МЕТАЛЛОКОРДА 2Л30НТ НА КАТУШКУ В60 НА ИЗМЕНЕНИЕ ВО ВРЕМЕНИ ОСТАТОЧНЫХ КРУЧЕНИЙ (m) И СРЕЛЫ ПРОГИБА (h)

Натяжение при намотке металлокорда, г	Время отбора образцов для испытания			
	в момент изготовления		после вылеживания в катушке в течение 16–18 ч	
	m, обороты	h*, мм	m, обороты	h*, мм
1000	(+1,5)	$\frac{5-13}{8,9}$	(-0,25)	$\frac{10-20}{15,5}$
600	(+1)	$\frac{2-8}{6,2}$	(-0,5)	$\frac{15-20}{18,2}$
400	(0)	$\frac{3-12}{8,7}$	(-1)	$\frac{18-27}{22,2}$
200	(+1)	$\frac{8-10}{9}$	(+0,5)	$\frac{20-30}{23}$

* Числитель — минимальные и максимальные значения, знаменатель — средние значения.

Полученные результаты свидетельствуют, что заключительная стадия изготовления вносит свои коррективы в изменение технологических свойств металлокорда. Сравнение влияния вылеживания металлокорда в течение 16–18 ч в изогнутом состоянии в катушке и в размотанном состоянии в нитке показывает (см. табл. 1) существенное изменение (в 3,5–3,7 раза) только параметра прямолинейности, в то время как остаточные кручения практически не изменились. Влияние растягивающих напряжений при намотке металлокорда также проявляется в большей степени при контроле прямолинейности: изменение стрелы прогиба составляет от 1,74 до 2,93 раз (см. табл. 2). При этом рост усилия натяжения при намотке снижает общее изменение параметра прямолинейности. В отличие от прямолинейности максимальное изменение остаточных кручений (до 1,75 оборота) приходится на повышенные значения натяжения металлокорда.

На втором этапе работы рассмотрели изменение остаточных кручений во времени по длине металлокорда в катушке. Была исследована партия металлокорда из шести катушек с исходным уровнем остаточных кручений в среднем (+1). Натяжение при намотке составляло 1050 г, шаг укладки металлокорда — 3 мм. Остаточные кручения определяли через 1000 м на образцах длиной 6 м. При этом контролировали подряд по 8–10 образцов металлокорда и рассчитывали средние значения. Исследование проводили после 2 сут вылеживания металлокорда.

Полученные результаты свидетельствуют (табл. 3), что изменение во времени остаточных кручений по длине металлокорда в катушках не нарушает общей закономерности и колеблется для средних значений от 0,754 до 1,52. При этом разбег остаточных кручений по длине металлокорда в катушках составляет от 0,4 до 0,725. Высокая однородность остаточных кручений по длине металлокорда в катушках и достаточно уз-

кий интервал их изменения во времени свидетельствуют о перспективности разработанной

последовательности технологических операций на канатной машине двойного кручения.

ТАБЛИЦА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНЫХ КРУЧЕНИЙ ПО ДЛИНЕ МЕТАЛЛОКОРДА 2Л30НТ В КАТУШКАХ

Показатель	Порядковый номер катушки с металлокордом					
	1	2	3	4	5	6
Длина металлокорда, м:						
16330	+0,2	—	-0,55	+0,2	-0,75	+0,475
15330	0,0	—	-0,25	+0,45	-0,9	-0,2
14330	+0,2	-0,05	-0,45	+0,7	-0,8	+0,45
13330	+0,05	-0,05	-0,575	+0,55	-0,9	+0,275
12330	0,0	+0,45	-0,375	+0,1	-0,8	+0,32
11330	+0,2	+0,25	-0,325	+0,1	-0,25	+0,15
10330	+0,2	+0,3	-0,325	+0,05	-0,6	+0,125
9330	-0,2	+0,125	-0,25	+0,1	-0,05	+0,15
8330	+0,05	+0,1	-0,4	+0,3	-0,25	+0,125
7330	-0,2	+0,1	-0,375	+0,1	-0,7	-0,075
6330	0	0	-0,05	+0,1	-0,6	-0,2
5330	+0,1	+0,2	-0,125	+0,1	-0,5	+0,05
4330	-0,2	0	-0,225	+0,2	-0,4	+0,125
3330	-0,2	-0,1	+0,15	+0,4	-0,4	-0,25
2330	-0,05	-0,1	+0,05	—	-0,2	-0,025
1330	0	-0,1	+0,175	—	-0,2	-0,055
300	0	+0,5	—	—	—	—
Среднее значение остаточных кручений	-0,02	+0,11	-0,243	+0,246	-0,52	+0,09
Общий разбег остаточных кручений	0,4	0,4	0,75	0,65	0,7	0,725
Изменение остаточных кручений во времени для средних значений	1,02	0,89	1,243	0,754	1,52	0,91

В работе [1] показано, что полное отсутствие изменения остаточных кручений во времени обеспечивается при стабилизации упругопластического состояния витого изделия путем низкотемпературного отпуска металлокорда. Поэтому требуются новые конструкторские и технологические решения по минимизации суммарных деформаций проволоки при свивке и по

атермическому воздействию на упругопластическое состояние свитого металлокорда, сопоставимого с низкотемпературным отпуском. Необходимо также уделять особое внимание повышению пластичности высокопрочной латунированной проволоки за счет металлургического качества стали [2] и оптимальных режимов патентирования и волочения [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фетисов В. П. Природа изменения свойств холоднодеформированной проволоки в процессе свивки высокопрочного металлокорда // Металлургия и литейное производство: Сб. научных трудов Ассоциации литейщиков и металлургов. — Минск: Белоргстанкинпромиздат. 1997. № 1. С. 8–10.
2. Фетисов В. П. Деформационное упрочнение углеродистой стали. — М.: Мир. 2005. — 200 с.
3. Фетисов В. П. Пластичность высокопрочной проволоки. — М.: Интермет Инжиниринг. 2011. — 128с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ ДЕФОРМИРУЮЩЕЙ И КАЛИБРУЮЩЕЙ ЗОН КАНАЛА ВОЛОКИ

А. В. ВЕДЕНЕЕВ¹, Ю. Л. БОБАРИКИН², М. Н. ВЕРЕЩАГИН², М. Ю. ЦЕЛУЕВ²
 (¹ *ОАО “Белорусский металлургический завод”,*
² *Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого*)

Оптимизацию геометрии деформирующей и калибрующей зон канала волокна связывают с поиском таких геометрических характеристик этих зон, которые обеспечивают минимальное усилие волочения проволоки. Под каналом волокна понимается форма и размеры деформирующей и калибрующей зон волокна. Однако критерий оптимизации по минимальному усилию волочения не обеспечивает минимальные температуры в очаге деформации при волочении проволоки ввиду сложности распределения температурных полей в деформируемой проволоке [1]. Оптимальной геометрией волокна по температурному критерию принимается такой вариант геометрии канала волокна, при котором проволока при протяжке через эту волоку нагревается до минимальной температуры по сравнению с другими геометриями канала волокна. Это обеспечивает снижение динамического деформационного старения стальной проволоки и как следствие уменьшение падения ее пластичности, а также снижение износа волок и температурного окисления технологических смазок.

Для решения поставленной задачи использовался численный метод расчета деформации проволоки при волочении с помощью метода конечных элементов и методов математической статистики.

В основе математической формулировки рассматриваемого процесса волочения проволоки лежит система зависимостей механики деформируемого твердого тела: уравнения движения, неразрывности, связи деформаций и перемещений, связи скоростей деформаций и скоростей перемещений, связи ускорений и скоростей, уравнение теплопроводности [1–5]. Замыкают систему данных уравнений начальные условия, описывающие конфигурацию проволоки и волокна, их температурное и деформированное поле в начальный момент времени, граничные условия, описывающие приложенные к ограничивающим поверхностям проволоки и волокна кинематические и энергосиловые параметры, а

также физические уравнения связи из теории пластичности и теории упругости.

Решение рассматриваемой задачи осуществляли в цилиндрической системе координат при следующих основных упрощениях:

1. Напряженно-деформированное и температурное состояние материала проволоки считаем асимметричным, для чего пренебрегаем внешними массовыми силами.

2. Считаем, что в процессе пластического деформирования в объеме проволоки действует распределенный источник тепловой энергии, равный 90 % работы пластического деформирования.

3. На поверхности контакта проволоки и волокна действуют силы трения Амонтона–Кулона и распределенный источник тепловой энергии, равный 50 % от работы сил трения. Через поверхность контакта между волокой и проволокой осуществляется теплопередача по закону Ньютона с коэффициентом теплопередачи $\alpha = 15 \times 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

4. Материал проволоки считаем деформационно и кинематически упрочняемой упругопластической средой с плотностью $\rho = 7745 \text{ кг}/\text{м}^3$, модулем Юнга $E = 207 \text{ ГПа}$, коэффициентом Пуассона $\mu = 0,3$ и зависимостью сопротивления пластическому деформированию:

$$\sigma_s = (1,374 + 0,114 \lg(\xi_i))(999 + 544,31 \ln(\varepsilon_i)), \text{ МПа},$$

где ξ_i — интенсивность скоростей деформаций; ε_i — интенсивность деформаций.

Зависимость сопротивления пластическому деформированию от деформации материала проволоки получили аппроксимацией методом наименьших квадратов экспериментальных данных, полученных при стандартных испытаниях проволоки из стали 90К на растяжение, с последующей корректировкой по скорости деформации на основе литературных данных [5]. Теплофизические характеристики материала проволоки: коэффициент теплопроводности $\lambda = 49 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, теплоемкость $c = 477 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

5. Материал волокна считаем упругой средой с плотностью $\rho = 15150 \text{ кг/м}^3$, модулем Юнга $E = 647 \text{ ГПа}$, коэффициентом Пуассона $\mu = 0,2$. Теплофизические характеристики материала волокна: коэффициент теплопроводности $\lambda = 50,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, теплоемкость $c = 382 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$.

Численные исследования волокон с конической деформирующей зоной выполнялись для волокон тонкого волочения, которые применяются в ОАО «Белорусский металлургический завод» (рис. 1).

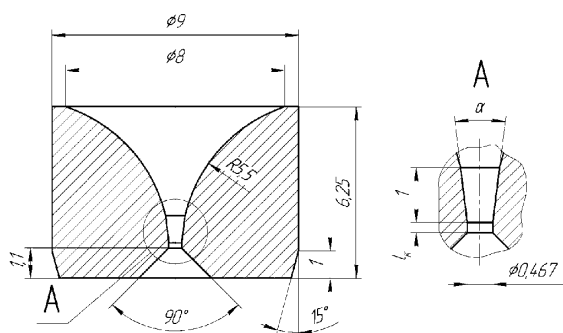


Рис. 1. Схема волокна с конической деформирующей зоной: l_k — длина калибрующей зоны; α — угол конической деформирующей зоны

Для волокна с определенной длиной калибрующей зоны l_k оптимальной геометрии волокна будет соответствовать оптимальный угол конической деформирующей зоны волокна $\alpha_{\text{опт}}$. Для поиска $\alpha_{\text{опт}}$ необходимо получить распределение температур в проволоке при волочении при разных углах волокна и при неизменном значении l_k . После этого можно выбрать вариант волокна с минимальным значением пиковых или максимальных температур в температурном поле проволоки. Таким образом, необходимо исследовать весь диапазон углов деформирующих и длин калибрующих зон волокна и найти соответствие между углом деформирующей волокна и длиной калибрующей зоны, которое определяет минимальный нагрев проволоки. Чтобы каждому значению l_k привести в соответствие определенное значение $\alpha_{\text{опт}}$, необходимо также учесть уровень усилий волочения P и коэффициентов запаса волочения γ . Это увеличивает степень объективности представленных исследований.

Из полученных температурных полей в проволоке при ее волочении из численных моделей определено, что имеют место два температурных пика в проволоке: на выходе из калибрующей

зоны волокна $T1_{\text{max}}$, в месте входа в калибрующую часть волокна $T2_{\text{max}}$ (рис. 2).

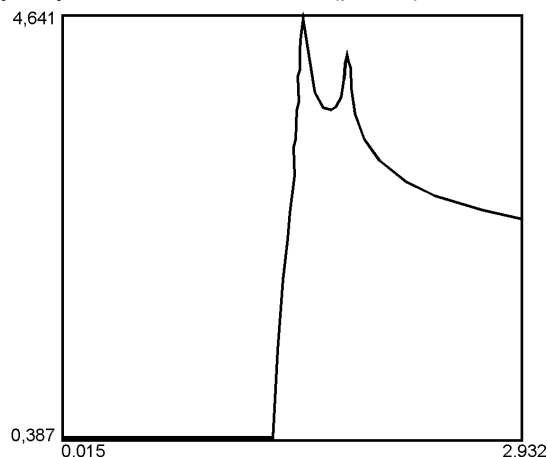


Рис. 2. Температурный цикл поверхности проволоки для $\alpha = 12 \text{ град.}$, $k = 0,4$, $f = 0,05$

Для упрощения длину l_k можно представить в виде относительной длины калибрующей зоны:

$$k = l_k/d_k,$$

где d_k — диаметр волокна в калибрующей зоне.

Расчеты выполнялись для наиболее нагруженной проволоки с номинальным диаметром 0,467 мм в действующем маршруте волочения для изготовления сверхвысокопрочной проволоки диам. 0,41 мм. При изготовлении тонкой проволоки использовалась латунированная заготовка диам. 2,45 мм (сталь 90К), скорость волочения составила 8 м/с. Методика расчета может использоваться для других волокон маршрута волочения по аналогии.

Результаты численного расчета величин $T1_{\text{max}}$, $T2_{\text{max}}$, P , γ в зависимости от значений углов конической деформирующей зоны волокна α и значений k даны в таблице, которая представляет собой план численного эксперимента из 18 опытов с факторами α и k , совмещенный со значениями откликов эксперимента $T1_{\text{max}}$, $T2_{\text{max}}$, P , γ .

Анализ значений параметров таблицы показывает, что условия волочения исходя из величин P и γ удовлетворительны. Но значения $T1_{\text{max}}$, $T2_{\text{max}}$ не позволяют получить требуемое качество стали из-за повышенных величин. Диапазон полученных температур достаточно широк и показывает влияние геометрии волокна на температуру проволоки.

ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОЧЕНИЯ ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ $f = 0,05$

Номер опыта	α , град.	k	$T1_{max}$, °C	$T2_{max}$, °C	P, Н	γ
1	6	0,3	513,0	474,3	172,0	2,8
2	10	0,3	450,8	464,1	157,3	3,1
3	12	0,3	414,5	454,2	158,2	3,0
4	14	0,3	403,2	460,5	160,5	3,0
5	16	0,3	390,6	480,5	163,5	2,9
6	20	0,3	383,6	497,3	173,4	2,8
7	6	0,4	534,3	473,7	180,3	2,7
8	10	0,4	452,4	462,7	163,6	2,9
9	12	0,4	427,8	451,7	161,7	3,0
10	14	0,4	404,8	457,3	163,6	2,9
11	16	0,4	390,4	479,5	166,4	2,9
12	20	0,4	381,9	506,4	175,4	2,7
13	6	0,5	543,0	473,3	188,6	2,5
14	10	0,5	454,8	461,9	170,7	2,8
15	12	0,5	430,1	449,1	168,6	2,8
16	14	0,5	404,8	454,0	166,7	2,9
17	16	0,5	400,9	476,1	169,4	2,8
18	20	0,5	393,6	499,6	177,1	2,7

Для вычислительного опыта № 9 таблицы получен график термического цикла произвольной точки поверхности проволоки (см. рис. 2). На графике горизонтальный отрезок линии слева внизу соответствует величине температуры поверхности проволоки на входе в волоку. Затем наблюдается интенсивный рост температуры при движении проволоки через деформирующую зону. Первый температурный пик $T2_{max}$ приходится на зону стыковки деформирующей и калибрующей зон. Второй температурный пик $T1_{max}$ относится к зоне окончания калибрующего пояска. Величина температуры поверхности после выхода проволоки из волоки уменьшается. Интересен факт спада температуры между двумя пиками: $T1_{max}$ меньше, чем $T2_{max}$. Поведение температурной кривой объясняется тем, что до первого пика источником тепловыделения служит энергия внутреннего трения (или пластической деформации), а также энергия контактного трения. После второго пика основной вклад в нагрев поверхности проволоки вносит контактное трение.

Данные, представленные в таблице, описываются следующими математическими зависимостями, полученными обработкой данных этой таблицы по плану регрессионного анализа:

– максимальная температура проволоки на выходе из волоки, °C

$$T1_{max} = 439,9 - 13,8\alpha + 0,8\alpha^2 + 992,3k - 826k^2 - 59,8\alpha k - 0,8\alpha^2 k + 24,6\alpha k^2 + 2,7\alpha^2 k^2; \quad (1)$$

– максимальная температура проволоки на входе в калибрующую зону волоки, °C

$$T2_{max} = 396,5 + 17,7\alpha - 0,9\alpha^2 + 639,2k - 712,3k^2 - 146,1\alpha k - 7,2\alpha^2 k + 163,5\alpha k^2 - 8,3\alpha^2 k^2; \quad (2)$$

– усилие волочения проволоки, Н

$$P = 140,2 + \alpha + 258,5k - 155,9k^2 - 38,5\alpha k + 1,4\alpha^2 k + 37\alpha k^2 - 1,5\alpha^2 k^2. \quad (3)$$

Используя уравнения (1)–(3), можно вычислять величины данных параметров для других значений α и k , не вошедших в таблицу.

Уравнения (1) и (2) графически представляют собой криволинейные поверхности (рис. 3 и 4).

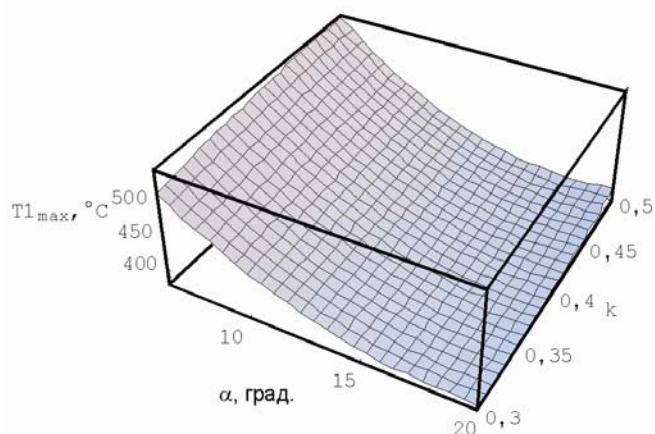


Рис. 3. Графическая зависимость максимальной температуры $T1_{max}$ проволоки на выходе из волоки от угла деформирующей зоны α и относительной длины калибрующей зоны k при коэффициенте контактного трения $f = 0,05$

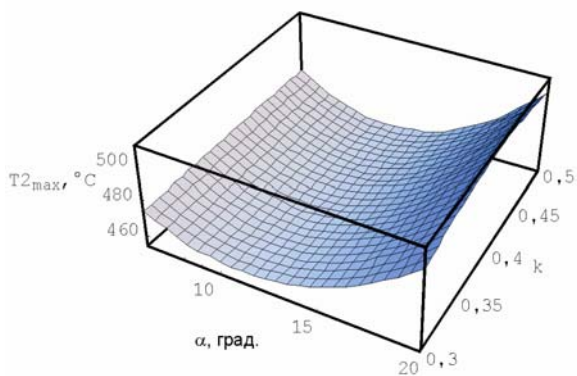


Рис. 4. Графическая зависимость максимальной температуры $T_{2\max}$ проволоки на входе в калибрующую зону волокна от угла деформирующей зоны α и относительной длины калибрующей зоны k при коэффициенте контактного трения $f = 0,05$

Совмещение поверхностей рис. 3 и 4 позволяет получить поверхность, изображенную на рис. 5. Анализ поверхности на рис. 5 показывает, что есть возможность провести линию на этой поверхности, для которой характерна минимальная температура, выбранная из максимальных значений для определенного значения α при постоянном значении величины k . Эту линию можно представить в виде графика (рис. 6). Этот график приводит в соответствие длину калибрующей зоны, выраженную через k , с оптимальным углом деформирующей зоны волокна $\alpha_{\text{опт}}$. Значения $\alpha_{\text{опт}}$ непостоянны и для определенной длины калибрующей зоны принимают свое значение. На линии отмечены численные значения максимальных температур в проволоке, соответствующих точкам графика, где размещены эти цифры. Анализ этих цифр показывает на практическое постоянство минимальных значений температур при различных значениях длин калибрующей зоны волокна.

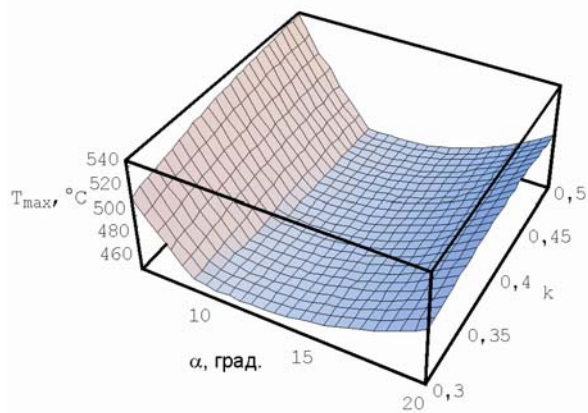


Рис. 5. Графическая зависимость максимальной температуры проволоки T_{\max} от угла деформирующей зоны α и относительной длины калибрующей зоны k при коэффициенте контактного трения $f = 0,05$

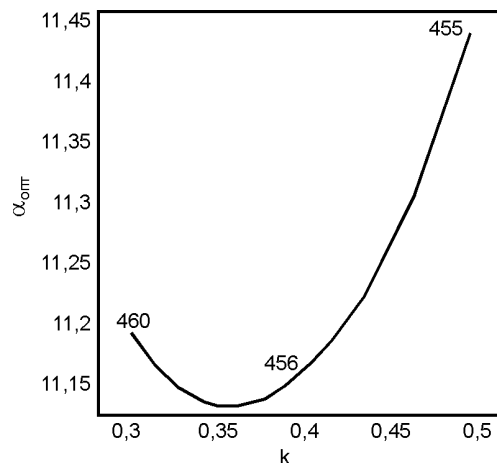


Рис. 6. Зависимость величины оптимального угла $\alpha_{\text{опт}}$ конической зоны деформирующей зоны волокна от относительной длины калибрующей зоны k при $f = 0,05$

Для сравнения волочения с обычным контактным трением и уменьшенным его значением были проведены аналогичные вышеприведенным исследования, отличающиеся коэффициентом контактного трения, сниженным до $f = 0,02$. Результаты этих вычислений приведены на рис. 7. Анализ полученных данных показывает значительное уменьшение температуры проволоки.

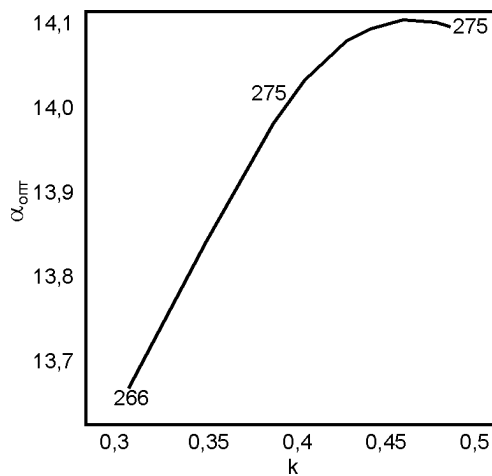


Рис. 7. Зависимость величины оптимального угла $\alpha_{\text{опт}}$ конической деформирующей зоны волокна от относительной длины калибрующей зоны при $f = 0,02$

Анализ абсолютных величин оптимальных углов волок, приведенных на рис. 6 и 7, показывает на относительно узкий диапазон их значений, что определяет возможность рационального практического использования полученных данных. Из данных графиков можно определить, что оптимальной геометрией волокна по температурному критерию для коэффициента контактного трения $f = 0,02$ является геометрия с минимально возможной длиной калибрующей зоны. При $f = 0,05$, характерном для обычного мокрого

волочения стальной латунированной проволоки со скольжением, длина калибрующей зоны при оптимальном угле конической зоны волокни мало влияет на температуру в проволоке. Характерно значительное снижение температуры проволоки при уменьшении контактного трения. Также можно определить, что для исследуемой проволоки при коэффициенте контактного трения $f = 0,05$ оптимальным средним углом является угол 11 град., а для $f = 0,02$ — угол 14 град.

Данная методика была использована для расчета маршрута тонкого волочения сверхвысокопрочной проволоки диам. 0,35 мм из заготовки диам. 1,94 мм (сталь марки 90К). Было получено распределение оптимальных углов конических деформирующих зон волокон (рис. 8). Из графика видно, что по ходу маршрута волочения углы конусов волокон должны постепенно увеличиваться от 6 до 12 град. В отличие от действующего маршрута волочения для первых пяти волокон угол конуса деформирующих зон постоянный и составляет 10 град., для последующих девятнадцати волокон угол также постоянный и составляет 12 град. В этой связи можно рекомендовать

провести практический эксперимент с измененной геометрией волокон

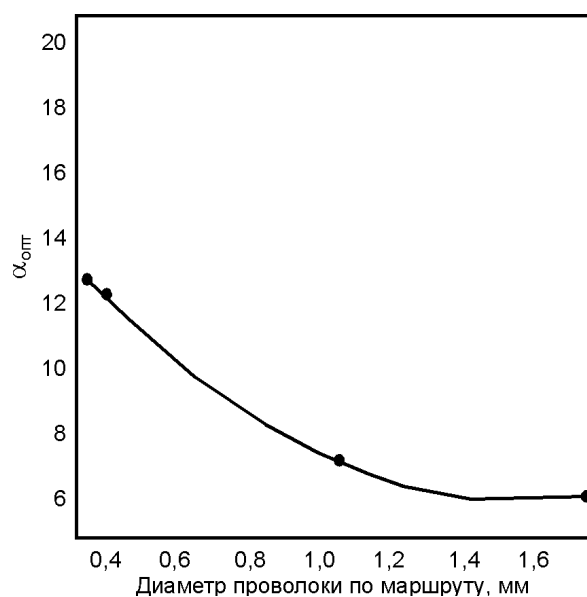


Рис. 8. Зависимость оптимального угла от диаметра проволоки при волочении с конечной скоростью 12 м/с и коэффициенте трения $f = 0,05$

Выводы

Создана методика оптимизации геометрии канала проволоки при волочении проволоки по температурному критерию, позволяющая проектировать геометрию деформирующей и калибрующей зон проволоки, обеспечивающую минимальные температуры в обрабатываемой проволоке.

Для коэффициента контактного трения $f = 0,02$ необходимо использовать минимально возможную длину калибрующей зоны.

Для коэффициента контактного трения $f = 0,05$ протяженность калибрующей зоны

существенно не влияет на температуру проволоки.

Для исследованной проволоки при коэффициенте контактного трения $f = 0,05$ оптимальным углом является угол 11 град., а для $f = 0,02$ — угол 14 град.

Предложены оптимизированные углы конусов деформирующих зон волокон для действующего маршрута волочения в ОАО БМЗ, значения которых выбираются из графика на рис. 8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние скорости волочения на температуру и напряженно-деформированное состояние в проволоке из высокоуглеродистой стали / М. Н. Верещагин, Ю. Л. Бобарикин, А. Н. Савенок и др. // *Литье и металлургия*. 2008. № 1 (45). С. 40–48.
2. Аркулис Г. Э., Дорогобид В. Г. Теория пластичности. — М.: Металлургия. 1987. — 352 с.
3. Колмогоров В. Л. Механика обработки металлов давлением. — М.: Металлургия. 1987. — 688 с.
4. Теория пластических деформаций металлов / Е. П. Унксов, У. Джонсон, В. Л. Колмогоров и др.; под ред. Е. П. Унксова, А. Г. Овчинникова. — М.: Машиностроение. 1983. — 598 с.
5. Иванов К. М., Шевченко В. С., Юргенсон Э. Е. Метод конечных элементов в технологических задачах ОМД. — СПб.: Изд-во ПИМаш. 2000. — 224 с.

ОГНЕУПОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КИТАЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

И. Г. ОЧАГОВА (ОАО «Черметинформация»)

Огнеупоры — это материалы, которые чрезвычайно важны для успешной работы промышленных отраслей с высокотемпературными про-

цессами. По этой причине производство огнеупоров часто называют «отраслью за спиной отрасли».

Текущее состояние мировой огнеупорной промышленности и изменение мирового спроса на огнеупоры

Огнеупорная промышленность пережила недавно тяжелый период в связи с мировым экономическим кризисом и влиянием многочисленных факторов, таких как консолидация отрасли, проблемы с сырьем, глобализация, энергетические и экологические проблемы, непрерывное давление со стороны потребителей в направлении более высокого качества и срока службы и снижения стоимости огнеупоров, а также непрерывное снижение мирового производства стали в 2008–2009 гг.

Черная металлургия в настоящее время — главный потребитель огнеупоров, на ее долю приходится около 70 % всей огнеупорной продукции в мире. Крупными потребителями выступают также отрасли по производству цемента и извести (7 %), химическая (4 %), стекольная (4 %), керамическая (5 %), а также цветная металлургия (5 %).

Таким образом, любые достижения или изменения в черной металлургии находят отражение в огнеупорной промышленности. Исторически огнеупорное производство успешно способствовало непрерывному созданию и усовершенствованию продукции, технологических операций, процессов, повышению экономичности, улучшению других показателей в черной металлургии и в других отраслях-потребителях. Благодаря достижениям в технологии огнеупоров современные огнеупорные материалы развились в сложные композиты, способные противостоять самым тяжелым условиям в течение все более длитель-

ного времени, что привело к снижению удельного расхода огнеупоров (табл. 1) и затрат на производство промышленных продуктов (особенно стали) и напрямую способствовало значительному продвижению по пути к обществу с устойчивым экономическим ростом [1, 2].

ТАБЛИЦА 1. УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ОГНЕУПОРОВ
В 1950–2008 гг., кг/т конечного продукта

Отрасль, страна	1950 г.	1980 г.	2000 г.	2008 г.
Черная металлургия:				
в мире	60	30	18	16
Япония	—	15	11	8
Европа	60	17	12	10
США	50	20	12	11
Китай	—	55	30	23
Цементная промышленность	2,2	1,2	0,9	0,7
Стекольная промышленность	15	12	6	5
Производство меди	—	6	4	2
Производство алюминия	26	20	14	10

Глобальный экономический спад 2008–2009 гг. негативно повлиял на спрос на огнеупоры, но рассчитывают на его восстановление с 2012 г., что должно вновь увеличить доходы огнеупорной отрасли. Согласно новейшему исследованию, выполненному компанией Freedonia Group Inc., США, мировой спрос на огнеупоры будет повышаться на 5,3 % ежегодно и составит 40,7 млн т в 2014 г. (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2. МИРОВАЯ ПОТРЕБНОСТЬ (СПРОС) В ОГНЕУПОРАХ, тыс. т

Регион	2004 г.	2009 г.	2014 г.	2004–2009 гг.	2009–2014 гг.
				(% ежегодного роста)	
Северная Америка	3305	2445	3150	–5,8	5,2
Западная Европа	3550	2725	3240	–5,2	3,5
Страны Азиатско-Тихоокеанского региона	13350	21340	27850	9,8	5,5
Другие регионы	5460	4990	6460	–1,8	5,3
Всего	25665	31500	40700	4,2	5,3

Использование неформованных огнеупоров обеспечивает экономические преимущества вследствие увеличения продолжительности эксплуатации агрегатов между перефутеровками. Рост спроса на формованные огнеупоры ожидается намного меньше, чем на неформованные.

Спрос на *формованные (штучные) огнеупоры* будет расти на 4,8 % в год до 2014 г., достигнув 22,9 млн т/год. Штучные огнеупоры продолжают широко применяться вследствие таких преимуществ, как быстрый нагрев футеровки и минимальное проникновение металлов и шлаков.

Спрос на *неформованные огнеупоры* будет расти на 6 % в год до 2014 г., достигнув 17,9 млн т в год.

В *стоимостном выражении* спрос на всю огнеупорную продукцию будет расти ежегодно на 7 %, достигнув 33,1 млрд долл. в 2014 г. Таким образом, в стоимостном выражении рост более ярко выражен по сравнению с увеличением объемов производства огнеупоров, что отражает

улучшение огнеупорных технологий. Эти технологии способствуют снижению удельных расходов огнеупоров во всех отраслях промышленности, потребляющих огнеупоры, особенно в черной металлургии (см. табл. 1), что ограничивает увеличение объемов производства, но поддерживает рост доходов вследствие более высоких цен.

Несмотря на снижение удельного расхода огнеупоров в расчете на 1 т произведенной стали, черная металлургия будет обеспечивать большие доходы до 2014 г. вследствие роста производства стали.

Что касается объемов производства, то *Азиатско-Тихоокеанский регион* является крупнейшим рынком для огнеупоров, который израсходовал свыше 2/3 мировой потребности в огнеупорах в 2009 г. и до 2014 г. останется самым быстрорастущим регионом в мире.

Более 80 % нового спроса в 2012–2014 гг. связано с Китаем [3].

Состояние огнеупорной промышленности Китая, проблемы и направления развития

Рост мирового производства огнеупоров с 20 млн т в 2000 г. до 40 млн т в 2010 г. был почти полностью обусловлен фантастическим ростом китайской огнеупорной промышленности (рис. 1) [4].

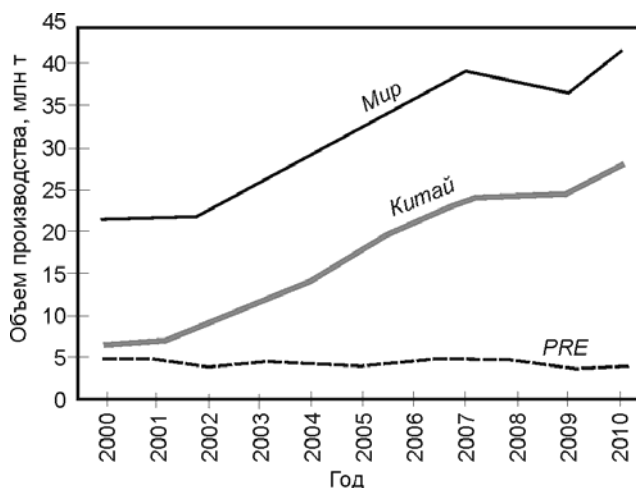


Рис. 1. Объем производства огнеупоров в мире, Китае и странах PRE (Европейская федерация производителей огнеупоров) в 2000–2010 гг.

Китай — ведущий потребитель и одновременно производитель огнеупоров; в 2009 г. объем производства огнеупоров равнялся 24,54 млн т, а в 2010 г. превысил 28 млн т (28,0806 млн т) и увеличился в годовом исчислении на 14,5 %, в том числе производство плотных формованных изделий составило почти

17 млн т (16,9892 млн т) при росте в годовом исчислении на 9 %, а производство неформованных огнеупоров приблизилось к 10,5 млн т (10,4474 млн т) при росте 24,2 % [5].

В последние пять лет производство шамотных и бокситовых изделий сократилось, а выпуск углеродсодержащих и специальных огнеупорных изделий, а также неформованных огнеупоров увеличился [6].

Развитие мировой огнеупорной отрасли зависит от поставок таких жизненно важных видов минерального сырья, как магнезит и боксит, которые в значительной степени импортируются из Китая. На Всемирном огнеупорном конгрессе UNITECR 2011 (30 октября – 2 ноября 2011 г., г. Киото, Япония) значительное внимание было уделено Китаю как основному игроку на рынке огнеупорного сырья. Отмечено, что 78 % всего добываемого в этой стране огнеупорного сырья идет на экспорт, что приводит к дефициту качественного сырья на внутренних рынках самого Китая и тормозит программы развития этой отрасли внутри страны. В связи с этим следует ожидать еще более строгого контроля за эксплуатацией минеральных ресурсов Китая. В первую очередь это касается боксита: квоты на экспорт снижены с 830 тыс. т в 2011 г. до 700 тыс. т в 2012 г. [7, 8].

8 % общей мировой добычи боксита и 50 % периклаза приходится на Китай. В табл. 3 пред-

ставлены восемь лидирующих в мире стран-экспортеров огнеупорного сырья в последние три года. Сообщают о том, что 90 % периклаза в Ев-

ропе было импортировано из Китая и 46 % китайского графита было экспортировано [9].

ТАБЛИЦА 3. ОБЪЕМ ЭКСПОРТА ОГНЕУПОРНОГО СЫРЬЯ В 2008–2010 гг. ИЗ ВОСЬМИ ЛИДИРУЮЩИХ СТРАН-ЭКСПОРТЕРОВ

Страна	2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	объем, ×10 ³ т	стоимость, ×10 ³ долл.	объем, ×10 ³ т	стоимость, ×10 ³ долл.	объем, ×10 ³ т	стоимость, ×10 ³ долл.
Китай	3895	1703030	1939	805900	3908	1893620
США	1581	334420	1113	226480	1467	352040
Нидерланды	636	325950	383	188680	573	342970
Германия	267	252490	194	175940	256	248730
Украина	4859	215640	2022	97390	3642	169940
Япония	33	98030	26	87710	37	137940
Бельгия	202	142040	149	98390	203	136340
Россия	335	109160	164	73650	359	116220

В последние 30 лет на фоне быстрого роста экономики Китая огнеупорная промышленность этой страны также вступила в период ускоренного развития и достигла значительных количественных и качественных показателей. Однако китайские огнеупоры в большинстве представляют собой трудоемкие и ресурсоемкие продукты. В нынешней огнеупорной отрасли Китая существует целый ряд проблем, которые препятствуют развитию и сужают перспективы отрасли: малая мощность предприятий и низкая степень концентрации производства, избыточные мощности, загрязнение окружающей среды, неупорядоченная добыча огнеупорного сырья, беспорядочная конкуренция, ведущая к ценовым войнам и низкой рентабельности. Без решения этих проблем невозможно устойчивое развитие производства огнеупоров в Китае.

В 2003 г. существовало более 1400 огнеупорных предприятий (компаний), расположенных главным образом в таких провинциях, как Хэнань (Henan), Шаньси (Shanxi), Ляонин (Liaoning), Шаньдун (Shandong), богатых минеральными ресурсами для производства огнеупоров, и только шесть предприятий были включены в список крупных предприятий (согласно определению крупного промышленного предприятия национального масштаба), издаваемый правительством. Сюда относятся предприятия с общим основным капиталом 400 млн юаней, годовым объемом продаж 300 млн юаней и числом занятых более 2000. Это означает, что 99 % предприятий в огнеупорной промышленности Китая относились к мелким и средним. Кроме того, некоторые мелкие предприятия были к тому же плохо оборудованы.

Несмотря на изменения, которые произошли в последние годы, концентрация производства в огнеупорной отрасли Китая остается низкой: в 2009 г. количество огнеупорных предприятий все еще превышало 2000 [10].

Всего в Китае действуют более 3000 предприятий по добыче огнеупорного сырья и производству огнеупоров с общей численностью персонала выше 500 тыс. человек.

Китай располагает большими запасами огнеупорного сырья и дешевой рабочей силой, что привлекло многие страны и побудило создать в Китае более 100 огнеупорных предприятий в форме совместных или целиком иностранных фирм, на которых организовано производство в соответствии с требованиями зарубежных потребителей. Это помогло Китаю повысить качество продукции и расширить экспорт. Однако имеются и негативные примеры. Некоторые предприятия получили многомиллионную прибыль, пользуясь дешевыми китайскими ресурсами и рабочей силой, но при наступлении кризиса и сокращении рынка объявили о банкротстве и задолжали большие суммы китайским поставщикам сырья.

К настоящему времени экспорт огнеупоров и огнеупорного сырья в Китае достиг 6 млн т; было бы целесообразно не увеличивать его впредь, но при этом следует стимулировать экспорт высокотехнологичных продуктов с высокой добавленной стоимостью [6].

