



УДК 669.1:666.76.001.8

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОГНОЗЫ*

Представлены анализ, тенденции и перспективы развития производства и потребления огнеупорных материалов на фоне состояния и развития основного потребителя этих материалов — металлургического производства. Описаны производство огнеупорной продукции в Китае, динамика поставок сырья на экспорт, а также динамика и практика регулирования цен на сырьевые материалы на мировом рынке. Проанализирована практика развития огнеупорной отрасли в Китае; прогнозируются направления развития отрасли и в Китае, и в России.

Ключевые слова: огнеупорные материалы, производство стали, сырье, производство огнеупоров, конкуренция, перспективы, совокупная стоимость владения огнеупорами.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение тепловых агрегатов футеровкой, гарантирующей устойчивое, безопасное производство чугуна, стали, цветных металлов, цемента, извести, стекла, стройматериалов, продукции нефтехимии и т. д., во всех отраслях, где эксплуатируются высокотемпературные агрегаты, — забота специалистов, занятых созданием, производством и эксплуатацией огнеупорных материалов. Собственно, и существование перечисленных отраслей в отсутствие огнеупоров нереально. При этом в упомянутых и иных отраслях необходимо гарантировать производство конечной продукции высокого качества с минимальными производственными затратами. Потребление огнеупоров в производстве черных металлов составляет 68–70 % производства огнеупоров высокого качества. Потребление огнеупоров в сталеплавильном производстве составляет до 3/4 общего потребления огнеупоров производством черных металлов с полным металлурги-

ческим циклом [1]. Поэтому эффективности применения огнеупорных материалов в футеровке металлургических агрегатов уделяется особое внимание.

1. ИЗМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ КАК СТИМУЛ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ В ОГНЕУПОРНОЙ ОТРАСЛИ

Технология производства огнеупорных материалов развивается всегда параллельно развитию технологии в металлургии. Качество огнеупоров и футеровки определяет производительность и эффективность работы тех или иных тепловых металлургических агрегатов. Требования потреби-

теля создают конкурентную среду, побуждают огнеупорщиков к созданию новых материалов, новых технологий. Оценивая уровень технологии в металлургии качеством и количеством используемых в ней огнеупорных материалов, металлурги обычно говорят об удельном расходе огнеупорных материалов на тонну выплавляемой стали. Процесс снижения потребления огнеупоров в Германии параллельно развитию технологии металлургического производства с момента появления конвертерного производства показан на рис. 1 [2].

По мере совершенствования металлургического производства изменяются требования к качеству, включая устойчивость к воздействию агрессивной среды, разрабатываются новые технологии, осваиваются соответствующие производство и технологии применения огнеупорных материалов. Процесс естественным образом коррелирует с ростом стойкости футеровки металлургических агрегатов, что приводит к снижению удельного расхода огнеупоров.

Яркий пример развития футеровки кислородных конвертеров:

– в начале 50-х годов прошлого века появляются первые про-

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (6–7 апреля 2017 г., Москва).



Л. М. Аксельрод
E-mail: lakselrod@magnezit.com

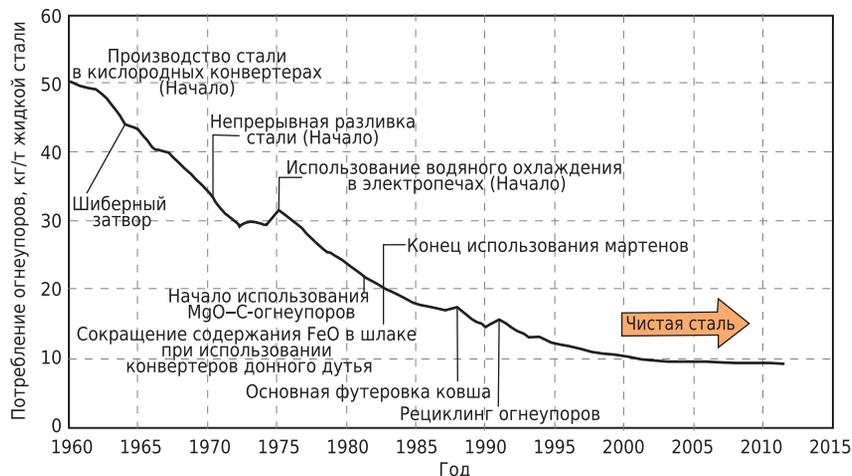


Рис. 1. Связь изменения технологии производства стали с потреблением огнеупорных материалов

мышленные цехи с кислородно-конвертерным процессом в 30-т конвертерах, получившим название LD в честь городов Линц и Донович (введены в эксплуатацию в 1952 г. в Линце и в 1953 г. в Доновиче, оба в Австрии). Сегодня кислородные конвертеры — основные агрегаты выплавки стали в мире. Естественно, сразу же начали поиск огнеупоров для футеровки этих агрегатов;

– 60–70-е годы: появляются доломитовые и периклазодоломитовые смолосвязанные термообработанные огнеупоры. Стойкость футеровки ограничивала увеличение производительности агрегатов; высокое термическое расширение огнеупоров обуславливало их растрескивание; изделия имели склонность к гидратации;

– 70-е годы: появляются обожженные стабилизированные доломитовые и смолосвязанные периклазодоломитовые изделия, в том числе с использованием синтетического периклазодоломитового клинкера; периклазовые обожженные изделия как с высокочистым периклазовым клинкером, так и с плавленным периклазом; периклазодоломитоуглеродистые огнеупоры. В технологии конвертерной плавки появляется процесс с донным дутьем и возникает потребность в соответствующих фурмах. Используется торкретирование для ухода за футеровкой в процессе эксплуатации конвертера;

– 80-е годы: все шире используются огнеупоры периклазоуглеродистого состава, устойчивые к гидратации, с высокими термостойкостью и шлакоустойчивостью. Появляются факельное торкретирование и технология отсеки шлака по завершении слива металла из конвертера;

– 90-е годы: интенсивно совершенствуется технология изготовления периклазоуглеродистых изделий, используются антиокислительные добавки: металлы — Al, Al–Mg, карбиды — B_4C , SiC и т. д., при том что первый американский патент на использование металлического магния в качестве антиоксиданта выдан еще в 1983 г. (№ 4407972). Используются высокочистый крупнокристаллический плавный периклаз, крупно-

шуйчатый графит с низкой зольностью, пропитка изделий пеком. Осваивается технология применения высокомагнезиальных флюсов, в том числе раздув подготовленного шлака азотом после слива металла; совершенствуются технология торкретирования и технология, включая оборудование, его выполнения; осваивается технология сканирования состояния футеровки в процессе ее эксплуатации;

– 2000-е годы: освоение технологии пекосвязанных периклазоуглеродистых огнеупоров с использованием низкотоксичного продукта переработки каменноугольного пека Carbores. Дальнейшее совершенствование и развитие технологии производства углеродсодержащих огнеупоров в части использования антиоксидантов и комбинированных связующих; совершенствование схем футеровки, в том числе с использованием математического моделирования поведения огнеупоров; использование шлифованных изделий; оптимизация конструкции леток и т. д. Разработка периклазоуглеродистых огнеупоров с пониженной теплопроводностью и повышенной коррозионной устойчивостью, а также технологии вовлечения наноструктурированных материалов в производство огнеупоров, совершенствуются технология и материалы для пропитки изделий. Используются саморастекающиеся ремонтные массы. Продолжается совершенствование донных фурм и систем отсеки шлака.