В 2010 г. экспорт огнеупорного сырья и продукции составил 5,6976 млн т и увеличился за год на 68,25 %, в том числе объем экспорта сырья равнялся 3,9048 млн т (рост в годовом исчислении на 101,37 %), а объем экспорта готовой продукции — 1,7928 млн т (рост на 23,87 %) [5].

В 2011 г. произошло *снижение объемов экспорта* большинства огнеупорных сырьевых материалов по сравнению с предыдущим 2010 г.

Объем экспортных поставок китайского *плавленого периклаза* в 2011 г. составил 345,7 тыс. т, что ниже на 26,5 % по сравнению с предыдущим годом; *спеченного периклаза* — 581 тыс. т (снижение на 20,45 %), *коричневого корунда* — 670 тыс. т (рост на 3,1 %), *природного чешуйчатого графита* — 149 тыс. т (снижение на 20,8 %), *карбида кремния* — 216,2 тыс. т (снижение на 3,1 %) [11].

Главными объектами импорта в категории огнеупорного сырья для Китая остаются циркон и хромит. Объемы импорта огнеупоров из года в год сокращались. В 2010 г. Китай импортировал около 33 тыс. т огнеупоров общей стоимостью 100 млн долл. Средняя импортная цена равнялась 3190 долл/т, т. е. в 5 раз выше экспортной. Общий объем импорта огнеупорного сырья составил 1,02 млн т, а в стоимостном выражении — 600 млн долл., при средней импортной цене 647 долл/т [6].

Для поддержания конкурентоспособности на мировом рынке после финансового кризиса Ки-

тай должен перестроить свою экономику с учетом ограничения ресурсов, энергии и фактора окружающей среды. С этой целью поставлены следующие задачи:

- в полном объеме разрабатывать месторождения и всесторонне использовать огнеупорные сырьевые материалы вследствие нехватки запасов некоторых видов огнеупорного сырья;

- оптимизировать структуру огнеупорной продукции в соответствии с потребностью экономить энергию в энергозатратных отраслях промышленности и разрабатывать новые энергосберегающие огнеупорные материалы с целью снижения потребления энергии в процессах производства огнеупоров;

- осваивать высокоэффективные бесхромистые огнеупоры и исследовать технологии, позволяющие избежать образования шестивалентного хрома Cr^{6+} для минимизации отрицательного влияния на окружающую среду;

- повторно использовать отслужившие огнеупоры (рециклинг) и снизить потребление минеральных ресурсов, расход энергии и твердые выбросы [12].

Исследования огнеупоров, удовлетворяющих требованиям сталеплавильного производства

Китайская компания Baoshan Iron & Steel Co. (Baosteel), основываясь на проведенных исследованиях огнеупоров, сформулировала следующие требования к огнеупорам для развития технологии производства сталей: высокая надежность, высокая эффективность, экономия энергии и экологическая безопасность [13].

Структуру потребления огнеупоров на металлургических предприятиях рассчитала американская компания ANH Refractories, %: сталеразливочные ковши — 40; дуговые сталеплавильные печи — 27; промежуточные ковши — 6; доменные печи — 6; кислородные конвертеры — 6; ковши для чугуна — 5; конвертеры AOD — 2; вакууматоры, изделия для регулирования потока и нагревательные печи — по 1 [7].

Обеспечение высокой стойкости футеровки конвертеров. Технология комбинированной продувки — одна из ключевых в сталеплавильном производстве, которая способствует сокращению продолжительности плавки, снижению содержания FeO в шлаке, выравниванию температуры и состава жидкой стали. По мере совершенствования технологии выплавки чистых сталей важность комбинированной продувки только повышается. Опыт Baosteel показывает, что следует обратить особое внимание на эффективность донной продувки, а потому — тщательно исследовать состояние пористых вставок как наиболее сложных элементов днища конвер-

тера. Это ключевой момент технологии комбинированной продувки, и следует стремиться к повышению стойкости элементов системы донной продувки.

Повышение стойкости футеровки конвертера означает улучшение рабочего состояния конвертера, которое включает два аспекта: гарантированную эффективность донной продувки и стремление к высокой суточной производительности (повышение частоты выпусков плавок). Стойкость футеровки конвертера на Baosteel составляет около 6000–7000 плавок, а доля плавок с эффективной комбинированной продувкой — около 85 %.

Исследование зависимости между состоянием пористой пробки и толщиной днища по времени кампании шести конвертеров Baosteel в 2008 г. показало, что после 2000 плавок остаточная толщина днища испытывает сильные колебания, и это вызывает нестабильность состояния пористой пробки. Шлак оказывает сильное влияние на состояние пробок, что обуславливает колебания остаточной толщины днища.

Важно ограничить колебания остаточной толщины днища и поддерживать пористые пробки в удовлетворительном состоянии. Задача состоит в том, чтобы, регулируя режим раздува шлака для создания шлакового гарнисажа на футеровке конвертера и пористых пробках, поддерживать остаточную толщину днища более

800 мм в течение первых 2000 плавов, в пределах 600–800 мм — в период 2000–4000 плавов, в пределах 400–700 мм — после 4000 плавов в конце кампании.

Конструкция и технология изготовления пробки для донной продувки конвертера имеют большое значение для достижения высокой стойкости изделия. Определяют параметры конкретного сталеплавильного процесса: температуру жидкой стали, расход газа на донную продувку, состав шлака, и анализируют их влияние. На основе этих данных можно настроить интенсивность продувки таким образом, чтобы на верхней части пробки образовалась грибовидная настель. При изготовлении пробки строго контролируют загрузку и измельчение материала, а в особенности — условия изостатического пресования и сварки, чтобы гарантировать герметичность газовой камеры и беспрепятственную проходимость трубок.

Кроме того, заменили традиционные углеродсодержащие смеси для горячего ремонта футеровки более экологически чистыми безуглеродистыми саморастекающимися материалами, которые обеспечили удовлетворительные результаты [13].

Огнеупоры для процессов рафинирования в циркуляционных вакууматорах. Циркуляционные вакууматоры (RH) используются для рафинирования чистых сталей разных классов. В последние годы вакууматоры RH активно распространялись и нашли применение на многих металлургических заводах при выплавке ультранизкоуглеродистых сталей высокой чистоты.

Среди всех участков интенсивного износа в наибольшей степени изнашиваются патрубки и горловины. Стойкость футеровки патрубка обычно составляет 20–30 % от стойкости нижней части вакуум-камеры.

Реализуются различные пути повышения стойкости футеровки вакууматоров RH:

1. Для разных типов сталей требуются футеровки из разных материалов, рассчитанные на разные условия рафинирования. Металлургическим заводам можно предложить выбирать один или два типа стали для рафинирования в пределах кампании вакууматора.

2. Футеровку вакууматора RH выполнять по зонам в соответствии с механизмами износа.

3. Скорость износа огнеупорной футеровки существенно зависит от температуры рафинирования. Рабочая температура не должна превышать 1650 °С.

4. Чтобы уменьшить повреждение огнеупоров в нерабочие периоды, необходимо сохранять температуру агрегата на уровне не ниже 900 °С.

5. Чтобы увеличить количество плавов за кампанию (стойкость огнеупоров), продолжи-

тельность вакуумной обработки не должна превышать 40 мин на плавку.

6. Элементами, подверженными наиболее интенсивному износу, являются патрубки вакууматора. В периоды замены патрубков возможен ремонт торкретированием нижней части вакуум-камеры, днища и горловин.

7. Необходимо разрабатывать экологичные огнеупорные материалы исходя из новых технологий рафинирования и новых марок сталей [14].

Огнеупоры для вакууматоров RH совершенствовались параллельно с развитием процесса вакуумного рафинирования; от изделий на бокситовой основе, которые применяли в начальный период, перешли к обычным обожженным периклазохромитовым, на смену которым пришли периклазохромитовые изделия с прямой связью и с электроплавными зернами (частично или полностью). Благодаря совершенствованию технологии материала стойкость футеровки камеры вакууматоров RH значительно повысилась, несмотря на все более тяжелые условия службы. Однако при высокой температуре и высокоосновной среде, особенно при окислительной атмосфере и некоторых основных оксидах, таких как Na_2O , K_2O и CaO , огнеупоры, содержащие Cr_2O_3 , могут стать источником шестивалентного (Cr^{6+}) хрома, образованного из трехвалентного (Cr^{3+}). Шестивалентный хром является канцерогеном, вредным для человеческого организма, и легко растворяется в воде. Между тем хром может существовать и в газовой фазе. При выделении в атмосферу он загрязняет среду. Для предотвращения опасного воздействия шестивалентного хрома некоторые промышленно развитые страны приняли законы, направленные против применения периклазохромитовых изделий, и существует острая необходимость в разработке новых продуктов взамен периклазохромитовых [13].

Вследствие этого очень важным предметом исследований становится разработка бесхромистых огнеупоров, таких как MgO -шпинель- ZrO_2 , MgO - ZrO_2 и MgO -шпинель- TiO_2 .

Поскольку диоксид циркония имеет отличные высокотемпературные свойства, такие как химическая инертность, низкое давление насыщенного пара и отличная износостойкость, провели интенсивные исследования MgO - ZrO_2 -огнеупоров, которые продемонстрировали существенные возможности для замены MgO - Cr_2O_3 -огнеупоров в футеровке циркуляционных вакууматоров.

Китайская компания Ruitai Materials Technology Co. исследовала устойчивость MgO - ZrO_2 -огнеупоров к шлаковой коррозии тигельным методом.

Результаты показывают, что при воздействии шлака с низкой концентрацией SiO_2 и высокой

основностью (CaO/SiO_2) диоксид циркония ZrO_2 взаимодействует с CaO , образуя цирконат кальция, что упрочняет материал и блокирует каналы инфильтрации шлака; это благотворно влияет на шлакоустойчивость MgO-ZrO_2 -огнеупоров.

При воздействии шлака с высокой концентрацией SiO_2 и низкой основностью (CaO/SiO_2) диоксид циркония ZrO_2 также взаимодействует с CaO , образуя цирконат кальция, и одновременно происходит формирование еще одного соединения C_2S . Эти соединения заполняют поры и блокируют каналы инфильтрации шлака. Кроме того, тонко диспергированные CaZrO_3 и C_2S могут также повышать вязкость шлака и снижать динамику шлаковой диффузии, способствуя улучшению коррозионной стойкости огнеупоров [15].

Для замены хромсодержащих огнеупоров в циркуляционных вакууматорах RH компанией Yingkou Qing Hua Refractories Co. были изготовлены MgO-ZrO_2 -огнеупоры с содержанием диоксида циркония ZrO_2 11 %. В качестве сырья использовали MgO и моноклинный ZrO_2 . Установили, что в результате образования CaZrO_3 в рабочем слое огнеупоров, изготовленных с использованием ZrO_2 , повысилась коррозионная стойкость к высокоосновному шлаку этих изделий по сравнению с хромомagneзитовыми огнеупорами, однако их коррозионная стойкость к низкоосновному шлаку ниже, чем у хромсодержащих огнеупоров [16].

В 2003 г. в компании Baosteel приступили к выполнению проекта по замене периклазохромитовых изделий на бесхромистые огнеупоры.

После промышленных экспериментов для верхней и средней части камеры вакууматора RH выбрали периклазошпинельные изделия с общим содержанием оксидов магния и алюминия выше 95 %. Они имеют предел прочности при изгибе ($1450\text{ }^\circ\text{C}$, 1 ч) выше 6 МПа и удовлетворительную термостойкость. Отдельные партии этих изделий уже используются в вакууматорах № 3 и 5 Baosteel, на их долю приходится 60

и 40 % потребления соответственно. Эти изделия не уступают периклазохромитовым по шлакоустойчивости и термостойкости. В период с января 2009 г. по июнь 2010 г. средняя стойкость бесхромистой футеровки верхней части камеры вакууматора RH № 3 составила 1089 плавов, а футеровки средней части — 560 плавов. В то же время стойкость периклазохромитовой футеровки верхней и нижней частей камеры равнялась соответственно 1021 и 530 плавкам. Стойкость бесхромистой футеровки верхней части камеры вакууматора RH № 5 равна 1693 плавкам, а футеровки средней части — 846 плавкам. В то же время показатели стойкости периклазохромитовой футеровки верхней и нижней частей камеры — 1631 и 814 плавов соответственно. Стойкость периклазошпинельных огнеупоров в верхней и средней частях камеры достигает уровня периклазохромитовых.

Футеровка нижней части камеры вакууматора и патрубков испытывает воздействие выплесков и эрозию потоком жидкой стали, разъедание шлаком и колебание температуры из-за периодического характера работы. Наиболее сильную эрозию и термический удар испытывают патрубки, и срок их службы меньше, чем у других частей вакууматора.

Бесхромистые огнеупорные изделия для нижней части камеры вакууматора RH должны противостоять эрозии и термическому удару жидкой ванны, а в верхней части камеры — разъеданию шлаком. На участке жидкой ванны применили корундошпинельные предварительно литые изделия нового типа, а в верхней части камеры использовали такие же периклазошпинельные изделия, как и в средней части. При таком сочетании достигли удовлетворительных характеристик. Футеровка патрубков изготовлена цельнолитой из усовершенствованного корундошпинельного материала. Химический состав и физические свойства готовых литых изделий указаны в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОГНЕУПОРОВ НИЖНЕЙ ЧАСТИ КАМЕРЫ И ПАТРУБКОВ ВАКУУМАТОРА

Показатель	Корундошпинельные готовые литые изделия	Глиноземошпинельные бетоны
Участок применения	Нижняя часть камеры	Монолитные патрубки
Кажущаяся плотность, г/см^3	$\geq 3,3$	$\geq 3,0$
Открытая пористость, %	≤ 15	≤ 17
Предел прочности при изгибе, МПа	В среднем ≥ 3 ($1450\text{ }^\circ\text{C}$, 1 ч)	≥ 13 ($1450\text{ }^\circ\text{C}$, 1 ч)
Термостойкость, теплосмен ($1100\text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение в воде)	В среднем ≥ 8	—
Массовая доля, %:		
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$	≥ 97	$\geq 95,5$
Al_2O_3	—	≥ 91
MgO	$\geq 2,0$	—

Вакууматоры RH на предприятии Baosteel — крупные агрегаты для внепечной обработки стали, предназначенные для обслуживания 300-т и 250-т конвертеров; вакууматоры имеют камеру большого диаметра и большой расход стали в контуре циркуляции. Марочный сортамент перерабатываемых сталей охватывает продукты с высокой добавленной стоимостью, такие как стали без фаз внедрения (IF), кремнистые и судостроительные стали для прокатки толстых листов. При рафинировании некоторых сталей в вакууматорах выполняются обезуглеороживание при кислородной продувке и десульфурация с вдуванием порошкового агента, что обуславливает более строгие требования по коррозионной стойкости к огнеупорам камеры и патрубков вакууматора. На Baosteel бесхромистые огнеупоры для вакууматоров RH уже составляют 50 % всего потребления огнеупоров. При заметно превосходящей стабильности и термостойкости они равноценны периклазохромитовым изделиям [13].

Футеровка ковшей для разливки и внепечной обработки стали. Вместе с непрерывным техническим развитием сталеплавильного производства продолжает повышаться температура процессов внепечной обработки и скорость непрерывной разливки, увеличивается продолжительность пребывания стали в ковшах. Процессы внепечной обработки на установках ковш-печь и в циркуляционных вакууматорах предъявляют все более высокие требования к характеристикам футеровки сталеразливочных ковшей.

На Baosteel удалось разработать оптимальную структуру футеровки. В арматурном слое дна используют бокситовые бетоны, а в арматурном слое стен — бокситовые бетоны с легковесными бокситовыми изоляционными изделиями. В рабочем слое дна и стен применяют корундошпинельные бетоны наряду с крупноразмерными литыми блоками в зоне удара струи металла; шлаковый пояс выкладывают периклазоуглеродистым кирпичом.

Разные конструкции футеровки сталеразливочного ковша показаны на рис. 2, 3.

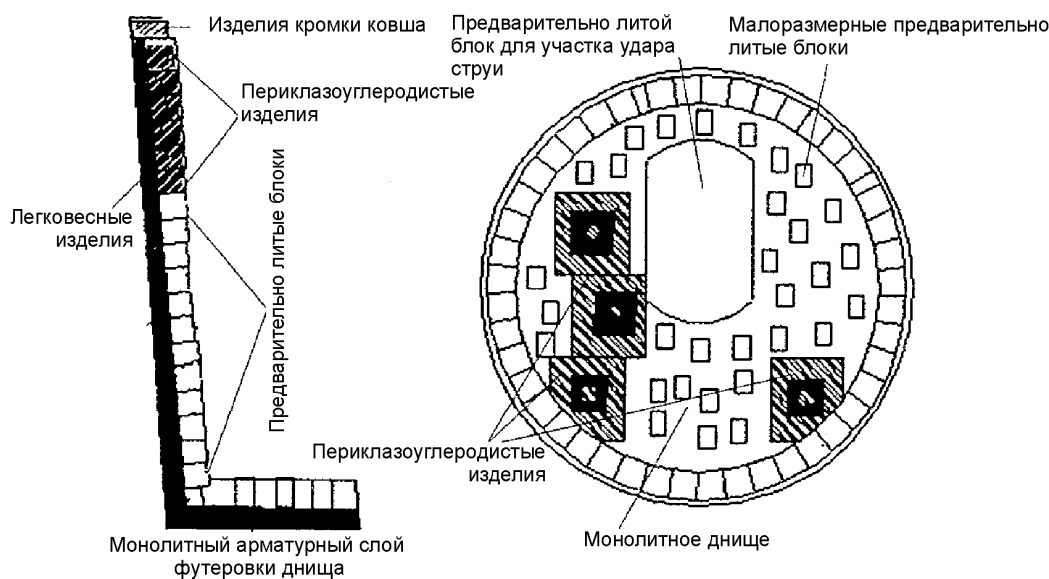


Рис. 2. Сталеразливочный ковш с футеровкой из предварительно литых блоков

На большинстве заводов черной металлургии широко применяют рабочий слой футеровки сталеразливочных ковшей из корундсодержащих периклазошпинельных бетонов, которые отличаются высокой плотностью, прочностью, хорошей коррозионной стойкостью, термостойкостью и способны обеспечить более продолжительную кампанию ковша. Бокситовые бетоны, применяемые в арматурном слое футеровки, улучшают теплоизоляцию и коррозионную стойкость футеровки, предотвращают дальнейшее проникновение жидкой стали и обеспечивают безопасность.

До 2006 г. монолитный арматурный слой состоял из волокнистых плит толщиной 18 мм и бетона толщиной 62 мм. Впоследствии вместо волокнистых плит стали выкладывать слой легковесных кирпичей толщиной 18 мм. Для сравнения их теплоизолирующих свойств измеряли величины температуры кожуха ковша. В начальный период кампании температура кожуха ковша с волокнистыми плитами в футеровке остается низкой. В середине кампании температура повышается, а в заключительный период вновь снижается. Теплоизоляция такого ковша не-

сколько лучше, чем у ковша с легковесными формованными изделиями. Волокнистые плиты хорошо удерживают тепло в начальный период, но под давлением огнеупора, испытывающего термическое расширение, плиты деформируются с уменьшением толщины до 1/3 первоначальной, и теплоизолирующие свойства быстро ухудшаются. В дальнейшем из-за усадки воло-

нистых плит огнеупорный материал арматурного слоя растрескивается, что создает опасность для ковша. Легковесные изделия имеют лучшее объемопостоянство, чем волокнистые панели, и снижают вероятность растрескивания арматурного слоя. Эта конструкция обеспечивает стабильную теплоизоляцию в течение всей кампании и применяется в сталеплавильных цехах.

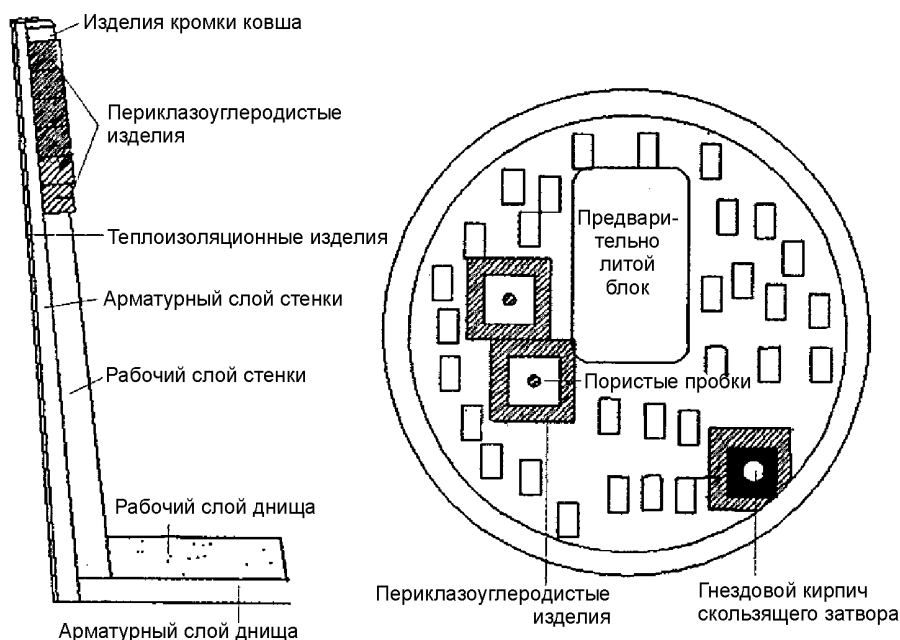


Рис. 3. Сталеразливочный ковш с монолитной футеровкой

Имея опыт локального ремонта традиционными методами, на Baosteel опробовали локальный ремонт торкретированием. Торкрет-смесь для мокрого торкретирования хорошо сцепляется с ковшевой футеровкой, без растрескивания при дальнейшей службе [13].

MgO-ZrO₂-огнеупоры в ковшах для внепечной обработки стали. В футеровке ковшей для внепечной обработки стали широко использовались огнеупоры системы MgO-Cr₂O₃ вследствие их высокой шлакоустойчивости. Однако с внедрением новой политики по охране окружающей среды использование этих огнеупоров все больше ограничивается из-за шестивалентного хрома (Cr⁶⁺). В качестве замены как соответствующие условиям эксплуатации ковшей рассматривают MgO-ZrO₂-огнеупоры, которые не содержат вредные для здоровья человека и окружающей среды вещества при обеспечении высокой коррозионной стойкости к шлаку.

Принимая во внимание эту ситуацию, провели многочисленные исследования огнеупоров MgO-ZrO₂. Свойства MgO-ZrO₂-огнеупоров, осо-

бенно устойчивость к шлаковой коррозии, нуждаются в улучшении, чтобы можно было успешно заменить MgO-Cr₂O₃-огнеупоры. Чтобы улучшить свойства MgO-ZrO₂, в огнеупоры добавляли Y₂O₃. Результаты исследования показывают, что свойства MgO-ZrO₂-огнеупоров значительно улучшились при добавке Y₂O₃, кажущаяся плотность образца с добавкой 1 % Y₂O₃ достигла максимального значения, а когда величина добавки Y₂O₃ была выше 1 %, увеличилась устойчивость к шлаковой коррозии. Это исследование должно привести к использованию MgO-ZrO₂ в футеровке ковшей для рафинирования стали [17].

MgO-CaO-огнеупоры для агрегатов внепечной обработки стали. В последние два десятилетия, особенно за последние десять лет, расцвет рафинирования стали значительно ускорил разработку и технический прогресс MgO-CaO-огнеупоров. Обожженные MgO-CaO-изделия и безобжиговые MgO-CaO-C-изделия (табл. 5) стали незаменимыми огнеупорами для рафинирования нержавеющей стали и других сталей специального назначения.

ТАБЛИЦА 5. ТИПИЧНЫЕ СВОЙСТВА MgO–CaO–C-ОГНЕУПОРОВ

Объект	Химический состав, % (мас.)						CCS, МПа	AP, %	BD, г/см ³
	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	C			
LF-шлаковый пояс	61,96	24,22	0,87	0,51	0,64	10,4	42	2,0	2,94
LF-стены и днище	62,81	25,40	0,73	0,70	0,69	7,98	56	1,1	2,97
LF-VD-стены	75,53	15,17	0,87	0,63	0,84	5,4	70	2,9	3,02
GOR-днище	57,61	27,84	1,74	1,07	0,99	11	49	1,4	2,98

CCS — предел прочности при сжатии на холоду; AP — открытая пористость; BD — кажущаяся плотность.

Эти огнеупоры применяются в печах для внепечной обработки стали, включая AOD (аргоно-кислородное обезуглероживание — argon oxygen decarburization), VOD (вакуум-кислородное обезуглероживание — vacuum oxygen decarburization), LF-VD (ковш-печь — вакуумное обезуглероживание) и GOR (газокислородное рафинирование — gas oxygen refining). Агрегаты AOD, VOD и GOR обычно используются для рафинирования нержавеющей стали средних и низких марок.

Футеровка промежуточных ковшей МНЛЗ.

Промежуточный ковш — емкость с расплавленной сталью между ковшом и кристаллизатором — играет важную роль в производстве чистой стали и процессе непрерывной разливки. Таким образом, качество огнеупорных материалов для промковша важно для ликвидации включений в жидкой стали, стабилизации потока расплавленной стали и повышения качества непрерывнолитой стальной заготовки.

Разработаны новые сухие виброогнеупоры на основе периклаза для футеровки собственно промковшей, шлакового порога на основе периклаза и перегородки, создающей пузырьковую завесу.

Сухие огнеупорные образцы на основе MgO были изготовлены набивкой с вибрацией из периклаза среднего сорта (MgO = 95,20 %, CaO = 1,11 %, SiO₂ = 2,02 %, Fe₂O₃ = 0,62 %, Al₂O₃ = 0,80 %) как заполнителя, высокочистого периклаза (MgO = 96,58 %, CaO = 0,74 %, SiO₂ = 0,72 %, Fe₂O₃ = 0,8 %, Al₂O₃ = 0,20 %) как матрицы и связующего. Новые сухие огнеупоры, укладываемые с вибрацией, применяются в футеровке промковшей на многих металлургических заводах [18].

Огнеупоры на основе MgO заменили бокситовые огнеупоры в шлаковых порогах промковшей в соответствии с потребностями в производстве чистой стали. Однако пороги на основе MgO имеют более короткий срок службы вследствие их низкой прочности, низкой термостойкости, низкой устойчивости к проникновению шлака.

Чтобы улучшить эксплуатационные качества MgO-бетонов, исследовали влияние ферронитрида кремния на их механические свойства и шлакоустойчивость. Лучшие результаты получены при добавке 2–3 % ферронитрида кремния [19].

Срок службы порогов для промковшей из периклазовых бетонов ниже, чем из алюмомагнезиальных бетонов, однако, теоретически, они в меньшей степени загрязняют расплав. Известно, что периклазовый бетон лучше служит в зоне расплава, а алюмомагнезиальный бетон — в шлаковом поясе.

Компания Hongying Group Co. изучила комбинированный порог промковша, состоящий из периклазового бетона в зоне расплава и алюмомагнезиального бетона в шлаковом поясе. Полученный комбинированный элемент футеровки позволил снизить загрязнения расплава и оказался более коррозионостойким и экономически выгодным, чем порог из мономатериала. В результате исследований пришли к выводу, что для согласования времени схватывания двух бетонов следует использовать в качестве добавки микрокремнезем, а время вибрации зависит от того, какой метод формования использовали — “вверх-вниз” или “влево-право” [20].

Функциональные огнеупоры для высокоскоростной непрерывной разливки. Функциональные огнеупорные изделия — погружные стаканы (submerged entry nozzle SEN), защитные трубы и стопоры-моноблоки — это ключевые огнеупоры для непрерывной разливки стали. При высокоскоростной непрерывной разливке традиционные функциональные огнеупоры разрушаются, и все чаще возникает потребность в высокоэффективных функциональных огнеупорах для непрерывной разливки.

Путем численного и горячего моделирования срок службы защитных труб без предварительного нагрева был увеличен с 8 ч до более чем 12 ч.

С помощью моделирования на водяной модели была значительно улучшена картина потока в кристаллизаторе, а с помощью горячего моделирования и подбора состава материала

также существенно повышены срок службы и надежность погружных стаканов [21].

Если погружной стакан растрескивается или происходит его закупоривание, то не только прерывается процесс разливки, но и серьезно может пострадать качество заготовок. В связи с этим возникла необходимость проанализировать термические напряжения погружного стакана в непрерывной разливке, чтобы выбрать рациональную структуру и улучшить свойства погружного стакана.

С использованием программ CFX и ANSYS в Уханьском научно-технологическом университете были смоделированы поле распределения температуры предварительного нагрева, поле температуры в переходном процессе и поле термических напряжений погружных стаканов во время разливки стали. Сделаны следующие выводы.

1. В процессе разливки жидкой стали погружной стакан подвергается значительному термическому удару, и температура претерпевает огромные изменения за короткое время; в частности, температура в зоне от узкой части до верхней поверхности стакана варьируется существенно по мере изменения формы, в то время как температура других частей в основном стабильна.

2. Соответственно, термическое напряжение во внутренней стене при контакте с расплавленной сталью очень небольшое, а во внешней стене — значительно выше. Поле термических напряжений со временем постепенно снижается в радиальном направлении стакана.

3. Температура предварительного нагрева оказывает существенное влияние на поле термических напряжений. Чем выше температура предварительного нагрева, тем ниже термическое напряжение стакана в процессе разливки стали [22].

Тип и конструкция погружных разливочных стаканов. Для регулирования потоков в кристаллизаторе разработаны разливочные стаканы различных типов и конфигураций, относящиеся к разным поколениям (рис. 4). Естественное течение создавали стаканы с прямым выходом (см. рис. 4, а) — непогружаемые или погружаемые, — которые использовали в начальный период применения непрерывной разливки, а ограниченное течение получали с погружными стаканами с боковым выходом — более традиционные или новейших конструкций (см. рис. 4, б–д).

На рис. 5 показаны кривые, отражающие влияние стаканов первых трех типов (а–в) на ка-

чество сляба. Качество при разливке через стакан с боковыми выходными отверстиями значительно выше, чем через стакан с прямым выходом. Еще выше качество при использовании стакана с продувкой аргоном. Поэтому вполне естественно, что стаканы с боковым выходом получили повсеместное распространение.

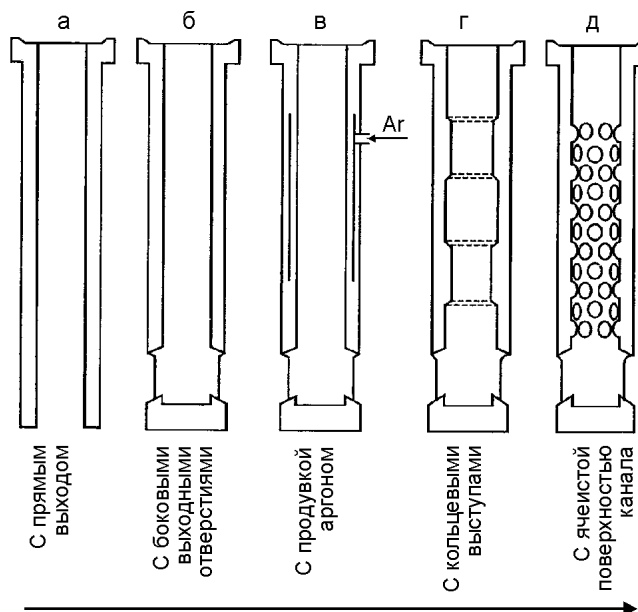


Рис. 4. Эволюция типов и конфигурации погружных разливочных стаканов

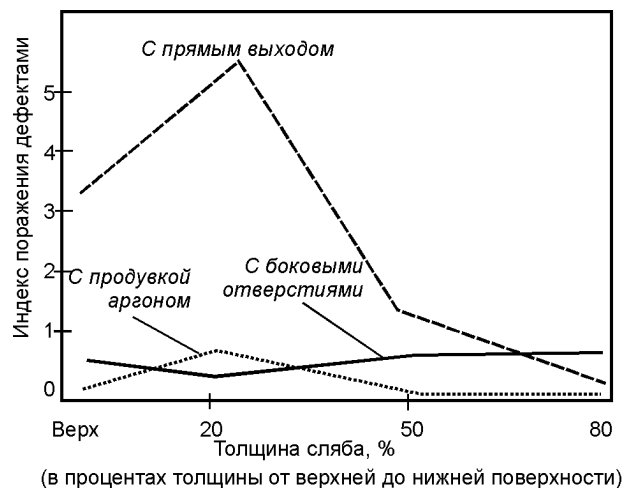


Рис. 5. Качество слябов при разливке через погружные стаканы разных типов

Погружные стаканы с кольцевыми выступами в канале и с ячеистой гофрированной поверхностью канала — более совершенные продукты, созданные в ответ на строгие требования технологии производства чистой стали. Специальная форма внутренней поверхности придает им спо-

способность создавать динамическую нагрузку и корректировать поток в канале, смещаемый из-за частичного взаимного перекрытия плит скользящего затвора, что создает картину потоков в кристаллизаторе, более благоприятную для получения чистой стали. Это важно для уменьшения дефектов в слябе, особенно при разливке стали без фаз внедрения, так как эти стали отличаются худшими литейными свойствами и чувствительны к схеме потоков в кристаллизаторе.

Химический состав материалов разливочных стаканов. Вместе с развитием непрерывной разливки и технологии производства чистой стали сильно изменился и химический состав материала разливочных стаканов (рис. 6).

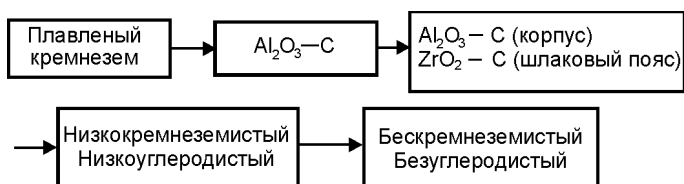


Рис. 6. Изменение химического состава материалов разливочных стаканов

Поскольку кремнезем в огнеупорах неблагоприятен с точки зрения чистоты стали, стаканы из плавленного кремнезема долгое время не использовали. Главным продуктом для непрерывной разливки оставались стаканы из $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -огнеупоров, но для чистой стали они нежелательны, так как содержат некоторое количество плавленного кремнезема. Для технологии чистой стали разработали низкокремнеземистые и низкоуглеродистые стаканы, а для ультранизкоугле-

родистых сталей, например, сталей без фаз внедрения, — стаканы из материала, не содержащего ни кремнезема, ни углерода [23].

В погружных разливочных стаканах и стопорах-моноблоках при непрерывной разливке стали используются $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -огнеупоры, отличающиеся высокой прочностью, термостойкостью и шлакоустойчивостью.

Основная проблема состоит в том, что углерод, входящий в их состав, как правило, в виде графита и фенольной смолы, склонен к окислению при высоких температурах, в результате чего структура $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -огнеупоров разрушается. В качестве антиокислительной добавки были выбраны различные металлические и неметаллические порошки карбидов (SiC , B_4C), боридов (CaB_6 , ZrB_2 и т. д.) и нитридов (AlN , BN , Si_3N_4 , $\beta\text{-SiAlON}$).

Институтом высокотемпературных материалов Хэнаньского университета науки и технологии, г. Лоян, изучено влияние добавки композиционного порошка системы ZrO_2 -нитриды на устойчивость $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -огнеупоров к окислению. Композиционные порошки ZrO_2 -нитриды синтезировали методом карботермического восстановления и азотирования циркония и исследовали механизм повышения устойчивости $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -огнеупоров к окислению после введения их добавки. Было установлено, что устойчивость $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -огнеупоров к окислению может быть значительно улучшена добавкой порошка ZrO_2 -нитриды, так как формирование муллита и циркония в окисляемом слое приводит к его уплотнению, что предотвращает диффузию кислорода и повышает устойчивость к окислению [24].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lee W. E., Guimaraes de Sa R., Zhang S. Challenges and opportunities for the refractory industry — An academic perspective // *Refractories WorldForum*. 2010. V. 2. № 3. P. 23–31.
2. Into the fire // *Industrial Minerals*. 2009. № 10. P. 28–43.
3. Deneen M. Global Refractories set for recovery // *Industrial Minerals*. 2011. № 5. P. 29–30.
4. Schmidt-Whitley R. The Success Story of European Refractories // *Refractories worldforum*. 2012. 4. № 2. С. 37–40.
5. Dianli Hu, Hefei Sun. Production and running status of China's refractories and main downstream industries in 2010 // *China's Refractories*. 2011. V. 20. № 2. С. 1–7.
6. China's Refractories Production and International Trade / Xin Ming, Pan Shangxin, Fu Lili, Li Chaowen // *Ibid*. 2011. V. 20. № 3. P. 1–5.
7. Feytis A. Refractories rising // *Industrial Minerals*. 2010. № 9. P. 51–59.
8. O'Driscoll M. Refractory reflections in Kyoto // *Ibid*. 2011. № 12. P. 29–31.
9. Hongxia Li. Development of the Refractory Industry in China with Restricts of Resource, Energy and Environment Factors // *Refractories Worldforum*. 2012. V. 4. № 2. P. 31–36.
10. Liu Jie-Hua. Problems in China's Refractories Industry and Future Sustainable Development // *Ibid*. 2011. V. 3. № 1. P. 37–40.
11. Import and Export of Some Refractory Raw Materials of China in 2011 // *China's Refractories*. 2012. № 1. P. 49.
12. Hongxia Li. Development of Refractory Industry in China with Restricts of Resource, Energy and Environment Factors // *Ibid*. 2010. V. 19. № 4. P. 1–4.
13. Yiyu Zheng, Jining Mou, Zhongming Shen. Research on refractories technology to meet the demands of steel-making process // *Ibid*. 2011. V. 20. № 4. P. 15–21.

14. Zhaoyou Chen. Refractories for RH Degassers and Ways of Improving Their Lining Life // Ibid. 2010. V. 19. № 2. P. 1–18.
15. Slag Corrosion Resistance of MgO-ZrO₂ Refractories / Yuan Lin, Chen Songlin, Zeng Lujun et al. // Ibid. 2012. № 1. P. 17–21.
16. Corrosion Resistance Mechanism of Magnesia Zirconia Brick to RH Furnace Slag / Yin Guoxiang, Pan Bo, Gao Xinkui, Sun Jialin // Ibid. 2011. № 3. P. 11–17.
17. Yu J., Wang C., Yuan L. Effect of Y₂O₃ Addition on the Properties of MgO–ZrO₂ Refractory // Interceram Refractories Manual. 2011 [1]. P. 44–47.
18. Xinkui Gao, Guoxiang Yin. Application of MgO–CaO Refractories in Secondary Refining Furnaces // China's Refractories. 2012. № 1. P. 11–16.
19. Junbo Tu. Research Development on Refractory Lining for Continuous Casting Tundish // Ibid. 2012. № 1. P. 26–30.
20. Peizhong Yan, Ning Tang, Xiaoxing Ye. Research on Composite Slag Dam Cast with Magnesia Castables and Alumina Magnesia Castables // Ibid. 2011. V. 20. № 1. P. 22–26.
21. Structure and Material Design of High Performance Functional Refractories for High-speed Continuous Casting / Li Hongxia, Liu Guoqi, Yang Wengang et al. // Ibid. 2012. № 1. P. 1–5.
22. Coupled Thermal Stress Analysis of Submerged Nozzle during Casting / Hui-xin Luo, Feng Zeng, Ya-wei Li et al. // Refractories Applications and News. 2010. V. 15. № 4 (July/August). P. 7–11.
23. Yulian Lin. Roles and progress of refractories for clean steel technology // China's Refractories. 2011. V. 20. № 2. P. 8–15.
24. Effect of ZrO₂-nitrides Composite Powder Addition on Oxidation Resistance of Al₂O₃-C Refractories / Zhang Mengmeng, Yu Renhong, Zhou Ningsheng // Ibid. 2011. V. 20. № 3. P. 22–25.