Не стоит на месте и развитие электрометаллургии: ДСП оснащается водоохлаждаемыми стеновыми панелями, мощными горелками и т. д., вместимость ДСП достигает 250 т и более. Цикл выплавки металла составляет менее 1 ч. Все больше в технологии выплавки стали используется железо прямого восстановления (DRI). Мировое производство DRI непрерывно растет; например, в декабре 2016 г. оно увеличилось на 5,4 %. Растет производство аналогичного продукта и в России, в первую очередь усилиями Металлоинвеста.

Ковшевая металлургия превратила сталеразливочные ковши из средства транспортирования жидкого металла в агрегаты доводки полупродукта, который выплавля-

ется в конвертере и ДСП за минимальный временной промежуток, что существенно увеличивает производительность этих агрегатов. В ковше производят раскисление, легирование, модифицирование, десульфурацию, доводку металла по температуре и химическому составу. Ковш оборудован 1–3 газопроницаемыми фурмами, в нем наводят шлак, присаживают известь и магнийсодержащие флюсы. Металл подвергают вакуумированию в ковше (процессы VOD) либо с использованием агрегатов типа RH или DH для снижения содержания серы, азота, водорода, а также создания условий для регулирования количества и качества неметаллических включений.

Все изменения в технологии сталеплавильного производства находят конкретное отражение в совершенствовании схемы футеровки агрегатов, включая соответствующий подбор огнеупорных материалов.

2. МЕТАЛЛУРГИЯ В МИРЕ, В КИТАЕ И В РОССИИ

Согласно прогнозу 2013 г. мировое производство стали к 2020 г. должно было расти на 3,0 % в год до 1,974 млн т, в том числе в Китае до 994 млн т. Производство стали в мире в 2016 г. составило 1,629 млн т (прирост к 2015 г. 0,8 %). Прогноз на 2016 г. [3] компании P&C определил спрос на сталь в 2025 г. на уровне 2,23 млрд т, что соответствует среднегодовому росту около 2,9 % в год в период 2012–2025 гг. Скромнее прогноз на 2017 г. американского инвестиционного банка «Morgan Stanley»: производство стальной продукции в 2017 г. достигнет 1,65 млрд т и в 2018 г. 1,68 млрд т. Рост невелик, но, по крайней мере, резкого снижения производства стали не прогнозируется. Более того, есть прогноз, что мировой рынок стали к 2021 г. перейдет от профицита к дефициту стали в связи с опережающим ростом спроса перед производством на фоне торможения производства стали в Китае. По тому же прогнозу P&C, к 2021 г. доля Китая в производстве стали снизится от 50,5 % в 2016 г. до 48 % вследствие уменьшения мощностей на фоне ужесточения требований к экологии. По мнению экспертов

банка «Morgan Stanley», в Китае в 2017–2018 гг. производство стали будет находиться на уровне 825 млн т в год, а затем будет сокращаться на 2,5 % в год. Рекордное производство стали в Китае было достигнуто в 2013 г. в соответствии с растущим в этот период спросом на металл (рис. 2).

В 2015 г. совокупные производственные мощности производства стали в КНР составляли 1,2 млрд т [4]. Реально переизбыток производственных мощностей в Китае составил 430 млн т. Избыточные мощности в металлургии создают ситуацию, провоцирующую низкие цены на металл. Одновременно металлургии не спешат делать платежи за те же огнеупоры; прибыль снижается и у металлургов, и у изготовителей огнеупоров. Известно, что множество предприятий с устаревшей технологией не производят продукцию и законсервированы в ожидании лучших цен на металл.

В период 2011–2015 гг. в Китае закрыто устаревших сталеплавильных мощностей на 90 млн т и задекларировано сокращение мощностей еще до 150 млн т к 2020 г. Сокращение реализуется даже с опережением; по сообщению Национальной комиссии по развитию и реформам (NDRC), за январь – май 2017 г. выведены из эксплуатации мощности по выплавке 42,4 млн т, что составляет 84,8 % годового плана. В 2016 г. в Китае ликвидировано мощностей на 80 млн т вместо заявленных 45 млн т. Правительством предписано сокращение экологически вредных производств в металлургии (и в черной, и в цветной) и выполнение этого предписания не только находится под контролем, но и «стимулируется». В 2016 г. введены повышенный тариф на электроэнергию для предприятий с устаревшей технологией, запрет на продажу металлолома предприятиям, производящим сортовой прокат, с выплавкой стали в индукционных печах и в ДСП с массой плавки менее 30 т. В первом полугодии 2017 г. прекращена выплавка стали в индукционных печах на 600 предприятиях. Модернизация отрасли включает и закрытие иных низкоэффективных, энергозатратных сталеплавильных мощностей. Естественным образом будет сни-

жаться и удельное потребление огнеупоров в металлургии. При этом остается существенный резерв выплавки стали, который задействован при необходимости. Например, в период роста цен на рынке металла, что наблюдалось в 2016 г., когда объем производства стали возрос на 0,6 % за год, что соответствует приросту 4,5–5,0 млн т в год. В январе – феврале 2017 г. прирост объема производства стали составил те же 0,6 %, а уже в июне выпуск стали в КНР возрос на 5,7 % до 73,23 млн т. Объем производства стали естественным образом регулируется спросом на металл в Китае и ценами на него на мировом рынке.

После многолетнего роста потребления стали в Китае вплоть до 770 млн т в 2013 г. начиная с 2014 г. наблюдается падение спроса на сталь (в 2014 г. 740 млн т, в 2015 г. 705 млн т). В 2016 г. спрос на сталь в Китае может сократиться еще на 1 %. Есть прогноз, что потребность Китая к 2021 г. снизится до 650 млн т. В то же время реально в январе – апреле 2017 г. произведено 346,8 млн т стали, это +4,4 % к 2016 г.; прирост производства стали определяется сохраняющейся с начала года существенной маржой на реализуемую стальную заготовку. Например, в июне 2017 г. маржа проката в Китае составляла 1 тыс. юаней (~148 \$) на тонну, что подстегнуло рост металлургического производства. В 2016 г. прогнозировалось падение производства стали от 808,4 в 2016 г. до 785 млн т (WSA, 2016 г.). Прогноз, очевидно, не будет подтвержден на практике, так как тренд в первом полугодии 2017 г.

на рост производства стали очевиден.

Для поддержания в Китае рынка сбыта продукции черной металлургии правительство инвестирует значительные средства в строительство сети высокоскоростных железных дорог, увеличив ее к 2020 г. до 30 тыс. км. Этот инфраструктурный проект создает условия для развития отстающих регионов Китая, а также подстегнет затухающий экономический рост, в том числе снизит проблемы переизбытка в ряде отраслей, в том числе в металлургии. Правительство развивает рынок недвижимости, стимулирует производство и продажу автомобилей. Объявлено о создании новой особой экономической зоны в 100 км от Пекина; реализация проекта потребует в течение двух лет 12–14 млн т стального проката.