Металлургическое оборудование и литейное производство

УДК 669.02

ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. Е. СУШКО, канд. техн. наук (ООО «ДИАМЕХ 2000»)

Практика развития диагностики в металлургии

Массовое внедрение средств технического диагностирования на предприятиях металлургии совпало с экономическим подъемом начала – середины 2000-х годов. Анализируя существующий опыт развития направлений технической диагностики на этих предприятиях, можно выделить три основных пути:

- выборочное эпизодическое несистемное диагностирование предаварийного оборудования путем привлечения сторонних экспертов либо силами собственной малочисленной службы (как правило, один-два человека);

- периодический контроль всего парка оборудования согласно существующему графику с использованием переносной контрольно-измерительной аппаратуры (стационарные и стендовые системы, как правило, широко не используются) силами собственной службы диагностики численностью от 20 до 30 человек;

- периодический или постоянный контроль всего парка оборудования согласно существующему графику с использованием широкого арсенала внешних средств технического диагностирования (переносных приборов, стационарных

систем, стендовых комплексов) силами собственной службы диагностики численностью от четырех до шести человек.

Предприятия первой группы, как правило, в силу ряда административно-организационных либо финансовых причин прекратили развитие технического диагностирования, ограничившись выборочной закупкой небольшого числа простейших внешних средств диагностики — в большинстве случаев виброанализаторов и программного обеспечения. Процесс аппаратно-программного оснащения обычно происходил спонтанно, и ему не предшествовала внятная техническая политика, включающая подготовительную работу по написанию программы развития или плана оснащения. Зачастую приобретались самые дешевые или первые попавшиеся приборы, в подавляющем большинстве случаев не соответствующие специфике решаемых задач.

Средства на обучение персонала на таких предприятиях выделялись нерегулярно, а методологическое обеспечение отсутствовало полностью. В результате специалисты, лишённые возможности полноценного обучения и общения

с коллегами с других заводов и не имеющие разработанного и утвержденного плана действий, необходимых методик диагностики, базовых инструкций по сбору и анализу данных, вынуждены были с нуля осваивать новое для себя направление деятельности. Эффективность их работы в силу перечисленных причин была крайне низка, диагностические заключения носили поверхностный характер и не вызвали доверия служб цехов по причине их низкой достоверности. В зависимости от политики технического руководства со временем такие службы либо расформировывались, либо переходили в стадию стагнации (диагностики для собственных нужд и потребностей). Ни о каком существенном экономическом эффекте для предприятия данной группы в этом случае говорить не приходилось.

Свою негативную роль в судьбе служб диагностики на многих предприятиях сыграли и экспертные системы, пропагандируемые рядом недобросовестных фирм-поставщиков как панацея от всех бед. На практике такие системы нуждаются в операторе высокой квалификации, а их заключения требуют перепроверки, о чем умалчивает большинство производителей. Руководство, поддавшись на убедительные доводы в пользу «удивительных» возможностей таких программ, начинает требовать от своих вновь набранных подчиненных незамедлительных результатов, и наступает быстрое разочарование: в лучшем случае — разочарование от программ, в худшем — от самой идеи внедрения методов технического диагностирования.

Наименее эффективный подход к организации диагностирования, существующий на ряде предприятий первой группы, — совместительство. В этом случае специалиста, занимающегося своими непосредственными служебными обязанностями, заставляют в свободное от основной работы время выполнять диагностирование, что натывается на стену непонимания и отторжение.

Предприятия второй группы находятся гораздо в более выигрышном положении. Персонал служб диагностики хорошо укомплектован внешними средствами технического диагностирования, обучен и аттестован, имеется проработанное методологическое обеспечение. Единственная проблема таких предприятий — отсутствие проработанной стратегии эффективного и оптимального развития диагностики, включающей план комплексного оснащения различными видами внешних средств технического диагностирования (переносных, стационарных и стен-

довых). Как правило, развитие таких служб происходило эволюционно.

Малочисленная, хорошо обученная и подготовленная служба диагностики численностью четыре-пять человек, экипированная, как правило, переносной виброизмерительной аппаратурой, необходимым программным и методологическим обеспечением, демонстрировала хорошие показатели работы в одном или нескольких цехах и убеждала в эффективности внедрения технологий диагностирования в рамках всего завода. Дополнительно к проведению вибрационной диагностики на службы возлагалась ответственность за выполнение и/или контроль мероприятий по балансировке и центровке, а также за внедрение других методов контроля (в первую очередь тепловизионного). В силу существенного увеличения объемов работ перед руководством вставала дилемма: необходимо было либо увеличивать штат, либо оптимизировать деятельность службы путем внедрения комплекса средств технического диагностирования (прежде всего стационарных систем и стендов различного назначения) и делегирования полномочий по первичному сбору данных службам цехов (внедрение простейших тестеров — виброметров и пирометров). Ввиду отсутствия комплексной программы поэтапного развития предпочтение отдавалось первому варианту. Эти действия со временем приводили к чрезмерному разрастанию численности персонала службы и снижению эффективности ее деятельности (существенно возрастают отчисления в фонд заработной платы, так как в составе службы преобладают высокооплачиваемые инженерно-технические работники, и увеличиваются затраты на приобретение дополнительных комплектов контрольно-измерительной аппаратуры).

Последующие бессистемные закупки стендовых комплексов и стационарных систем уже не могли изменить сложившейся практики. Численность службы не изменялась, а вновь закупленное оборудование передавалось другим службам (ремонтным подразделениям, отделу АСУ и т. д.). Подобный подход препятствовал обмену информацией и не позволял организовывать централизованную диагностическую базу данных, что также снижало эффективность деятельности службы диагностики. В результате, потратив значительные денежные средства на точечные приобретения диагностического оборудования, предприятие лишалось возможности его оптимального использования.

Наихудший из возможных вариантов развития технического диагностирования, существующий на некоторых предприятиях отрасли, заключается в децентрализации. Ситуация, когда службы диагностики стихийно возникают на базе различных производственных цехов, а общезаводская программа развития диагностирования отсутствует, чревата созданием нескольких независимых и, как правило, конкурирующих диагностических бригад. Причем зачастую при попытке директивного объединения подобных бригад этот процесс заранее обречен на неудачу, так как внешние средства технического диагностирования одной бригады могут быть несовместимы с измерительными средствами или программным обеспечением другой.

Предприятия третьей группы, благодаря тщательно проработанной программе поэтапного развития и наличию плана централизованного оснащения, отличаются полной сбалансированностью численности персонала диагностической бригады и имеющихся внешних средств технического диагностирования. Диагностические бригады прекрасно обучены, полностью укомплектованы всеми необходимыми аппаратно-программными средствами и методологическим обеспечением. Численность служб в большинстве случаев не превышает четырех–шести человек. Экономический эффект от деятельности таких служб максимален и существенно превосходит показатели предприятий первых двух групп.

Подходы к организации службы диагностики

1. Контроль оборудования на всех этапах жизненного цикла.

Основной целью создания и развития технического диагностирования является увеличение эффективности управления производством путем повышения надежности работы оборудования и оптимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт. Достижение этой цели невозможно без комплексного решения задач по оценке состояния промышленного оборудования на всех этапах жизненного цикла.

Новое оборудование нуждается в высококвалифицированном монтаже, а роль диагностики на этом этапе заключается в организации тщательного входного контроля вводимого в эксплуатацию оборудования путем проверки его характеристик в соответствии с действующей нормативной документацией и техническими паспортами.

На стадии эксплуатации оборудования аппаратные и программные средства технической

Достигается это путем квалифицированного комплексного использования всего доступного арсенала внешних средств технического диагностирования [переносных приборов, стендовых комплексов (контроль подшипников, электродвигателей, масла, балансировка на станке), стационарных систем различного назначения, центровщиков, тепловизоров, УЗ-дефектоскопов и т. д.] и передачи функций по первичному контролю вибрации и температуры службам цехов. Другая важная составляющая успешного функционирования диагностической бригады — грамотно проработанное методологическое обеспечение: инструкции по организации сбора данных с использованием различных методов неразрушающего контроля, диагностированию различных видов оборудования и т. д. Еще один определяющий момент, позволяющий повысить эффективность внедрения методов технического диагностирования, — организация единого информационного диагностического пространства, позволяющего в дальнейшем тесно интегрироваться с общезаводскими информационными системами.

Рассмотрим более подробно основные положения комплексного подхода к мониторингу технического состояния и диагностике роторного оборудования, позволяющие оптимальным образом организовывать деятельность служб диагностики на современном металлургическом производстве.

диагностики призваны осуществлять контроль его текущих характеристик и своевременно информировать о возникающих неисправностях.

Залогом надежной и продолжительной эксплуатации оборудования является качественный ремонт, который невозможен без контроля всех основных вибрационных параметров перед выводом в ремонт и после ремонта. Любой ремонт, включающий в себя демонтаж отдельных узлов агрегата, не может быть завершен без балансировки и центровки.

Еще один немаловажный фактор успешного ремонта — организация стендовых испытаний. В настоящее время наибольшее распространение получили стенды входного контроля подшипников качения, которые способны произвести отбраковку некачественного изделия до его монтажа, а следовательно, принести существенную экономию средств за счет исключения незапланированных простоев из-за некачественных подшипников. В условиях широкого распростра-

нения контрафактных изделий подобная экономия может внести существенный вклад в общее увеличение прибыльности производства.

Только неукоснительное соблюдение изложенных выше положений способно действительно повысить эффективность производства и надежность оборудования и привести к появлению положительного экономического эффекта от внедрения технологий технического диагностирования [1–3].

2. Выбор оптимальных решений для контроля агрегатов в процессе эксплуатации.

Другим важным практическим аспектом, во многом определяющим успех развития технической диагностики, является организация эффективного контроля состояния оборудования в процессе его эксплуатации. Любой металлургический завод — это огромное число самого различного оборудования, существенно различающегося по сложности конструктивного исполнения, режимам работы, выполняемым функциям и т. д. Очевидно, что не может существовать единого универсального аппаратного решения, позволяющего с максимальной эффективностью обеспечивать достоверную диагностику и предотвращать аварийные выходы из строя всего парка оборудования. Поэтому для комплексного оснащения предприятия системами технического диагностирования необходим достаточно широкий спектр технических решений. Какое именно из этих решений будет использоваться в каждом конкретном случае, зависит, как правило, от специфики решаемых задач. Для особо ответственного высокоскоростного оборудования, например турбин, компрессоров и т. д., на первый план выходят задачи защиты в режиме реального времени. Дефекты таких агрегатов могут иногда развиваться за очень короткие отрезки времени, а последствия аварий часто бывают непредсказуемыми. Вспомогательные тихоходные агрегаты, имеющие дублирование, напротив, достаточно контролировать с определенной периодичностью, а время между замерами в отдельных случаях может достигать нескольких месяцев.

В настоящее время наибольшее распространение получила классификация роторного оборудования по критериям времени и затрат, в максимальной степени ориентированная на выбор оптимального технического решения. При проведении этой классификации учитываются такие параметры, как критичность оборудования (его стоимость, затраты на обслуживание, затраты на ремонт, стоимость простоя и аварийного ремонта и т. д.) и время развития дефекта

(периодичность обновления данных, достаточная для принятия решения по дальнейшему обслуживанию и своевременному безаварийному выводу в ремонт). В результате все вращающееся оборудование может быть разделено по приоритетности контроля на три основные группы: оборудование, дефекты которого развиваются достаточно медленно (годы, недели), а его критичность минимальна; промежуточная группа — более критичное оборудование с более быстроразвивающимися (недели, часы) дефектами и группа особо ответственного оборудования, дефекты которого могут развиваться за часы и даже минуты.

Очевидно, что подходы к контролю состояния и диагностике оборудования различных групп должны существенно различаться [4]. Для первой группы наиболее оправдан периодический контроль параметров с использованием переносных средств технического диагностирования. Для безаварийной эксплуатации оборудования второй группы необходим постоянный контроль ряда параметров при помощи стационарных систем, однако допускается последовательный сбор данных с определенной периодичностью. Особо ответственное оборудование третьей группы необходимо контролировать непрерывно, причем помимо мониторинга (отслеживания параметров во времени) необходимо осуществлять и защиту (оперативная сигнализация или отключение в случае превышения заданных уставок).

Используемые технические решения могут также отличаться в зависимости от степени критичности оборудования, согласно принятой классификации. Например, для контроля состояния ответственного оборудования, дефекты которого развиваются достаточно медленно, оправдано использование многоканальных переносных либо стендовых исследовательских комплексов, более простое оборудование может контролироваться при помощи анализаторов, а вспомогательное оборудование — при помощи простейших тестеров.

3. Стратегия распределенного мониторинга.

Любой современный металлургический завод включает в себя большое количество основных и вспомогательных производств, на которых эксплуатируется огромное число самого различного оборудования. Внезапный выход из строя одного из агрегатов может стать причиной нарушения всего технологического цикла, поэтому первостепенной задачей является органи-

зация мониторинга состояния всего парка оборудования для обеспечения его безаварийной работы. Как показала практика, в силу целого ряда объективных причин привлечение инженерного персонала предприятия для решения этой задачи малоэффективно. Малочисленность инженерных работников не позволяет обеспечить необходимую для безаварийной работы оборудования периодичность контроля параметров. По статистике, при периодичности проведения обследований агрегата реже 1/10 его межремонтного интервала велика вероятность пропуска дефекта. Кроме того, развитие некоторых дефектов, например разрушение подшипников, обычно происходит лавинообразно. С другой стороны, при диагностике большого числа оборудования бывает крайне сложно выполнить сбор необходимых дополнительных сведений, таких как контроль температуры, режимных параметров, а также формализовать результаты визуального осмотра.

Наиболее эффективный способ решения этой проблемы, успешно практикуемый на многих предприятиях за рубежом в течение последних десятилетий, — передача функций мониторинга состояния большинства единиц оборудования службам цехов. Обходчики или эксплуатационный персонал цеха, оснащенные простейшими тестерами, требующими минимальных практических навыков оператора, с заданной периодичностью измеряют уровни вибрации поднадзорного оборудования. Помимо измерений вибрации оцениваются уровни шумов, температура, другие необходимые параметры, производится визуальный осмотр. При непосредственном контроле руководства цехов за отчетный период формируются и передаются в службу диагностики сводные таблицы вибрационного состояния оборудования и заявки на проведение диагностических работ. На основании поданных заявок специалисты диагностической бригады производят дополнительные обследования проблемного оборудования, определяют, а в ряде случаев и устраняют выявленные неисправности, выдают рекомендации по срокам и объемам ремонтных работ. Реализация подобного подхода позволяет максимально эффективно использовать имеющиеся на предприятии людские ресурсы и обеспечивать безотказную работу всего оборудования [5].

Для проведения детальной диагностики проблемных агрегатов, периодического мониторинга основного оборудования, балансировки в собственных подшипниках, организации входного кон-

троля и приемосдаточных испытаний необходимо использовать анализаторы, позволяющие хранить в памяти результаты измерений, осуществлять обмен данными с компьютером, выполнять спектральный и другие виды анализа. Применение подобных приборов требует определенных знаний и навыков, а их операторы, как правило, обученные и аттестованные специалисты диагностической бригады. Для проведения более детальной диагностики и дополнительных исследований — определения резонансов агрегата в различных точках (замеры разгона/выбега), выявления особенностей его работы при изменении нагрузки (временные характеристики) — должна быть использована специальная мобильная многоканальная измерительная аппаратура с возможностью измерения различных параметров одновременно во многих точках.

Одним из основных подходов технического диагностирования является периодический мониторинг — отслеживание изменений различных параметров во времени, который наряду со сравнительным анализом режимных характеристик обеспечивает максимальную достоверность заключений. Кропотливый анализ и сравнение больших массивов разнородных данных не могут быть выполнены вручную, поэтому для хранения, отображения и оценки результатов измерений всех контролируемых агрегатов необходимо специализированное программное обеспечение. Требования к такому программному обеспечению крайне высоки. Помимо простоты работы и высочайшей надежности программа должна обеспечивать возможность хранения больших объемов структурированных данных, оперативного обмена информацией, иметь мощный инструментарий для наглядного отображения различных сравнительных характеристик, а также иметь функции автоматического составления протоколов измерений и отчетов. В дополнение к основным возможностям программное обеспечение достаточно часто комплектуется расширительными модулями. В настоящее время наибольшее распространение получили экспертные модули, позволяющие автоматизировать процедуру диагностики основного и вспомогательного оборудования и повысить достоверность распознавания технического состояния отдельных узлов и механизмов.

В ряде случаев отсутствует необходимость постоянного контроля различных параметров, т. е. сбор данных можно осуществлять при помощи переносной измерительной аппаратуры,

однако доступ к точкам измерения на работающем оборудовании невозможен по соображениям техники безопасности. В этом случае проблема контроля и диагностики оборудования в труднодоступных местах может быть решена при помощи полустационарных систем. В таких системах датчики смонтированы стационарно, а блоки коммутации выведены в безопасное место. Специалисты, проводящие диагностику, с необходимой периодичностью осуществляют последовательный сбор данных по всем каналам при помощи переносного анализатора, подключаемого к коммутирующему блоку. Такой подход обеспечивает необходимую достоверность диагностики и является хорошим компромиссом по сочетанию критериев цена–качество.

Другой важной составляющей безопасной работы оборудования являются стационарные системы контроля, диагностики и защиты, которые существенно расширяют возможности периодического мониторинга. Для оценки работоспособности ответственного оборудования бывает необходимо осуществлять постоянный контроль различных параметров (режимных, электрических, механических, вибрационных). Очевидно, что даже самые совершенные переносные приборы не могут справиться с этой задачей. В этих случаях оборудование оснащается стационарными средствами технического диагностирования. Современная стационарная система не только выполняет автоматический сбор различных вибрационных характеристик по многим каналам, но и осуществляет оперативный контроль других заданных параметров, а также сбор, хранение и архивацию всех поступающих данных. В случае необходимости стационарные системы могут быть легко интегрированы в существующие АСУТП. Системы нового поколения обрабатывают диагностическими функциями, некоторые имеют встроенную балансировочную программу и позволяют проводить балансировку агрегата в собственных опорах.

4. Концепция оптимального обслуживания.

Успешная реализация описанных подходов позволяет осуществить переход на более совершенные и экономически эффективные формы организации технического обслуживания и ремонта.

На сегодняшний день различают три основные формы технического обслуживания промышленного оборудования [6]:

– реактивное — обслуживание до выхода оборудования из строя;

– планово-предупредительное обслуживание — ремонты оборудования происходят с четкой периодичностью, согласно регламенту, и не зависят от состояния оборудования;

– по фактическому состоянию (или его усовершенствованная разновидность — проактивное обслуживание) — ремонты происходят по мере фактического ухудшения состояния оборудования.

Основная идея реактивного обслуживания — позволить оборудованию работать до отказа и ремонтировать или заменять поврежденные агрегаты только тогда, когда происходят очевидные проблемы. Исследования показали, что затраты при работе этим способом составляют приблизительно 18 долл. на 1 л.с. в год. Преимуществом данного подхода является то, что он прекрасно работает, если остановка оборудования не влияет на производство и если трудовые и материальные затраты не имеют значения. Неудобства заключаются в том, что диагностическая бригада и ремонтные службы всегда работают в незапланированном режиме с неожиданными остановками процесса производства (“кризисное управление”), для быстрой замены завод должен иметь огромные запасы материально-производственных частей. Без сомнения, это самый неэффективный способ технического обслуживания предприятия. Бесполезные попытки снизить затраты, покупая “дешевые” части и нанимая “дешевую” рабочую силу, еще больше ухудшают проблемы.

Система планово-предупредительного обслуживания состоит в планировании обслуживания в predetermined временные интервалы, когда ремонт или замена поврежденного оборудования производится до возникновения очевидных проблем. Проведенные исследования показали, что затраты при таком способе работы составляют приблизительно 13 долл. на 1 л.с. в год. Преимущества данного подхода состоят в том, что он прекрасно работает, если оборудование не функционирует непрерывно и персонал имеет достаточно знаний, навыков и времени, чтобы выполнять профилактическое обслуживание. Неудобство в том, что плановое обслуживание может быть выполнено слишком рано или слишком поздно. Вполне возможно, что снижение производства будет происходить из-за потенциально ненужного обслуживания. Во многих случаях есть вероятность ухудшения характеристик в результате неправильных методов ре-

монта. Бывают ситуации, когда хорошие машины разбираются, хорошие узлы снимаются и бракуются, а затем ненадлежащим образом устанавливаются новые.

Стратегия обслуживания по фактическому состоянию состоит в планировании обслуживания только в том случае, когда с течением времени происходят изменения механических или эксплуатационных состояний, что обеспечивается периодическим контролем машины на наличие чрезмерной вибрации, повышенной температуры, ухудшения смазки или наблюдением за любыми другими нездоровыми тенденциями. Когда состояние приближается к предопределенному недопустимому уровню, то оборудование останавливается для проведения ремонта или замены поврежденных узлов, чтобы не допустить появления более дорогостоящего отказа. Проведенные исследования показали, что затраты при таком способе работы составляют приблизительно от 6 до 9 долл. на 1 л.с. в год. Преимущества данного подхода заключаются в том, что он прекрасно работает, если персонал имеет достаточно знаний, навыков и времени для выполнения прогнозирующего технического обслуживания и ремонта. Ремонт оборудования может быть намечен постепенно и это дает некоторое время на выполнение мероприятий по закупке материалов, необходимых для ремонта, что уменьшает потребность в хранении большого числа запчастей. Так как техническое обслуживание и ремонт выполняются только при необходимости, появляется значительное увеличение производительности. Единственное неудобство состоит в том, что объемы технического обслуживания могут фактически даже увеличиться, если персонал ненадлежащим образом оценивает уровень деградации оборудования. Чтобы наблюдать развитие нездоровых тенденций по вибрации, температуре или смазке, этот метод требует средств на закупку оборудования для контроля этих параметров и обучения персонала.

Еще более совершенной формой технического обслуживания и ремонта является система проактивного обслуживания. В рамках данной стратегии все ремонты также производятся строго с учетом фактической необходимости, но при этом диагностические бригады занимаются дополнительной аналитической работой, систематизируя статистику отказов различных узлов и механизмов с целью выявления первопричин возникновения неисправностей. Например, не достаточно своевременно выявлять частые вы-

ходы из строя подшипников, необходимо на основании всестороннего анализа различных данных выяснить причину (плохое качество закупаемых подшипников, проведение некачественной балансировки или центровки, проблемы фундамента и т. д.). Такая форма технического обслуживания является наиболее предпочтительной, так как только устранив причину возникновения неисправности, специалисты могут предотвратить дальнейшее появление дефектов.

Представленные сведения, на первый взгляд, свидетельствуют о безусловном предпочтении организации стратегии технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию. Во-первых, происходит увеличение производительности за счет исключения аварийных ситуаций и необоснованных простоев, повышается качество выпускаемой продукции, а во-вторых, своевременное планирование объемов и сроков ремонтов позволяет существенно снизить затраты. По данным независимой ассоциации MIMOSA, в которую входят технические специалисты многих научных институтов и промышленных предприятий разных стран, при переходе на обслуживание по фактическому состоянию или проактивное обслуживание экономия средств составляет в среднем от 4 до 7 долл. на 1 л.с. в год. К сожалению, подобный переход сопряжен с рядом трудностей, таких как высокая квалификация персонала, необходимость согласованного взаимодействия различных подразделений предприятия и т. д.

Для проверки эффективности перевода системы технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования на более совершенные стратегии были проведены специальные исследования, в ходе которых анализировались различные подходы к обслуживанию разных групп агрегатов с использованием современного математического аппарата — марковских процессов с дискретными состояниями и дискретными интервалами времени [7]. Результаты исследований показали, что эффективность той или иной формы технического обслуживания напрямую зависит от стоимости самого оборудования, его наиболее уязвимых узлов, возможных простоев, а также стоимости текущего, планового и аварийного ремонтов. При определенных сочетаниях этих показателей эффективной и экономически оправданной может быть система планового или даже реактивного обслуживания.

По этой причине на сегодняшний день на большинстве современных промышленных

предприятий наиболее выгодной считается стратегия “оптимального”, “комбинированного” или смешанного обслуживания, при которой для различных групп оборудования в зависимости от экономической целесообразности выбираются различные виды технического обслуживания. Однако такой подход может быть использован только при условии квалифицированного внедрения всего комплекса необходимых средств

технического диагностирования. В этом случае на оптимальное обслуживание может быть переведено не только вспомогательное, но и основное технологическое оборудование всех производств. Примеры значительного экономического эффекта от таких переходов уже наблюдаются на ряде предприятий в России и странах СНГ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сушко А. Е., Грибанов В. А. Проблемы оценки технического состояния динамического оборудования опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2011. № 10. С. 58–65.
2. Имамудинов И., Медовников Д. Крутящий момент // Эксперт. 5.11.2001. № 41.
3. Сушко А. Е. Повышение экономической эффективности металлургического производства за счет комплексного внедрения методов и средств вибрационной диагностики // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. 2010. № 4. С. 43–47.
4. Сидоров В. А., Сушко А. Е. Выбор диагностических параметров для стационарных систем контроля технического состояния металлургических машин // Контроль. Диагностика. 2011. № 1. С. 56–62.
5. Радчик И. И., Рябков В., Сушко А. Е. Комплексный подход к вопросам надежности работы основного и вспомогательного оборудования современного металлургического производства // Оборудование. Технический альманах. 2006. № 1. С. 24–28.
6. Сушко А. Е., Демин М. А. Вибродиагностика в системах технического обслуживания по фактическому состоянию оборудования металлургических производств // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. 2005. № 1. С. 6–9.
7. Сушко А. Е. Современные подходы к формированию системы оптимального технического обслуживания и ремонта компрессорного оборудования // Компрессорная техника и пневматика. 2007. № 1. С. 33–37.

Ресурсосбережение и экология

УДК 669.1.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДА И ОБОГАЩЕННОГО КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ, КОЛОДЦАХ, НА СТЕНДАХ РАЗОГРЕВА СТАЛРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

И. Н. КАРП, А. Н. ЗАЙВЫЙ, Е. П. МАРЦЕВОЙ, К. Е. ПЬЯНЫХ (Институт газа НАН Украины)

В последние годы повышение эффективности нагрева металла в методических и камерных печах, нагревательных колодцах, а также использования топлива на стендах разогрева сталеразливочных ковшей связывают в основном с двумя технологиями: использование кислорода в качестве окислителя и высокотемпературный подогрев воздуха путем глубокой утилизации теплоты уходящих газов с применением регенеративных горелок [1]. В какой-то мере эти технологии можно рассматривать как конкурирующие, каждая из них имеет как преимущества, так и недостатки. В работе [1] отмечается, что выбор той или иной технологии зависит от конкретных об-

стоятельств для каждого объекта, против чего возразить трудно. В черной металлургии Украины и стран СНГ кислород в нагревательных печах и устройствах не применяется, тогда как, по литературным данным, технологии использования кислорода получили широкое распространение в некоторых странах (США, Швеция, Германия, Франция, Южная Корея), где его широко используют при нагреве металла в печах и других технологических объектах. В 2009 г. в черной металлургии в мире на кислороде работало 120 печей [2]. Результаты использования кислорода в качестве окислителя поразительны: удельные расходы топлива на нагрев металла составляют

часто около 37 кг у.т/т металла и даже 32 кг у.т/т, выбросы оксидов азота снижаются в несколько раз, уменьшается угар металла [2–5]. Газокислородное отопление получило распространение и в стекловарении. По сведениям Института газовой технологии (Чикаго, США), в США практически не осталось традиционных регенеративных стекловаренных печей, все печи работают на кислороде. Основным побудительным аргументом в этом случае явилось снижение выбросов оксидов азота с уходящими дымовыми газами.

Эффективность применения кислорода в качестве окислителя при сжигании газов определяется, по сути, одним фактором — исключением балластного азота из участия в процессе сжигания топлив. Как следствие, физические основы эффективности применения кислорода включают такие параметры, как: высокая температура горения; высокая концентрация тепловой мощности в единице объема факела; небольшой по сравнению с горением с воздухом объем продуктов сгорания топлива, следовательно, меньший вынос тепла с уходящими газами при оди-

наковой температуре; турбулизация потока продуктов горения, что увеличивает теплоотдачу конвекцией; увеличение теплового потока к металлу (кладке) вследствие повышения концентрации в продуктах горения излучающих трехатомных газов; рекомбинация диссоциированных продуктов сгорания на нагреваемой поверхности с передачей ей значительной части скрытой теплоты рекомбинации в технологиях прямого нагрева металла газокислородным пламенем.

Физические и технологические аспекты использования кислорода частично рассмотрены в работе [6]. Температура зажигания метана, водорода и окиси углерода в смесях с кислородом на 76, 12 и 21 °С ниже, чем в смесях с воздухом, и составляет соответственно 556, 560 и 588 °С. Скорость распространения пламени водорода в смеси с кислородом в 4,2 раза, а метана в 10 раз выше по сравнению со смесями с воздухом и составляет 11,75 и 3,95 м/с соответственно.

Пределы воспламенения некоторых газов в смесях с воздухом и кислородом приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. ПРЕДЕЛЫ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ГАЗОВ В ГАЗОВОЗДУШНЫХ И ГАЗОКИСЛОРОДНЫХ СМЕСЯХ [6]

Газ	Пределы воспламенения, %			
	в воздухе		в кислороде	
	нижний	верхний	нижний	верхний
Бутан C_4H_{10}	1,9	8,5	1,8	49
Окись углерода CO	12,5	74,2	15,5*	94
Водород H_2	4,0	74,2	4,0	94
Метан CH_4	5,3	14	5,1	61
Пропан C_3H_8	2,2	9,5	2,3	55

*Пределы воспламенения CO существенно отличаются от пределов для других газов, что объясняется каталитическим влиянием паров воды на горение CO.

Значения скоростей распространения пламени и пределов воспламенения газов с кислородом могут представлять интерес в случае их сжигания в виде предварительно подготовленных смесей. В подавляющем большинстве случаев сжигание газов с кислородом осуществляется в диффузионной области.

Рассчитанная по программе “Терра” зависимость температуры горения от содержания кислорода в окислителе для наиболее распространенных в металлургии газовых топлив приведена на рис. 1. Из рис. 1 видно, что основной подъем температуры горения происходит до концентрации кислорода 50 %, при более высоких концентрациях рост температуры замедляется вследствие увеличения расхода теплоты на диссоциацию продуктов горения. Температура горения, например, природного газа при таком обогащении такая же, какую можно было бы достичь при подогреве воздуха до 1450 °С, что практически нереально.

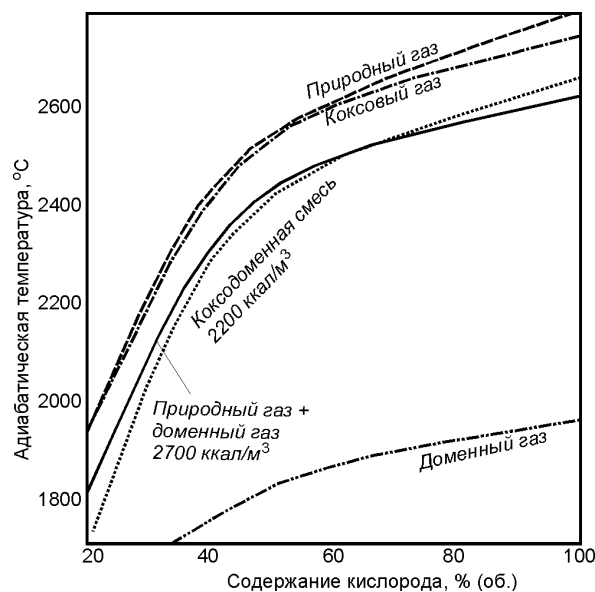


Рис. 1. Зависимость температуры горения некоторых газов от содержания кислорода в окислителе при $\alpha = 1,0$

Выгода от повышения температуры горения в кислороде очевидна: возрастание теплового потока от пламени пропорционально температуре в степени 3,5. Однако высокие температуры среды могут быть не только благом, но при неправильном использовании кислорода привести к местным перегревам и разрушениям кладки печей и пережогу металла. Опасность перегрева и пережога металла и футеровки долгое время была одной из главных причин, почему кислород не применялся в нагревательных печах и устройствах как окислитель при горении топлив, хотя в мартеновском производстве он использовался для интенсификации горения с 60-х годов прошлого века.

Другим сдерживающим применение кислорода технологическим фактором была опасность увеличения выбросов токсичных окислов азота с дымовыми газами. В работе [7] приведены термодинамически равновесные концентрации NO в продуктах сгорания природного газа с кислородом. Показано, что при содержании кислорода в окислителе 98 %, адиабатической температуре горения немного выше 2800 °C и $\alpha = 1,0$ объемное содержание NO составляет 0,2 %, а при содержании кислорода 40 % оно больше 1 % (об.), что в разы превышает нормативные требования.

Обе эти опасности устраняются при использовании технологий, получивших название FLOX (Flameless Oxufuel — беспламенное газокислородное сжигание) или DOC (Diluted Oxygen Combustion — сжигание с кислородом при разбавлении). Обе они идентичны и представляют собой не беспламенное сжигание, а сжигание в пламени, которое становится невидимым при температурах выше 850 °C. Топливо и кислород подаются с высокими скоростями истечения из сопел газокислородных горелок, так что сжигание происходит в пламени, оторванном от среза горелки. На участке отрыва в струю инжектируются продукты сгорания из печного пространства, отдавшие тепло металлу и кладке. Благодаря разбавлению газокислородного пламени более холодными продуктами горения температура факела снижается и в ряде случаев может быть ниже, чем при сжигании с воздухом. Одновременно снижается и концентрация оксидов азота.

Одним из факторов, наиболее заметно влияющих на повышение эффективности использования топлив при их сжигании с кислородом, является уменьшение объема продуктов сгорания по сравнению со сжиганием с воздухом. Во сколько раз уменьшается объем продук-

тов сгорания, во столько раз повышается эффективность использования топлива (при одинаковой температуре уходящих газов при сжигании с неподогретым воздухом).

Снижение объема продуктов сгорания при сжигании наиболее часто применяемых в металлургии газов приведено на рис. 2.

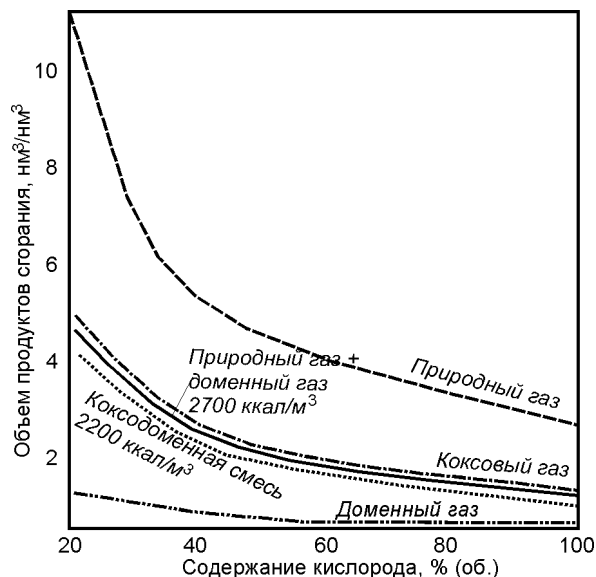


Рис. 2. Объем продуктов сгорания газовых топлив в зависимости от содержания кислорода в окислителе при $\alpha = 1,0$

Из рис. 2 видно, что для рассмотренных газовых топлив снижение объема дымовых газов составляет приблизительно 3,5 раза. Это, однако, не означает, что расход топлива обязательно уменьшится во столько же раз, так как на практике температуры уходящих газов газокислородного пламени по условиям теплообмена могут все же быть несколько выше, чем газозвдушного.

Увеличение теплового потока от топливно-кислородного пламени к нагреваемому металлу, другими словами, интенсификация нагрева металла, происходит вследствие увеличения излучательной способности факела от повышения концентрации в нем трехатомных газов. Как отмечалось, современные технологии сжигания газов с кислородом реализуются при одинаковой температуре газозвдушного и газокислородного пламени, следовательно, интенсификация нагрева излучением возможна только за счет увеличения излучательной способности факела. Как следует из формулы Стефана–Больцмана, тепловой поток возрастает пропорционально первой степени излучательной способности пламени. На рис. 3 приведены значения степени черноты пламени при сжигании газовых топлив с кислородом или обогащенным воздухом.

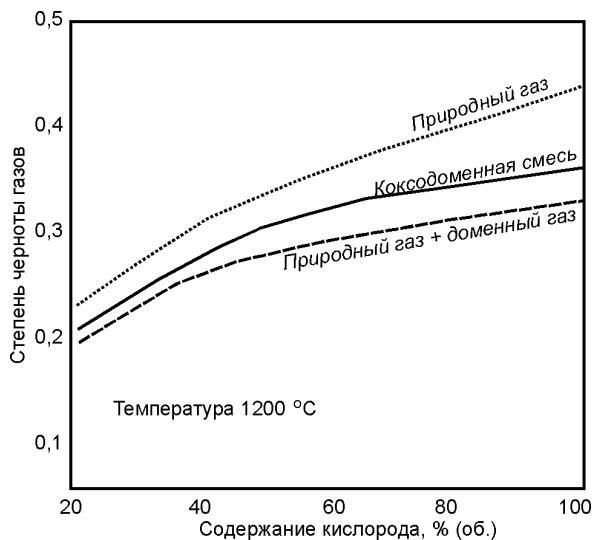


Рис. 3. Степень черноты продуктов сгорания газовых топлив с кислородом и обогащенным воздухом

Количество чистого кислорода и воздуха в зависимости от процентного содержания кислорода в обогащенном воздухе A находят по формулам [8]:

$$V'_{O_2} = \frac{21}{79} \cdot \frac{A-21}{A} L_0 \alpha, \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ газа};$$

$$V'_B = \frac{21}{79} \cdot \frac{10-A}{A} L_0 \alpha, \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ газа}.$$

Совокупность свойств газокислородного пламени позволяет, как следует из литературных данных, получить целый ряд преимуществ по сравнению с традиционной технологией сжигания. К ним относятся увеличение производительности печи, снижение удельного расхода топлива, образования окалины, вредных выбросов при определенных условиях сжигания, упроще-

ние конструкции и эксплуатации печи, возможность отказа от рекуператоров и регенераторов, возможность отказа от эксплуатации одной из печей, высокая маневренность производства. Экономия топлива от применения кислорода в качестве окислителя, по данным работы [6], показана на рис. 4.

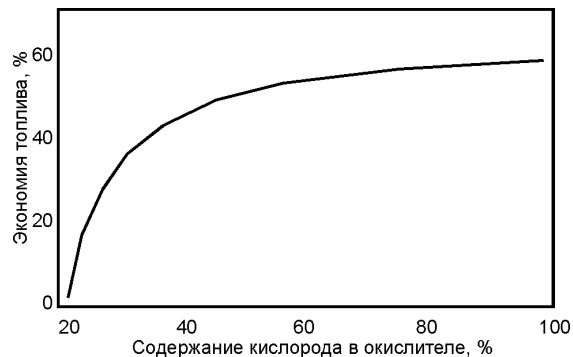


Рис. 4. Экономия топлива при его сжигании с кислородом или обогащенным воздухом [6]

К этим оценкам следует относиться критически. Реально экономия топлива может изменяться в зависимости от конкретных условий в пределах от нескольких процентов до нескольких раз.

Как отмечалось выше, кислород в качестве окислителя не применялся в нагревательных печах и устройствах вследствие его высокой стоимости, отсутствия приемлемой технологии применения, опасности перегрева и пережога металла и кладки, а также экологических ограничений.

В настоящее время применение кислорода в нагревательных устройствах стало возможным, потому что, во-первых, значительно усовершенствовалась технология его производства, табл. 2 [6].

ТАБЛИЦА 2. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА [6]

Способ получения кислорода	Типичный объем производства, тыс. м ³ /сут	Чистота по кислороду, %	Давление поставки, бар	Расход энергии, кВт·ч/1000 м ³	Примечание
Криогенные установки	35–1400	70–99,5	0,2–17,5	330–360	Низкая стоимость для больших объемов производства. Возможно использование побочных продуктов
Доставка в жидком виде	0–35,0	99,5	17,5	1000–1150	Требуются емкости и испарители
Короткоцикловая адсорбция	7,0–70,0	80–95	0,2–1,4	330–860	В основном экономически предпочтительнее при малых объемах производства по сравнению с криогеникой
Мембранная технология	0,7–10,5	28–35	0,07	500–860	Очень простой процесс. Ограниченная чистота кислорода

Реально на некоторых заводах Украины энергозатраты составляют $0,42 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ кислорода. Короткоцикловую адсорбцию или мембранное разделение воздуха применяют для небольших объемов производства (от 300 до $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и невысокой чистоты кислорода. Энергозатраты могут быть те же, что и при криогенной технологии.

Во-вторых, разработаны технологии применения кислорода в нагревательных печах, в том числе низкотемпературных (отжига, нормализации, отпуска), обеспечивающие отсутствие пережога и выполнение требований по выбросам в атмосферу (FLOX и DOC). Технологии разработаны фирмами Linde и Praxair — поставщиками оборудования по производству кислорода — совместно с металлургическими предприятиями. Технологии, как отмечалось, сходны, несмотря на разные названия, и основаны на отрыве факела от сопла горелки и его разбавлении более холодными продуктами сгорания, что схематически изображено на рис. 5 [2].

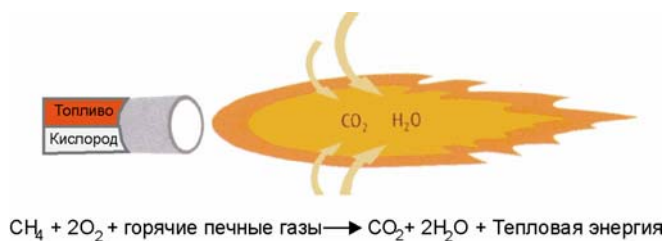


Рис. 5. Схема пламени по технологии FLOX

Далее приведены примеры применения кислорода в нагревательных печах различной мощности и назначения за рубежом. Следует сразу отметить, что в публикуемых данных содержится достаточно для практического использования сведений и рекомендаций о конструкциях газокислородных горелок в зависимости от типа печи и технологических особенностей нагрева, местах их установки, режимных параметрах, требованиях к системам контроля и автоматике. Важно то, что выработка технических решений, доводка и освоение оборудования и технологий во всех случаях производились совместно специалистами компаний-производителей кислородного оборудования (Linde, Praxair) и металлургических предприятий. Упор в публикациях делается на результатах внедрения газокислородных технологий.

Завод Ovako, Hofors Works, Швеция, производит высококачественные углеродистые и малолегированные стали и изделия из них: прутки, полосу, катанку, трубы, ободы, заготовки для

шарикоподшипников, деталей тяжелых автомобилей и изделий общего назначения [2]. Производство проката на всех предприятиях компании — 780 тыс. т/год. В работе [2] описывается 13-летний опыт использования кислорода в нагревательных печах. В 1994 г. завод начал испытания по применению кислорода в нагревательных колодцах, на кислород были переведены четыре ячейки.

В качестве подрядчика была выбрана компания Linde как имевшая опыт применения кислорода в технологиях нагрева, включая шарикоподшипниковые стали. В 1990 г. эта компания впервые применила кислород в нагревательных печах для производства шарикоподшипниковой стали в компании Timken Co., S.W. Canton, штат Огайо, США, достигнув при этом таких результатов: снижение удельного расхода топлива на 63 %, эмиссии вредных веществ с уходящими газами — на 74 %, уменьшение времени нагрева от 5 до 2,5–3 ч.

Задачи, поставленные предприятием Ovako, Hofors Works, заключались в следующем: недопустимость снижения качества стали, в особенности подшипниковой и конструкционных марок; увеличение объема производства и, главное, гибкость производства в соответствии с потребностями рынка; снижение затрат на топливо, эксплуатационных расходов на поддержание оборудования и затрат на управление выбросами; уменьшение эмиссии NO_x и CO_2 в связи с увеличением в Швеции налогов на топливо как источник выбросов.

В настоящее время на этом предприятии на кислороде работают 48 ячеек нагревательных колодцев и 2 кольцевые нагревательные печи. Удельный расход топлива на кольцевых печах достиг $32,3 \text{ кг у.т/т}$ стали при нагреве заготовок до $1107\text{--}1257 \text{ }^\circ\text{C}$. Газокислородная техника отопления осваивалась последовательно: вначале использовали традиционную технологию (Conventional Oxyfuel), затем применяли ступенчатое сжигание и как итог переходили на 100 %-ное использование кислорода (All Oxyfuel, Flameless Oxyfuel). В 2006 г. на Ovako на технологию All Oxyfuel были переведены последние восемь ячеек колодцев и удалены газозвоздушные горелки и рекуператоры (рис. 6). Был достигнут более равномерный нагрев заготовок и снижены выбросы NO_x .

Время нагрева слитков в колодцах при переходе на 100 %-ный кислород сократилось с 6 до 2,1 ч, полное время нагрева с учетом выдержки уменьшилось с 9 до 5,1 ч (рис. 7). Выбросы NO_x

контролировались также Королевским технологическим институтом и были ниже уровня, обусловленного шведскими нормативами: менее 0,232 lb/mmBtu (421 г/млн ккал, или в принятых в Украине единицах 330 мг/м³ продуктов сгорания, или 165 ppm) для газовых топлив.



Рис. 6. Общий вид нагревательного колодца, работающего на кислороде на заводе Ovaiko, Hofors Works, Швеция

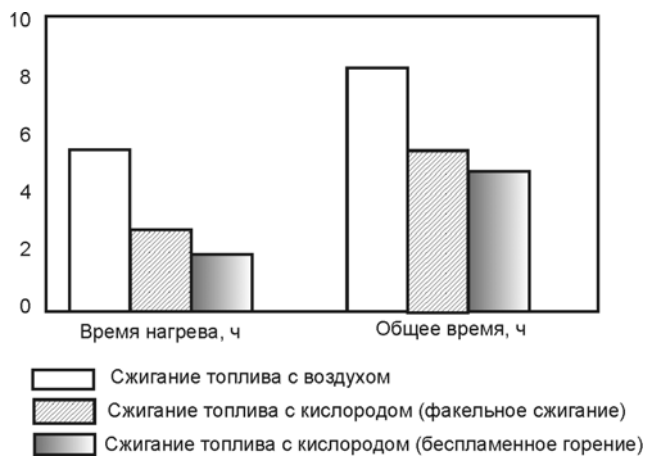


Рис. 7. Время нагрева слитков в нагревательных колодцах на заводе Ovaiko в зависимости от способа их отопления

Попытки использовать кислород в нагревательных колодцах предпринимались и в СССР, в частности на Орско-Халиловском металлургическом комбинате [9]. Кислородные установки были смонтированы на четырех группах колодцев обжимного цеха. Расход кислорода в период подъема температуры составлял 450–500 м³/ч, в период выдержки кислород отключался. Было установлено, что применение кислорода тем более эффективно, чем ниже температура посадки слитков. При нагреве слитков горячего посада период подъема температуры сокращался на

1 ч 38 мин, общее время нагрева — на 1 ч, скорость роста температуры в период подъема увеличивалась на 36,3 °С. Производительность колодца увеличивалась на 3,6 т/ч, удельный расход топлива уменьшался на 1,4 кг/т стали, удельный расход кислорода составлял 11–13 м³/т стали.

При нагреве слитков холодного посада продолжительность периода подъема температуры уменьшалась на 5 ч, общее время нагрева — на 2,1 ч.

В среднем производительность колодцев повышалась на 10–15 %, удельный расход топлива снижался на 3–5 %, угар металла уменьшался на 16–19 %. Сравнение этих результатов с приведенными по заводу Ovaiko показывает, что технология All Oxyfuel дает более высокие результаты.

В среднем на Ovaiko производительность печей увеличилась на 30–50 %, расход топлива снижен на 30–45 % и, как отмечалось, снижены выбросы окислов азота.

При размещении горелок и выработке тепловых режимов в работе [2] рекомендуется анализировать температурные профили по длине печи. Утверждается, что, как правило, по разным причинам в печах не используется максимальная установленная проектная тепловая мощность. Считается возможным уменьшить тепловую мощность системы (подсистемы), например, от 10 mmBtu (2,5 млн ккал) при газозудном отоплении до 6,7 mmBtu (1,675 ккал) при переходе на газокислородное отопление и установить горелки меньшего размера, чтобы эксплуатировать их в режимах, наиболее близких к номинальным. Для оптимизации сжигания при невозможности снижения тепловой нагрузки следует достигать установленных температур в зонах печи по системе вкл./выкл.

Определение зон нагрева и размещение горелок зависит от типа печи, особенностей ее проекта и эксплуатации. В рассматриваемой работе фирма Linde опирается на свой опыт переоборудования на газокислородное отопление более чем 110 печей. В частности, размещение газокислородных горелок облегчается по сравнению с громоздкими газозудными благодаря их компактности и небольшому весу. Водоохлаждаемая газокислородная горелка по типу Flameless Oxyfuel с вмонтированным ультрафиолетовым сенсором и контролем пламени мощностью 2,14 млн ккал/ч (эквивалентно 260 м³/ч природного газа) имеет диаметр 108 мм и массу от 8,8 до 17,6 кг в зависимости от толщины кладки (рис. 8).

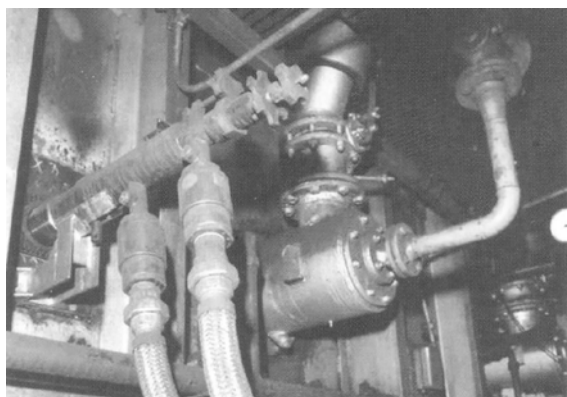


Рис. 8. Установка форсировочной газокислородной горелки мощностью 1,7 млн ккал/ч рядом с газозвоздушной мощностью 0,428 ккал/ч

При переходе на 100 %-ное газокислородное отопление необходимо подкорректировать систему контроля и автоматики. Важно правильно установить термпары во избежание перегрева металла, для контроля температуры уходящих газов во избежание хотя и не используемых, но имеющихся рекуператоров. Вследствие значительного уменьшения объема продуктов сгорания при переходе на технологию All Oxyfuel для более точного регулирования давления рекомендуется оборудовать печь отдельными дымоотводящими каналами и датчиками давления, пригодными для измерения давления со значениями менее 10 Па.

Значительный интерес представляет перевод на частичное использование кислородного сжигания шестизонной толкательной печи № 2 для нагрева слябов перед горячей прокаткой листа 84" на заводе ArcelorMittal Steel-Indiana Harbor Works, США [3]. В связи с высокой стоимостью природного газа руководство завода приняло решение о рассмотрении возможности использования технологии DOC применения кислорода в нагревательных печах, разработанной фирмой Praxair, и снижении таким образом удельных расходов топлива. Как отмечалось, технологии Flameless Oxyfuel и DOC сходны. Некоторое отличие в том, что по технологии DOC потоки газа и кислорода разнесены на большее расстояние. Реакционная зона и зона смешения разделены так, чтобы предотвратить прямое перемешивание и горение неразбавленных продуктами сгорания кислорода и газа, избежав таким образом существенного повышения температуры пламени.

Технология DOC была взята за основу перевода печи на частичное использование кислорода в связи с успешным ее применением в нагревательных печах в 1990-е годы. В 2005 г. на

кислород была переведена первая нижняя зона печи № 3. В 2007 г. ArcelorMittal и Praxair пришли к соглашению перевести на кислород также и печь № 2. Как и в предыдущем случае, завод поставил цель снизить эксплуатационные расходы без отрицательного влияния на выбросы и управление печью. Кроме того, заводом были поставлены условия о минимальных изменениях в конструкции кладки или, еще лучше, без таковых, минимальных затратах на реконструкцию, а также о возможности безболезненного возврата к газозвоздушному отоплению.

Печи завода сооружены в 1968 г. Проектная производительность печи № 2 — 315 т/ч, фактически типичная средняя — 175 т/ч (55,5 %).

Две верхних и две нижних зоны нагрева работают на горячем (450 °С) воздухе, томительные зоны — на холодном воздухе. Установленная проектная тепловая мощность — 196×10^6 ккал/ч. На кислород были переведены все восемь горелок первой зоны нагрева как самой напряженной. Тепловая мощность газокислородных горелок — $36,5 \times 10^6$ ккал/ч, или 18,6 % установленной тепловой мощности. Выполнение условия о минимальных изменениях кладки и возможности возврата к газозвоздушному отоплению облегчалось тем, что печь оборудована горелками типа Bloom ("цветок", рис. 9), что позволило установить кислородные трубки без нарушения брони и футеровки. Попутно следует заметить, что горелки типа Bloom более эффективны по сравнению с распространенными в СНГ горелками ДНБ ("труба в трубе"), так как обеспечивают лучшее смешение топлива с воздухом. Газовая трубка устанавливалась по центру горелки, кислородная — в одно из отверстий воздушной перегородки. Внешний вид горелки с установленной кислородной трубкой показан на рис. 10. До температуры 760 °С, превышающей температуру автотермического зажигания, зона работала на воздухе, после чего можно было более безопасно переходить на газокислородное сжигание. Данное условие избыточно, что подтверждается переоборудованием на кислород ряда печей, стенов разогрева ковшей с полным удалением воздушных вентиляторов и воздухопроводов. При наличии кислорода нет препятствий для газокислородного разогрева зоны.

Первоначально на печи № 2 были установлены такие же горелки, как и в нижней зоне нагрева печи № 3 — с одним газовым и одним кислородным соплом, при этом желаемые результаты в начальном периоде не были достигнуты. CFD-моделирование показало, что пламя было

слишком длинным. Кроме того, оно стягивалось к центру зоны к выходу в рекуперативное пространство, отчего температура боковых стен зоны была ниже требуемой, а температура свода в центре зоны превышала необходимые значения.

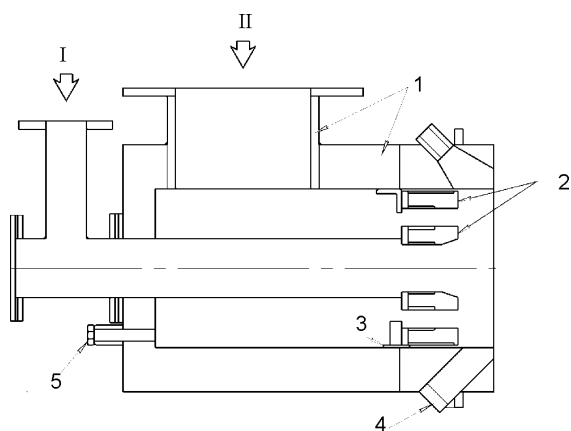


Рис. 9. Горелка типа Bloot:

I — газ; II — воздух; 1 — огнеупоры; 2 — футерованный огнеупором распределительный диск; 3 — центрирующая вставка; 4 — отверстие для наблюдения и розжига; 5 — гляделка

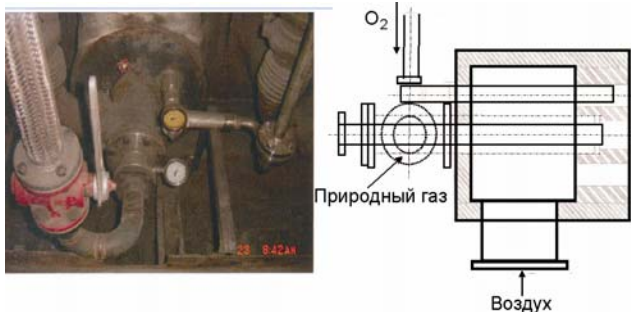


Рис. 10. Установка кислородной трубки в горелке типа Bloot без нарушения брони и кладки

Так как термопары были установлены в боковых стенах зоны, для достижения заданных температур приходилось форсировать подачу топлива в зону. Замена односopловых газокислородных горелок на многосopловые привела к повышению температуры боковых стен, выравниванию температур по ширине зоны и, в итоге, к снижению расхода топлива.

Результаты применения кислорода в первой верхней сварочной зоне многозонной нагревательной печи таковы:

– снижение удельного расхода топлива на 0,26 мВт/т (9,2 кг у.т/т, или в эквиваленте 7,9 м³ природного газа на 1 т стали);

– расход кислорода 0,026 кг/т стали, или 18,2 м³/т стали;

– снижение выбросов NO_x на 25 %;

– экономический эффект — 1,33 долл/т стали.

В условиях Украины стоимость природного газа составляет 600 долл. за 1000 м³, кислорода — 150 долл. за 1000 м³. Если бы такие результаты были достигнуты в Украине, то экономия на газе составила бы 4,74 долл/т стали, затраты на кислород — 2,73 долл/т стали, прибыль — 2,01 долл/т стали.

На печи производительностью 70 т/ч при 6500 рабочих часов в году экономия составила бы 914550 долл. (более 7 млн грн.). Прямой срок окупаемости такой реконструкции составил бы менее одного года.

На заводе ArcelorMittal Shelby-Tubular Products, штат Огайо, США, на газокислородное отопление были переоборудованы две кольцевые печи нагрева трубной заготовки размером 6,5" [4]. В 2005 г. перевели одну печь на работу с 5 %-ным обогащением воздуха кислородом, при этом расход топлива был снижен на 29 %. Печь работала на холодном воздухе; некоторая часть энергии уходящих газов использовалась в котле-утилизаторе для производства технологического пара. Для увеличения производства бесшовных труб, снижения удельного расхода топлива с одновременным увеличением размера заготовок на 100 %-ное использование кислорода в 2007 г. была переоборудована вторая печь. В качестве партнера проекта была приглашена фирма Linde, имевшая к тому времени опыт перевода двух кольцевых нагревательных печей завода Ovaко, Hofors Works, на кислород по технологии FLOX. Для ознакомления с работой печей на кислороде на заводе Ovaко в Швецию были откомандированы специалисты ArcelorMittal Shelby-Tubular Products.

Продолжительность выполнения всего проекта составила 4 месяца, простой на ремонт и реконструкцию — 16 дней. В результате производительность печи увеличена на 25 %, удельный расход топлива снижен на 50 % по сравнению с работой на обогащенном воздухе или на 65 % по сравнению с работой на холодном необогащенном воздухе, улучшилась равномерность нагрева заготовки по длине, на 50 % уменьшилось образование окалины, на 76 % уменьшился выброс NO_x, срок окупаемости проекта составил 24 месяца. Можно предположить, что срок окупаемости определен с учетом целевого строительства кислородных установок, поскольку завод относится к предприятиям непол-

ного металлургического цикла и, по-видимому, не имел характерных для заводов полного цикла мощных кислородных установок.

По предложению фирмы Linde существующие воздушно-кислородные горелки общей мощностью 27,25 млн ккал/ч (эквивалент 3050 тыс. м³/ч природного газа) были заменены керамическими самоохлаждаемыми газокислородными общей мощностью 15,15 млн ккал (эквивалент 1700 м³/ч природного газа), установленными в тех же гнездах. Число зон нагрева было увеличено с 4 до 5 с соответствующим контролем температуры (рис. 11).

Улучшен контроль давления в печи: удалены два дымоотвода из трех и установлен активный регулятор давления; упрощена схема печи — удалены воздухоохлаждаемые перегородки внутри рабочего пространства и воздушные вентиляторы.

В работе [4] также отмечается значительное улучшение условий работы операторов. Удаление вентиляторов, громоздких воздушных коробов и двух дымоотводов (рис. 12) существенно снизило уровень шума. Понижилась температура

кожуха, уменьшился износ огнеупоров и объем ремонтных работ; выбивание газов из разгрузочного окна не ослепляет оператора.

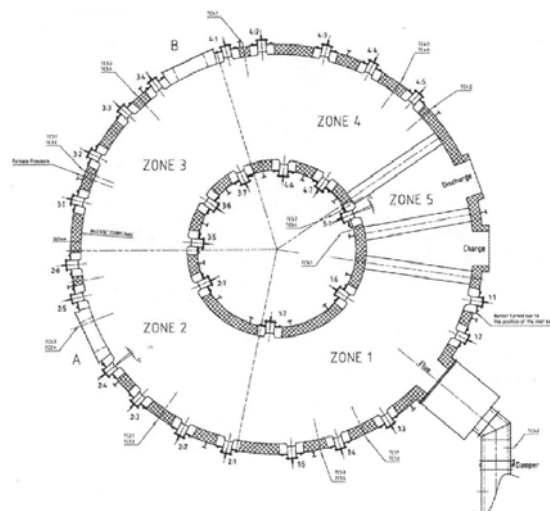
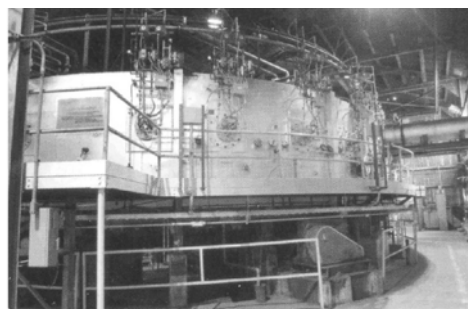


Рис. 11. Схема кольцевой нагревательной печи после реконструкции — перевода на 100 %-ное использование кислорода в качестве окислителя



а



б

Рис. 12. Внешний вид кольцевой печи до и после реконструкции

При переходе на кислород удельный расход топлива уменьшился со 162 на холодном воздухе до 37 кг у.т/т стали (рис. 13), а эмиссия NO_x уменьшилась на 76 % (рис. 14).

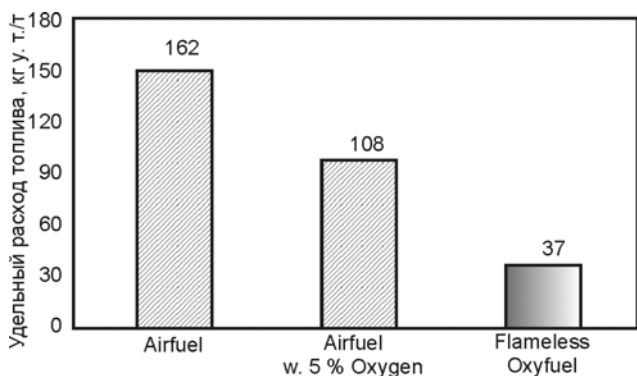


Рис. 13. Снижение удельного расхода топлива на нагрев трубной заготовки в кольцевой печи в зависимости от вида отопления

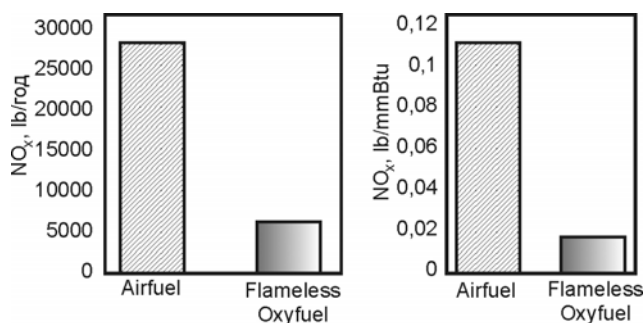


Рис. 14. Уменьшение выбросов NO_x на кольцевой печи при работе на кислороде в годовом и удельном исчислении

В работе [4] приведены данные по заводам, на которых в полном объеме применяют технологию Flameless Oxyfuel: Outokumpu — 15 агрегатов, в том числе печь с шагающими балками (завод в Dederforse); две печи с цепным

приводом — 16 и 40 МВт (завод в Nyby), где достигнуто увеличение производительности печей и снижение удельных расходов топлива на 40–50 %; заводы Ascometal, Uddenholm Tooling, Scapa, где на кислород переведена одна зона многозонной печи, производительность которой увеличена с 300 до 320 т/ч, а также описанные выше заводы ArcelorMittal и Ovako.

В связи расширением в Украине конвертерного производства стали возрастает актуальность обеспечения сталеплавильного производства стендами для сушки и разогрева сталеразливочных ковшей и обеспечения их необходимой производительности.

С этой точки зрения представляет интерес применение за рубежом газокислородного разогрева ковшей. На рис. 15 показан общий вид стенда разогрева на заводе Ovako, Hofors Works. Технология Oxyfuel позволила сократить на 20 мин время разогрева ковша, на 15 °С понизить температуру стали на выпуске из электропечи, уменьшить расход природного газа на ~50 %, до 125 нм³/ч (при среднем расходе по году 83 нм³/ч). На момент публикации статьи на разных заводах работало 15 установок разогрева.



Рис. 15. Разогрев 60-т ковша газокислородной горелкой на заводе Ovako, Hofors Works

К разработчикам стендов иногда предъявляют противоречивые требования: обеспечить высокотемпературный скоростной и одновременно глубокий прогрев футеровки ковша. При скоростном нагреве температуру внутренней поверхности футеровки при применении кислорода можно поднять до заданной (обычно 1100–1200 °С) достаточно быстро, однако глубокий прогрев требует времени. Определить оптимальные условия разогрева и предложить производственный технологический регламент разогрева

можно с использованием математической модели теплового состояния футеровки, разработанной в Институте газа НАН Украины [10]. Адекватность модели неоднократно подтверждена прямыми измерениями в производственных условиях на ковшах как малой, так и большой (250 т) емкости. Следует отметить, что основной эффект высокотемпературного разогрева ковшей заключается в возможности снижения температуры стали на выпуске из конвертера или электропечи, как в приведенном выше примере, что обеспечивает экономию электроэнергии или кислорода, исключает переокисление металла при продувке, что дает возможность уменьшить расход раскислителей и время внепечной обработки стали.

На ряде заводов применяют технологии прямого нагрева штрипса газокислородным пламенем на линиях его предварительной очистки и отжига при подогреве до температуры 200 °С и выше перед алюминированием или цинкованием [5]. Название технологии — DFI Oxyfuel (REBOX DFI) — Direct Flame Impingement, т. е. прямое соударение газокислородного пламени с металлом. Технология используется на заводах Outokumpu Nyby Works, Швеция, ThyssenKrupp's Works в Finnentrop и Bruckhausen, Германия, а также Posco, Pohand, Южная Корея. По сравнению с традиционным газокислородным сжиганием технология REBOX DFI Oxyfuel более эффективна: тепловой поток увеличивается в 10 раз, до 1000 кВт/м² (рис. 16), термический КПД достигает 80 %.

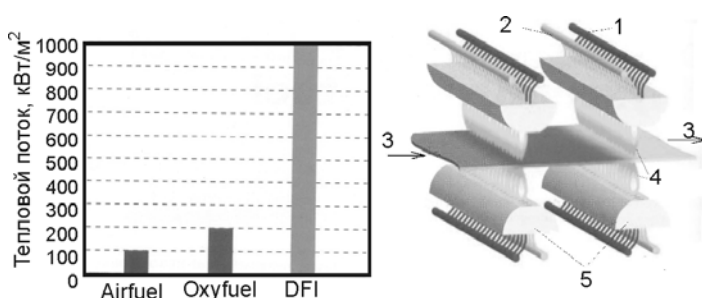


Рис. 16. Тепловой поток при прямом нагреве металла газокислородным пламенем. Справа — технологическая схема установки прямого нагрева штрипса: 1 — природный газ; 2 — кислород; 3 — штрипс; 4 — пламя; 5 — блок горелок

Установки REBOX DFI имеют термический КПД около 80 %, что обеспечивает снижение удельных расходов газа. Производительность линий обработки штрипса увеличивается на

30 %. Важно отметить, что предварительный подогрев штрипса газокислородным факелом не создает проблем с окислением поверхности даже при ее нагреве до 300 °С. На линиях металлопокрытий любая тонкая окисная пленка на поверхности штрипса восстанавливается в последующей восстановительной зоне. Не исключается также возможность влиять на образование окисной пленки управлением стехиометрией при сжигании.

На заводе Outokumpu Nyby Works, Швеция, по технологии DFI Oxyfuel перевели на 100 %-ное кислородное сжигание линию непрерывного отжига штрипса из нержавеющей стали. Характеристика установки: длина 2 м на входе линии, четыре ряда горелок, установленная мощность 4 МВт, 120 газокислородных горелок. В результате производительность линии увеличилась на 50 %, с 23 до 35 т/ч, снижен расход топлива.

В 2007 г. фирма Linde установила свою систему REBOX DFI на линии гальванизации и алюминирования завода ThyssenKrupp Steel's (TKS) в Bruckhausen, Германия. Ранее такая система была установлена на линии гальванизации на заводе TKS в Finnentrop; в результате производительность линии увеличилась с 82 до 102 т/ч, т. е. на 30 %, расход природного газа уменьшен на 5 %. На заводе в Finnentrop осуществляется нанесение цинкового покрытия на горячий или холодный штрипс шириной 650–1550 мм и толщиной 0,3–3,25 мм. До установки REBOX DFI на линии имелась секция предварительной электролитической и щеточной очистки. Полная длина печи составляет 130 м, в том числе 48-м зона предварительного подогрева. Полная установленная мощность печи 22 МВт, из них 17,5 МВт в зоне предварительного подогрева, работающей на природном газе и подогревом до 450 °С воздухе, и 4 МВт в зоне восстановления, оснащенной излучающими трубами. Максимальная скорость движения штрипса была 180 м/мин, что соответствовало производительности 82 т/ч. Кроме увеличения производительности система DFI Oxyfuel позволила очищать поверхность от ненужных частиц, включений, мазута, масел от прокатного стана и подготовить ее к качественной гальванообработке. Установка 3-м секции DFI Oxyfuel эквивалентна увеличению длины печи на 10 м. Для ее размещения была удалена рекуперативная секция на входе печи. Время реконструкции — 12 дней, из которых 4 дня заняла установка секции DFI Oxyfuel. Вид изнутри камеры подогрева штрипса показан на рис. 17.

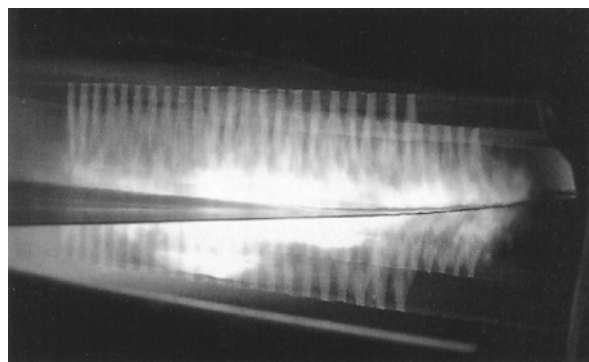


Рис. 17. Вид внутри камеры подогрева штрипса прямым газокислородным пламенем до 200 °С на заводе TKS в Finnentrop

Результаты, достигнутые ранее в Finnentrop, были повторены в Bruckhausen: производительность линии возросла от 70 до 90 т/ч.

Установка DFI Oxyfuel длиной 3 м, мощностью 5 МВт, со 120 горелками позволила подогревать штрипс перед алюминированием до нужной температуры. Горелки были установлены в двух секциях, еще две секции были оставлены для возможности увеличения производства (рис. 18). Установка DFI Oxyfuel позволила также обеспечить более качественную очистку штрипса, чем 25-м линия предварительной электролитической и щеточной очистки, которая была удалена.

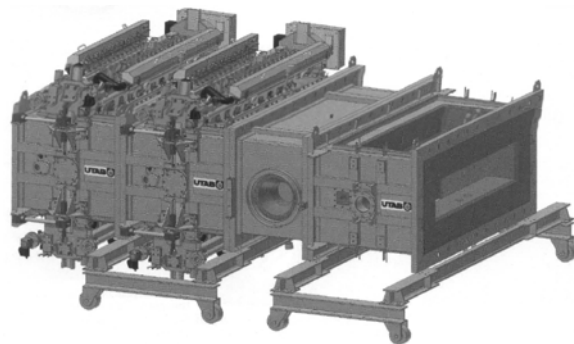


Рис. 18. Общий вид установки DFI Oxyfuel на заводе TKS в Bruckhausen

При переходе на частичное или полное использование кислорода в нагревательных печах и устройствах необходимо решить ряд задач, в том числе:

- принять принципиальное технологическое решение — использование традиционных технологий (Conventional Oxyfuel) с сохранением воздушного тракта или переход на 100 %-ное использование кислорода по технологиям Flameless Oxyfuel, DOC или DFI Oxyfuel;

- выбрать способ ввода кислорода: непрерывную подачу при частичном использовании,

например, в одной или двух зонах многозонной печи, или по системе вкл./выкл. с целью периодического форсирования тепловой нагрузки;

– внести изменения в общую тепловую мощность печи и график тепловой нагрузки по зонам;

– выбрать конструктивные параметры горелок, их технические характеристики, наличие охлаждения;

– откорректировать системы контроля и автоматики, в том числе вызванные изменением объема продуктов горения, а также правильно определить места установки термопар;

– оценить экономичность процесса с учетом стоимости топлива и кислорода.

Выводы

Высокие температуры горения топлив с кислородом и обогащенным кислородом воздухом, высокая концентрация тепловой мощности в единице объема факела и его излучательная способность, значительно меньший по сравнению со сжиганием топлив с воздухом объем продуктов сгорания создают физические предпосылки для применения кислорода в нагревательных печах и устройствах.

Разработанные фирмами Linde и Praxair технологии сжигания кислорода с невидимым и растворенным печными газами пламенем позво-

лили устранить опасность перегрева и пережога металла и кладки и образования сверхнормативных количеств оксидов азота.

Многочисленные примеры использования кислорода в качестве окислителя при горении топлив в нагревательных колодцах, кольцевых и методических печах, стендах разогрева сталеразливочных ковшей за рубежом подтверждают экономическую эффективность его применения.

Интерес представляет также технология прямого нагрева металла газокислородным факелом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kaufman J. S., Marino J. Regenerative Burners or Oxy-Fuel Burners for Your Furnace Upgrade? // *Industrial Heating*. 2011. № 6. P. 41–43.
2. Ovako, Hofors Works — 13 Years' Experience of Using Oxyfuel for Steel Reheating: Background, Solutions and Results / P. Fredriksson, E. Claesson, P. Vesterberg at el. // *Iron & Steel Technology*. 2008. V. 5. № 5. P. 323–328.
3. Installation of a 145-MMBtu/Hour Oxyfuel Firing System on the No.2 Reheat Furnace at ArcelorMittal's 84-Inch Hot Strip Mill / E. Black, F. Erfurth, G. Kitko at el. // *Ibid*. 2010. V. 7. № 5. P. 278–283.
4. 25 % Increased Reheating Throughput and 50 % reduced Fuel Consumption by Flameless Oxyfuel at ArcelorMittal Shelby – Tubular Products / V. Lantz, D. Hassenzhl, A. Lugnet at el. // *Ibid*. 2009. V. 6. № 9. P. 29–36.
5. Heiler H.-J., Hogner W., von Scheele J. 30 % Increased Capacity of Metal Coating Lines at Thyssen Krupp Steel // *Ibid*. 2010. V. 7. № 5. P. 305–310.
6. North American Combustion Handbook, 3-rd Ed. // North American Mfg. Co. – Cleveland, OH. 1997. P. 457.
7. Продукты сгорания природного газа при высоких температурах (состав и термодинамические свойства): Справочник / И. Н. Карп, Б. С. Сорока, Л. Н. Дашевский, С. Д. Семернина. — Киев: Техника. 1967. — 381 с.
8. Справочник конструктора печей прокатного производства. Т. 1 / Под ред. В. М. Тымчака. — М.: Металлургия. 1970. — 575 с.
9. Применение кислорода в нагревательных колодцах с центральной горелкой / В. В. Зырянов, Г. Н. Мулько, Л. Е. Жданова и др. // *Сталь*. 1986. № 1. С. 97, 98.
10. Зайвий А. Н., Смородский И. В. Математическое моделирование теплофизических процессов в футеровке сталеразливочного ковша // *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2007. № 3. С. 68–74.

ПЕРЕРАБОТКА ВАНАДИЕВЫХ ЗОЛОШЛАКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ НУЖД ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

*А. М. КАСИМОВ, д-р техн. наук; А. А. КОВАЛЕВ
(Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем)*

Основная область применения ванадия (до 90 %) — черная металлургия, а именно производство сталей: конструкционных, инструментальных, строительных, пружинных (рессорных), броневых и др. Он является одновременно и легирующим, и раскисляющим элементом. Микролегирование ванадием существенно повышает уровень механических и служебных свойств стали. Содержания ванадия в сталях в количестве 0,05–0,30 % достаточно для использования в производстве толстостенных труб, используемых для добычи нефти на больших морских глубинах, нефтегазопроводных труб большого диаметра, горно-металлургического оборудования, изделий спецтехники [1].

В России производство феррованадия осуществляется на двух предприятиях: ОАО «Ванадий-Тулачермет» и ОАО «Чусовской металлургический завод». Основное различие в технологии переработки ванадийсодержащих шлаков на этих предприятиях отмечается на стадии гидрометаллургического передела. На Чусовском металлургическом заводе извлечение ванадия осуществляется по содовой схеме (в качестве реакционной добавки используют соду), в ОАО «Ванадий-Тулачермет» — по известняковой технологии (в качестве реакционной добавки используют известняк).

Исходным сырьем для производства V_2O_5 долгое время являлся ванадиевый шлак, образующийся в конвертерном производстве при переработке ванадиевого чугуна дуплекс-процессом (далее — дуплекс-шлак), поставляемого Нижнетагильским металлургическим комбинатом (НТМК). С этой целью была разработана и отлажена промышленная технология гидрометаллургического передела дуплекс-шлака и создано соответствующее оборудование.

С середины 1997 г. в связи с переходом НТМК на производство стали монопроцессом (ванадиевый чугун перерабатывается на сталь и ванадийсодержащий шлак в одном конвертере) возникла необходимость привлечения в качестве вторичного исходного сырья высокоизвестковых

шлаков от конвертирования ванадиевого чугуна монопроцессом, а также поиска альтернативного ванадиевого сырья. Крупными техногенными месторождениями ванадиевого сырья являются отходы производства прошлых лет ОАО «Ванадий-Тулачермет» (отвальные шламы содержат 2–4 % V) [2] и ванадийсодержащие золошлаковые отходы (ЗШО) промышленной энергетики (табл. 1, 2). Ванадийсодержащие ЗШО образуются при использовании энергетических мазутов и некоторых видов углей [3]. Эффективное использование данного источника ванадиевого сырья требует внесения принципиальных корректировок в существующий технологический процесс.