Снижение внутреннего потребления металла в КНР закономерно компенсируется развитием экспорта металла. В 2014 г. экспорт стали из Китая возрос на 50,5 % к 2013 г., в 2015 г. КНР экспортировала 112,4 млн т стали (по другим данным, 110 млн т) с увеличением к 2014 г. на 22 %. В 2016 г. экспорт стали снизился на 3,5 % до 108,46 млн т. На 2017 г. «Fith Rating» прогнозирует сохранение высокого уровня китайского экспорта стали — не менее 100 млн т. Правительство Китая всерьез занимается консолидацией производства металла. Задача: через 5 лет 60 % внутреннего рынка должно быть занято десятью производителями металла. Тройка лидеров в производстве стали в Китае сейчас: «Hebei Iron and Steel», «Baosteel

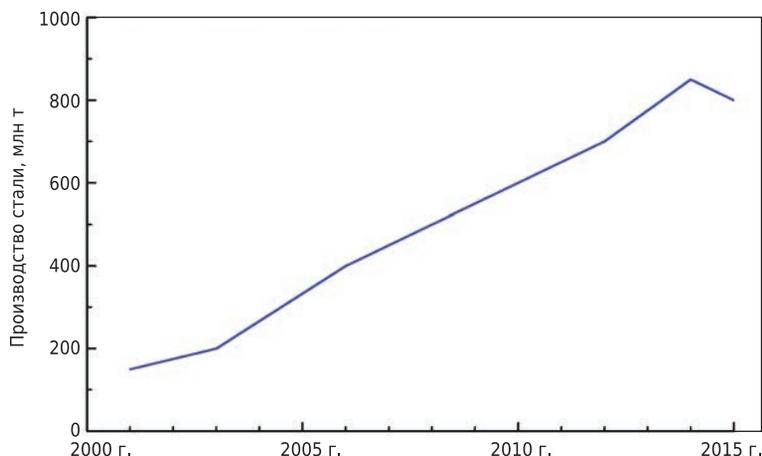


Рис. 2. Изменения в производстве стали в Китае (2000–2015 гг.)

Group» и «Shagang Group», которые произвели в 2015 г. 47,75, 34,94 и 34,21 млн т стали соответственно. В ближайшее время будет создана компания путем слияния «Hebei Iron and Steel» и «Baosteel Group», которая займет второе место в мире по объему выплавки стали вслед за «Mittal Steel». Существует еще одно направление сохранения сталеплавильных мощностей китайскими металлургами — перенос мощностей на территорию вне Китая: в Индию, Малайзию, Бразилию и, не исключено, в Россию.

Китай снизил темпы роста производства продукции черной металлургии в сравнении с мировыми, однако, учитывая то, что Китай потребляет и, очевидно, будет потреблять в ближайшие годы до 43 % производимой в мире стали, он останется уверенным лидером в мире и в производстве стали. Постоянные требования руководства КНР о снижении уровня загрязнения воздуха в промзонах с высоким уровнем концентрации предприятий черной металлургии вынуждают собственников металлургических предприятий принимать меры по закрытию устаревших производств, как металлургических, так и огнеупорных. Государство энергично стимулирует процесс. Но есть особенности. Например, до 2020 г. компания «Hebei Iron and Steel» в районе г. Таньшань для снижения уровня загрязнения атмосферы закрывает 4 металлургических завода общей мощностью 9,34 млн т стали в год. Одновременно строится современный металлургический комбинат (5 конвертеров) производительностью 7,5 млн т стали в год; реальное снижение производства составит 1,9 млн т стали (www.steeland.ru).

Вероятный сценарий потенциала для металлургии Китая к 2030 г.: производство стабилизируется на уровне 650–700 млн т; экспорт составит 80–100 млн т; будут завершены консолидация и концентрация в отрасли; увеличивается доля качественных марок стали в общем объеме производства; снижается удельный расход огнеупоров до 12–14 кг/т стали, в том числе к 2020 г. до 16–17 кг/т стали.

Наряду с очевидным лидером в производстве стали — Китаем и другими известными произво-

дителями стали — Японией, США, Россией, Евросоюзом следует отметить интенсивное наращивание мощностей по производству стали в Индии. В 2016 г. Индия стала третьим производителем стали в мире. По данным «Indian Steel Association» за последний год в Индии произведено 101,3 млн т стали; годовой прирост составил около 10 %. Рост производства определяется значительным спросом на продукцию. Есть прогноз развития черной металлургии в Индии, в том числе выплавки стали до 300 млн т к 2030–2031 гг., т. е. производство должно утроиться. Ожидать такого результата затруднительно, но рост неизбежен. Фактически в 2016 г. спрос на сталь в Индии увеличился на 5,3 %, в 2017 г. возрастет (прогноз) на 5,4 %.

Интенсивно наращивает выплавку стали Иран — сейчас производится 18 млн т, к 2025 г. прогнозируется до 55 млн т стали в год. Увеличивает мощности по производству стали Вьетнам (прогнозируется прирост в 2017 г. на 12 %, до 19,6 млн т). В 2016 г. во Вьетнаме продолжало расти потребление стали рекордными темпами — только в первом полугодии до 39,3 млн т (+37,2 %). Растет потребление стали также в соседних странах — Индонезии, Малайзии, Таиланде и на Филиппинах. Прогноз по Евросоюзу и США в 2017 г.: ожидается рост потребления стали, но в объемах ниже среднемировых. По оценке, до 2025 г. прирост составит в среднем до 1,8 и 2,0 % в год соответственно. Имеют место стабильность роста объема производства в мире, некоторое замедление роста производства стали в Китае и практически стагнация в производстве стали в России.

Вторая отрасль по объему потребления огнеупоров в мире — производство цементного клинкера. Это значительный потребитель огнеупорных материалов, в том числе периклазосодержащих, а также алюмосиликатного состава формованных и неформованных. По различным оценкам, производство цемента и извести потребляет от 9 до 12 % огнеупоров, производимых в мире. В КНР в 2016 г. произведено более 2,4 млрд т цемента. В 2016 г. рост производства

цемента в КНР замедлился и составил только 1,7 %. Это хуже, чем в 2015, 2014 и 2013 гг., когда прирост производства цемента составил 3,4, 4,2 и 3,3 % соответственно. Однако 1,7 % в Китае — это более 3 млн т. В то же время в Китае считают, что дно кризиса в производстве цемента пройдено и в настоящее время наблюдается ежемесячный прирост производства: так, в мае 2017 г. производство цемента составило 228,46 млн т [5].

Второй производитель цемента в мире — Индия: 230 млн т в год. К 2025 г. ожидается увеличение производства цемента до 385–415 кг на человека (в 2015 г. 185–220 кг на человека), т. е. в 2,5–2,7 раза, до 550–660 млн т. Следом за Индией идут США, Турция, Вьетнам, Индонезия, Саудовская Аравия, Бразилия, Россия (9-е место) с результатом в 2016 г. 55,04 млн т, что на 11,4 % меньше, чем в 2015 г. (62,11 млн т), по данным Госслужбы статистики РФ.

Предприятия некоммерческого партнерства «Русская сталь» (компания, входящие в это партнерство, производят 98 % чугуна и 90 % стали России) инвестировали в развитие и модернизацию производства в период 2000–2015 гг. 1,868 триллиона руб., что позволило в процессе значительных структурных и технологических изменений осуществить качественный скачок в технологии и производстве. Можно констатировать, что в 2016 г. уровень развития технологии в сталеплавильном производстве в России приблизился к общемировому (табл. 1) [6]. Динамика изменений в технологии выплавки и разлива стали в XXI веке представлена в табл. 2 [7]. В 2014 г. объем стали, обрабатываемой на агрегатах ковшепечь, возрос по сравнению с 2000 г. в 7,5 раза, а объем вакуумируемой стали в 5,5 раза.

По градации WSA, Россия на пятом месте производителей стали, лидеры (2016 г.): Китай — 808,37 млн т (+1,6 %), Япония — 104,77 млн т (–0,4 %) и Индия — 95,61 млн т (+7,4 %). В 2016 г. в России, по данным WSA, произведено 70,8 млн т стали, по данным Росстата 69,6 млн т (+0,3 % к 2015 г.). Согласно прогнозу на 2017–2020 гг. производство стали в России составит 68,1, 69,0, 70,2, 71,4 млн т соответственно [8]. Объем россий-

Таблица 1. Сталеплавильное производство в 2014 г., %

Производитель стали	Способ выплавки стали		
	конвертерный	электросталеплавильный	мартеновский
Китай	89,7	10,3	–
США	39,4	60,6	–
Индия	32,0	68,0	–
Россия	66,0	31,1	2,9
Мир	73,5	26,5	–

Таблица 2. Показатели сталеплавильного производства России, млн т/%

Показатель	2000 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Производство стали, в том числе:	59,2/100,0	68,8/100,0	70,9/100,0	69,4/100,0	69,6/100,0
конвертерной	34,3/57,9	46,0/66,9	46,8/66,0	47,2/68,0	46,4/66,7
электростали	8,7/14,7	20,1/29,1	22,1/31,1	20,5/29,5	21,8/31,3
мартеновской	16,2/27,4	2,7/4,0	2,0/2,9	1,7/2,5	1,4/2,0
Непрерывная разливка	29,6/50,0	56,1/81,6	58,1/82,0	Нет данных	

ского потребления в 2015 г. стальной продукции к 2014 г. снизился на 9,5 %, как следствие снижения внутреннего спроса металлопотребляющих отраслей [9]. В 2016 г. внутреннее потребление проката черных металлов составило 98,1 % к 2015 г., а труб снизилось на 12,1 %, по данным Минпромторга [7].

В 2015 г. спад производства машин и оборудования в России усилился до 11,1 % от 7,8 % в 2014 г. Спад усилился и в строительной индустрии, одним из важнейших потребителей металла. Одновременно за счет девальвации рубля и создания ценовых преимуществ при поставках продукции на экспорт в 2015 г. рост экспорта составил 3,9 % до 29,1 млн т. Участие в мировом рынке с учетом использования сырья и огнеупоров, приобретаемых фактически по мировым ценам, снивелировало это преимущество к 2016 г. В 2016 г. экспорт стали увеличился незначительно — на 1 %. Одновременно второй год подряд снижается импорт стальной продукции: интенсивно происходит импортозамещение в поставках потребителям трубной продукции, с 2016 г. полностью прекращен импорт рельсов. Потенциал роста потребления металла в России сохраняется. Импортируется 70 % комплектующих для тяжелого машиностроения, 80 % для оборудования нефтегазовой промышленности, 50 % для энергетики, 80 % для продукции станкостроения, 75 % для тракторов и т. д. Аналитики, учитывая падение в ближайшие годы спро-

са на продукцию черной металлургии по 0,5 % в год при высоких потенциальных возможностях экспорта, базирующихся на высокой степени самообеспечения металлургии России сырьевыми материалами, не прогнозируют существенный рост производства [10].

Несмотря на существующие проблемы, металлургия России продолжает развиваться, инвестиционная составляющая проявляется в освоении новых марок стали, проката с высокой добавленной стоимостью, в реконструкции и модернизации производства:

- в ООО «Став Сталь» в 2016 г. введен в эксплуатацию ЭСПЦ мощностью 500 тыс. т в год непрерывнолитой заготовки; введено в эксплуатацию электросталеплавильное производство на мини-заводе «Темпо» в Набережных Челнах аналогичной мощности;

- на металлургическом заводе «Электросталь Тюмени» в 2016 г. введена в эксплуатацию установка вакуумирования стали в ковше;

- в рельсобалочном цехе ЕВРАЗ ЗСМК стартовал проект технического перевооружения участка отделки 100-м рельсов, что позволит начать производство европейских рельсовых профилей длиной от 30 до 100 м;

- на Абинском электрометаллургическом заводе проводится модернизация агрегатов ЭСПЦ с увеличением производительности от 0,95 до 1,5 млн т стали в год;

- на Златоустовском электрометаллургическом заводе устанавливается 40-т ДСП производительностью 0,28 млн т стали в год;

- в Уральской Стали модернизируется установка вакуумирования стали с увеличением производительности от 1,1 до 1,8 млн т, а также МНЛЗ № 1;

- В 2017 г. ожидается ввод в эксплуатацию конвертерного цеха в ЗАО «Тула Сталь» мощностью 1,9 млн т; в НТМК будет введена в эксплуатацию доменная печь № 7 производительностью 2,5 млн т;

- президент НЛМК Олег Басаргин в интервью бельгийскому изданию «Trends and Tendances» сообщил, что компания рассматривает возможность увеличения выплавки стали к 2020 г. до 20 млн т. Чтобы поддержать рост в сложных технологических нишах, планируется развивать два исследовательских центра и другие проекты; рассматривается возможность ввода в эксплуатацию литейно-прокатного модуля для производства электротехнической стали [11].

Металлургия России находится в удачной ситуации вследствие сложившихся тенденций в мировой экономике: предсказывают рост цен на уголь, железную руду, медь, цинк и другие металлы (Citigroup), а рост цен на уголь и железную руду приведет к росту цен на металл. Причем сырье практически все российского происхождения. Определенную положительную роль, с учетом того что российская металлургия — часть глобального рынка, сыграло снижение курса доллара, однако этот фактор, как уже говорилось, был отыгран в течение 6–9 мес, так как затраты на сырье — это либо валютные статьи, либо привязка к мировым ценам. В 2017–2018 гг. ряд проблем стоит перед предприятиями черной металлургии России: возможное снижение внутреннего спроса; дискриминационные акции в ряде стран в отношении продукции российских металлургов; рост производственных затрат в связи с удорожанием сырья, огнеупоров, услуг энергетических монополистов и РЖД.