**ТАБЛИЦА 1. СОДЕРЖАНИЕ ВАНАДИЯ В ШЛАМЕ
ОАО «КОНАКОВСКАЯ ГРЭС»**

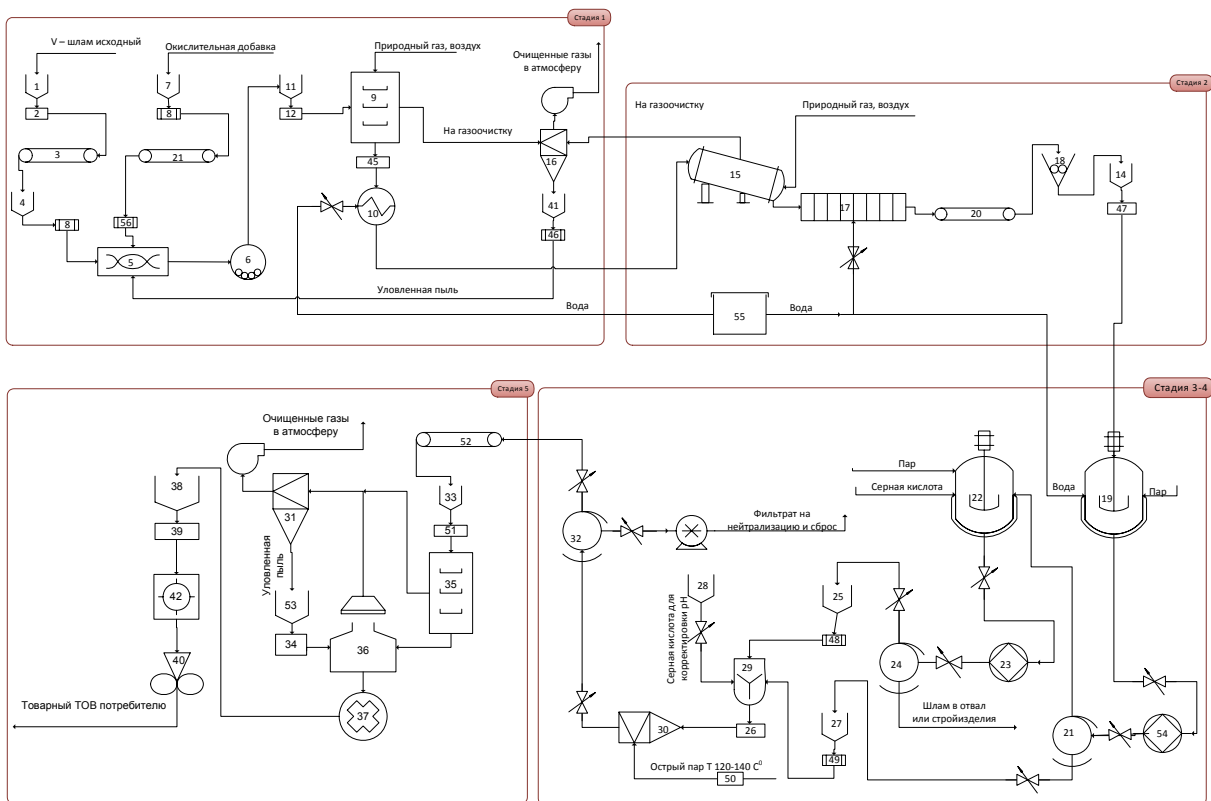
Номер фракции	Номер шламовой карты; класс крупности, мкм	Содержание ванадия (в пересчете на V_2O_5), %
1	1; < 90	9,25
2	1; 90–200	8,08
3	1; 200–500	7,74
4	2; < 90	6,93
5	2; 90–200	6,06
6	2; 200–500	7,82

**ТАБЛИЦА 2. СОДЕРЖАНИЕ ВАНАДИЯ В ШЛАМЕ
ЗМИЕВСКОЙ ТЭС, УКРАИНА, мг/кг**

Номер фракции	Класс крупности, мкм	Содержание ванадия (в пересчете на V_2O_5), %
1	< 90	4,9
2	90–200	3,73
3	200–500	4,81

Авторами данной статьи разработана и исследована новая технологическая схема переработки ванадийсодержащих ЗШО с получением товарного оксида ванадия [3, 4].

На рисунке представлена аппаратно-технологическая схема переработки ванадийсодержащих ЗШО.



Аппаратурно-технологическая схема переработки ванадийсодержащих золошлаков:

- 1 — бункер исходного ванадийсодержащего шлама; 2, 12, 26, 39, 45, 47, 51 — питатели; 3, 20, 21, 52 — конвейеры; 4, 11, 14, 25, 27, 38 — промежуточные бункеры; 5 — смеситель; 6 — шаровая мельница; 7 — бункер известняка; 8, 13, 46, 48, 49, 56 — дозаторы; 9, 35 — сушилки; 10 — гранулятор; 15 — обжиговая печь; 16, 31 — газоочистки; 17 — холодильник; 18 — размельно-смесительные бегуны; 19, 22 — реакторы-выщелачиватели; 23, 54 — пульсовые насосы; 21, 24, 32 — вакуум-фильтры; 28 — исходный сборник серной кислоты; 29 — реактор-смеситель; 30 — высокотемпературный струйный гидролизер; 33 — бункер ТОВ; 34 — дозатор уловленной пыли; 36 — плавильная печь; 37 — гранстол-холодильник; 40 — упаковочная машина; 41, 53 — бункеры уловленной пыли; 42 — технические весы; 50 — диафрагма паровая запорно-регулирующая с электроприводом; 55 — сборник водного раствора

Разработанную авторами схему можно разделить на пять стадий.

1. Подготовка сырья.

Исходное ванадийсодержащее сырье (шлам, пыль, твердые и пастообразные продукты) проходит предварительную подготовку к извлечению ванадия, которая заключается в измельчении ванадийсодержащего сырья в шаровой мельнице сухого помола до фракции 0,15–0,074 мм совместно с дозируемой окислительной добавкой. После дозирования измельченного ванадийсодержащего сырья и известняка в соотношении 1:0,3 производится грануляция шихты с получением гранул диам. 2–10 мм.

2. Окислительный обжиг.

Далее происходит процесс окислительного обжига гранулированной шихты во вращающейся противоточной печи при температуре 650–700 °С. Выделяющиеся при обжиге газы направляют на газоочистку, а обожженную шихту — на измельчение до фракции 0,15–0,074 мм в

размельно-смесительных бегунах.

3. Двухстадийное выщелачивание шихты.

После измельчения шихту направляют на водное выщелачивание при температуре 70–90 °С при Т:Ж = 1:4,5 и далее на фильтрацию в вакуум-фильтрах. Образовавшуюся в результате твердую фазу направляют на сернокислотное выщелачивание при температуре 70–90 °С в соотношении Т:Ж = 1:4,5 и далее на фильтрацию в вакуум-фильтрах. Образовавшаяся при этом твердая фаза поступает в отвал или на производство строительных материалов. Далее жидкая фаза сернокислотного выщелачивания смешивается с жидкой фазой водного выщелачивания до значения pH = 2,3, при необходимости проводится корректировка pH среды.

4. Высокотемпературный гидролиз.

На четвертой стадии полученный после смешения ванадийсодержащий раствор направляется на высокотемпературный гидролиз в дисперсных струях при температуре 105–130 °С и

далее на фильтрацию в вакуум-фильтрах. Образовавшаяся в результате жидкая фаза после нейтрализации направляется на сброс или без нейтрализации на кислотное выщелачивание. Использование разработанного струйного реактора-диспергатора позволяет добиться высокой скорости образования и роста твердой фазы пентаоксида ванадия в обрабатываемом растворе с обеспечением низкой остаточной концентрации пентаоксида ванадия в оборотных и сбросных растворах.

5. Получение готового товарного технического оксида ванадия (ТОВ).

Образовавшаяся на четвертой стадии твердая фаза является товарным пентаоксидом ванадия она направляется на сушку и далее на плавку в циклонной печи при температуре 650 °С. Поле плавки ТОВ осуществляют его охлаждение и грануляцию. Далее готовый продукт упаковывают и отправляют на выплавку феррованадия.

Выводы

Проведенное изучение химического состава ЗШО промышленной энергетики позволяет их использовать как сырье для получения ванадийсодержащих легирующих добавок в черной металлургии. Разработанная авторами новая тех-

нологическая схема переработки ванадийсодержащих ЗШО может успешно применяться с использованием ЗШО как украинских, так и российских ТЭС, работающих на энергетических мазутах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов Л. А. Перспективы применения ванадия для легирования сталей / Тез. докл. VIII Всерос. конф. "Ванадий. Химия, технология, применение". — Чусовой, 2000. — 162 с.
2. Ванадий в черной металлургии / Н. П. Лякишев, Н. П. Слотвинский-Сидак, Ф. Л. Плинер, С. Н. Лаппо. — М.: Металлургия. 1993. — 192 с.
3. Касимов А. М., Ковалев А. А., Поваляева А. В. Утилизация отходов электростанций, работающих на твердом и жидком топливе // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2011. № 4/8 (46). С. 15–20.
4. Касимов А. М., Ковалев А. А. Ресурсосберегающая технология извлечения ванадия из золошлаковых и шламовых отвалов угольных и газомазутных ТЭС Украины // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2012. № 1. С. 112–114.

УДК 669.1.054.8

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МАГНИТОГОРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

О. Е. ГОРЛОВА¹, Н. И. ХАСАНОВ²

(¹ ФГБОУ ВПО "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова",
² ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат")

Возрастающие издержки производства, высокие транспортные тарифы и цены на сырье заставляют обратить серьезное внимание на вторичные ресурсы черной металлургии, а именно на шлаки, шламы, отходы обогащения. Этому также способствует введение более жестких норм по охране окружающей среды, необходимость изыскания свободных территорий для их складирования, высокие издержки, связанные с транспортированием, складированием этих отходов и принятием определенных мер по защите окружающих территорий от их негативного влияния. Вывоз мелкодисперсных отходов в отвалы сопряжен с возникновением почти таких же про-

блем охраны окружающей среды, как и в ходе технологических процессов: очень мелкая сухая пыль сдувается ветром, многие вредные компоненты растворяются в воде и загрязняют поверхностные и грунтовые воды. В связи с этим для многих металлургических предприятий остро стоит вопрос возможности переработки и повторного использования собственных железосодержащих отходов, которые характеризуются достаточно высокой массовой долей в них железа и значительными накопленными и текущими объемами.

В черной металлургии источниками образования железосодержащих отходов являются ос-

новные технологические агрегаты металлургического производства: агломерационные машины, доменные, сталеплавильные печи, прокатные станы. На Магнитогорском металлургическом комбинате (ММК) образуется свыше десяти видов различных железосодержащих отходов. Наиболее крупнотоннажными являются шлаки доменного и конвертерного производств с текущими объемами образования 3,3 и 2,6 млн т/год. Кроме того, в отвалах находится около 30 млн т сталеплавильных шлаков со средним содержанием железа 23–25 %. В ОАО ММК действуют установки по комплексной переработке металлургических шлаков ЦПМШ, ДСК-1, Рохоп, АМКОМ-1, 2, 3, на которых перерабатывается порядка 10 млн т/год шлаков. Металлосодержащие продукты переработки шлаков используются в агломерационном и доменном производствах, крупный скрап — в шихте конвертерной плавки, немагнитные фракции — для рекультивации отработанных карьеров горы Магнитной. Ввод в строй современных высокопроизводительных установок по переработке шлаков обеспечивает получение металлосодержащей продукции за счет вторичной переработки собственных отходов производства, а также является важным направлением экологической политики комбината и позволит в ближайшие годы ликвидировать все накопленные вокруг комбината шлаковые отвалы [1, 2].

Высоким содержанием железа и значительными объемами образования характеризуются тонкодисперсные железосодержащие отходы ОАО ММК, такие как окалина (76 % Fe), шлам аглофабрик (47 % Fe), колошниковая пыль (47 % Fe), шлам мокрой очистки доменного газа (48,2 % Fe), шлам от очистки технологического газа конвертерного производства (54,2 % Fe), пыль, уловленная от очистки технологического газа в электросталеплавильном производстве (57,8 % Fe). Большая часть этих отходов используется повторно в составе аглошихты и в цементно-огнеупорном производстве, остальная часть складывается в отвалы, отработанные карьеры, шламохранилища комбината. В шламохранилище № 2 горно-обогатительного производства ОАО ММК, которое заполнялось с 1951 г. хвостами обогатительного производства и промывочно-обогатительных фабрик, разведано 13,9 млн т запасов с бортовым содержанием железа 25 %. Рассматривается вопрос о переработке железосодержащего материала этого техногенного образования, что позволит получить около 2 млн т кондиционного железного концен-

трата. В гидрозолопородоотвале горы Мохнатой запасы техногенных отложений оценены в 1,3 млн т со средним содержанием железа 52,6 %. Ежегодно порядка 170 тыс. т железосодержащих шламов из гидрозолопородоотвала используется в производстве агломерата благодаря высокому содержанию железа в шламах, небольшой толщине техногенной залежи (1,1–1,2 м) и простой технологии ее разработки.

На предприятиях черной металлургии ценным железосодержащим сырьем являются шламы, образующиеся в газоочистных системах доменных печей, поскольку они содержат порядка 50 % Fe, что по ресурсной ценности ставит их в один ряд с железорудными концентратами. Наиболее распространенным способом утилизации доменных шламов является их добавка в шихту агломерационного производства, но в последние годы это осложняется в связи с выраженной тенденцией увеличения в шламах такой вредной примеси, как цинк. Это приводит к повышению предельно допустимого количества цинка, поступающего в доменную печь с агломератом, и накоплению цинка в цикле агломерация – доменная плавка [3]. Отрицательные последствия присутствия цинка в доменной печи известны: это образование цинкитных настывей на различных участках шахты и в газоходах, искажение профиля доменной печи, отложение цинка в огнеупорной кладке, разрушение кладки и разрыв кожухов доменных печей, увеличение расхода кокса на прямое восстановление железа и цинка, нарушение хода процессов в доменной печи и в целом ухудшение технико-экономических показателей доменной плавки [4]. Поэтому на ряде предприятий черной металлургии приняты решения о сокращении или полном выводе шламов текущего производства из оборотного цикла [5]. Это влечет за собой не только потерю миллионов тонн железа и сотен тысяч тонн цинка, но и ухудшение экологических условий, увеличение и без того огромных территорий, занятых под шламонакопители, и возрастание техногенной нагрузки в районах крупных металлургических гигантов в целом.

В ОАО ММК шламы, поступающие из газоочистных систем доменных печей, обезвоживаются, высушиваются в вакуум-фильтрационной установке и направляются в агломерационный передел, где являются заменителями эквивалентного количества привозных железорудных концентратов благодаря более низкой их стоимости и небольшим транспортным издержкам, или перерабатываются совместно с железной

рудой по схеме мокрой магнитной сепарации на дробильно-обогатительной фабрике № 5. В 1990-е годы и в начале 2000-х годов массовая доля цинка в шламах составляла в среднем 0,5–0,6 %, а начиная с 2006 г. наблюдается устойчивая тенденция повышения в них содержания цинка: с 0,75 % в 2006 г. до 1,8 % в 2010 г. Поэтому часть шламов с повышенным содержанием цинка направляется в отвал № 6 на территории рудника.

Решение проблемы наиболее полного возвращения железосодержащих отходов в сферу металлургических переделов требует внедрения технологических процессов переработки пылей и шламов в кондиционные материалы черной металлургии. Наиболее высокие показатели обесцинкования шламов достигаются в пирометаллургических процессах, но их внедрение требует сооружения специальных дорогостоящих установок и значительных расходов электроэнергии. Как известно, доменные шламы являются материалом преимущественно тонкодисперсным, а вредные примеси, входящие в их состав, имеют полигенную природу и полиминеральный состав и представлены простыми и сложными оксидами (цинкит и франклинит), галоидами, сульфатами, сульфидами, силикатами, частицами карбонатного состава [6]. Поэтому в данной работе для снижения массовой доли цинка в железосодержащих шламах с одновременным выделением цинксодержащих примесей в дополнительный продукт, пригодный для цветной металлургии, предложен метод обратной флотации.

Флотационная доводка магнетитовых концентратов широко используется в зарубежной практике с целью удаления кремнезема, карбонатных минералов и получения суперконцентратов с массовой долей железа 68–70 %. В отечественной практике на Михайловском ГОКе внедрена технологическая схема флотационного дообогащения магнетитовых концентратов в колонных флотомашинах с использованием новых собирателей — эфироаминов [7]. В режиме обратной катионной флотации получают концентраты с массовой долей железа 64 % для производства доменных окатышей и высококачественные низкокремнеземистые концентраты, содержащие до 70 % Fe и менее 3 % SiO₂, для технологии прямой металлургии. Технологические схемы флотационной доводки магнетитовых концентратов

были приняты за основу при разработке флотационных режимов обесцинкования доменных шламов.

Разработаны реагентные режимы и схемы флотации шламов газоочисток доменных печей ОАО ММК с использованием в качестве собирателей цинксодержащих соединений в составе шламов анионных и катионных реагентов [8]. Наиболее высокие показатели обесцинкования шламов получены в режиме обратной флотации, когда содержащиеся в доменных шламах примеси, в том числе и соединения цинка, флотируются в пенный продукт, выход которого небольшой, а железосодержащий концентрат получается камерным продуктом. Поскольку было установлено, что доменные шламы являются материалом тонкодисперсным, на 80–90 % представленным классом менее 0,074 мм, то их доизмельчение не производилось, а схема флотации включала операцию обесшламливающей флотации без подачи реагентов для удаления самых тонких частиц шламов и флотации углеродсодержащих частиц коксика, которые присутствуют в доменных шламах. При флотационном обогащении доменных шламов в режиме обратной флотации с использованием в качестве катионных собирателей цинксодержащих примесей реагентов АНП (амины из нитропарафинов) и “Флон” (соль алифатических аминов) получены аналогичные зависимости: массовая доля цинка в камерном железосодержащем продукте снижается с 1,35 до 0,5–0,6 %, а массовая доля железа повышается с 50 до 56–57 %. Выход камерного продукта высокий (75–78 %) и извлечение железа в него составляет 86–90 %.

Флотацию доменных шламов производили с дробной подачей собирателя и пофракционным снятием пены (рис. 1), что позволяло получать несколько пенных продуктов и анализировать извлечение цинка и железа в них (см. таблицу).

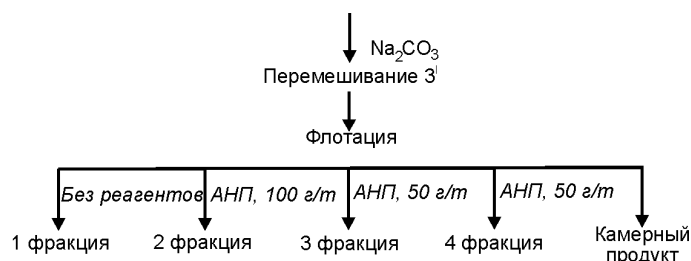


Рис. 1. Схема флотации доменных шламов

РЕЗУЛЬТАТЫ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ДОМЕННОГО ШЛАМА С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАГЕНТА АНП (200 г/т) В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ (рН = 10)

Продукт	Выход продукта γ , %	Массовая доля цинка β_{Zn} , %	Извлечение цинка ε_{Zn} , %	Массовая доля железа β_{Fe} , %	Извлечение железа ε_{Fe} , %
1-я фракция	2,6	8,29	15,6	22,62	1,2
2-я фракция	5,25	7,25	27,7	25,83	1,2
3-я фракция	9,85	3,08	22,0	23,52	4,9
4-я фракция	6,05	1,48	6,4	17,85	2,2
Камерный продукт	76,25	0,51	28,3	57,0	90,5
Исходный	100,0	1,37	100,0	48,02	100,0

При обратной флотации доменных шламов основная масса цинксодержащих соединений, содержащихся в шламах, переходит в пенные продукты флотации, которые характеризуются повышенной массовой долей цинка. Самыми богатыми по цинку являются пенные продукты обесшламливающей флотации, полученные без подачи собирателя (1-я фракция). Массовая доля цинка в них составляет 7–8 %. При последующей флотации при дробной подаче реагента-собирателя массовая доля цинка в пенных продуктах составляла 5–6 %, а в последних фракциях снижалась до 2–3 %. В результате в суммарном пенном продукте обратной катионной флотации массовая доля цинка в среднем составляла 5–6 % при извлечении цинка 56–65 %.

Эти суммарные пенные продукты направляли на операции перечистой флотации для повышения в них массовой доли цинка. Основную флотацию проводили с использованием реагента “Флон” при расходе 150 г/т, а получаемый пенный продукт флотировали также в режиме обратной флотации с использованием собирателя “Флон”. В результате перечистки массовая доля цинка в пенном продукте повышается с 6,71 до 7,51 % при извлечении цинка 68 % (рис. 2). Пенные продукты перечистой флотации с массовой долей цинка 7–8 % можно рассматривать как цинксодержащее сырье для цветной металлургии, которое может быть направлено на металлургическую плавку в печах Ванюкова.

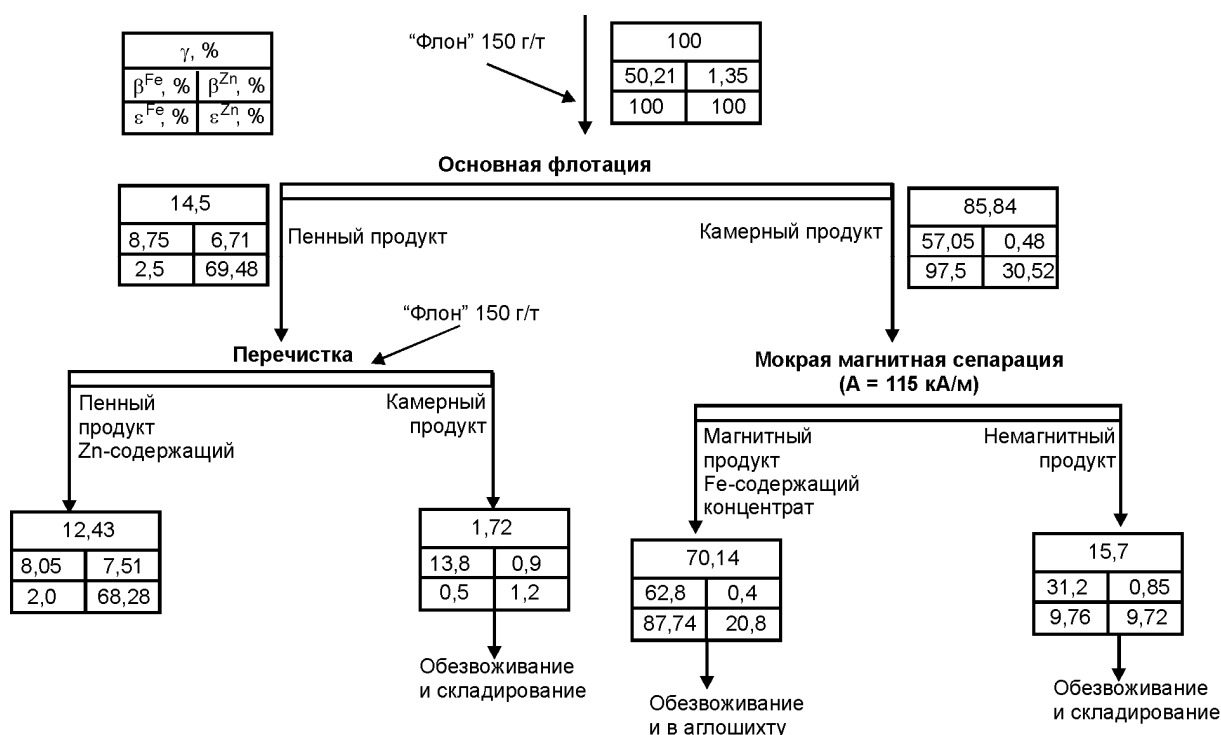


Рис. 2. Принципиальная схема комплексной переработки железосодержащих доменных шламов

Камерные продукты обратной флотации содержат в среднем 56–57 % Fe, поэтому для повышения качества этих продуктов как железосо-

держащих концентратов проводили их мокрую магнитную сепарацию при невысокой напряженности магнитного поля 115 кА/м. При этом мас-

совая доля железа в магнитном продукте повышается с 57 до 62 % при извлечении железа 86–87 % и наблюдается некоторое снижение массовой доли цинка в этом продукте с 0,53 до 0,42–0,45 %. В немагнитном продукте массовая доля железа составляет 31–34 %, а массовая доля цинка — 0,85–0,9 %. Потери железа с немагнитной фракцией невысокие (9–11 %). На основании проведенных исследований предложена принципиальная схема комплексной переработки железосодержащих шламов доменного производства, которая включает обратную флотацию шламов с перечисткой пенного продукта для получения цинксодержащего продукта для цветной металлургии, и мокрую магнитную сепарацию камерного железосодержащего продукта основной флотации для получения кондиционного железосодержащего концентрата (см. рис. 2).

Разработанные технологические решения по обесцинкованию железосодержащих шламов газоочисток доменных печей обеспечивают получение железосодержащего продукта, который может быть полностью возвращен в агломера-

ционный передел. Таким образом, традиционные методы, используемые в обогащении минерального сырья, могут найти широкое применение и для эффективной переработки отходов производства и тем самым обеспечить использование ресурсного потенциала техногенного минерального сырья.

Разработка и внедрение высокоэффективных, экономически оправданных и экологически безопасных технологий утилизации текущих и накопленных в различных техногенных образованиях шлаков, шламов, пылей, хвостов обогащения является актуальной задачей не только для ОАО ММК, но и для всех предприятий отрасли как для получения собственного железосодержащего сырья, так и для повышения результативности деятельности за счет снижения затрат на транспортирование и складирование отходов, сокращения платежей за размещение отходов, высвобождения территорий, занимаемых шлаковыми отвалами и шламохранилищами, исключения потенциальных исков и претензий за загрязнение территорий, водного, воздушного бассейнов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рашников В. Ф., Тахаутдинов Р. С., Бодяев Ю. А. Утилизация железосодержащих отходов в ОАО ММК // *Металлург*. 2004. № 7. С. 19.
2. Иванов М. Экологический паспорт Магнитки // *Российская газета – Федеральный выпуск № 5691 (18)*. 30.01.2012.
3. Переработка некондиционных железосодержащих пылей и шламов металлургических переделов / В. П. Ульянов, В. И. Булавин, В. Я. Дмитриев и др. // *Сталь*. 2002. № 12. С. 69–74.
4. Поведение цинка в доменной печи / Ю. П. Шукин, В. И. Гладышев, А. П. Пухов и др. // *Сталь*. 1985. № 1. С. 12–16.
5. Проблемы цинка в доменном производстве России и пути их решения / Г. М. Степин, Л. С. Мкртчян, И. В. Довлядов, И. К. Борщевский // *Металлург*. 2001. № 10. С. 39–42.
6. Результаты исследования минеральных форм нахождения вредных примесей в шламах / В. А. Шеремет, А. В. Кекух, Л. Г. Максименко и др. // *Сталь*. 2004. № 6. С. 111–114.
7. Авдохин В. М., Губин С. Л. Современное состояние и основные направления развития процессов глубокого обогащения железных руд // *Горный журнал*. 2007. № 2. С. 58–64.
8. Горлова О. Е., Хасанов Н. И. Разработка технологических решений комплексной переработки железосодержащих шламов // *Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья (Плаксинские чтения 2010): материалы междунар. совещания. Казань, 13–18 сентября 2010 г.* — М., 2010. С. 405–408.

К ВОПРОСУ О ГОРИЗОНТЕ ПОСТАВОК И ЦЕН КЛЮЧЕВЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. И. ПЛЕЩЕНКО, канд. экон. наук, v_pl@mail.ru (ФГУП "Гознак")

Современная фирма существует в сложной и изменчивой внешней среде, предполагающей наличие существенных рисков, сопутствующих ведению бизнеса и требующих учета при планировании деятельности и принятии управленческих решений. Снизить возникающие риски до приемлемых значений, минимизировать потенциал негативного воздействия факторов, представляющих опасность, сохранив при этом на должном уровне показатели эффективности, — одна из важнейших стратегических задач промышленной компании. В ряду решаемых в этой связи задач крайне большое значение для производственного предприятия приобретает вопрос об обеспечении ключевыми ресурсами, при рассмотрении которого должны учитываться такие угрозы, как срыв поставки и колебания цен на сырье.

Следует особо отметить, что данная проблема является комплексной, включающей в себя такие составляющие, как бесперебойность доставки грузов и надежность источников снабжения, оптимальность цен, квалифицированность персонала фирм-поставщиков и др. Известно, что материальные ресурсы в значительной степени определяют себестоимость выпускаемой продукции, а от их качества и ритмичности поставок зависит выполнение предприятием обязательств перед клиентами и, как следствие, корпоративный имидж и деловая репутация компании.

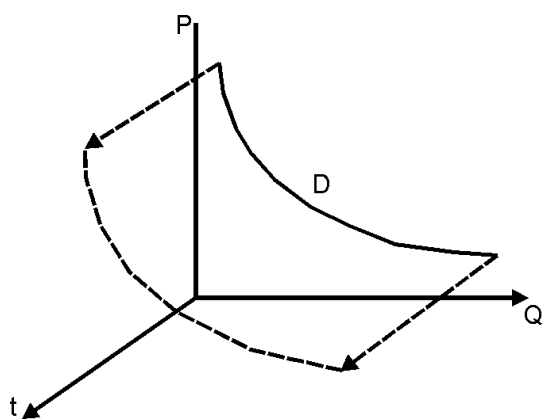
Необходимые предприятию сырье и материалы могут как приобретаться на рынке, так и производиться непосредственно в рамках корпоративной структуры. В последнем случае мы имеем дело с так называемой вертикальной интеграцией. В современной металлургической промышленности данный способ материально-технического обеспечения производства имеет весьма широкое распространение, являясь, по сути, основой снабжения крупных международных корпораций, достигших благодаря этому высокой доли самообеспечения железорудным и

коксоугольным сырьем. Основные преимущества и недостатки указанного подхода достаточно подробно описаны в современных научно-практических источниках, поэтому в данной статье мы не будем их рассматривать, остановившись на актуальных вопросах приобретения ресурсов на свободном рынке.

Для начала коснемся вопроса базовых параметров совершаемых сделок. Известно, что цена ресурса и объем закупки тесно взаимосвязаны. Как правило, чем больше количество приобретаемого сырья, тем меньше должна стать его цена, что может, в частности, объясняться снижением доли постоянных издержек в себестоимости. Также существенное влияние на характер взаимоотношений сторон имеет и горизонт поставок, т. е. тот период времени, до конца которого потребитель будет получать от своего контрагента необходимый ему ресурс по определенной цене (т. е. горизонты поставок и цен взаимозависимы). В принципе можно резонно предполагать, что чем длительнее контрактные отношения, тем стабильнее будет регулируемая ими ситуация, поскольку у партнеров появляется уверенность в завтрашнем дне. Однако в реальности так происходит не всегда. Исходя из этого, следует отметить, что в современных условиях институциональная модель взаимодействия сторон должна обладать достаточной гибкостью, позволяющей трансформировать условия соглашений сообразно изменениям текущей рыночной конъюнктуры.

Любая сделка имеет ряд базовых параметров, наиболее значимыми из которых выступают предмет договора, цена ресурса и объем поставки. Понятно, что первая составляющая наиболее постоянна и у промышленных потребителей может сохраняться в неизменном виде достаточно долго. Поэтому, заключая соглашение о сотрудничестве (поставка, кооперация, координация и т. д.) на долгосрочную перспективу, фирмы четко представляют себе, в какой именно области они планируют взаимодействовать. Но

когда развитие отношений потребует детализации условий в части цен и объемов поставки с достаточным горизонтом, то с учетом неизбежного воздействия факторов внешней среды стороны сразу сталкиваются со значительными сложностями, требующими тщательного анализа и зачастую существенных затрат на их разрешение. При этом, характеризуя длительные отношения, следует увеличить число измерений в формируемой системе, дополнив координатные оси P (цена) и Q (объем) осью t (время). Таким образом, к условной кривой спроса D добавляются понятия горизонта цены и горизонта поставок, отражающие период актуальности ранее согласованных условий для определенных контрагентов (см. рисунок).



Примерное графическое отображение горизонтов цен и поставок

Если говорить о стратегии крупных металлургических корпораций в Российской Федерации, то помимо получения максимального экономического эффекта от вертикальной интеграции (на которую, как указано выше, делается основной упор) они ставят своей целью обеспечение поставок ключевых ресурсов по долгосрочным договорам с производителями сырья. В частности, по данным годового отчета Магнитогорского металлургического комбината (ММК) за 2010 г., компанией была проведена работа, результатом которой стал 10-летний контракт на поставку железорудного сырья с Соколовско-Сарбайским ГОКом [1]. Также, по сведениям, приведенным информационным порталом «Металлоснабжение и сбыт», в сентябре 2011 г. ММК и УК «Металлоинвест» подписали трехлетний контракт на поставку железорудного сырья с Михайловским ГОКом, при этом компаниями была выработана схема ценообразования с использованием действующих рыночных индикаторов, учитывающая динамику цен на мировом рынке [2]. В то же время подписание этого соглашения привело к

конфликту между ММК и компанией ENRC (владельцем Соколовско-Сарбайского ГОКа). ММК в IV кв. 2011 г. снизил объемы закупок железорудного сырья с 1 млн т до 700 тыс. т/мес., и ENRC, чтобы не снижать производство, пришлось перенаправить высвободившиеся объемы продукции другим покупателям [3]. Следует указать, что, согласно опубликованной информации, данный спор вскоре разрешился мирным путем, и портал «Металлоснабжение и сбыт» сообщил, что была достигнута договоренность с ENRC о предоставлении ММК рыночной скидки [4]. Исходя из этого, можем заключить, что долгосрочные контракты, повышая стабильность снабжения, существенным образом ограничивают возможности покупателя маневрировать в случае появления на рынке более выгодных предложений, в том числе и разовых или краткосрочных.

Следует отметить, что в последнее время актуальность использования более гибких контрактов в черной металлургии существенно возросла. В недавнем прошлом в отрасли по всему миру имел место мощный подъем, обеспечиваемый возрастающим объемом производства в Азиатско-Тихоокеанском регионе (в первую очередь за счет Китая). Как следствие, спрос на сырье был велик, цены находились на высоком уровне, периодически на рынке наблюдался дефицит ресурсов, поэтому потребители, стремясь уменьшить свои риски, контрактировались по действующим ценам на как можно более длительный период. В настоящий момент ситуация значительно изменилась: мировое производство стали достигло исторического максимума и стабилизировалось, спрос на металлопродукцию ввиду замедления экономического роста падает, вследствие чего крупные корпорации вынуждены останавливать производство и распродавать непрофильные активы. В результате происходит значительное падение котировок металлургического сырья, которое более сильно подвержено ценовым колебаниям, чем, к примеру, готовая продукция с высокой долей добавленной стоимости. Например, по данным тематического приложения к газете «Коммерсант», с начала 2011 г. контрактные цены на коксующийся уголь упали с 330 до 190–200 долл/т в конце 2012 г. [5]. Схожим образом происходило падение цен на железную руду, которая потеряла с начала 2012 г. 30 % стоимости, а в августе перешла границу в 100 долл., что случилось впервые с кризисного 2009 г. При этом снижение цен на сырье происходит опережающими темпами по сравнению с

динамикой цен на продукцию сталеплавильной отрасли, в связи с чем отмечается, что больше всего неприятностей данное снижение доставит вертикально интегрированным корпорациям, а компании, покупающие сырье на стороне, смогут извлечь из этого процесса дополнительные выгоды. В частности, по данным, опубликованным газетой “Ведомости”, ММК, который не полностью обеспечен собственной железной рудой, смог за счет падения цен сократить себестоимость производства слэбов во II кв. 2012 г. до 414 долл/т [6]. В то же время, по сведениям издания, подешевевший уголь негативно сказался на эффективности входящего в его структуру ОАО “Белон”, чей EBITDA в том же II квартале упал до 5 млн долл. (или уменьшился в 8,4 раза).

В условиях высокой волатильности рынка возможность оперативной корректировки цен на сырье приобретает еще большее значение, становясь, по сути, главной целевой установкой проводимых переговоров. В конце 2012 г., по информации газеты “Ведомости”, ММК и Новолипецкому металлургическому комбинату (НЛМК) удалось договориться с поставщиками об изменении сроков пересмотра цен на сырье [7]. В частности, в связи с неопределенностью на рынке угля НЛМК перешел на цены сроком действия менее трех месяцев, а ММК согласовал возможность корректировки данного параметра один раз в два месяца. Ранее пересмотр цен производился ежеквартально, однако к осени 2012 г. предыдущие контракты истекли, что позволило металлургическим комбинатам добиться желаемого исхода переговоров. Изданием отмечается, что этому способствовала и обстановка в отрасли в целом, предоставляющая покупателям возможность достаточно уверенно диктовать свои условия, а также наблюдаемое в последнее время перепроизводство на рынке угля: при росте выпуска на 30 % производство стали выросло лишь на 8 %, создав избыточное предложение.

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время в черной металлургии более актуальны контракты с “короткими” ценами, позволяющие производить корректировку в оперативном режиме, причем как в части цен, так и объемов. При этом отметим, что предмет сделки остается неизменным, цена в принципе может быть описана некоторой формулой, определяющей порядок пересмотра и для большей объективности привязанной к каким-либо признанным индикаторам. Однако в этом случае возникает

сложность с определением такого параметра, как объем. Понятно, что поставщик, соглашаясь с механизмом корректировки цены, исходит из того, что покупатель в любом случае должен выбрать предназначенный ему объем (в пределах допустимых колебаний), и исходя из этого планирует свои бизнес-процессы, имея цель обеспечить желательный уровень рентабельности. В случае, когда фиксированные объемы отсутствуют, продавец сырья оказывается в трудном положении, а если же количественные параметры поставки определены, то лишается возможности маневрировать покупатель. В результате имеет место существенное противоречие между интересами сторон, угрожающее стабильности поставок.

Возможным решением проблемы для потребителя является отказ от длительных горизонтов и фиксированных объемов, означающий фактический переход к закупке сырья по так называемой спотовой модели. Не секрет, что на рынке любого ресурса всегда найдется определенное число средних и мелких поставщиков, готовых поставить любое сырье кому угодно. Они могут быть как независимыми трейдерами, так и специализированными дилерами существующих производителей. В силу большей организационной гибкости данные фирмы-посредники имеют возможность предлагать цены на разовые поставки выгоднее, чем производители по долгосрочным соглашениям. Товар появляется на рынке по ряду причин, например, это возможно из-за того, что у крупных производителей периодически возникают излишки произведенной продукции либо неиспользованные ресурсы, от которых они желают избавиться.

В то же время следует учитывать, что эффект относительного снижения цен при использовании альтернативных поставщиков (т. е. экономия) в какой-то части будет израсходован на компенсацию как возрастающих транзакционных издержек, так и внутрифирменных затрат. Повышение затрат фирмы связано с увеличением объема обрабатываемой информации, требующего большего числа ресурсов компании (организационных и технических) на обеспечение процесса. В части транзакционных издержек возрастание затронет все их базовые компоненты (поиск информации, измерение, заключение контрактов, защита прав собственного и оппортунистического поведения) как минимум пропорционально числу дополнительных контрагентов. Кроме того, несбалансированное использование данной модели способно ухудшить отно-

шения с традиционными партнерами, поэтому вопрос об ее внедрении должен решаться довольно осторожно. Также повышаются и возможные риски, особенно в части исполнения поставщиками своих обязательств (например, риск несвоевременной поставки). В случае сложных, непрерывных производств, к которым, безусловно, относятся технологические процессы в черной металлургии, подобная опасность приводит к увеличению страховых запасов, вызывая замораживание оборотных средств и рост издержек на содержание складских площадей. Таким образом, по мнению автора, указанный вариант может быть применен малыми и средними

предприятиями, у которых объем потребления ресурсов относительно невелик, для обеспечения производства разовых заказов.