Второй по объему потребления огнеупоров в России рынок, как и в мире, — цементная промышленность. В 2010–2014 гг. прирост производства цемента в России составил 18,2 млн т (+36 %), т. е. ежегодно +10 %. Результат: производство цемента в 2015 г. соста-

вило 63,2 млн т с сокращением к 2014 г. на 10 %. А в 2016 г. достигло 55 млн т в год, что соответствует снижению производства в сравнении с 2015 г. на 11,3 %. Прекращено производство цемента на Воскресенском и Савинском цементных заводах, а также на Жигулевских стройматериалах общей мощностью 4,8 млн т. По прогнозу президента холдинга «Евроцемент Групп», падение производства цемента продолжится в 2017 г. минимум на 5 %. Согласно прогнозу социально-экономического развития РФ на 2017 г., возможно сохранение производства цемента на уровне 2016 г. (Строительство.RU). В январе – мае 2017 г. в России произведено 18,5 млн т цемента (сокращение производства по сравнению с аналогичным периодом 2016 г. на 2,2 %), по данным Росстата [12].

Следует отметить три тенденции, характерные для России в этой отрасли, позволяющие прогнозировать падение спроса на огнеупоры: увеличение доли предприятий, использующих сухой способ производства цемента (в 2016 г. 50,4 % всего объема), что ведет к заметному снижению удельного расхода огнеупоров (в 5–8 раз) до 0,4–0,6 кг/т; снижение потребности в огнеупорах вследствие уменьшения объема производства цементного клинкера; использование более качественных огнеупоров [13]. Использование огнеупоров в российской и казахстанской цветной металлургии (на территории СНГ и ЕАЭС это крупнейшие производители цветных металлов)

в ближайшие годы не претерпит качественных и количественных изменений. Естественно, по отдельным агрегатам будет достигнуто повышение стойкости огнеупоров, но глобальных изменений в удельном расходе огнеупоров ни в производстве алюминия, ни в производстве меди, никеля, цинка и других металлов не ожидается. В стекольной промышленности России потребление огнеупорных материалов также будет зависеть от спроса потребителей, который пока не дает оснований для радужных перспектив.

3. ПРОИЗВОДСТВО ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В МИРЕ, В КИТАЕ И В РОССИИ

Мировой рынок огнеупоров становится все более конкурентным, особенно в последнее десятилетие. Наблюдается существенное перепроизводство огнеупоров, прежде всего это касается самого крупного производителя огнеупоров в мире — китайской огнеупорной промышленности (рис. 3).

Прогнозирование ситуации в огнеупорной промышленности и на рынке России неизбежно определяется ситуацией глобального рынка потребителей, с поправкой: если российские металлурги существенную долю своей продукции поставляют на экспорт, то существенная доля огнеупорных материалов высокого качества, определяющих зачастую работоспособность и эффективность эксплуатации металлургических агрегатов, приобретает россий-

скими потребителями по импорту. Результат: сформирован мощный конкурентный рынок, в том числе для российских предприятий, осваивающих новые технологии в производстве огнеупоров. Снижение ввозных пошлин на огнеупорные материалы, поэтапно реализуемое согласно предписаниям ВТО, также не способствует облегчению конкуренции российским производителям огнеупоров.

Актуальные тенденции огнеупорной промышленности в мире и в России

Объединение компаний в мощные структуры

В 2016 г. объявлено, что RHI — второй и «Magnesita» — третий номера в мировом рейтинге по объему производства огнеупорных материалов объединятся (закрепление сделки ожидается в октябре 2017 г.). Это будет одна компания под названием «RHI & Magnesita» [14]. Компания создается в Нидерландах и будет зарегистрирована на Лондонской бирже с центром управления в Вене. Это будет новая фирма с мощным собственным сырьевым, научным, инженеринговым и производственным потенциалом, с усилением исследовательского центра в г. Леобен, Австрия. Слияние, как ожидается, поможет в конкурентной борьбе против роста экспансии китайской огнеупорной промышленности. Конкурентные преимущества будут основаны на повышении эффективности производства и оптимизации затрат на научные исследования и разработки, маркетинг и административные функции. Не так давно (в 2008 г.) бразильская «Magnesita» поглотила крупного немецкого производителя огнеупоров — фирму LWB, а в 2011 г. RHI присоединила ирландскую фирму «Premier Periclas». В частности, сегодня RHI может производить 800 тыс. т обожженного периклаза в Австрии, Китае, Ирландии и Турции, а также 400 тыс. т обожженного доломита огнеупорного сорта в Италии плюс производство высококачественного периклазового клинкера в Ирландии на фирме «Periclas Premier» из оксида магния, добываемого из морской воды. «Magnesita» может производить до 500 тыс. т периклаза в Бразилии, в первую очередь это высокоплотный спе-

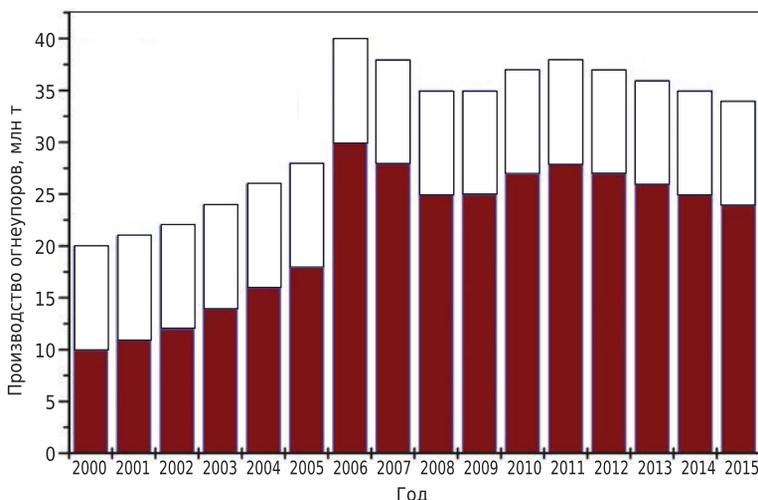


Рис. 3. Производство огнеупоров в мире (□) и доля Китая (■)

ченный периклаз, а также доломит в Бельгии, Китае и США. Существует некоторый дефицит плавного периклаза, столь необходимого для производства высококачественных огнеупоров для сталеплавильного производства, который снимается при необходимости производством 85 тыс. т плавного периклаза высокого качества (MgO извлекается из морской воды) на норвежском предприятии фирмы, законсервированном в настоящее время.

В 2017 г. фирма «Kerneos» — один из основных разработчиков и производителей высокоглиноземистых цементов и диспергаторов — стала частью фирмы «Imerys» — производителя различных сырьевых материалов, шамота, андалузита и т. д. В 2011 г. лидер огнеупорной промышленности Японии — фирма «Krosaki» получила контроль над крупнейшим производителем огнеупоров в Индии «Tata Refractories». RHI вошла в бизнес другой индийской компании «Orient Abrasives» («Orient Refractories»). Сделав эти шаги, и RHI, и «Krosaki» получили дополнительный бонус, как национальные компании, в огнеупорном бизнесе в Индии — втором после Китая производителе стали и потребителе огнеупоров в мире. В 2009 г. в результате слияния известных в Европе фирм KERAVIT, «Moravske ceramicke zavody» и REFRAMO была создана фирма «SEEIF Ceramic», a. s., Чехия, успешно продвигающая свою продукцию не только на европейском рынке. На территории Украины 4 крупных производителя огнеупорных материалов объединены структурой GIR (General Investment Resources).