Исходя из изложенного, можно заключить, что в части определения горизонта поставок и цен ключевых ресурсов как базовых параметров построения отношений с контрагентами, в каждом конкретном случае следует находить индивидуальное сбалансированное решение, которое позволило бы предприятию использовать возникающие возможности при минимальных сопутствующих издержках и рисках, получая конкурентные преимущества относительно вертикально интегрированных холдингов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сталь & стиль. Магнитогорский металлургический комбинат. Годовой отчет за 2010 г.
2. Металлоинвест и ММК подписали трехлетний контракт на поставку ЖРС. <http://www.metalinfo.ru/ru/news/51568>.
3. Магнитка под арестом // Ведомости. 2.12.2011.
4. ММК договорился с ENRC о рыночной скидке на поставку железорудного сырья. <http://www.metalinfo.ru/ru/news/54445>.
5. Внутреннее содержание // Тематическое приложение к газете «Коммерсант» (Металлургия). 20.09.2012.
6. Сталь подвела // Ведомости. 20.08.2012.
7. Цена на два месяца // Ведомости. 3.12.2012.

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

(по данным российских и зарубежных СМИ и пресс-служб предприятий)

В РОССИЙСКОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Индекс металлургического производства и производства готовых металлических изделий в январе–декабре 2012 г. составил 104,5 % к январю–декабрю 2011 г.

В том числе металлургического производства — 102,1 %, производства готовых металлических изделий — 111,8 %.

Выпуск важнейших видов продукции черной металлургии в декабре 2012 г. и за 2012 г., млн т

Продукция	Декабрь 2012 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Чугун	4,1	50,5	105,2
Сталь	5,6	70,4	103,3
Прокат готовый черных металлов	4,9	61,8	104,0
В том числе:			
заготовка для переката на экспорт	1,1	13,4	116,5
сортовой листовой	1,5	19,9	98,9
листовой	2,3	28,5	102,5
Трубы стальные, тыс. т	862	9657	96,7

В 2012 г. наблюдалось снижение цен на товары черной металлургии на фоне неблагоприятной мировой конъюнктуры и замедления внутреннего спроса.

Снижение цен торгуемых черных металлов:

- чугуна и доменных ферросплавов — на 12,4 % (2011 г. — рост на 2,7 %);
- полуфабрикатов — на 16,0 % (2011 г. — рост на 25,6 %).

На фоне снижения мировых цен в отрасли упали цены на добычу железных руд на 21,6 % (прирост в 2011 г. на 20,8 %) и на уголь для коксования на 30,1 % (прирост на 46,3 %).

Индекс цен производителей на некоторые виды металлопродукции в январе–декабре 2012 г. относительно января–декабря 2011 г. составил:

- чугун — 88,8 % (87,7 % в декабре относительно декабря 2011 г.);
- слитки из железа и стали — 104,4 % (101,3 %);
- полуфабрикаты — 98,6 % (84,0 %);

– прутки и катанка горячекатаные — 97,7 % (92,9 %);

– прокат плоский горячекатаный (кроме нержавеющей и быстрорежущего) — 91,8 % (85,7 %).

В 2012 г., по данным компаний черной металлургии, по сравнению с 2011 г. рост производства готового проката черных металлов наблюдался в:

– ОАО “Новолипецкий металлургический комбинат” (ОАО НЛМК) — 124,9 % (11,5 млн т);

– ОАО “Челябинский металлургический комбинат” (ОАО УК “Мечел”) — 109,3 % (3,1 млн т);

– ОАО ЕВРАЗ НТМК (ОАО “ЕвразХолдинг”) — 109,9 % (4,0 млн т);

– ОАО ЕВРАЗ ЗСМК (ОАО “ЕвразХолдинг”) — 101 % (6,2 млн т);

– ОАО “Магнитогорский металлургический комбинат” (группа ММК) — 103,9 % (12,4 млн т).

Против 2011 г. снизили объемы производства:

– ОАО “Оскольский электрометаллургический комбинат” (ОАО УК “Металлоинвест”) — 97,3 % (2,7 млн т);

– ОАО “Череповецкий металлургический комбинат” (ОАО “Северсталь”) — 95,1 % (9,2 млн т);

– ОАО “Уральская сталь” (ОАО УК “Металлоинвест”) — 90,6 % (2,0 млн т).

Основные предприятия-члены НП “Русская Сталь” в декабре 2012 г. произвели 4,43 млн т готового проката, что на 4,5 % меньше, чем в декабре 2011 г., но на 0,5 % больше по сравнению с ноябрем 2012 г.

В 2012 г. основные предприятия-члены НП “Русская Сталь” произвели 55,3 млн т готового проката, что на 2,9 % выше по сравнению с 2011 г.

Отгрузки проката на внутренний рынок предприятиями-членами НП “Русская Сталь” в декабре 2012 г. составили 2,31 млн т (снижение на 8,9 % по отношению к декабрю 2011 г. и на 5,6 % по отношению к ноябрю 2012 г.).

В 2012 г. отгрузки проката на внутренний рынок выросли на 0,1 %, до 31,14 млн т, по сравнению с 2011 г.

По оценке “Северсталь Российская Сталь”, в России загрузка сталеплавильных мощностей в 2012 г. составила 80–85 %.

В России в 2012 г. видимое потребление рельсов составило около 935 тыс. т.

В том числе потребление 100-м рельсов составило около 220 тыс. т.

Импортные поставки осуществлялись из Японии (около 160 тыс. т) и Австрии (около 60 тыс. т).

В целом импортировано порядка 240 тыс. т продукции (рост на 51 %).

По данным таможенной и железнодорожной (по странам Таможенного союза) статистики, в 2012 г. экспорт российского стального проката (без учета полуфабрикатов и заготовки из нелегированных сталей) и трубной продукции достиг 13,72 млн т, что на 4 % ниже показателя 2011 г.

В 2012 г. доля экспорта продукции во всем российском экспорте стального проката и труб составила 48 %.

Экспорт из России в 2012 г., тыс. т

Показатель	Объем
Руды и концентраты железные	25533,2
Кокс и полукокс	2354,9
Чугун	4105,1
Полуфабрикаты из углеродистой стали	14977,9
Прокат плоский из углеродистой стали	7373,8

В 2012 г. металлургические предприятия России поставили в страны Европейского союза более 1,549 млн т стальной продукции.

Квота, установленная Еврокомиссией на год (3,346 млн т), была использована на 46,3 %.

В 2012 г. основные предприятия-члены НП “Русская Сталь” экспортировали на 6,9 % (24,17 млн т) больше по сравнению с 2011 г.

Объем экспорта в декабре 2012 г. составил 2,12 млн т (рост на 0,6 % по отношению к декабрю 2011 г. и на 8,2 % по отношению к ноябрю 2012 г.).

По данным таможенной и железнодорожной (по странам Таможенного союза) статистики, в 2012 г. поставки в Россию листового стального проката с полимерными покрытиями составили 823,7 тыс. т, что на 18 % выше соответствующего показателя 2011 г.

Основными поставщиками являлись Китай, Южная Корея и Турция (ММК Metalurji).

Импорт в Россию в 2012 г., тыс. т

Показатель	Объем
Черные металлы (кроме чугуна, ферросплавов, отходов и лома)	5976,8
Трубы стальные	809,4

По данным таможенной и железнодорожной (по странам Таможенного союза) статистики, в 2012 г. поставки строительной арматуры (включая катанку) в Россию составили 1,42 млн т, что на 35,3 % выше соответствующего показателя 2011 г.

Основными поставщиками являлись Украина, Белоруссия и Молдавия.

По данным таможенной статистики, в 2012 г. импорт листового стального проката из коррозионностойких сталей в Россию составил 146,2 тыс. т, что на 4,5 % выше показателя 2011 г.

Основными поставщиками являлись Китай, Испания, Финляндия и Южная Корея.

По оценке ассоциации “Спецсталь”, объем российского импорта основных видов продукции из нержавеющей стали в 2012 г. снизился на 4,5 % и составил 233,4 тыс. т по сравнению с 2011 г.

В том числе импорт сортового проката снизился на 28,3 %, бесшовных труб — на 5,7 %, электросварных труб — на 12,7 % и первичной заготовки — на 16,7 %.

Импорт листового проката увеличился на 1,8 %, до 170,5 тыс. т, по сравнению с 2011 г., проволоки — на 2,1 %.

По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) РФ, производство стальных труб в 2012 г. составило 96,7 % к 2011 г., или 9657 тыс. т.

Основной причиной сокращения производства стальных труб явилось значительное сокращение спроса на трубы большого диаметра для строительства нефте- и газопроводов.

Производство труб по способу производства и ряду их основных видов за 2012 г. по сравнению с 2011 г. составило:

- бурильных — 37,8 тыс. т, или 107,6 %;
- насосно-компрессорных — 443,3 тыс. т (111,6 %);
- обсадных — 828,3 тыс. т (113,2 %);
- бесшовных — 3127,7 тыс. т (105,8 %);
- электросварных большого диаметра (СБД) — 2432,8 тыс. т (77,1 %);
- электросварных (кроме СБД) — 3854,9 тыс. т (108,9 %);
- сварных (без электросварных) — 239,0 тыс. т (72,0 %).

По данным Росстата, индекс цен производителей на основные виды стальных труб в декабре 2012 г. относительно декабря 2011 г. находился в диапазоне 94,7–106,0 % (к ноябрю индекс цен находился в диапазоне 96,2–103,1 %).

Вместе с тем за рассматриваемый период 2012 г. относительно соответствующего периода прошлого года индекс цен производителей по подавляющему большинству представленных позиций превышает 100 %.

Индекс цен производителей на трубы стальные за январь–декабрь 2012 г. относительно января–декабря 2011 г. составил 96,6 % и в декабре 2012 г. относительно декабря 2011 г. — 97,3 %.

В том числе по видам труб:

- трубы тянутые — 111,3 % (99,5 %);
- тонкостенные бесшовные — 113,1 % (99,5 %);
- обсадные — 105,7 % (98,3 %);
- бурильные — 104,4 % (102,9 %);
- насосно-компрессорные — 105,9 % (106,0 %);
- катаные — 102,0 % (100,7 %);
- сварные для нефте- и газопроводов из черных металлов наружным диаметром более 406,4 мм — 89,6 % (95,6 %);

– трубы сварные для нефте- и газопроводов из черных металлов наружным диаметром менее 406,4 мм — 98,0 % (96,1 %).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что падение спроса со стороны нефтегазовых компаний на трубы большого диаметра привело к наибольшему снижению цен в данном сегменте металлургической продукции.

В 2012 г., по данным компаний, по сравнению с 2011 г. рост производства стальных труб в России наблюдался в:

- ОАО “Первоуральский новотрубный завод” — 111,6 % (839 тыс. т);
 - ОАО “Синарский трубный завод” — 103,8 % (607 тыс. т);
 - ОАО “Таганрогский металлургический завод” — 103,0 % (753 тыс. т);
 - ОАО “Северский трубный завод” — 102,7 % (771 тыс. т).
- Снизил объемы производства:
- ОАО “Выксунский металлургический завод” — до 81,5 % (1397 тыс. т);
 - ОАО “Челябинский трубопрокатный завод” — 90,6 % (1046 тыс. т);
 - ОАО “Волжский трубный завод” — 88,6 % (1016 тыс. т).

По оценке, объем потребления стальных труб на рынке России в 2012 г. сократился на 14 %, до 9,1 млн т.

Спад произошел ввиду ухудшения экономической ситуации как в мире, так и в России. Кроме того, негативное влияние на показатель видимого потребления стальных труб оказало сокращение закупок труб большого диаметра.

В 2012 г. наиболее существенно сократилось потребление сварных труб большого диаметра — на 53 %, до 1,6 млн т.

По предварительной оценке, импорт труб большого диаметра в 2012 г. сократился более чем на 90 %.

По данным Федеральной таможенной службы, экспорт стальных труб в Россию в январе–ноябре 2012 г. составил 1468,4 тыс. т, или 128,0 % (1019,0 тыс. т) к 2011 г.

Наиболее крупным потребителем российских стальных труб является Казахстан.

По данным Росстата, индекс добычи металлических руд в январе–декабре 2012 г. составил 102,7 % к январю–декабрю 2011 г.

Производство концентрата железорудного составило 104 млн т, или 100,6 %, окатышей железорудных — 39 млн т, или 101,5 %.

Индекс цен производителей по видам железорудного сырья, реализуемого на внутренний рынок России, в декабре 2012 г. составил:

– руда железная товарная необогащенная — 84,9 % к декабрю 2011 г., и в январе–декабре 2012 г. к соответствующему периоду прошлого года — 94,5 %;

– концентрат железорудный — 84,5 % (110,0 % и 88,8 %);

– агломерат железорудный доменный — 58,4 % (100,0 % и 71,4 %);

– окатыши железорудные (окисленные) — 73,8 % (107,0 % и 81,1 %).

По данным Росстата, импорт руды и концентратов (код ТН ВЭД ТС 2601) в январе–ноябре 2012 г. составил 7,5 млн т, или 76,1 % к соответствующему периоду прошлого года.

Из стран дальнего зарубежья в январе–ноябре 2012 г. импорт руды практически не осуществлялся.

На импортные поставки из Казахстана пришлось 98,6 %. Поставки из Казахстана составил 7,4 млн т, или 76,0 % к январю–ноябрю 2011 г., что обусловлено поставками железорудного сырья в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (заключен долгосрочный контракт с компанией ENRC — Евразийская корпорация природных ресурсов, основные активы которой находятся в Казахстане).

Среднеконтрактная импортная цена за январь–ноябрь 2012 г. составляет 102,1 долл/т против января–ноября 2011 г. — 150,6 долл/т (темп роста составил 67,8 %).

По данным Росстата, физический объем российского экспорта железной руды и концентратов (код ТН ВЭД ТС 2601) в январе–ноябре 2012 г. составил 23,1 млн т, или

94,1 % к соответствующему периоду прошлого года.

Поставки железной руды и концентратов осуществлялись преимущественно (91,0 %) в страны дальнего зарубежья.

Основным импортером российской железной руды и концентратов является Китай — 13,3 млн т, или 92,8 % к соответствующему периоду прошлого года.

В рассматриваемом периоде темп роста поставок в страны дальнего зарубежья составил 92,7 %, а в СНГ — 111,4 %.

Среднеконтрактная экспортная цена за январь–ноябрь 2012 г. составляет 99,6 долл/т против января–ноября 2011 г. — 117,7 долл/т (темп роста составил 84,6 %).

По данным Росстата, добыча угля в 2012 г. составила 354 млн т, или 105,2 % к 2011 г.

В том числе добыча угля открытым способом выросла на 4,7 %, а подземным — на 4,3 %. При этом темп роста добычи угля в декабре 2012 г. составил 98,7 % к декабрю 2011 г.

Рост добычи угля в 2012 г. связан с увеличением спроса на внешнем рынке, а также с увеличением запасов угля у поставщиков и потребителей для бесперебойного обеспечения топливом и теплом населения и отраслей экономики в осенне-зимние периоды 2011–2012 и 2012–2013 гг. По состоянию на 1 января 2013 г. запасы угля у потребителей составили 93,7 % к 1 января 2012 г.

По данным ГП ЦДУ ТЭК Минэнерго России, в 2012 г. добыча в Донецком угольном бассейне выросла по сравнению с прошлым годом на 7,5 %, в Кузнецком бассейне — на 4,8 %, в Канско-Ачинском угольном бассейне — на 4,5 % и в Печорском бассейне — на 2 %.

Наибольший прирост добычи угля за 2012 г. наблюдался в ОАО СУЭК (на 5,2 млн т), ОАО «ХК «СДС-Уголь» (на 2,9 млн т) и ОАО «ХК «Якутуголь» (на 2,0 млн т).

По оперативной информации ГП ЦДУ ТЭК Минэнерго России, на внутренний рынок в 2012 г. поставлено 188,2 млн т российского угля (94,9 % к 2011 г.), в том числе на электростанции — 96,8 млн т (101,7 %), на нужды коксования — 37,2 млн т (95,8 %), для обеспечения населения, коммунально-бытовых нужд и агропромышленного комплекса — 24,2 млн т (101,6 %).

В 2012 г. предприятия группы Evraz снизили выплавку стали на 5 % по сравнению с показателем 2011 г.

Снижение произошло главным образом из-за проведения капитальных ремонтов в рамках программы модернизации предприятий российского дивизиона.

На СПК завода Evraz Vitkovice Steel (EVS, Чехия) в июле–августе также был проведен ремонт, в результате уровень выплавки стали чешского подразделения за год снизился на 42 %, до 454 тыс. т.

Выпуск готовой продукции заводами европейского подразделения снизился на 19 % (1,028 млн т) ввиду слабого спроса и продолжающейся нестабильности экономики стран Европы.

Выпуск плоского проката заводом Evraz Palini & Bertoli, Италия, остался на уровне 420 тыс. т.

Североамериканское подразделение суммарно увеличило выплавку стали на 4 %, до 2,42 млн т. Выпуск готовой продукции составил порядка 2,66 млн т (рост на 0,6 %): сортового проката — 330 тыс. т (рост на 9,4 %), рельсов — порядка 490 тыс. т (не изменился), труб — около 869 тыс. т (рост на 2,6 %), плоского проката — 975 тыс. т (снижение на 3,1 %).

Южноафриканское подразделение холдинга произвело 572 тыс. т стали относительно результата 681 тыс. т годом ранее.

На Челябинском металлургическом комбинате (ОАО “Мечел”) продолжается строительство стана по производству рельсов.

Ввод в эксплуатацию стана планируется в конце III – начале IV квартала текущего года. Технические характеристики стана позволяют выпускать помимо рельсов длиной до 100 м фасонный прокат строительного сортамента (балка, швеллер, уголок и спецпрофиль).

На Новокузнецком металлургическом комбинате (промпроцадка № 2 ОАО ЕВРАЗ ЗСМК) продолжаются работы по модернизации рельсобалочного цеха (мощность 1,4 млн т/год).

Вероятный выход на промышленные мощности стана возможен во II или III кв. 2013 г. Стан

будет производить помимо рельсов длиной 25 м рельсы длиной до 100 м. Кроме этого на стане будет продолжен выпуск крупносортового и фасонного проката (квадрат, круг, швеллер).

В 2013 г. Череповецкий металлургический комбинат рассчитывает реализовать ряд инвестиционных проектов.

В их числе реконструкция четырехклетевого стана холодной прокатки и строительство сортовой МНЛЗ в сталеплавильном производстве.

При этом общий объем инвестиций в новом году снизится на четверть по сравнению с прошедшим годом. Из них на череповецкую площадку будет направлен 51 % от общего объема инвестиций в России.

В числе уникальных продуктов — высокопрочная арматура “АрмаНорма”. Она обладает большей прочностью при сохранении пластических свойств.

В 2012 г. группа НЛМК увеличила производство стали на 24,7 %, до 14,9 млн т, по сравнению с 2011 г.

Около 95 % стали было произведено на российских активах.

По итогам 2012 г. производство готовой продукции составило 15,2 млн т (рост на 16,2 %).

Продажи готовой стальной продукции выросли на 18,4 %, в том числе:

- слябов — 4,0 млн т (рост на 27,1 %);
- листового проката — 8,9 млн т (рост на 24,8 %);
- сортового проката и метизов — 1,7 млн т (рост на 11,7 %).

На “НЛМК-Калуга” (ОАО НЛМК) в сталеплавильном цехе завершены работы по монтажу дуговой сталеплавильной печи, тракта подачи сыпучих материалов и установки ковш-печь, машины непрерывного литья заготовок, газоочистки и газоотводящего тракта, отделения подготовки материалов и отделения подготовки лома.

Монтаж оборудования выполнен турецкой строительной компанией “ГАМА” и СМТ НЛМК.

Пуск предприятия запланирован на первое полугодие 2013 г.

В 2012 г. “Уральская сталь” произвела ~695 тыс. т толстого листа.

Снижение по сравнению с 2011 г. составило 4 %.

На внутренний рынок отгружено около 605 тыс. т, а экспортировано 90 тыс. т.

В 2012 г. Магнитогорский металлургический комбинат (ММК) увеличил выпуск стали на 6,9 % благодаря поставкам на внутренний рынок.

ММК по итогам прошлого года выпустил 13,037 млн т стали и 11,936 млн т товарной металлопродукции, производство которой показало рост на 7 %.

Сезонное снижение спроса отрицательно сказалось на результатах IV квартала: выпуск стали составил 2,969 млн т и оказался на 11,6 % меньше результата предыдущего квартала.

В текущем году “Магнитка” ожидает продолжения роста потребления металлопродукции на внутреннем рынке.

В 2012 г. производство ЖРС (концентрат и аглоруда) компанией “Металлоинвест” составило 39,8 млн т, что ниже на 0,9 % по сравнению с показателем 2011 г.

Производство стали — 5,6 млн т (снижение на 3,5 %), окатышей — 22,6 млн т (рост на 1,0 %), ГБЖ/ПВЖ — 5,2 млн т (рост на 0,4 %), чугуна — 2,1 млн т (снижение на 15,2 %).

Поставки в Китай сократились на 48,1 %, до 5,3 млн т, доля его в общем объеме отгрузок железорудной продукции составила 18,1 %.

В 2012 г. Литейно-прокатный комплекс (входит в состав Объединенной металлургической компании) произвел более 1,1 млн т горячекатаного листового проката в рулонах, что на 4 % превышает показатели 2011 г.

В том числе было произведено 218 тыс. т листа и 257 тыс. т штрипса (рост по отношению к 2011 г. — 14 и 19 % соответственно).

ОАО “Златоустовский металлургический завод” (ЗМЗ) в 2012 г. произвел 417,9 тыс. т товарного проката, что на 16,6 % ниже показателя 2011 г.

По итогам 2012 г. ЗМЗ отгрузил потребителям 427,5 тыс. т готовой продукции, что ниже показателя предыдущего года на 13,3 % (439,3 тыс. т).

В 2012 г. произведено:

– 16,1 тыс. т проката из нержавеющей стали, что на 18,6 % больше, чем в 2011 г. (13,6 тыс. т);

– 13,8 тыс. т калиброванной стали, что на 7,8 % больше, чем в 2011 г. (12,9 тыс. т).

На Выксунском металлургическом заводе в марте 2013 г. планируется приступить к монтажу нового трубоэлектросварочного стана 40–133.

Поставщик оборудования — итальянская компания Olimpia 80.

Ввод оборудования в опытно-промышленную эксплуатацию намечен на июль.

На стане планируется производить профильные трубы квадратного сечения 30×30–100×100 мм, прямоугольного — 40×20–140×60 мм, а также круглые — диаметром до 133 мм.

Программа модернизации предполагает замену четырех устаревших станков ТЭСА в ТЭЦ № 2. Помимо указанного агрегата планируется установить еще два стана по выпуску труб диам. 12,7–60 мм и 21–89 мм.

В 2012 г. Выксунский металлургический завод произвел 1,4 млн т труб различного сортамента и 850 тыс. шт. железнодорожных колес.

Объем производства трубной продукции в 2012 г. снизился на 19 % по сравнению с показателями предыдущего года. Производство труб большого диаметра составило 656 тыс. т, что на 36 % меньше показателя 2011 г. Объем выпуска железнодорожных колес в 2012 г. вырос более чем на 14 % по сравнению с 2011 г.

На производство трубной продукции оказал влияние перенос сроков реализации ряда крупных проектов отечественными и зарубежными нефтегазовыми компаниями на более поздний период.

ЗАО ОМК реализует на Выксунском металлургическом заводе проект по организации производства железнодорожных колес для скоростного и высокоскоростного сообщения.

Выксунский металлургический завод приступил к подготовке площадок для монтажа основного технологического оборудования новой автоматизированной линии по производству железнодорожных колес для отечественных и зарубежных скоростных поездов.

Запуск новой линии намечен на середину 2013 г.

Новый участок мощностью 10 тыс. колес в год позволит полностью обеспечить потребности российского рынка в колесах для высокоскоростного движения.

В 2012 г. Альметьевский трубный завод (ОАО АТЗ, входит в состав ЗАО ОМК) произвел более 215 тыс. т труб различного сортамента, что на 14,6 % превышает показатели 2011 г. (188 тыс. т).

Отгрузка труб потребителям составила более 213 тыс. т, что превышает уровень 2011 г. (183 тыс. т) на 16 %.

В Пикалевском районе Ленинградской области компания “Металл и инновации” планирует построить мини-завод по производству арматурного проката мощностью 350 тыс. т/год.

Стоимость строительства оценивается в 230 млн евро.

Предполагается, что данный проект будет полностью разработан и реализован итальянской компанией Danieli.

Раздел подготовлен по материалам ОАО “Черметинформация”, следующих информационных агентств: “ИНТЕРФАКС”, minprom.ua, “Урал-пресс-информ”, “Металлсервис”, infogeo.ru, “Укррудпром”, Metal Bulletin, “Прайм”, MetalTorg.Ru, “БИЗНЕС-ТАСС”, “ПРАЙМ”, M&Aonline, “Финам.Ru”, Advis.ru, Металлоснабжение и сбыт, rusmet.ru, “НП “Русская сталь”, “Металлсервис”, metalloinvest, minprom.ua, а также Министерства экономического развития РФ, Федеральной государственной службы статистики РФ, Федеральной таможенной службы РФ и пресс-служб предприятий и компаний.

В состав завода войдут сталеплавильный цех (электродуговая печь, МНЛЗ) и прокатный стан, который будет специализироваться на выпуске арматуры диам. 8–22 мм.

Ввод завода планируется осуществить в две очереди. На первом этапе будет введен в эксплуатацию комплекс сталеплавильного оборудования (предположительно в начале 2016 г.), на втором — мелкосортный стан.

В Тихорецке планируется начать строительство нового металлургического предприятия.

В целом строительство завода, которое финансируется компанией “Русарм”, рассчитано на 2,5 года. Разработчиком проекта является институт “Тяжпромпроект” (г. Новокузнецк).

Сталеплавильные и прокатные мощности нового завода составят порядка 350–370 тыс. т/год.

Ввод предприятия в эксплуатацию намечен на середину 2015 г.

Завод будет специализироваться на выпуске товарного полуфабриката, фасонного проката и арматуры.

Готовая продукция предположительно будет отгружаться как на внутренний, так и внешний рынок.

На Тюменском ЭМЗ продолжается монтаж электросталеплавильного оборудования.

В апреле планируется ввести в строй ЭСПЦ.

В состав электросталеплавильного комплекса войдут: электропечь, сортовая МНЛЗ, установка ковш-печь и вакууматор.

По данным World Steel Association, в 2012 г. мировое производство стали увеличилось на 1,2 %, до 1517,9 млн т, по сравнению с 2011 г.

Мировое производство стали в декабре 2012 г. составило 121,1 млн т, что выше уровня прошлого года.

В декабре 2012 г. производство стали в Азии выросло на 5,6 %, до 80,4 млн т, крупнейшим производителем стали остается Китай — 57,7 млн т, что на 7,7 % ниже по сравнению с декабрем предыдущего года.

Страны ЕС-27 снизили производство стали в декабре 2012 г. на 2,6 %, до 12 млн т, по сравнению с декабрем 2011 г., в том числе Германия выплавляла 3,1 млн т стали, что на 1,4 % выше уровня декабря 2011 г.

Производство стали в Северной Америке в декабре 2012 г. снизилось на 1,0 %, до 10,1 млн т, по сравнению с декабрем 2011 г., в США — на 5,5 %, до 7,1 млн т.

Выплавка стали в Южной Америке в декабре 2012 г. сократилась на 3,2 %, до 3,6 млн т, в Бразилии — на 2,6 %, до 2,6 млн т.

В странах СНГ производство стали в декабре 2012 г. составило 8,7 млн т, что на 6,1 % меньше декабря прошлого года.

По данным World Steel Association, мировое производство чугуна в 2012 г. выросло на 1,7 %, до 1100,6 млн т, по сравнению с 2011 г.

Мировое производство чугуна в декабре 2012 г. выросло на 2,5 %, до 87,3 млн т, по сравнению с декабрем 2011 г.

Крупнейшими производителями чугуна в декабре остаются Китай (50,9 млн т), Япония (6,7 млн т) и Россия (4,1 млн т).

В число ведущих продуцентов чугуна в декабре вошли:

- Индия (3,5 млн т);
- Южная Корея (3,5 млн т);
- США (2,6 млн т);
- Украина (2,3 млн т);
- Бразилия (2,3 млн т);
- Германия (1,8 млн т);
- Тайвань (1,0 тыс. т).

Международная компания World Steel Dynamics (WSD) по итогам 2012 г. составила

рейтинг 35 наиболее конкурентоспособных сталеплавильных компаний мира.

Рейтинг составлялся на основе оценки 23 параметров, включая такие, как рентабельность, эффективность работы по снижению издержек, устойчивость финансового положения, безопасность производства.

Компания Rosco возглавила список лидеров, ОАО «Северсталь» заняла 3-е место, обогнав такие компании, как индийская JSW Steel (4), японская Nippon Sumitomo (5), бразильская Gerdau (6), американская Nucor (7) и др.

Наиболее высокие оценки «Северсталь» получила по таким параметрам, как эффективность сырьевой политики, присутствие на рынках с высокими темпами роста, эффективность мер по снижению себестоимости и др.

По данным европейской ассоциации Eurofer, снижение спроса в странах ЕС связано со слабой экономикой еврозоны, которая продолжает бороться с проблемой суверенных долгов.

Стремление европейских стран сократить дефицит бюджетов привело к замедлению экономического роста, что отразилось на спросе со стороны металлопотребляющих отраслей: автопрома, производства бытовых приборов и строительства.

В целом коэффициент использования мощностей в европейской стальной отрасли составляет около 70 %, но в ряде стран он уже близок к 50 %.

Мировое производство нержавеющей стали в 2012 г. увеличилось на 2,5 % и достигло 34,2 млн т по сравнению с 2011 г.

Страны Западной Европы сократили производство нержавеющей стали на 1,6 %, до 7,418 млн т, американский регион — на 1,2 %, до 2,45 млн т. При этом производство в Азии выросло на 3,7 %, до 23,46 млн т, а в Южной Африке — на 18,2 %, до 525 млн т.

Британское аналитическое агентство MEPS прогнозирует, что мировое производство

стали в 2013 г. вырастет на 4,7 % и составит 1,620 млрд т.

Производство чугуна в доменных печах будет расти такими же темпами, как выпуск стали, и достигнет к концу 2013 г. 1,160 млрд т.

Производство железа прямого восстановления должно показать более высокие темпы роста, так как популярность этого процесса увеличивается на Ближнем Востоке и в Индии.

По данным World Steel Association, мировое производство железа прямого восстановления (DRI) в 2012 г. сократилось на 12,8 %, до 55,4 млн т, по сравнению с 2011 г.

В декабре 2012 г. мировое производство DRI снизилось до 4,7 млн т, что на 12,4 % ниже показателя декабря прошлого года.

Первое место по производству DRI по-прежнему удерживает Индия — в декабре 2012 г. произведено 1,6 млн т. Иран на второй позиции с производством 1182 тыс. т, Мексика — 480 тыс. т, Венесуэла — 402 тыс. т и Саудовская Аравия — 260 тыс. т.

ЯПОНИЯ

По данным Японской федерации чугуна и стали (JISF), объем импорта продукции черной металлургии в 2012 г. в Японию снизился на 3,1%, до 8 млн т.

Поставки чугуна упали на 65 %, до 197 тыс. т, ферросплавов — на 4,5 %, до 1,7 млн т, обыкновенной стали — на 0,5 %, до 4,46 млн т.

Выросли поставки стальных полуфабрикатов на 33,4 %, до 275 тыс. т, и специальной стали на 35,3 %, до 541 тыс. т.

Основными поставщиками стальной продукции в Японию в 2012 г. оставались Южная Корея (3,1 млн т, прирост на 4,8 %), Тайвань (846 тыс. т, рост на 3,4 %) и Китай (459 тыс. т, снижение на 28,1 %).

По прогнозу JISF, новые правительственные меры по поддержке экономики могут способствовать росту спроса на сталь на 500–650 тыс. т.

Помимо этого возобновление инвестиционной активности в новое оборудование в промышлен-

ности страны и эффект от снижения курса иены могут изменить ситуацию в сталеплавильной отрасли.

КИТАЙ

По данным China Iron & Steel Association (CISA), к концу 2012 г. совокупные мощности металлургической промышленности страны превысили отметку 1 млрд т/год.

Объем выплавки стали в 2012 г. оценивается CISA в 720 млн т (716,5 млн т, по данным Национального бюро статистики), что только на 2,9 % больше, чем в 2011 г.

Около 30 % мощностей являются избыточными, а металлургические компании, испытывающие трудности со сбытом внутри страны, стремятся расширять поставки за рубеж.

Китай в 2012 г. увеличил экспорт готовой стальной продукции на 14 %, до 55,73 млн т, по сравнению с 2011 г.

По данным CISA, спрос на сталь в Китае в 2013 г. увеличится на 3,1 % по сравнению с 2012 г.

По оценке, объемы производства стали в Китае в 2013 г. увеличатся на 4,5 % по сравнению с 2012 г. и составят 749 млн т.

В 2012 г. китайские компании экспортировали 55,73 млн т стальной продукции, что на 14 % превосходит показатели прошлого года.

По оценкам некоторых специалистов, в 2013 г. китайский экспорт стальной продукции может достигнуть 62–64 млн т.

В 2012 г. Китай импортировал порядка 730 млн т ЖРС, что составляет около двух третей от всего объема глобальной торговли.

В Китае добывается больше сырой железной руды, чем во всем остальном мире вместе взят, но национальная металлургия работает в основном на импортном сырье. Это связано с низким содержанием железа в основных месторождениях железной руды в Китае.

По данным Национального бюро статистики, в 2012 г. производство готовой металлопродукции в Китае выросло на 7,7 %, до 951,86 млн т.

Объемы производства металлургического кокса в Китае в 2012 г. по сравнению с 2011 г. увеличились на 5,2 %, до 443,23 млн т.

В 2012 г. экспорт на мировые рынки из Китая листового стального оцинкованного листа (шириной от 600 мм) с полимерными покрытиями составил 5,13 млн т.

Это на 5 % ниже соответствующего показателя 2011 г.

Министерство промышленности и информационных технологий анонсировало, что в Китае к 2015 г. на 10 стальных компаний придется 60 % производственных мощностей.

Министерство будет поддерживать крупные компании в их попытках приобрести мелкие заводы и фабрики в таких отраслях, как автомобилестроение, производство стали, цемента, машиностроение и сельское хозяйство.

В настоящее время около 50 % мощностей по производству стали в Китае приходится на 10 компаний. Кроме того, все усилия направлены на то, чтобы увеличить концентрацию производства, снять запреты местной администрации и привести заводы к высокой прибыли.

В 2012 г. экспорт из Китая холоднокатаного листового проката в рулонах толщиной 0,5–1 мм на мировые рынки составил 1,36 млн т, что на 11,7 % ниже показателя 2011 г.

Объемы поставок аналогичной продукции с толщиной менее 0,5 мм составили 465,1 тыс. т, что на 14,6 % больше, чем в 2011 г.

В 2012 г. экспорт из Китая стали железнодорожного назначения на мировые рынки составил 655, 2 тыс. т, что на 3 % выше соответствующего показателя 2011 г.

В структуре экспорта 72 % приходится на рельсы, по сравнению с 2011 г. объемы поставок практически не изменились.

ИНДИЯ

По данным аналитической группы CARE Research, спрос на сталь в Индии может расти на 6,7 % до 2016–2017 гг.

Это явно быстрее, чем рост китайского спроса на сталь в настоящее время.

Рост внутреннего спроса на плоский прокат будет поддержан автомобильным сектором и трубной промышленностью, а спрос на сортовой прокат продолжит расти на фоне умеренного роста в строительном секторе.

ЮЖНАЯ КОРЕЯ

Южнокорейская компания Posco намерена увеличить производство стали с текущих 40 млн т до 48 млн т/год к 2015 г.

В 2013 г. планируется увеличить производство до 47 млн т за счет увеличения мощностей существующих печей и третьей установки FINEX.

При этом 43 млн т будет произведено на территории Южной Кореи (рост на 4 млн т к 2012 г.), остальные мощности будут располагаться за рубежом и вырастут на 3 млн т за счет запуска комбината в Индонезии.

ТУРЦИЯ

В 2012 г. рост производство стали в ММК Metalurji, входящем в Группу ММК, составил 68 % относительно 2011 г.

Всего на турецкой производственной площадке ММК в прошлом году произведено 790 тыс. т стали. Компания ММК Metalurji увеличила объемы продаж как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Объем экспортных поставок оцинкованного проката из Турции в 2012 г. увеличился на 25 %.

В минувшем году ММК Metalurji удалось увеличить число потребителей своей продукции в строительной индустрии. Кроме того, продукция компании успешно прошла испытания и ММК Metalurji получил первые промышленные заказы на металлопродукцию для производителей бытовой техники.

По данным Турецкого института статистики (TUIK), в 2012 г. Турция увеличила экс-

порт арматуры (включая круглый прут) по сравнению с 2011 г. на 20,2 %, до 8,3 млн т.

В декабре прошлого года экспорт арматуры составил 778,6 тыс. т, что на 27,3 % выше по сравнению с ноябрем, но на 5,6 % ниже уровня декабря 2011 г. В стоимостном выражении декабрьские продажи на внешние рынки составили 460,7 млн долл. (28 % м/м и 11,3 % г/г).

Напомним, что в целом по 2012 г. Турция увеличила экспорт металлопродукции на 9,6 %, до 19,9 млн т. В стоимостном выражении экспорт вырос на 1,8 %, до 15,6 млрд долл.

Крупнейшим рынком сбыта для турецкой стали в прошлом году были страны Ближнего Востока, куда поступило 8,1 млн т металлопродукции. На рынки стран ЕС турецкие экспортеры продали 2,2 млн т стали, в Северную Африку — 2,1 млн т.

США

В 2012 г. импорт металлопродукции в США составил 33,3 млн кор. т, что на 16,9 % выше уровня 2011 г.

Ввоз полуфабрикатов увеличился за год на 14,5 %, до 7,65 млн т.

Увеличили поставки в США — Евросоюз (рост на 1,2 млн т), Россия (рост на 1 млн т), Бразилия (рост на 800 тыс. т), Турция (рост на 600 тыс. т) и Япония (рост на 590 тыс. т).

Китай увеличил поставки всего на 400 тыс. т, заняв 8-е место в списке крупнейших поставщиков в США с объемом экспорта 1,65 млн т.

Украина снизила экспорт в США в 2012 г. на 100 тыс. т (всего до 260 тыс. т), среди стран, показавших наибольшее снижение поставок, — Австралия (–520 тыс. т) и Канада (–300 тыс. т).

Тем не менее Канада по-прежнему входит в тройку крупнейших экспортеров в США: в 2012 г. она поставила 5,745 млн т. На первое место вышел ЕС (5,6 млн т), на 3-й позиции — Бразилия (3,9 млн т).

* * *

По данным American Iron and Steel Institute (AISI), в 2012 г. импорт составил 33,3 млн т, по готовому прокату — 25,7 млн т, что выше по сравнению с 2011 г. на 17 и 18 % соответственно.

Самый большой рост импорта в декабре 2012 г. был продемонстрирован в секторе горячекатаных стальных листов (+37 %).

В декабре самый большой объем импорта продемонстрировали Китай (164 тыс. т; рост на 3 %), Южная Корея (134 тыс. т; –55 %), Германия (92 тыс. т; –9 %), Япония (80 тыс. т; –44 %) и Турция (49 тыс. т; –56 %).

БЛИЖНИЙ ВОСТОК

По оценкам, емкость рынка сортового проката строительного назначения стран Ближнего Востока и Турции составляет 35 млн т.

Регион (Ближний Восток и Турция) остается ключевым импортером этой продукции, что связано со значительными инвестициями в строительный сектор.

Спрос на сортовой прокат в регионе на 2012 г., 2013 г. и 2014 г. прогнозируется на уровне 18, 21 и 26 млн т соответственно.

В 2012 г., 2013 г. и 2014 г. мощности этих стран, по оценкам, составят 19, 21 и 23 млн т, что означает, что региональные производители смогут закрывать потребности в данной продукции самостоятельно.

К 2015 г. в регионе может производиться 17 млн т арматуры, 3,5 млн т профилей и 2,6 млн т катанки.

Оценка потребности в арматуре в странах Персидского залива, млн т

2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
12,6	13,3	14	14,7

В Ливане, которому требуется масштабное восстановление инфраструктуры, потребление проката строительного назначения составляет 1 млн т. Страна зависима от импорта, основная часть которого поступает из стран СНГ (Белоруссия и Украина).

Аналогичная ситуация и в Ираке, потенциал которого по потреблению строительного проката уже составляет 3 млн т с возможностью ежегодного роста на 10 %. Местные производители (2 завода) пока могут суммарно выпустить не более 300 тыс. т арматуры, что создает отличные возможности для экспортеров длинномеров из СНГ, Турции и Китая.

Сирия потребляет 2 млн т/год сортового проката, большую часть страна импортирует из Украины, Турции и Китая.

Иордания активно наращивает потребление арматуры, которое приближается к отметке 1 млн т/год.

В сложном положении после введения международных санкций находится Иран, крупный региональный потребитель (до 12 млн т/год) и производитель строительного проката. С весны 2012 г. практически заблокирован импорт в страну не только готовой конструкционной стали, но и полуфабрикатов. На фоне 70 %-го падения ввоза заготовки местным производителям приходится работать на полную мощность, чтобы закрыть хотя бы часть потребностей сортовых заводов.

В Иране за первые девять месяцев иранского года (с 20 марта по 20 декабря 2012 г.) импорт арматуры в страну снизился на 45 %, до 145 тыс. т.

Объемы импорта балок, двутавровой балки и профиля U-образного сечения упали на 74, 34 и 65 %, до 84, 42 и 46 тыс. т соответственно.

Объемы импорта заготовки за девять месяцев незначительно снизились — до 1,785 млн т.

Импорт холоднокатаного рулона и листа уменьшился за указанный период на 54 %, до 290 тыс. т. Импорт оцинкованного рулона и листа снизился на 18 %, до 144 тыс. т, гальванизированного рулона и листа — на 300 %, до 51 тыс. т, жести — на 56 %, до 65 тыс. т.

Только импорт покрытого (окрашенного) проката показал рост на 75 %, до 63 тыс. т.

Ввоз горячекатаного листа также вырос на 31 %, до 237 тыс. т.

Основными факторами снижения объемов иранского импорта являются международные торговые санкции и снижение курса иранского риала по отношению к твердым валютам.

БЕЛОРУССИЯ

В 2012 г. в Белоруссии производство стали выросло на 3,3 %, до 2,87 млн т, по сравнению с 2011 г.

Производство проката увеличилось на 5,7 %, до 2,6 млн т, стальных труб — на 7,4 %, до 226,9 тыс. т.

МОЛДАВИЯ

В 2012 г. в ОАО «Молдавский металлургический завод» было выплавлено 316,7 тыс. т стали и произведено 356,8 тыс. т проката.

В 2011 г. — 320,6 тыс. т стали и 306,5 тыс. т проката.

В январе 2013 г. на предприятии проводились плановые мероприятия по ремонту основного и вспомогательного оборудования.

КАЗАХСТАН

В 2012 г. металлургические предприятия Казахстана произвели 3,77 млн т стали.

Это на 21,6 % меньше, чем за аналогичный период 2011 г.

В отчетном периоде производство ферросплавов составило 1,724 млн т, демонстрируя рост на 3,3 % по сравнению с предыдущим годом, плоского проката — 2,373 млн т (снижение на 23,6 %), оцинкованного проката — 464,046 тыс. т (снижение на 22,9 %).

Выпуск белой жести и листового луженого проката в 2012 г. составил 147,383 тыс. т, что на 28,7 % ниже уровня 2011 г.

ЖЕЛЕЗОРУДНЫЙ СЕКТОР

Австралийская компания Rio Tinto в 2012 г. увеличила выпуск железорудного сырья до 253,5 млн т (рост на 4 % к 2011 г.).

Отгрузки сырья выросли на 3 %, до 246,8 млн т.

На австралийских активах объемы выпуска и поставок в 2011 г. увеличились на 3 %, до 239,4 млн т и 232,7 млн т соответственно.

Iron Ore Company of Canada (Rio Tinto принадлежат 58,7 % акций) за рассматриваемый период нарастила производство концентрата и окатышей до 14 млн т (рост на 5 %), отгрузки ЖРС — до 14,1 млн т (рост на 4 %).

В настоящее время компания Rio Tinto реализует проект по расширению железорудных мощностей к середине 2015 г. до 360 млн т/год.

В 2012 г. Rio Tinto нарастила суммарную плановую производительность активов с 230 до 237 млн т/год. До конца 2013 г. запланировано увеличить мощности до 290 млн т/год.

В 2012 г. шведская горнодобывающая компания LKAB поставила своим клиентам 26,3 млн т железорудного сырья, что на 0,3 млн т выше уровня 2011 г.

Сильный спрос на железную руду в последние месяцы 2012 г. приходился главным образом на Ближний Восток и Азию, продажи в Европе существенно различались в зависимости от конкретной страны.

Железорудные окатыши составляют свыше 80 % от объема реализации, причем большинство их поставок приходится на Европу.

В настоящее время на долю LKAB приходится 90 % добычи железной руды в Европейском союзе и к 2015 г. компания рассчитывает увеличить мощности на 35 %.

В 2012 г. Казахстан добыл 52,577 млн т железных руд, что на 1,6 % больше, чем в 2011 г.

По данным Минэкономразвития Украины, в 2012 г. железорудные предприятия страны нарастили производство концентрата на 0,7 %, до 66,379 млн т.

В то же время выпуск аглоруды упал на 1,1 %, до 13,435 млн т, а окатышей — на 0,2 %, до 22,313 млн т.

Лидером в сегменте концентрата остается компания “Метинвест”, на которую по результатам прошлого года пришлось около 52 % выпущенного в стране ЖРС, компания произвела более половины всех окатышей (55 %).

По аглоруде лидирует Криворожский железорудный комбинат — его доля в 2012 г. составила 41 % при спаде производства аглоруды на 0,4 %, до 5,556 млн т.

Ухудшение производственных показателей вызвано как внутренними, так и внешними факторами. Ослабление внутреннего спроса связано со снижением выплавки стали на 7 %, до 32,4 млн т.

Кроме того, в 2012 г. на внутреннем рынке резко усилились позиции импортного материала: если в 2011 г. было ввезено 1,841 млн т, то в 2012 г. — 2,8 млн т.

Основным потребителем украинского ЖРС остается Китай, который за 11 мес. 2012 г. импортировал 15,320 млн т (46,6 % всего вывезенного материала).

Важными сбытовыми направлениями также остаются Чехия (4,060 млн т за обозначенный период), Польша (4,054 млн т), Словакия (3,234 млн т), Австрия (2,851 млн т).

Раздел подготовлен по материалам ОАО “Черметинформация”, следующих информационных агентств: Japan Metal Bulletin, ugmk.info, Reuters, Metal Bulletin, MetalTorg.Ru, “Коммерсант”, ukrudprom.com, SBB, minprom.ua, Yieh.Corp, China Daily, Steelguru, Bloomberg, “ИНТЕРФАКС-КАЗАХСТАН”, SteelOrbis, metallichekiy-portal.ru, “Белстат”, “Металлсервис”, Standard Chartered Bank, WSD, Qatar steel, “Курьер.Kz”, People's Daily, “Соара”, а также World Steel Association, Iron & Steel Statistics Bureau, Eurofer, International Stainless Steel Forum, American Iron and Steel Institute, Brazil Steel Institute, Instituto Aço Brasil, Japan Iron and Steel Federation, MEPS, Istanbul Mineral and Metals Exporters' Association, “Агентство Республики Казахстан по статистике”.

Аннотации к статьям, опубликованным в Бюллетене “Черная металлургия”. 2013. № 02

УДК 553.551'611'615'634'682.04.004.14:622:669:338 (571.56'61)

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НЕРУДНЫМ СЫРЬЕМ НОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ И ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

*П. П. СЕНАТОРОВ, канд. геол.-минерал. наук, pav-senatoroff@yandex.ru; Р. Ф. ВАФИН
(ФГУП “Центральный научно-исследовательский институт геологии
нерудных полезных ископаемых” — “ЦНИИГеолнеруд”)*

Охарактеризованы месторождения, прогнозныe объекты, объемы запасов и прогнозныe ресурсы нерудного металлургического сырья в Амурской области, Еврейской автономной области, Южной Якутии и прилегающих регионах, возможности развития, воспроизводства и эффективного использования минерально-сырьевой базы нерудных ископаемых, а также обеспеченность ими металлургических кластеров, формирующихся в Нижнем Приамурье и Южной Якутии.

Ключевые слова: Амурская область; Еврейская автономная область; Южная Якутия; металлургический кластер; нерудное металлургическое сырье; месторождение; запасы; прогноз; добыча; использование.

The deposits, prognostic objects, reserve volumes, and probable resources of the non-ore metallurgical raw materials in the Amur region, Jewish Autonomous Region, Southern Yakutia, and neighboring regions have been characterized. The opportunities for the development, reproducing, and efficient utilization of the mineral raw material base with the non-ore minerals have been considered. The formed metallurgical clusters' self-sufficiency in them in the Lower Amur River region and Southern Yakutia has been considered as well.

Key words: Amur region, Jewish Autonomous Region, Southern Yakutia, metallurgical clusters, non-ore metallurgical raw materials, deposit, reserves, prediction, mining, utilization.

УДК 621.771.294; 669.141.3:539.374; 669.14.018.29

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОЛЕСОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*В. С. МАРКИН¹, Г. А. ФИЛИППОВ², д-р. техн. наук, iqs12@yandex.ru; А. А. ШИШОВ³
(¹ ЗАО “Объединенная металлургическая компания”, ² ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина”,
³ ОАО “Выксунский металлургический завод”)*

Разработаны научные основы повышения твердости и вязкости колесной стали за счет улучшения металлургического качества металла и создания структуры ультрадисперсного перлита (межпластиночное расстояние 5–120 нм) по толщине обода.

Определены условия получения заданного типа структуры на действующем оборудовании колесопрокатного цеха ОАО ВМЗ, обеспечивающие оптимальное соотношение твердости и вязкости в ободу и диске.

Разработаны технические требования и технические условия на производство колес с повышенной твердостью для грузовых и пассажирских вагонов, которые включены в новый ГОСТ 10791.

Представлены результаты стендовых испытаний твердых колес серийного производства.

Ключевые слова: ОАО ВМЗ; колесопрокатное производство; повышение твердости и вязкости колесной стали; оптимальное соотношение твердости и вязкости в ободу и диске; технические требования и технические условия на производство колес с повышенной твердостью.

The scientific foundations of improving the hardness and toughness of the wheel steel due to the improvement in the metallurgical metal quality and the creation of the ultradispersed pearlite structure (interpolate distance of 5–120 nanometer) in the rim thickness have been developed.

The conditions of obtaining the preset structure type in the existing equipment at KPTs ОАО “VMZ”), providing the optimal relation between the hardness and toughness in the rim and disk, have been determined.

Engineering specifications and technical specifications for manufacturing the wheels with the improved hardness have been developed.

The results of the development testing of the hard wheels of the repetition work have been presented.

Key words: ОАО “VMZ”, wheel rolling process, wheel steel hardness and toughness improvement, optimal relation between hardness and toughness in rim and disk, engineering specifications and technical specifications for manufacturing the wheels with the improved hardness.

УДК 669.162

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И ПРАКТИКА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ НА РУБЕЖЕ СТОЛЕТИЙ

*Е. Г. ДОНСКОВ, д-р техн. наук; В. П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, Lalukvp@ukrpost.ua; А. Д. ДОНСКОВ
(Металлургический институт Криворожского национального университета)*

Представлен производственный опыт работы современных доменных печей Украины и России.

Ключевые слова: доменная плавка; давление на колошнике; обогащение дутья кислородом; интенсивность горения кокса; интенсивность по дутью.

The production experience of the operation of the modern blast furnaces in Ukraine and Russia has been presented.

Key words: blast furnace heat, top pressure, blast oxygen enrichment, coke combustion intensity, blast intensity.

УДК 669.18.046.518:621.746.5.047

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ МЯГКОГО ОБЖАТИЯ

*С. В. ПРОХОРОВ¹, В. В. МОШКУНОВ¹, Moshkunov@inbox.ru; Д. В. ЮРЕЧКО¹, А. С. КАЗАКОВ¹,
Л. В. БУЛАНОВ², Н. А. ЮРОВСКИЙ², Д. Д. ЧЕРЕМИСИН², А. М. СТОЛЯРОВ³, д-р техн. Наук
(¹ ОАО “Магнитогорский металлургический комбинат”, ² ОАО “Уралмашизавод”,
³ ФГБОУ ВПО “Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова”)*

Показано, что соответствие расчетных и физических границ зоны мягкого обжата может быть достигнуто за счет калибровочных коэффициентов, регулирующих внешний теплообмен на широких гранях или внутренний в двухфазной зоне.

Для максимальной эффективности системы динамического мягкого обжата требуется индивидуальный подход, который заключается в дифференцированном определении содержания жидкой фазы на первом пороге проницаемости в соответствии с химическим составом и принятии мер для оптимального расположения зоны мягкого обжата в роликовых сегментах.

Система динамического мягкого обжата на МНЛЗ № 6 ОАО ММК после переноса физических границ кристаллизации позволила повысить эффективность мягкого обжата на слябах толщиной 300 мм.

Ключевые слова: непрерывная разливка стали; зона мягкого обжата; содержание жидкой фазы; физическая граница кристаллизации; калибровочные коэффициенты.

It has been shown that the correspondence between calculated and physical boundaries of the soft reduction zone can be reached due to the calibration factors, controlling the external heat exchange in the wide faces or the internal heat exchange in the two-phase zone.

For the maximal efficiency of the dynamic soft reduction system, the individual approach is required, which consists in the differential determination of the liquid phase content at the first permeability threshold according to the chemical composition and taking the measures for the optimal location of the soft reduction zone in the roll containments.

The dynamic soft reduction system in the continuous caster No. 6 at the OAO "Magnitogordkiy Metallurgicheskiy Kombinat" after the transfer of the physical solidification boundaries has made it possible to improve the efficiency of the soft reduction in case of the 300 mm thick slabs.

Key words: continuous steel casting, soft reduction zone, liquid phase content, physical solidification boundary, calibration factors.

УДК 669.18.046.518:621.746.5.047

КОМПЛЕКСНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ БЕЛОРУССКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

А. В. ДЕМИН, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ (ОАО "Белорусский металлургический завод")

Представлены мероприятия по реконструкции МНЛЗ № 3, реализация которых позволила повысить ее производительность на 26 % при обеспечении требуемого уровня качественных характеристик. После реконструкции МНЛЗ № 3 было освоено производство непрерывнолитой круглой заготовки диаметром 200 мм для производства трубы, что позволило исключить промежуточный передел на стане 850, сократить затраты и повысить рентабельность производства бесшовных труб в трубопрокатном цехе.

Ключевые слова: Белорусский металлургический завод; электросталеплавильное производство; машина непрерывной разливки стали; реконструкция.

The measures for the reconstruction of the continuous caster No. 3 have been presented. The measures implementation has made it possible to improve its productivity by 26 % during providing the required level of the quality characteristics. After the reconstruction of the continuous caster No. 3, the production of the continuously cast round with the 200 mm diameter for manufacturing the pipe has been developed. This has made it possible to exclude the intermediate processing in the 850 mill, to cut the costs and to improve the profitability of manufacturing the seamless pipes in the pipe-rolling shop.

Key words: Byelorussian Metallurgical Works, electric furnace steelmaking, continuous caster, reconstruction.

УДК 669.14.018.8

НЕРЖАВЕЮЩИЕ СТАЛИ С АЗОТОМ: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

*А. П. ШЛЯМНЕВ, В. А. УГЛОВ, Г. А. ФИЛИППОВ, И. П. ШАБАЛОВ, Н. Х. МУХАТДИНОВ
(ФГУП "ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина")*

Рассмотрена проблема легирования азотом коррозионностойких Fe–Cr–Ni, Fe–Cr–Ni–Mo, Fe–Cr–Ni–Mn и Fe–Cr–Mn-сталей различных структурных классов. Показано, что добавки азота в сбалансированных количествах оказывают положительное влияние на комплекс служебных и технологических свойств.

Приведены сведения о новых направлениях в развитии нержавеющей сталей, в частности нержавеющей сталей легированных совместно азотом и кремнием, свойства которых заметно превышают свойства нержавеющей сталей, используемых в настоящее время.

Рассмотрены вопросы современной и перспективной технологии производства плоских видов металлопроката из нержавеющей сталей.

Ключевые слова: нержавеющая сталь; прочность; технологические свойства; системы легирования; азот; кремний; механические и коррозионные свойства; технология производства плоских видов металлопроката.

The problem of alloying the stainless Fe–Cr–Ni-, Fe–Cr–Ni–Mo-, Fe–Cr–Ni–Mn- and Fe–Cr–Mn-steels of various structural classes with nitrogen has been considered. It has been shown that the additions of the nitrogen in the balanced amounts, have the positive influence on the complex of the service and technological properties.

Data on the new trends in the development of the stainless steels has been presented. In particular, the stainless steels jointly alloyed with the nitrogen and silicon have been considered, the properties of which are significantly higher than the properties of the stainless steels used at the present.

The problems of the modern and perspective technologies for manufacturing the flat kinds of the rolled metal products from the stainless steels have been considered.

Key words: stainless steel, strength, technological properties, alloying systems, nitrogen and silicon, mechanical and corrosion properties, rolled flat kind metal product manufacturing technology.

УДК 669.14.018.294.2

РАЗРАБОТКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ БЕЙНИТНОГО КЛАССА И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗ НЕЕ РЕЛЬСОВ В ОАО «ЕВРАЗ НИЖНЕТАГИЛЬСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

*А. В. КУШНАРЕВ¹, А. А. КИРИЧКОВ¹, А. Б. ДОБУЖСКАЯ², Е. В. БЕЛОКУРОВА¹
(¹ ОАО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат», ² ОАО «Уральский институт металлов»)*

Разработана сталь 35X1Г2СН и произведены опытные рельсы из этой стали. В лабораторных условиях и в термоотделении рельсобалочного цеха определен оптимальный режим отпуска рельсов из бейнитной стали. Разработаны рекомендации по производству рельсов из стали бейнитного класса в условиях технологического потока ОАО ЕВРАЗ НТМК.

Ключевые слова: производство рельсов; реконструкция рельсового производства ОАО ЕВРАЗ НТМК; термоупрочнение рельсов; установка дифференцированного упрочнения с прокатного нагрева; стойкость рельсов при эксплуатации.

The steel of 35Kh1G2SN grade has been developed and the experimental rails from this steel have been manufactured. Under laboratory conditions and in the thermal department of the rail – beam shop, the optimal tempering schedule of the rails from the bainitic steel has been determined. The recommendations for manufacturing the rails from the bainitic class steel under conditions of the single process flow at the ОАО «EVRAZ NTMK» have been developed.

Key words: rails manufacturing, rail production reconstruction, ОАО «EVRAZ NTMK», thermal rail strengthening, plant for differential strengthening from rolling heat, rail service life.

УДК 621.774.36

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ГИЛЬЗЫ В ВАЛКИ ПИЛИГРИМОВОГО СТАНА И ПУТИ ЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

*В. Д. ДОБРЯК¹, канд. техн. наук; В. Ф. БАЛАКИН², д-р техн. наук; Ю. Д. УГРЮМОВ¹, канд. техн. наук;
Д. Ю. УГРЮМОВ¹ (¹ ОАО «Интерпайп Нижнеднепровский трубопрокатный завод»,
² Национальная металлургическая академия Украины)*

Рассмотрены основные причины нестабильности величины подачи гильзы в валки пилигримового стана на действующих подающих аппаратах с гидравлическим механизмом перемещения каретки.

Предложены и проанализированы пути усовершенствования механизма подачи.

Ключевые слова: пилигримовый стан; подача гильзы в валки; механизм подачи; форголлер; каретка; подающий аппарат.

The main reasons for the instability of the value of feeding the hole tubular billet into the rolls of the Pilger mill in case of the existing feeding equipment with the hydraulic mechanism of the carriage movement have been considered.

The ways to the improvement in the feeding mechanism have been proposed and analyzed.

Key words: Pilger mill, feeding the hole tubular billet into the rolls, feeding mechanism, forgoller, carriage, feeding equipment.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВИВКИ МЕТОДОМ ДВОЙНОГО КРУЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КРУЧЕНИЙ И ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ МЕТАЛЛОКОРДА

В. П. ФЕТИСОВ, д-р техн. наук; Б. А. БИРЮКОВ, канд. техн. наук

Представлены результаты исследования влияния технологических факторов, изменяющих упругопластическое состояние витого изделия, на стабильность во времени остаточных кручений и прямолинейности металлокорда.

Ключевые слова: метизное производство; металлокорд; упругопластическое состояние витого изделия, величина остаточных кручений и прямолинейности металлокорда.

The results of the investigation into the influence of the technological factors, varying the elastoplastic state of the stranded product, on the timing stability of the residual twisting and straightforwardness of the metal cord have been presented.

Key words: wire products manufacturing, metal cord, stranded product elastoplastic state, values of residual twisting and straightforwardness of metal cord.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ ДЕФОРМИРУЮЩЕЙ И КАЛИБРУЮЩЕЙ ЗОН КАНАЛА ВОЛОКИ

А. В. ВЕДЕНЕЕВ¹, Ю. Л. БОБАРИКИН², М. Н. ВЕРЕЩАГИН², М. Ю. ЦЕЛУЕВ²
(¹ ОАО “Белорусский металлургический завод”,
² Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого)

Разработана методика оптимизации геометрии канала волокна при волочении проволоки по температурному критерию, позволяющая проектировать геометрию деформирующей и калибрующей зон волокна, обеспечивающую минимальные температуры в обрабатываемой проволоке.

Предложены оптимизированные углы конусов деформирующих зон волокон для действующего маршрута волочения в ОАО БМЗ.

Ключевые слова: метизное производство; волочение проволоки; геометрия канала волокна; деформирующая и калибрующая зоны волокна.

The methodology of optimizing the geometry of the die channel according to the temperature criterion during wire drawing has been developed. The methodology makes it possible to design the geometry of the deforming and sizing zones of the die, providing the minimal temperatures in the processed wire.

The optimized angles of the cones of the deforming zones of the dies for the existing drawing route at the ОАО “Belorusskiy Metallurgicheskiy Zavod” have been proposed.

Key words: wire products manufacturing, wire drawing, die channel geometry, deforming and sizing zones of die.

ОГНЕУПОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КИТАЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОГНЕУПОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

И. Г. ОЧАГОВА (ОАО “Черметинформация”)

Показано текущее состояние мировой огнеупорной промышленности и изменение мирового спроса на огнеупоры. Дана характеристика состояния огнеупорной промышленности Китая, ее проблемы и направления развития огнеупоров для производства стали.

Ключевые слова: мировая огнеупорная промышленность; мировой спрос на огнеупоры; огнеупорная промышленность Китая; огнеупоры для сталеплавильного производства.

The current status of the world's refractory industry has been shown and the variation of the world's demand for the refractories has been described. The characteristics of the status of the refractory industry in China have been presented. Its problems and trends in the development of the refractories for the steel production have been considered.

Key words: world's refractory industry, world's demand for refractories, refractory industry in China, refractories for steel production.

УДК 669.02

ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. Е. СУШКО, канд. техн. наук (ООО "ДИАМЕХ 2000")

Представлен анализ опыта организации технической диагностики на предприятиях металлургического комплекса и ее совершенствования.

Ключевые слова: черная металлургия; техническая диагностика; жизненный цикл оборудования; служба диагностики; мониторинг

The data on the analysis of the experience in the organization of the technical diagnosis at the enterprises of the metallurgical complex and its improvement has been presented.

Key words: iron and steel industry, technical diagnosis, equipment life cycle, diagnosis service, monitoring.

УДК 669.1.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДА И ОБОГАЩЕННОГО КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ, КОЛОДЦАХ, НА СТЕНДАХ РАЗОГРЕВА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

*И. Н. КАРП, А. Н. ЗАЙВЫЙ, Е. П. МАРЦЕВОЙ,
К. Е. ПЬЯНЫХ (Институт газа НАН Украины)*

Приведены примеры применения кислорода в процессах нагрева металла в печах за рубежом. Перечислены задачи, решение которых необходимо для реализации преимуществ применения кислорода.

Ключевые слова: кислород; нагревательные печи и устройства; экономия топлива; производительность печи; снижение образования окислов азота и потерь с окалиной.

The examples of the application of the oxygen in the processes of heating the metal in the furnaces in the foreign countries have been presented. The problems, solution of which is necessary for the implementation of the advantages of the oxygen application, have been listed.

Key words: oxygen, reheating furnaces and devices, fuel saving, furnace productivity, decrease in nitrogen oxide formation and scale losses.

УДК 669-1

ПЕРЕРАБОТКА ВАНАДИЕВЫХ ЗОЛОШЛАКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ НУЖД ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

*А. М. КАСИМОВ, д-р техн. наук; А. А. КОВАЛЕВ,
(Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем)*

Предложена технология получения технического оксида ванадия путем переработки ванадийсодержащих золошлаков промышленной энергетики.

Ключевые слова: ванадийсодержащий шлак; технологическая схема; высокотемпературный гидролиз; выщелачивание; обжиг.

The technology for producing the commercial vanadium oxide by means of processing the vanadium-containing ash slags from the power industry has been proposed.

Key words: vanadium-containing slag, technological scheme, high-temperature hydrolysis, leaching, firing.

УДК 669.1.054.8

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МАГНИТОГОРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

О. Е. ГОРЛОВА¹, Н. И. ХАСАНОВ² (¹ ФГБОУ ВПО “Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова”, ² ОАО “Магнитогорский металлургический комбинат”)

Рассмотрены вопросы утилизации железосодержащих отходов на примере Магнитогорского металлургического комбината. Проанализированы проблемы, возникающие при утилизации в составе агломерационной шихты железосодержащих доменных шламов с повышенным содержанием цинка. Представлены результаты разработанных технологических решений по обезцинкованию доменных шламов с использованием обратной катионной флотации, приведена схема комплексной переработки доменных шламов.

Ключевые слова: железосодержащие отходы; шлаки; шламы; железо; цинк; обезцинкование; обратная катионная флотация; утилизация.

The problems of utilizing the iron-containing wastes have been considered by the example of the Magnitogorsk Integrated Iron and Steel Works. The problems arising during utilizing the iron-containing blast furnace sludges with the increased zinc content as the part of the sintering mix have been analyzed. The results of the developed technological solutions for dezincing the blast furnace sludges with the use of the reversed cationic floatation have been presented. The scheme of the comprehensive processing of the blast furnace sludges has been described.

Key words: iron-containing wastes, slags, sludges, iron, zinc, dezincing, reversed cationic floatation, utilization.

УДК 658.7.011.1

К ВОПРОСУ О ГОРИЗОНТЕ ПОСТАВОК И ЦЕН КЛЮЧЕВЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В. И. ПЛЕЩЕНКО, канд. экон. наук, v_pl@mail.ru (ФГУП “Гознак”)

В современных условиях металлургическое предприятие, закупающее ключевые ресурсы на открытом рынке, должно обеспечить относительно высокую гибкость контрактных условий, позволяющую использовать появляющиеся на рынке возможности. Данный подход может позволить

компаниям получить определенные конкурентные преимущества относительно вертикально-интегрированных холдингов.

Ключевые слова: горизонт поставок; горизонт цен; долгосрочные отношения; поставка ключевых ресурсов; пересмотр условий контрактов.

Under modern conditions, the metallurgical enterprise, purchasing the key resources in the open market, should provide the relatively high flexibility of the contract terms, which makes it possible to use the opportunities arising in the market. The proposed approach can allow the companies to obtain the special competitive advantages in reference to the vertically integrated holding companies.

Key words: supply horizon, price horizon, long-term relations, key resources supply, contact term revising.

ЦЕНЫ НА СЫРЬЕ И МЕТАЛЛОПРОДУКЦИЮ

НА МИРОВОМ РЫНКЕ

ЦЕНЫ НА ФЕРРОСПЛАВЫ НА РЫНКЕ СТРАН ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ С ПОСТАВКОЙ ТОВАРА НА ЗАВОД ПОТРЕБИТЕЛЯ, долл/т

Вид ферросплава	Цена	Дата, с которой действует цена
Феррохром (долл/а.ф. содержания Cr)		
Кусковой чардж-хром на базе 52 % Cr	1,125	18.01.2013
6–8 % C на базе 60 % Cr, макс. 1,5 % Si	1,00–1,08	15.02.2013
0,10 % C, в среднем 60–70 % Cr	2,02–2,08	14.12.2012
0,06–0,08 % C, макс. 65 % Cr	2,05–2,10	16.11.2012
Ферромарганец (евро/т)		
На базе 78 % Mn, стандартный 7,5 % C	830–860	15.02.2013
Ферросилиций (евро/т)		
Кусковой, на базе 75 % Si	1090–1140	15.02.2013
Силикомарганец (евро/т)		
Кусковой, 65–75 % Mn, 14–25 % Si	885–940	15.02.2013
Ферромolibден (долл/кг содержания Mo)		
на базе 65–70 % Mo	27,80–28,25	15.02.2013
Ферровольфрам (долл/кг содержания W)		
на базе мин. 75 % W, Роттердам	41,00–42,00	15.02.2013
Феррованадий (долл/кг содержания V)		
на базе 70–80 % V	31,00–32,40	15.02.2013

ЭКСПОРТНЫЕ ЦЕНЫ НА ПРОКАТ, ВЫВОЗИМЫЙ ИЗ СТРАН СНГ, НА УСЛОВИЯХ FOB ПОРТЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА, ЧЕРНОГО И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ, долл/т*

Продукция	Ноябрь 2012 г.	Декабрь 2012 г.	Январь 2013 г.	Февраль 2013 г.
Заготовка	510–515	505–510	525–540	530–535
Арматурная сталь	600–610	570–600	590–600	600–610
Катанка	600–610	580–600	580–600	600–610
Слябы	460–470	430–470	480–500	480–500
Толстый лист	555–565	555–565	570–600	570–600
Рулоны:				
горячекатаные	510–530	525–540	560–600	575–620
холоднокатаные	600–610	600–620	650–700	635–700

* Данные представлены на середину соответствующего месяца.

ЭКСПОРТНЫЕ ЦЕНЫ ТУРЦИИ ПРИ ПОСТАВКАХ В ТРЕТЬИ СТРАНЫ НА УСЛОВИЯХ FOB ТУРЕЦКИЕ ПОРТЫ, долл/т*

Продукция	Ноябрь 2012 г.	Декабрь 2012 г.	Январь 2013 г.	Февраль 2013 г.
Заготовка	560–570	540–545	555–560	545–550
Арматурная сталь	620–625	595–600	610–615	600–610
Катанка	625–635	610–620	615–620	610–615

* Данные представлены на середину соответствующего месяца.

**ЦЕНЫ НА ИМПОРТНЫЙ ПРОКАТ В США НА УСЛОВИЯХ CIF ПОРТЫ
МЕКСИКАНСКОГО ЗАЛИВА, долл/т***

Продукция	Ноябрь 2012 г.	Декабрь 2012 г.	Январь 2013 г.	Февраль 2013 г.
Арматурная сталь	606–661	606–661	606–661	606–661
Катанка из низкоуглеродистой стали	645–661	650–683	650–683	650–683
Прутки	728–772	750–794	750–794	750–794
Лист:				
толстый	937–992	937–992	937–992	937–992
средний	772–794	783–816	783–805	783–805
Рулоны:				
горячекатаные	639–661	623–661	623–661	623–661
холоднокатаные	728–750	772–794	772–794	772–794
оцинкованные	981–1036	981–1036	981–1036	981–1036

* Данные представлены на середину соответствующего месяца.

**ЭКСПОРТНЫЕ ЦЕНЫ НА ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОКАТА (БЕЗ УЧЕТА КОМИССИОННЫХ),
ВЫВОЗИМОГО ИЗ СТРАН ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ, НА УСЛОВИЯХ FOB, долл/т***

Продукция	Ноябрь 2012 г.	Декабрь 2012 г.	Январь 2013 г.	Февраль 2013 г.
Заготовка (спот)	520–530	520–530	530–550	530–550
Арматурная сталь	600–610	590–610	600–620	600–620
Катанка	610–620	590–610	600–620	600–620
Слябы (спот)	460–480	460–480	480–500	480–500
Листовой прокат:				
толстый лист толщиной более 10 мм	610–670	610–660	640–690	640–690
Рулоны:				
горячекатаные	530–570	530–570	565–600	570–600
холоднокатаные	630–670	630–670	650–700	650–700
оцинкованные	730–800	730–800	730–770	730–770

* Данные представлены на середину соответствующего месяца.

Подготовлено В.В. Смильтиной

НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

СРЕДНИЕ ЦЕНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, руб/т (без НДС)

Вид продукции	Ноябрь 2012 г.	Декабрь 2012 г.	Изменение декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %
Концентрат железной руды	2077	2337	-15,3
Окатыши железорудные (окисленные)	2777	2944	-20,3
Чугун переделный	10748	10570	-18,2
Чугун литейный	13284	15114	-31,6
Полуфабрикаты из стали	20479	19837	-5,3
Рельсы из черных металлов, включая токоведущие рельсы с деталями из цветных металлов	22192	22162	-4,6
Прокат плоский горячекатаный из нержавеющей стали	118000	139294	7,7
Прутки горячекатаные, горячетянутые, экструдированные и кованные (кроме катанки) и профили из нержавеющей стали	136932	139671	-10,1
Прокат горячекатаный, горячетянутый и экструдированный длинномерный из быстрорежущей стали	428438	431728	10,6
Прокат плоский горячекатаный из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей)	18702	18022	-15,1
Прокат толстолистовой (от 4 мм) горячекатаный из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей)	19008	18905	-12,7
Прокат тонколистовой (до 4 мм) горячекатаный из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей)	18072	17265	-15,3
Катанка из нелегированной стали	18728	18058	-11,9
Прутки горячекатаные, горячетянутые, экструдированные и кованные из нелегированной стали	19275	18840	-5,9
Прокат сортовой и фасонный горячекатаный, горячетянутый, экструдированный и кованный	22937	21972	-1,3
Колеса цельнокатаные	44860	46453	20,6
Прокат плоский холоднокатаный из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей)	27322	26437	-12,9
Штрипсы листовые	26196	25754	-22,3
Прокат плоский холоднокатаный без покрытий шириной не менее 600 мм из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей)	23834	22932	-14,4
Прокат плоский из электротехнической стали с ориентированным зерном шириной не менее 600 мм	58234	54304	-16,0
Прокат плоский из электротехнической стали с неориентированным зерном шириной не менее 600 мм	29701	28262	-5,0
Прокат плоский холоднокатаный с покрытиями из стали (кроме нержавеющей и быстрорежущей) шириной не менее 600 мм	30263	29353	-10,5
Трубы бесшовные для нефте- и газопроводов черных металлов (кроме литейного чугуна)	40139	40043	-12,1
Трубы бурильные для бурения нефтяных или газовых скважин из черных металлов (кроме литейного чугуна)	101888	108584	7,2
Трубы обсадные	41245	39563	-3,9
Трубы насосно-компрессорные	49305	46656	7,0
Трубы горячедеформированные гладкие из стали (катаные)	47511	46092	3,6
Трубы сварные, клепаные или соединенные аналогичным способом для нефте- и газопроводов из черных металлов наружным диаметром более 406,4 мм	51335	51572	-12,2
Трубы тянутые	74042	68068	-0,9
Трубы тонкостенные бесшовные	135468	140678	-0,6
Трубы тонкостенные электросварные	22471	22033	-8,5
Трубы сварные для нефте- и газопроводов из черных металлов наружным диаметром менее 406,4 мм	24137	23198	-4,7

Вид продукции	Ноябрь 2012 г.	Декабрь 2012 г.	Изменение декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %
Трубы стальные сварные водогазопроводные	24494	22933	-22,3
Продукция холоднотянутая	33667	33367	-10,5
Полосы холоднокатаные узкие	30481	28187	-25,9
Профили фасонные и специальные из железа или нелегированной стали, полученные холодной штамповкой или гибкой из плоского проката	46141	44103	-1,3
Проволока из железа или нелегированной стали обыкновенного качества	24500	24649	8,8
Проволока углеродистая качественная	27956	27416	-13,4
Проволока из нержавеющей стали и прочих легированных сталей	60804	55595	-5,3
Электроды сварочные с покрытием, используемые для электродуговой сварки	51102	49363	2,0
Ферросилиций	34925	33038	-13,5
Феррохром	58502	55275	-21,9
Ферромolibден	729563	790000	34,4
Феррованадий	265688	278814	0,3
Кокс металлургический из каменного угля, полученный путем карбонизации при высокой температуре	6560	6765	-23,0

Подготовлено Н.Г. Зиновьевой

СТАТИСТИКА*

ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Показатель	2012 г.	В % к 2011 г.	Декабрь 2012 г.	В % к		Справочно		
				декабрю 2011 г.	ноябрю 2012 г.	2011 г. в % к 2010 г.	декабрь 2011 г. в % к	
							декабрю 2010 г.	ноябрю 2011 г.
Валовой внутренний продукт, млрд руб.	62356,9 ¹⁾	103,4				104,3		
Индекс выпуска товаров и услуг по базовым видам экономической деятельности ²⁾		102,6		101,4	107,2	105,5	104,4	106,9
Индекс промышленного производства ^{3, 4)}		102,6		101,4	102,4	104,7	102,5	102,9
Производство сельского хозяйства, млрд руб.	3190,4	95,3	142,9	101,4	60,6	123,0	104,8	54,0
Грузооборот транспорта, млрд т·км в том числе железнодорожного транспорта	4998,1	101,7	438,8	100,9	104,1	103,4	104,9	103,6
Объем услуг связи, млрд руб.	2222,0	104,4	186,6	98,8	99,0	105,8	112,7	103,8
Оборот розничной торговли, млрд руб.	1573,7	105,6	135,1	104,0	99,9	102,7	99,8	101,0
Объем платных услуг населению, млрд руб.	21319,9	105,9	2299,5	105,0	120,8	107,0	109,3	120,1
Внешнеторговый оборот, млрд долл. ⁵⁾	5916,6	103,5	547,0	101,3	103,4	103,0	103,2	105,8
В том числе:	784,7 ⁶⁾	102,7 ⁷⁾	75,5 ⁶⁾	97,2 ⁸⁾	97,3 ⁹⁾	131,8 ⁷⁾	128,9 ⁸⁾	103,0 ⁹⁾
экспорт товаров	480,7	102,1	45,4	96,0	98,7	131,5	133,1	102,8
импорт товаров	304,0	103,7	30,1	99,0	95,4	132,3	122,9	103,4
Инвестиции в основной капитал, млрд руб. ¹⁰⁾	12279,0	106,7	2188,3	99,3	170,3	108,3	114,0	173,4
Индекс потребительских цен		105,1 ¹¹⁾		106,6	100,5	108,4 ¹¹⁾	106,1	100,4
Индекс цен производителей промышленных товаров ³⁾		106,8 ¹¹⁾		105,1	98,9	117,3 ¹¹⁾	112,0	100,2
Реальные располагаемые денежные доходы ¹³⁾		104,2		104,9	140,5	100,4	103,6	144,3
Среднемесячная начисленная заработная плата одного работника ¹⁰⁾ :								
номинальная, руб.	26690	113,3	34860	106,9	127,0	111,5	118,2	135,0
реальная		107,8		100,3	126,3	102,8	111,4	134,4
Общая численность безработных, млн чел.	4,3 ¹³⁾	85,3	4,0	85,7	97,4	89,1	86,1	97,4
Численность официально зарегистрированных безработных, млн чел.	1,1 ¹³⁾	80,1	1,1	82,8	104,7	76,3	80,9	105,1

1) Данные за 2012 г. (первая оценка).