Руководство Китая давно озабочено консолидацией производства не только в металлургии, но и в огнеупорной промышленности. Наблюдается концентрация производства огнеупоров: в частности, фирма «Puyang Refractories Group Co.», Ltd (PRCO) в последние годы «кооптировала» в свои структуры ряд китайских производителей огнеупоров; она же с октября 2014 г. контролирует (55 % акций) крупнейшее месторождение магнезита в Китае — Kamaudo. Качество магнезита — 48,47 % MgO на прокаленное вещество. Можно предположить

интенсификацию процесса консолидации в огнеупорной промышленности КНР.

Что касается России, то консолидация производителей огнеупоров на сегодня представляется маловероятной. В организационном плане развитие в отрасли будет в направлении закрытия устаревающих производств и организации узкоспециализированных производств, в первую очередь в области неформованных огнеупорных материалов и изделий из них; создания специализированных инжиниринговых фирм, в том числе с организацией производства огнеупорных материалов, необходимых для функционирования этих предприятий; переработки рециклируемых огнеупорных материалов с изготовлением в первую очередь также неформованных огнеупоров, флюсов, засыпок; создания фирм, оказывающих сервисные услуги.

Увеличение доли неформованных огнеупорных материалов

Увеличение доли неформованных материалов остается одной из ведущих тенденций в огнеупорной отрасли и Китая, и России. В США, Японии и Европе к настоящему времени 50 % и более качественных огнеупорных материалов — это неформованные материалы. Но и в этих странах развитие неформованных огнеупорных материалов не стоит на месте, совершенствуется в первую очередь их качество. Прогресс в освоении технологии изготовления и применения неформованных материалов требует также новых подходов к реализации технических усовершенствований. Это касается как применения различных дефлокулянтов, ускорителей и замедлителей твердения, добавок, ускоряющих процесс сушки бетонной футеровки. Соответственно, требуются модернизация производства, инжиниринговый подход для реализации комплексных решений по выполнению футеровки, ее сушки и разогреву [15, 16]. Актуальной становится технология производства и использования неформованных огнеупоров посредством изготовления из них литых изделий — «pre-cast», иногда многотонных, на огнеупорном предприятии с по-

следующим использованием этих изделий после качественной сушки у потребителя. Это гарантирует качество огнеупорного материала и снижает межремонтный период при выполнении футеровочных работ у потребителя [17].

Один из ведущих производителей огнеупоров на территории США — фирма «Harbison Walker International», учитывая требования рынка, в 2018 г. вводит в эксплуатацию новое производство неформованных огнеупоров мощностью 80 тыс. т в год с использованием новейших технологий для удовлетворения растущих потребностей в монолитной футеровке для различных отраслей промышленности. Фирма «Seven Refractories», Германия, в Италии в 2017 г. ввела в эксплуатацию предприятие площадью 2000 м² по производству изделий из бетонов в составе двух технологических линий, оснащенных смесителями, виброплощадками и агрегатами термообработки до 400 °С. В марте 2017 г. в Караганде эта же фирма ввела в эксплуатацию производство неформованных материалов мощностью 40 тыс. т. Учитывая компетенции этой фирмы, можно говорить о создании на территории ЕАЭС мощного производителя бетонов высокого качества, в первую очередь для черной металлургии (<http://www.sevenrefractories.com>). Естественно, это производство будет ориентировано в основном на потребителей в России и будет конкурировать с отечественными изготовителями аналогичной продукции.

В России растет также использование неформованных материалов и монолитной футеровки, изготавливаемой из сухих огнеупорных смесей непосредственно на металлургическом предприятии. В первую очередь это касается желобных масс, выполнения футеровки шахты доменной печи с использованием технологии шоткретинга, торкрет-масс различного качества и областей применения, огнеупорных бетонов для арматурной футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ. На все большем количестве предприятий в футеровке дна сталеразливочных ковшей используют корундо-

периклазовые и корундошпинельные бетоны и т. д. До последнего времени для реализации этих технологий использовали преимущественно импортные неформованные материалы.

В настоящее время практически все неформованные огнеупоры и изделия из них, упомянутые выше, могут изготавливаться на российских предприятиях: Группа Магнезит, Боровичский комбинат огнеупоров (БКО), Богдановичское ОАО «Огнеупоры» (БОЗ), Динур, Кералит, Алитер-Акси, магнитогорское ООО «Огнеупор» и т. д. БОЗ в 2017 г. заключил соглашение с японской фирмой «Тайко» (третий производитель неформованных материалов в Японии) о взаимодействии на российском рынке. В первую очередь это касается создания конкурентного производства желобных масс для доменного производства и бетонов для рабочего слоя футеровки сталеразливочных ковшей. То же самое можно сказать и о расширяющемся производстве «pre-cast» изделий. В качестве примера можно привести своды ДСП (рис. 4), дно сталеразливочного ковша, собираемое из блоков, а также фурмы десульфурации и аргонной продувки металла в сталеразливочном ковше, металлоприемники [18] и перегородки для промежуточных ковшей МНЛЗ и т. д. Все эти материалы в настоящее время производятся в России. Торкрет-массы основного состава для рабочего слоя футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ, горячего ремонта футеровки конвер-

теров, ДСП и сталеразливочных ковшей изготавливают Группа Магнезит и другие предприятия.

Вертикальная интеграция предприятий

Речь идет о компетенции и наличии соответствующего производства в составе одного предприятия от добычи сырья, производства огнеупорных материалов до оказания сервисных услуг потребителям продукции и исследовательских структур. Это касается в первую очередь ключевых видов ресурсов, что должно позволить комплексно использовать сырье, вовлекая в производство в том числе и более дешевое сырье. Создается более предсказуемая ситуация с обеспечением производства сырьем, чем в случае его приобретения на рынке. Это позволяет в меньшей мере зависеть от тех или иных страновых рисков, а также производить сырье и полуфабрикаты именно того качества, которое необходимо для выпуска огнеупорной продукции на собственном производстве. Среди фирм, развивающих эту схему в производстве периклазосодержащих огнеупоров: RHI, «Magnesita», Группа Магнезит, «Pujang» и «Houing Group» (обе Китай). Динур владеет месторождением кварцитов для производства динаса, в Кералите организовано производство табулярного глинозема, необходимого в технологии изготовления неформованных огнеупоров высокого качества. Ряд российских производителей алюмосиликатных огнеупоров явля-

ются также владельцами соответствующих карьеров и печей для обжига глины и бокситов на шамот. В то же время есть множество фирм, предпочитающих приобретать необходимые сырьевые материалы и полуфабрикаты на рынке, где при нормальной ситуации нет постоянного дефицита; но его можно и организовать, например учитывая потенциал КНР.

Использование более качественных огнеупоров

Усиливается тенденция к использованию в металлургии более качественных огнеупоров [19] и технологий, щадящих футеровку в процессе эксплуатации. Все передовые страны — производители стали так или иначе вовлечены в этот процесс. Пик производства огнеупоров в Китае был пройден в 2011 г. В 2016 г., по данным Ассоциации по производству огнеупоров Китая, объем производства огнеупоров составил 23,91 млн т, что на 8,56 % ниже, чем в 2015 г., в том числе формованных произведено 13,59 млн т (-11,08 %) и неформованных 9,86 млн т (-5,19 %). Совершенствование технологии изготовления и применения огнеупоров сказывается, в частности, на снижении удельного расхода огнеупоров, который в мире к 2008 г. достиг 15–17 кг/т стали, в том числе в Китае 25–35, в Японии и Южной Корее 7,5 кг/т стали [20].

В России процесс интенсивного снижения удельного расхода огнеупоров завершается, как и во все ведущих в области металлургии государствах. К настоящему времени интенсивно совершенствуется технология производства стали (табл. 1 и 2), уходит мартеновский процесс выплавки стали, доля стали, разливаемой на МНЛЗ, приблизилась к общемировому уровню. Уровень 9–11 кг на тонну стали уже достигнут на большинстве российских металлургических предприятий, в первую очередь в электросталеплавильном производстве, где производится сортовая заготовка. При сравнении удельных расходов огнеупоров для различных производств важен и состав используемого оборудования, и сортамент отливаемой заготовки. Естественно, чем больше доля металла, вакуумируемого в



Рис. 4. Составной свод ДСП

агрегатах RH, и чем меньше стойкость футеровки промежуточных ковшей (7–12 плавов на слябовых МНЛЗ, 80–140 плавов на сортовых), чем больше доля внепечной обработки, тем выше удельный расход огнеупорных материалов. Важную роль играет и методология учета. На одних предприятиях флюс учитывается, на других нет, так как роль флюса может существенно различаться. Высокомагнезиальный флюс используется для увеличения концентрации MgO в шлаке для замедления перехода того же MgO из футеровки в шлак [21], а алюмосодержащие флюсы используются, например, для предотвращения процесса саморассыпания шлака [22]. Но если учитывать высокомагнезиальный флюс, то почему не учитывать вводимую в качестве шлакообразующего компонента обожженную известь или доломит? Поэтому для конкретного предприятия в зависимости от состава оборудования, технологии производства и качества производимого металла цифры будут «уникальны». Не менее важно оценивать эффективность использования огнеупоров в футеровке металлургических агрегатов. Средний удельный расход огнеупоров по агрегатам для металлургических предприятий черной металлургии Европы приведен в табл. 3 [23].

Можно прогнозировать, что с учетом общемировых тенденций снижения удельного расхода огнеупоров (табл. 4) [24] с совершенствованием технологии, с выведением устаревших металлургических мощностей существенного снижения удельного расхода огнеупоров можно ожидать в ближайшие 3–5 лет только в китайской черной металлургии. Однако анонсируемые темпы вывода устаревших мощностей говорят о том, что вскоре и в Китае снижение удельного расхода огнеупоров также приблизится к оптимуму. Учитывая удельный вес КНР в производстве металла, каждый килограмм снижения удельного расхода огнеупоров приведет к высвобождению существенных мощностей у производителей огнеупоров. Снизится потребность и в формованных, в том числе оксидоуглеродистых огнеупорах, и в неформованных с высвобождением мощностей для экспорта.

Таблица 3. Средний удельный расход огнеупоров в европейской черной металлургии (2005 г.)

Печь / агрегат	Средний удельный расход огнеупоров, кг/т стали	Доля огнеупоров (примерно), %	
		формованных	неформованных
<i>Производство чугуна</i>			
Доменная печь (с летками)	1,5	20	80
Доменный воздухо-нагреватель	0,3	95	5
Миксер	0,5	80	20
Транспортная емкость	0,6	90	10
<i>Производство стали</i>			
Кислородный конвертер	1,1	75	25
Дуговая печь	5,0	25	75
Конвертер АКР (AOD)	11,8	92	8
Ковш для обработки стали	3,8	90	10
Вакууматоры RH и DH	1,2	50	50
Непрерывная разливка стали (с промежуточным ковшом)	1,7	10	90

Таблица 4. Изменения удельного расхода огнеупоров с 1950 по 2014 г., кг/т стали

Территория	1950 г.	1980 г.	2000 г.	2008 г.	2014 г.
Япония	50	15	11	8	7
Западная Европа	60	17	12	10	9
США	50	20	12	11	10
Китай	Н. д.	55	30	23	20
Мир	60	30	18	16	15

Оптимизация затрат на огнеупоры

Огнеупорные материалы, как и железная руда, кокс, ферросплавы, находятся в начале цепочки формирования себестоимости конечной продукции: непрерывнолитой заготовки, проката. Потребители огнеупоров, в частности металлургические компании, особенно в России, где основные производители стали осуществляют практически самообеспечение этими материалами, в том числе иногда и ферросплавами, обращают особое внимание на эффективность затрат на огнеупорные материалы. Последние приобретаются на рынке, и покупатель стремится минимизировать затраты. В первом полугодии 2016 г. на общем фоне роста цен и тарифов изменились цены на кокс и ферросплавы на 105,8 и 89,6 %, а цены на огнеупорные материалы выросли на 118,7 % [25]. По ряду причин, которые обсудим ниже, во второй половине 2017 г. цены на огнеупоры под давлением известных процессов в КНР увеличатся более существенно.

Поэтому важнейшей задачей для потребителя огнеупорных материалов и соответствующих услуг является рациональное использование возможностей, которые предоставляются технологией и инжинирингом. Во главе угла должна стоять методология выполнения соответствующего учета для принятия правильных решений по применению тех или иных огнеупорных материалов, схем выполнения футеровки. При реализации схем сервисного обслуживания неизбежен поиск более тонкого сочетания качества огнеупоров и мер ухода за футеровкой, затрат на контроль технологии эксплуатации агрегатов, за состоянием футеровки в процессе ее эксплуатации, достоверность анализа информации, получаемой из различных источников, о результатах применения огнеупоров и факторах, оказавших положительное или отрицательное воздействие на конечный результат использования футеровки и т. д. По нашему мнению, реально воздействовать на эффективность выбора и применения огнеупоров в футеровке на основе достовер-

ного и корректного учета затрат, формируемых при применении огнеупорных материалов, можно при реализации известного подхода: TCO (Total cost of Ownership) с реализацией оценки совокупной стоимости владения огнеупорами [26]. По мнению специалистов RHI, при доле огнеупорных материалов в себестоимости до 2–3 % реально огнеупоры оказывают прямое или косвенное влияние на 10 % затрат, учитываемых в себестоимости литой заготовки.