2) Исчисляется на основе данных об изменении физического объема производства продукции сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды, строительства, транспорта, розничной и оптовой торговли.

3) По видам деятельности "Добыча полезных ископаемых", "Обрабатывающие производства", "Производство и распределение электроэнергии, газа и воды".

4) С учетом поправки на неформальную деятельность.

5) Данные рассчитаны Банком России в соответствии с методологией платежного баланса в ценах франко-граница страны экспортера (ФОБ).

6) Данные за январь–ноябрь 2012 г. и ноябрь 2012 г. соответственно.

7) Январь–ноябрь 2012 г. и январь–ноябрь 2011 г. в % к соответствующему периоду предыдущего года, в фактически действовавших ценах.

8) Ноябрь 2012 г. и ноябрь 2011 г. в % к соответствующему месяцу предыдущего года, в фактически действовавших ценах.

9) Ноябрь 2012 г. и ноябрь 2011 г. в % к предыдущему месяцу, фактически действовавших ценах.

10) Данные за периоды 2012 г. — оценка.

11) Январь–декабрь к январю–декабрю предыдущего года.

12) Данные за периоды 2012 г. — предварительные.

13) В среднем за месяц.

* Используются данные Федеральной службы государственной статистики РФ, ОАО "Черметинформация".

ОБОРОТ ОРГАНИЗАЦИЙ ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
в действующих ценах

Подотрасль, продукция	2012 г., млрд руб.	В % к 2011 г.	Декабрь 2012 г., млрд. рублей	В % к	
				декабрю 2011 г.	ноябрю 2012 г.
Всего	111582,0	111,1	11113,6	102,3	110,2
Добыча полезных ископаемых	8906,1	111,5	793,4	107,7	105,8
В том числе:					
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	7723,1	112,1	689,2	108,2	105,9
добыча полезных ископаемых, кроме топливно- энергетических	1183,0	107,7	104,2	104,1	104,6
Обрабатывающие производства	26308,3	109,7	2558,1	103,5	107,0
В том числе:					
производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	3990,8	111,7	412,5	107,7	111,2
текстильное и швейное производство	256,9	110,4	27,2	110,2	108,6
производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	49,8	98,2	4,7	92,9	103,8
обработка древесины и производство изделий из дерева	308,6	107,2	27,1	100,8	103,4
целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	827,7	115,5	83,0	111,9	104,5
производство кокса и нефтепродуктов	6260,6	113,2	538,7	112,4	102,5
химическое производство	1890,9	106,2	173,4	99,4	104,7
производство резиновых и пластмассовых изделий	704,3	109,8	58,4	101,1	94,3
производство прочих неметаллических минеральных продуктов	1182,1	113,5	87,8	99,8	88,4
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	4047,1	99,6	342,5	94,8	103,3
производство машин и оборудования	1420,7	108,9	162,4	102,6	134,6
производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	1329,2	108,0	162,6	96,9	110,2
производство транспортных средств и оборудования	2839,6	117,9	342,7	101,9	118,5
прочие производства	580,4	103,0	54,2	92,8	99,7
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	6627,4	102,6	748,7	109,4	117,1
Строительство	4660,2	106,2	571,4	90,1	132,7

**ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА В ОТДЕЛЬНЫХ ПОДОТРАСЛЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
И ВЫПУСК ВАЖНЕЙШИХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ**

Подотрасль, продукция	2012 г.	В % к 2011 г.	Декабрь 2012 г.	В % к	
				декабрю 2011 г.	ноябрю 2012 г.
Добыча металлических руд					
Концентрат железорудный, млн т	104	100,6	8,5	97,8	100,4
Окатыши железорудные (окисленные), млн т	39,0	101,5	3,3	100,1	104,2
Производство черных металлов					
Чугун, млн т	50,5	105,2	4,1	99,5	101,0
Сталь, млн т	70,4	103,3	5,6	95,4	100,8
Прокат готовый черных металлов, млн т	61,8	104,0	4,9	97,0	102,8
В том числе:					
сортовой (без заготовки для переката на экспорт)	19,9	98,9	1,5	88,0	95,5
листовой	28,5	102,5	2,3	104,2	108,9
в том числе:					
горячекатаный	18,5	100,4	1,5	105,0	111,1
холоднокатаный	10,1	106,5	0,8	102,6	104,9
Слитки и слябы для переката на экспорт	13,4	116,5	1,1	97,1	101,6
Производство труб					
Стальные трубы, тыс. т	9657	96,7	862	119,5	108,8
В том числе:					
бесшовные	3128	105,8	269	105,1	101,3
сварные (без электросварных)	239	72,0	25,1	103,5	113,4
электросварные большого диаметра	2433	77,1	254	137,6	161,7
электросварные (кроме стальных большого диаметра)	3855	108,9	314	122,3	90,3
Из общего количества стальных труб:					
трубы бурильные для бурения нефтяных или газовых скважин из черных металлов (кроме литейного чугуна)	37,8	107,6	2,5	122,8	110,6
трубы обсадные	828	113,2	68,9	94,3	101,1
трубы насосно-компрессорные	443	111,6	39,9	124,9	103,0
Производство электроферросплавов					
Ферросилиций, тыс. т	1043	101,2	86,7	87,3	102,6
Феррохром низкоуглеродистый, тыс. т	217	95,2	19,6	130,3	117,2
Производство кокса					
Кокс металлургический из каменного угля, полученный путем карбонизации при высокой температуре, млн т	27,1	100,5	2,2	101,6	102,2
Орешек коксовый сухой, тыс. т	911	106,6	71,2	95,8	100,4
Мелочь коксовая сухая, тыс. т	1,9	98,9	0,1	94,8	97,2
Производство огнеупоров					
Кирпичи, блоки, плитки и прочие изделия огнеупорные, из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель, тыс. т	55,6	78,1	4,9	102,1	122,5
Кирпичи, блоки, плитки и прочие изделия огнеупорные, кроме изделий из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель, тыс. т	1271	95,6	94,4	89,3	94,2
Огнеупоры неформованные, в том числе цементы, строительные растворы, бетоны огнеупорные и аналогичные составы, не включенные в другие группировки, тыс. т	1154	80,6	94,1	79,9	106,6
Изделия огнеупорные безобжиговые и прочие, не включенные в другие группировки, тыс. т	247	116,0	19,6	101,6	110,1
Производство метизов					
Проволока из железа или нелегированной стали, тыс. т	1342	110,9	97,2	104,9	89,1
Проволока из нержавеющей стали и прочих легированных сталей, тыс. т	310	99,1	23,4	90,3	93,6

ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОТРАСЛЯХ

Подотрасль, продукция	2012 г.	В % к 2011 г.	Декабрь 2012 г.	В % к	
				декабрю 2011 г.	ноябрю 2012 г.
Электроэнергия, млрд кВт·ч	1064	101,1	107	104,9	113,8
Тепловая энергия (отпущенная), млн Гкал	1312	99,0	191	111,2	136,4
Нефтедобывающая					
Добытая нефть, включая газовый конденсат, млн т	517	100,9	44,2	101,1	103,0
Нефтеперерабатывающая					
Автомобильный бензин, млн т	38,2	104,3	3,5	106,3	104,7
Дизельное топливо, млн т	69,3	98,7	6,3	108,0	105,6
Топочный мазут, млн т	74,3	101,6	6,7	101,5	103,7
Газовая					
Газ природный и попутный, млрд м ³	653	97,3	64,8	102,7	113,1
Угольная					
Уголь, млн т	354	105,2	31,8	98,7	99,3
В том числе:					
каменный	277	106,4	23,4	99,3	96,7
бурый рядовой (лигнит)	77,8	101,2	8,4	96,9	107,3

ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА В ОТДЕЛЬНЫХ ПОДОТРАСЛЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ВЫПУСК ВАЖНЕЙШИХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ

Подотрасль, продукция	2012 г.	В % к 2011 г.	Декабрь 2012 г.	В % к	
				декабрю 2011 г.	ноябрю 2012 г.
Металлургическое машиностроение					
сталеплавильное оборудование и литейные машины, тыс. т	23,9	87,8	2,1	64,7	128,3
Подъемно-транспортное машиностроение		109,1		132,0	129,7
Электротехническая промышленность		101,1		89,5	104,2
Химическое и нефтяное машиностроение		89,2		56,1	105,6
Станкостроительная и инструментальная промышленность		109,0		115,0	143,3
Приборостроение		105,6		99,0	84,4
Автомобильная промышленность		121,3		96,4	92,8
Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение		139,8		в 2,5 р.	156,8
Промышленность средств связи		105,1		103,3	78,1

ОБЪЕМ ПОГРУЗКИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ГРУЗОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ¹⁾

Продукция	2012 г.		Декабрь 2012 г., млн т	В % к		Удельный вес в общем объеме погрузки в декабре 2012 г., %	Справочно		
	млн т	в % к 2011 г.		декабрю 2011 г.	ноябрю 2012 г.		2011 г. в % к 2010 г.	декабрь 2011 г. в % к	
			декабрю 2010 г.					ноябрю 2011 г.	
Грузы, всего	1271,9	102,4	101,5	96,2	95,5²⁾	100	103,0	105,2	100,8
В том числе:									
каменный уголь	307,6	103,9	26,6	99,5	95,7	26,2	103,4	110,6	102,5
кокс	12,7	98,0	1,0	104,8	107,4	1,0	102,8	93,5	100,9
нефть и нефтепродукты	258,2	103,3	23,1	104,6	102,6	22,7	98,9	100,0	104,5
железная и марганцевая руда	110,0	99,2	9,1	97,0	96,8	9,0	108,8	110,5	101,9
цветная руда	22,2	93,6	1,7	93,0	96,8	1,6	93,6	87,2	105,6
черные металлы	73,4	99,8	5,9	97,0	102,6	5,9	101,1	93,8	104,2
лом черных металлов	18,0	89,3	1,2	86,7	80,3	1,1	96,4	80,2	87,1
химические и минеральные удобрения	45,1	96,9	3,9	93,5	105,9	3,8	102,3	103,2	107,9
строительные грузы	180,4	114,4	11,1	92,8	83,8	11,0	110,7	121,5	92,4
цемент	35,0	101,2	1,7	82,7	70,0	1,7	103,5	103,2	81,8
лесные грузы	36,2	89,2	2,9	90,9	109,6	2,9	98,0	95,2	104,0
зерно и продукты перемола	20,4	101,7	1,5	62,1	83,5	1,5	110,5	124,6	101,9
комбикорма	0,9	88,4	0,1	89,2	87,1	0,1	95,7	75,5	103,8
импортные грузы	118,9			96,1	90,1	0,9	84,6	83,9	112,9
прочие грузы	141,1	99,5	10,9	88,2	92,3	10,8	101,0	103,3	98,7

1) По данным ОАО РЖД.

2) В среднесуточном исчислении погрузка грузов в декабре 2012 г. составила 92,4 % к уровню предыдущего месяца.

ТОВАРНЫЙ СОСТАВ ЭКСПОРТА

Продукция	Январь– ноябрь 2012 г.	В % к январю– ноябрю 2011 г.	Ноябрь 2012 г.	В % к		Справочно		
				ноябрю 2011 г.	октябрю 2012 г.	январь– ноябрь 2011 г. в % к январю– ноябрю 2010 г.	ноябрь 2011 г. в % к	
							ноябрю 2010 г.	октябрю 2011 г.
Нефть сырая, млн т	219,2	98,6	21,0	102,7	102,4	99,4	103,7	89,4
Нефтепродукты, млн т	125,1	104,1	10,1	85,4	85,9	100,7	117,4	110,6
Газ природный, млрд м ³	159,1	94,3	14,3	83,3	102,7	109,1	107,8	119,1
Электроэнергия, млрд кВт·ч	16,5	75,9	1,2	56,8	88,6	127,0	126,4	121,3
Уголь каменный, млн т	118,4	117,5	11,2	112,8	85,3	96,1	100,4	93,0
Кокс и полукокс, тыс. т	2129,6	94,7	228,2	170,2	86,6	102,1	79,5	52,4
Машины, оборудование и транспортные средства, млн долл.	23548,0	106,5	2788,0	105,4	126,9	116,9	153,4	143,5
Руды и концентраты железные, тыс. т	23129,1	94,1	2107,3	90,6	106,0	127,2	127,2	134,9
Ферросплавы, тыс. т	913,8	113,2	99,8	122,8	121,9	96,0	97,9	115,9
Фосфаты кальция, тыс. т	1406,1	107,5	104,2	91,2	49,5	64,6	81,2	111,9
Черные металлы (кроме чугуна, ферро- сплавов, отходов и лома), млн долл.	15368,5	93,8	1080,9	75,1	88,7	116,7	120,4	93,7
Чугун передельный, тыс. т	3613,4	94,3	194,1	46,8	89,4	107,6	199,3	в 5,1 р.
Алюминий необработанный, тыс. т	3212,5	106,3	313,9	117,3	98,5	99,8	95,8	82,8
Никель необработанный, тыс. т	201,6	130,7	18,2	102,9	132,8	70,5	68,9	87,8
Медь рафинированная, тыс. т	230,7	160,2	17,7	106,7	в 3,1 р.	34,4	39,3	75,0
Удобрения, тыс. т	26438,0	106,8	2593,2	108,7	94,8	97,7	102,1	106,0
Аммиак безводный, тыс. т	2607,8	76,3	255,1	90,7	165,8	137,4	194,6	87,1
Каучук синтетический, тыс. т	789,4	101,8	71,5	95,3	95,1	106,0	122,4	99,4
Лесоматериалы необработанные, млн м ³	15,9	81,3	1,6	91,0	95,6	100,3	103,2	96,3
Лесоматериалы обработанные, тыс. т	10308,8	97,4	885,9	95,3	92,1	115,6	111,8	94,2
Целлюлоза древесная, тыс. т	1893,2	111,8	145,5	79,1	72,7	109,0	133,3	139,2
Бумага газетная, тыс. т	1223,0	97,3	87,2	74,8	81,1	96,4	106,4	93,0
Ткани хлопчатобумажные, млн м ²	52,1	80,7	7,2	111,9	116,8	67,9	61,5	118,4
Пшеница и меслин, тыс. т	15292,7	117,9	977,7	46,1	61,8	109,6	...	91,6
Мука пшеничная или пшенично- ржаная, тыс. т	151,4	26,2	7,5	24,3	76,4	в 3,3 р.	в 10,5 р.	86,2
Крупа, тыс. т	19,8	105,8	1,8	71,2	111,1	53,4	104,2	97,6
Макаронные изделия, тыс. т	65,1	78,4	5,6	80,9	81,0	87,3	85,8	88,1
Кондитерские мучнистые изделия, тыс. т	95,6	106,2	11,2	120,7	90,6	114,5	136,5	105,0

ИНДЕКСЫ ЦЕН И ТАРИФОВ НА КОНЕЦ ПЕРИОДА, %

Индекс	К предыдущему месяцу			Декабрь 2012 г. к декабрю 2011 г.	Январь– декабрь 2012 г. в % к январю– декабрю 2011 г.	Справочно декабрь 2011 г. к декабрю 2010 г.
	октябрь 2012 г.	ноябрь 2012 г.	декабрь 2012 г.			
Потребительских цен	100,5	100,3	100,5	106,6	105,1	106,1
Цен производителей промышленной продукции	98,4	98,8	98,9	105,1	106,8	112,0
Цен производителей сельскохозяйственной продукции	103,7	102,1	101,9	110,8	99,5	94,9
Сводный индекс цен строительной продукции	100,7	99,8	100,4	106,9	107,0	108,0
Тарифов на грузовые перевозки	97,9	99,1 ¹⁾	100,0	107,5	105,1	107,7
Тарифов на услуги связи для юридических лиц	100,1	100,0	100,0	103,1	102,6	103,9

1) Данные изменены за счет уточнения респондентами ранее представленной информации.

**ИНДЕКСЫ ЦЕН ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ОТРАСЛЯМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
НА КОНЕЦ ПЕРИОДА, %**

Отрасль	К предыдущему месяцу			Декабрь 2012 г. к декабрю 2011 г.	Январь– декабрь 2012 г. в % к январю– декабрю 2011 г.	Справочно декабрь 2011 г. к декабрю 2010 г.
	октябрь 2012 г.	ноябрь 2012 г.	декабрь 2012 г.			
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	100,7	99,5	99,6	107,0	101,2	105,1
Добыча полезных ископаемых	92,4	96,5	98,5	109,3	116,8	126,3
Производство кокса и нефтепродуктов	100,6	97,9	96,2	104,5	108,8	117,3
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	100,6	99,3	98,6	96,5	98,0	104,7
Химическое производство	100,4	99,9	98,4	103,4	103,6	110,3
Производство машин и оборудования	100,3	100,2	100,0	104,1	104,6	105,4

**САЛЬДИРОВАННЫЙ ФИНАНСОВЫЙ РЕЗУЛЬТАТ (ПРИБЫЛЬ МИНУС УБЫТОК)
ПО ВИДАМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЯНВАРЕ–НОЯБРЕ 2012 г.**

Отрасль	Сальдо прибылей (+) и убытков (-), млрд руб.	В % к январю–ноябрю 2011 г. ¹⁾
Всего	+7521,2	108,8
Добыча полезных ископаемых	+1741,6	100,6
В том числе:		
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	+1438,2	102,9
добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических	+303,4	90,8
Обрабатывающие производства	+1956,5	108,5
В том числе:		
производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	+191,3	140,1
текстильное и швейное производство	+7,3	158,6
производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	+1,2	89,5
обработка древесины и производство изделий из дерева	+5,1	—
целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	+41,9	108,7
производство кокса и нефтепродуктов	+696,4	99,8
химическое производство	+272,7	108,7
производство резиновых и пластмассовых изделий	+27,7	138,3
производство прочих неметаллических минеральных продуктов	+94,9	152,2
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	+340,0	87,0
производство машин и оборудования	+50,2	120,3
производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	+58,4	107,0
производство транспортных средств и оборудования	+99,6	172,0
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	+242,1	74,0

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–НОЯБРЕ 2012 г.**

Отрасль	Сумма прибыли, млрд руб.	Доля прибыльных организаций в общем числе организаций, %	Сумма убытка, млрд руб.	Доля убыточных организаций в общем числе организаций, %
Всего	8400,9	73,7	879,7	26,3
Добыча полезных ископаемых	1826,5	70,9	84,9	29,1
В том числе:				
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	1509,9	66,4	71,7	33,6
добыча полезных ископаемых, кроме топливно-	316,6	76,5	13,2	23,5

<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>
энергетических Обрабатывающие производства	2181,6	74,7	225,1	25,3
В том числе:				
производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	226,5	74,2	35,2	25,8
текстильное и швейное производство	10,9	74,9	3,6	25,1
производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	1,4	84,8	0,2	15,2
обработка древесины и производство изделий из дерева	17,9	57,4	12,8	42,6
целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	49,1	74,0	7,2	26,0
производство кокса и нефтепродуктов	701,8	82,0	5,4	18,0
химическое производство	288,5	80,1	15,8	19,9
производство резиновых и пластмассовых изделий	30,5	82,1	2,8	17,9
производство прочих неметаллических минеральных продуктов	107,4	76,2	12,5	23,8
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	378,9	74,6	38,9	25,4
производство машин и оборудования	71,7	72,5	21,5	27,5
производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	70,0	79,1	11,6	20,9
производство транспортных средств и оборудования	147,2	71,7	47,6	28,3
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	346,3	53,2	104,2	46,8

**НАЧИСЛЕННАЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА
В РАСЧЕТЕ НА ОДНОГО РАБОТНИКА (без выплат социального характера)**

<i>Отрасль</i>	<i>Ноябрь 2012 г.</i>			<i>Январь-ноябрь 2012 г.</i>		
	<i>руб.</i>	<i>в % к</i>		<i>руб.</i>	<i>в % к</i>	
		<i>ноябрю 2011 г.</i>	<i>октябрю 2012 г.</i>		<i>январю- ноябрю 2011 г.</i>	<i>общерос- сийскому уровню средне- месячной заработной платы</i>
Всего	27448	113,6	102,4	25948	114,1	100
Добыча полезных ископаемых	47774	109,0	101,3	48444	112,6	187
В том числе:						
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	51215	109,3	100,2	54849	111,8	в 2,1 р.
добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических	41618	108,6	103,8	36968	115,2	143
Обрабатывающие производства	24815	111,1	98,8	24081	112,7	93
В том числе:						
производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	21383	110,2	97,3	20844	110,8	80
текстильное и швейное производство	13135	109,7	99,0	12393	111,1	48
производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	13534	110,3	97,1	12814	108,9	49
обработка древесины и производство изделий из дерева	15726	108,8	98,3	15375	110,8	59
целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	25054	103,5	99,8	25060	111,0	97
производство кокса и нефтепродуктов	49507	114,6	102,4	54046	115,9	в 2,1 р.
химическое производство	28786	111,8	97,8	27997	113,2	108
производство резиновых и пластмассовых изделий	19564	112,1	97,9	18972	110,4	73

производство прочих неметаллических минеральных продуктов	23653	113,7	97,2	23032	114,5	89
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	26945	110,6	96,6	26679	112,3	103
производство машин и оборудования	26804	111,8	100,8	25519	112,7	98
производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	27055	111,2	100,7	25557	113,5	99
производство транспортных средств и оборудования	28454	110,2	98,8	27290	112,6	105
прочие производства	17562	108,5	98,3	16690	110,1	64
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	28598	109,0	102,8	28756	110,1	111

**ЧИСЛО ЗАМЕЩЕННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ОРГАНИЗАЦИЯХ ПО ОТРАСЛЯМ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В НОЯБРЕ 2012 г. (без субъектов малого предпринимательства)**

Отрасль	Всего замещенных рабочих мест, тыс.	В том числе работниками			Число замещенных рабочих мест в % к ноябрю 2011 г.
		списочного состава (без внешних совместителей)	внешними совместителями	выполнявшими работы по договорам гражданско-правового характера	
Всего	36082,5	34304,0	792,7	985,8	99,8
Добыча полезных ископаемых	898,4	888,1	2,0	8,3	102,6
В том числе:					
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	589,4	583,6	1,0	4,7	102,0
добыча полезных ископаемых, кроме топливно-энергетических	308,9	304,4	1,0	3,6	103,7
Обрабатывающие производства	6068,1	5940,7	36,8	90,6	98,5
В том числе:					
производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	951,2	929,5	5,7	16,0	96,9
текстильное и швейное производство	166,4	163,1	1,0	2,4	95,5
производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	35,4	34,9	0,2	0,3	93,5
обработка древесины и производство изделий из дерева	148,1	144,5	0,6	3,0	94,5
целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	212,5	193,0	2,7	16,9	98,1
производство кокса и нефтепродуктов	105,7	105,1	0,2	0,4	103,6
химическое производство	348,5	341,8	1,9	4,8	96,1
производство резиновых и пластмассовых изделий	147,9	145,0	1,0	2,0	99,3
производство прочих неметаллических минеральных продуктов	453,2	444,0	2,3	6,9	102,1
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	836,9	824,6	5,0	7,4	98,3
производство машин и оборудования	620,2	607,5	4,2	8,5	97,0
производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	645,6	629,0	6,6	9,9	98,5
производство транспортных средств и оборудования	1007,4	996,1	3,1	8,2	100,9
прочие производства	135,6	132,2	1,0	2,4	100,5
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	1737,3	1698,6	10,7	28,1	100,2

Подготовлено В.В. Смильтиной

ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА ПО РЕГИОНАМ В ДЕКАБРЕ И ЗА 2012 г., тыс. т

Регион	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2011 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
ЕС-27	6790	-2,8	94134	91251	-3,1
Прочие страны Европы	864	1,2	10083	9674	-4,1
СНГ	6673	-1,1	80177	81815	2,0
Северная Америка	3820	-3,5	42478	44523	4,8
Южная Америка	2534	-17,5	37508	30599	-18,4
Африка* ¹	440	4,8	4765	4853	1,8
Ближний и Средний Восток* ²	127	-43,6	2520	2143	-15,0
Азия	65646	5,2	804780	831434	3,3
Австралия и Океания	358	-7,7	5925	4380	-26,1
МИР, всего*³	87251	2,5	1082729	1100674	1,7

*¹ ЮАР.
*² Иран.
*³ Итог приведен по 38 странам, на которые приходится около 99 % мирового производства чугуна.

МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА ПО СТРАНАМ В ДЕКАБРЕ И ЗА 2012 г., тыс. т

Страна	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2011 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %	Рейтинг
Австралия	295	-9,2	5265	3710	-29,5	24
Австрия	459	26,4	5815	5751	-1,1	17
Аргентина	111	-51,7	2795	2076	-25,7	29
Бельгия	382	15,4	4725	4073	-13,8	21
Босния и Герцеговина	70	6,1	685	750	9,5	33
Бразилия	2304	-15,2	33243	27045	-18,6	8
Великобритания	684	38,2	6625	7252	9,5	15
Венгрия	90	-18,9	1315	1229	-6,5	31
Германия	1825	0,3	27795	26753	-3,7	9
Индия	3530	4,7	38900	42258	8,6	4
Иран	127	-43,6	2520	2143	-15,0	28
Испания	184	-6,6	3540	3080	-13,0	26
Италия	577	-33,9	9824	9417	-4,1	12
Казахстан	200	-9,1	3190	2806	-12,0	27
Канада	640	-7,2	7520	7650	1,7	14
Китай	50893	6,0	629693	654269	3,9	1
Колумбия	33	32,0	295	345	16,9	35
Мексика	580	38,1	4725	4761	0,8	20
Нидерланды	500	-3,1	5943	5909	-0,6	16
Новая Зеландия	62	-3,1	659	670	1,7	34
Парагвай	8	100,0	45	68	51,1	37
Польша	283	-20,3	3975	3952	-0,6	22
Россия*	4150	-0,5	47992	50489	5,2	3
Румыния	135	-3,6	1555	1580	1,6	30
Сербия	0	-100,0	1226	312	-74,6	36
Словакия	251	9,1	3346	3520	5,2	25

Страна	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2011 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %	Рейтинг
США	2600	-8,8	30233	32113	6,2	6
Тайвань	1020	-4,2	12940	11784	-8,9	10
Турция	794	10,0	8173	8613	5,4	13
Украина	2330	-1,9	28867	28488	-1,3	7
Финляндия/Швеция	408	-11,3	5840	5267	-9,8	18
Франция	682	-8,3	9698	9532	-1,7	11
Чехия	330	-5,2	4137	3936	-4,9	23
Чили	78	-17,9	1130	1065	-5,8	32
ЮАР	440	4,8	4765	4853	1,8	19
Южная Корея	3505	-1,5	42218	41718	-1,2	5
Япония	6698	4,4	81028	81405	0,5	2

* По данным ОАО «Черметинформация» и «Росстата».

МИРОВАЯ ВЫПЛАВКА СТАЛИ ПО РЕГИОНАМ МИРА В ДЕКАБРЕ И ЗА 2012 г., тыс. т

Регион	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2011 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
ЕС-27	11975	-2,6	177634	169367	-4,7
Прочие страны Европы	2991	-9,9	37161	37862	1,9
СНГ	8925	-5,3	112543	111179	-1,2
Северная Америка	10087	-1,0	118893	121872	2,5
Южная Америка	3603	-3,2	48366	46929	-3,0
Африка / страны Среднего Востока	2857	-0,7	33709	34453	2,2
Азия	80406	5,6	964701	990477	2,7
Австралия и Океания	450	6,2	7248	5805	-19,9
МИР, всего*	121293	2,4	1500254	1517945	1,2

* Итог приведен по 62 странам, входящим в Международный институт чугуна и стали, на которые приходится около 98 % мирового производства стали.

МИРОВАЯ ВЫПЛАВКА СТАЛИ ПО СТРАНАМ В ДЕКАБРЕ И ЗА 2012 г., тыс. т

Страна	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2011 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %	Рейтинг
Австралия	368	6,6	6404	4893	-23,6	28
Австрия	575	26,0	7474	7421	-0,7	20
Алжир	15	-70,8	551	510	-7,5	51
Аргентина	334	-26,7	5611	4995	-11,0	27
Белоруссия	240	11,0	2614	2745	5,0	34
Бельгия	630	30,9	8026	7385	-8,0	21
Болгария	40	-37,4	835	632	-24,3	46
Босния и Герцеговина	65	6,1	649	700	8,0	44
Бразилия	2604	-2,6	35221	34682	-1,5	9
Великобритания	824	23,6	9478	9756	2,9	18
Венгрия	108	-23,3	1746	1543	-11,6	38
Венесуэла	251	9,6	3073	2554	-16,9	35

Страна	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2011 г.	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %	Рейтинг
Гватемала	33	-31,3	445	334	-24,9	53
Германия	3064	1,4	44284	42661	-3,7	7
Греция	75	-25,7	1934	1255	-35,1	40
Египет	587	3,7	6485	6627	2,2	24
Индия	6600	4,8	73590	76720	4,3	4
Иран	1189	1,6	13197	14463	9,6	15
Испания	806	-1,5	15504	13628	-12,1	17
Италия	1699	-16,3	28735	27227	-5,2	11
Казахстан	280	-14,7	4699	3850	-18,1	31
Канада	1200	14,9	12967	13730	5,9	16
Китай	57656	7,7	694812	716542	3,1	1
Колумбия	115	6,5	1287	1323	2,8	39
Куба	30	66,7	282	317	12,4	55
Люксембург	170	37,8	2521	2230	-11,6	36
Македония	30	0,7	386	217	-43,8	56
Марокко	45	-25,1	654	530	-18,9	50
Мексика	1700	10,1	18101	18180	0,4	13
Молдова	30	0	313	330	5,5	54
Нидерланды	580	-1,3	6937	6870	-1,0	23
Новая Зеландия	83	4,2	844	912	8,1	42
Норвегия	41	-9,8	600	685	14,2	45
Парагвай	5	66,7	30	44	46,7	59
Перу	88	-5,4	926	973	5,1	41
Польша	549	-26,6	8779	8366	-4,7	19
Россия*	5608	-4,6	68118	70383	3,3	5
Румыния	320	2,9	3835	3780	-1,4	32
Сальвадор	10	11,1	97	103	6,2	58
Саудовская Аравия	451	-2,7	5275	5203	-1,4	25
Сербия		-100,0	1324	346	-73,9	52
Словакия	302	8,2	4236	4403	3,9	29
Словения	25	-25,2	648	632	-2,4	47
США	7074	-5,5	86398	88598	2,5	3
Тайвань	1770	-6,4	20178	20660	2,4	12
Тринидад и Тобаго	40	-10,6	603	610	1,1	48
Турция	2845	-8,6	34107	35885	5,2	8
Узбекистан	55	2,6	733	735	0,3	43
Украина	2532	-9,7	35332	32911	-6,9	10
Уругвай	15	87,5	81	138	70,4	57
Финляндия	290	-9,7	3989	3759	-5,8	33
Франция	972	-12,5	15784	15607	-1,1	14
Хорватия	10	...	96	30	-68,6	60
Чехия	396	-13,6	5583	5072	-9,2	26
Чили	134	32,7	1615	1684	4,3	37
Швеция	314	-16,2	4867	4326	-11,1	30
Эквадор	57	16,3	522	536	2,7	49
ЮАР	570	0,4	7546	7120	-5,7	22
Южная Корея	5811	-3,4	68519	69321	1,2	6
Япония	8569	2,0	107601	107235	-0,3	2

* По данным ОАО "Черметинформация" и "Росстата".

Раздел подготовлен по материалам ОАО "Черметинформация", WSA.

**ПРОИЗВОДСТВО ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В РОССИИ
ПО ОБЛАСТЯМ В ДЕКАБРЕ И ЗА 2012 г.**

Производство железорудного концентрата, тыс. т

Область	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Россия, всего	8514,0	97,8	104012,0	100,6
В том числе:				
Амурская область	90,3	119,9	969,3	121,0
Белгородская область	3024,8	93,0	37346,3	99,9
Иркутская область	365,1	96,3	4367,1	96,4
Кемеровская область	291,8	68,5	4300,0	88,2
Красноярский край	1450,0	102,5	17007,7	103,6
Курская область	839,5	100,3	10385,0	104,8
Мурманская область	932,2	98,4	10974,3	101,9
Республика Карелия	219,1	317,1	2612,6	109,8
Республика Хакасия	1132,4	110,8	13179,7	102,2
Свердловская область	168,8	97,4	1999,6	102,6
Челябинская область	90,3	119,9	969,3	121,0

Производство чугуна, тыс. т

Область	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Россия, всего	4149,9	99,5	50489,2	105,2
В том числе:				
Вологодская область	693,2	89,0	8411,9	95,3
Кемеровская область	473,0	97,5	5715,0	101,3
Липецкая область	985,7	109,9	12011,0	121,0
Оренбургская область	147,2	69,8	2086,9	84,4
Пермский край	5,0	45,9	104,0	80,7
Свердловская область	442,2	98,4	5245,0	102,6
Тульская область	225,2	98,7	2596,2	98,6
Челябинская область	1177,4	106,1	14294,2	108,1

Производство стали, тыс. т

Область	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Россия, всего	5607,9	95,4	70382,7	103,3
В том числе:				
Алтайский край	4,7	131,0	44,7	90,0
Белгородская область	277,5	94,6	3348,9	100,5
Волгоградская область	107,1	85,4	1349,7	101,2
Вологодская область	775,8	83,7	10570,2	93,7
Кемеровская область	577,9	83,5	7530,0	92,4
Кировская область	12,1	82,0	164,9	96,0
Красноярский край	1,1	91,0	13,7	101,0
Липецкая область	1039,2	112,3	12183,9	124,8
Московская область	6,9	75,7	94,3	79,8
Нижегородская область	142,5	93,7	1639,6	99,3
Оренбургская область	187,7	87,1	2378,9	91,5
Пермский край	21,1	62,0	377,2	85,8
Ростовская область	121,4	112,5	1394,3	122,3
Санкт-Петербург	33,3	101,8	421,0	100,5

Область	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Свердловская область	716,3	103,2	8705,6	111,1
Удмуртская Республика	30,8	90,6	359,3	125,9
Хабаровский край	67,3	93,8	668,1	90,0
Челябинская область	1408,9	97,0	18079,6	102,1
Чувашская Республика	11,2	78,4	144,0	100,7

Производство готового проката, тыс. т

Область	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Россия, всего	4927,6	97,0	61766,9	104,0
В том числе:				
Белгородская область	223,8	91,2	2682,1	97,3
Волгоградская область	25,0	102,8	289,1	122,5
Вологодская область	759,4	92,9	9228,9	95,1
Кемеровская область	484,7	77,2	6495,8	90,5
Краснодарский край	50,4	113,7	638,3	109,5
Красноярский край	1,0	107,7	10,9	103,7
Липецкая область	956,1	108,8	11502,2	124,9
Нижегородская область	131,0	128,1	1375,0	123,5
Новосибирская область	9,7	49,7	139,5	66,4
Оренбургская область	156,9	86,4	2018,7	90,6
Пермский край	29,3	69,7	457,8	94,3
Республика Башкортостан	53,2	100,7	628,3	102,2
Санкт-Петербург	46,7	61,0	762,7	80,7
Свердловская область	551,7	104,3	6462,5	107,8
Тульская область	36,6	102,9	415,7	120,9
Удмуртская Республика	36,4	124,2	407,9	119,2
Хабаровский край	65,9	91,1	659,6	90,3
Челябинская область	1209,5	99,5	16563,8	103,7

Производство стальных труб, тыс. т

Область	Декабрь 2012 г.	Декабрь 2012 г./ декабрь 2011 г., %	2012 г.	2012 г./ 2011 г., %
Россия, всего	862,1	119,5	9656,6	96,7
В том числе:				
Волгоградская область	132,6	92,6	1500,2	96,4
Вологодская область	29,7	102,4	480,4	99,9
Калужская область	7,4	95,9	115,4	101,8
Костромская область	18,9	118,9	220,8	106,2
Москва	2,7	107,1	29,4	104,4
Московская область	10,6	318,9	120,6	131,5
Нижегородская область	145,2	150,3	1502,3	85,6
Новосибирская область	20,8	122,6	181,3	89,8
Республика Татарстан	16,3	113,5	215,4	115,5
Ростовская область	81,9	113,7	892,0	107,4
Рязанская область	0,9	26,5	24,8	47,1
Санкт-Петербург	60,0	142,5	428,8	56,6
Саратовская область	217,2	119,0	2593,4	111,0
Свердловская область	97,7	142,9	1103,0	96,0
Челябинская область	217,2	119,0	2593,4	111,0

Подготовлено Н.Г. Зиновьевой

Раздел подготовлен по материалам ОАО "Черметинформация", Федеральной службы государственной статистики РФ.

**ДИНАМИКА КУРСОВ ОСНОВНЫХ ИНОСТРАННЫХ ВАЛЮТ
К РУБЛЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УЧЕТА
И ТАМОЖЕННЫХ ПЛАТЕЖЕЙ В ЯНВАРЕ 2013 г.**

Дата	1 английский фунт стерлингов	1 доллар США	1 евро	10 норвежских крон	1 СДР	10 шведских крон	1 швейцарский франк	100 японских иен
10.01	48,83	30,42	39,81	54,37	46,61	46,40	32,92	34,78
11.01	48,64	30,37	39,64	54,27	46,41	46,25	32,81	34,44
12.01	48,86	30,25	40,11	54,73	46,28	46,58	33,04	33,98
15.01	48,85	30,26	40,50	54,83	46,47	46,85	33,11	33,79
16.01	48,67	30,26	40,40	54,81	46,57	46,85	32,78	34,07
17.01	48,68	30,34	40,31	54,40	46,71	46,65	32,60	34,40
18.01	48,57	30,34	40,35	54,51	46,67	46,69	32,58	34,24
19.01	48,27	30,21	40,43	54,25	46,48	46,51	32,24	33,57
22.01	48,10	30,30	40,36	54,10	46,55	46,49	32,47	33,79
23.01	47,87	30,20	40,32	54,16	46,40	46,53	32,43	33,85
24.01	47,85	30,23	40,22	54,13	46,46	46,33	32,53	34,27
25.01	47,78	30,16	40,20	54,29	46,36	46,25	32,41	33,74
26.01	47,42	30,05	40,24	54,34	46,10	46,34	32,37	33,22
29.01	47,38	30,08	40,46	54,33	46,20	46,48	32,40	33,10
30.01	47,36	30,15	40,54	54,46	46,31	46,92	32,59	33,25
31.01	47,33	30,03	40,51	54,69	46,14	47,18	32,58	33,00

**ДИНАМИКА КУРСОВ ВАЛЮТ КАЗАХСТАНА, УКРАИНЫ И БЕЛОРУССИИ
К РУБЛЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УЧЕТА И ТАМОЖЕННЫХ
ПЛАТЕЖЕЙ В ЯНВАРЕ 2013 г.**

Дата	100 казахских тенге	10 украинских гривен	1000 белорусских рублей	Дата	100 казахских тенге	10 украинских гривен	1000 белорусских рублей
10.01	20,18	37,72	35,15	22.01	20,10	37,29	34,99
11.01	20,12	37,53	34,96	23.01	20,03	37,15	34,87
12.01	20,04	37,25	34,79	24.01	20,03	37,19	34,83
15.01	20,04	37,26	34,80	25.01	20,00	37,04	34,75
16.01	20,05	37,23	34,80	26.01	19,94	36,98	34,69
17.01	20,12	37,26	34,89	29.01	19,97	36,93	34,73
18.01	20,12	37,33	34,90	30.01	19,99	37,11	34,86
19.01	20,04	37,18	34,86	31.01	19,90	36,89	34,71

Подготовлено В.В. Смильтиной