Рециклинг огнеупорных материалов

В последнее десятилетие значительное внимание уделяется вопросам повторного использования огнеупоров после службы в металлургических агрегатах [29]. Решаются ряд вопросов: экономия сырья, оптимизация затрат у производителя огнеупоров, снижение себестоимости продукции и экологической нагрузки на окружающий мир. Количество участников процесса интенсивно расширяется. В дополнение к множеству европейских фирм, участвующих в сборе и подготовке к использованию огнеупоров («LKABMinerals», Нидерланды, «Horn & Co. Group», Германия, «Valoref», Франция, HARSCO, Великобритания, «REFMinerals», Латвия и т. д.), специализированные фирмы в области рециклинга огнеупорных материалов (сбор – подготовка – использование) появляются и в Китае, и в России. Примером тому является успешная деятельность в России ООО «Ферро» и ряда других предприятий.

Появление частных проблем, возникающих с внедрением той или иной новой технологии

Например, производство металлургического сырья в мире с 1970 по 2015 г. возросло от 0,8 до 72,57 млн т [28]. Проблема, характерная для применения огнеупоров в российской металлургии, металлургии Индии, Ирана, Мексики и иных стран: использование в ДСП горячепрокатированного железа (ГБЖ) без ущерба для стойкости футеровки ДСП. На Лебединском ГОКе в 2016 г. введена в эксплуатацию третья очередь производства ГБЖ (Fe > 69,5 %). Ряд российских металлургических предприятий,

озабоченных качеством конечной продукции, расширяют применение в качестве компонента шихты ГБЖ со снижением доли металлического лома для ограничения содержания в металле примесных элементов (Cu, Ni, Cr, Sn). Как известно, при использовании ГБЖ (DRI) существует вероятность снижения стойкости футеровки ДСП, и, по мнению практиков, достаточно серьезная [29]. Применение этого продукта в условиях кислородного дутья способствует формированию шлака с повышенным содержанием FeO.

Для замедления процесса износа периклазоуглеродистых огнеупоров в футеровке ДСП рекомендуется наряду со вспениванием шлака поддерживать оптимальное содержание MgO в пределах 6–12 % и не рекомендуется использовать флюорит [30]. Кроме того, требуются огнеупоры особого качества для столь жестких условий эксплуатации [31].

Снижение нагрузки на экологию как в производстве, так и при применении огнеупорных материалов

Минимизация вредных для организма газообразных (не говоря уже о пыли) выделений на всех стадиях производства и применения огнеупоров, безотходное производство огнеупоров являются безусловными факторами, требующими и существенных финансовых затрат, и постоянного мониторинга получаемых результатов. Сокращение отвалов за счет максимального вовлечения в производство огнеупоров после службы — рециклинг огнеупоров — также важнейший тренд в настоящее время [32]. Поиск новых эффективных технологий, например пропитка огнеупоров углеродистым материалом с супернизким содержанием алифатических углеводородов [33].

Снижение интереса среди молодежи к профессиям, связанным с огнеупорными материалами

Несмотря на определенные меры, принимаемые в государствах, ведущих в области металлургии и производства огнеупорных материалов и имеющих соответствующие традиции, в частности в Евросоюзе, про-

блема заинтересованности молодежи в этой специальности не решена. Почти на каждой международной конференции в Аахене или UNITECR делаются доклады на тему организации подготовки специалистов для инженерной работы, связанной с разработкой, производством и использованием огнеупорных материалов [34]. Квалифицированные огнеупорщики, в том числе специалисты — исполнители огнеупорных работ, в дефиците (в Великобритании говорят о среднем возрасте таких специалистов 55 лет). В России эта проблема также актуальна [35].

Поиск методик системной оценки результатов использования огнеупорных материалов и оценки факторов, влияющих на процессы износа в режиме онлайн

Имеется и постоянно пополняется огромный объем данных о производстве продукции с технологических линий, о свойствах огнеупорных материалов и процессах, которые формируют эти свойства у производителя огнеупоров. Не меньший объем информации собирается о технологии применения огнеупорных материалов, в том числе колоссальна выборка о факторах, оказавших влияние на результаты службы футеровки, огнеупорных изделий, которые требуют и статистической оценки, и оценки с учетом логики процессов. Необходимо разработать технологии обработки и анализа больших массивов данных, что создаст условия для улучшения технологий. На очереди привлечение новых подходов к оценке реально существующих процессов, использование возможностей искусственного интеллекта для реализации комплексной программы инженерного проектирования, которые должны включать и многочисленные результаты экспериментов, практической деятельности, и результаты моделирования процессов с учетом моделирования процессов на контакте огнеупор – шлак, гидродинамических процессов в агрегате, тепловых процессов и т. д. Реально любые процессы износа футеровки — это сумма огромного количества действующих факторов, которые протекают одновременно; зачастую их влияние на стой-

кость огнеупоров в футеровке разноразмерно. В перспективе вероятно управление эксплуатацией металлургического агрегата

в режиме, близком к экономичному, с учетом текущего износа футеровки. Оценка этого суммарного эффекта сегодня опирается на

опыт специалистов, экспертов. К сожалению, эта оценка затруднена и не всегда достоверна.

(Продолжение следует)

Библиографический список

1. www.indmin.com/Article/3579425/Issue/96595/world-refractories-industry-State-of-the-play-in-2016.html (дата обращения 14.03.2017).
2. **Бааске, А.** Огнеупорные материалы: разработки, тенденции, доступность / *А. Бааске, Д. Дюберс, Р. Фандрих* [и др.] // *Черные металлы*. — 2011. — Сентябрь. — С. 32–39.
3. *Черная металлургия-2025: прогнозы и перспективы* // *Черные металлы*. — 2017. — Январь. — С. 74–77.
4. **Зиновьев, Н. Г.** Черная металлургия Китая в 2015 г. / *Н. Г. Зиновьев* // *Бюл. Черная металлургия*. — 2016. — № 7. — С. 15–24 ; № 8. — С. 4–9.
5. <http://beton.ru/news/detail.php?ID=424972> (дата обращения: 16.06.2017).
6. **Еланский, Г. Н.** Обзор пленарных докладов на XIII международном конгрессе сталеплавильщиков / *Г. Н. Еланский* // *Черные металлы*. — 2014. — Декабрь. — С. 12–21.
7. **Катунин, В. В.** Основные показатели работы черной металлургии России в 2016 г. / *В. В. Катунин, Т. М. Петракова, И. М. Иванова* // *Бюл. Черная металлургия*. — 2017. — № 3. — С. 3–20.
8. **Бродов, А. А.** Российская черная металлургия в 2017–2020 гг. / *А. А. Бродов, Н. Х. Мухатдинов* // *Бюл. Черная металлургия*. — 2016. — № 12. — С. 3–7.
9. *Бюл. Черная металлургия*. — 2017. — № 1. — С. 107.
10. <https://www.steelland.ru> (дата обращения: 09.03.2017 г.).
11. **Петлевой, В.** Рост обязательно будет, для нас это стратегический императив / *В. Петлевой, А. Терентьева* // *Ведомости*, 18 января 2017 г. — С. 8, 9.
12. <http://beton.ru/news/detail.php?ID=425291> (дата обращения: 16.06.2017).
13. **Аксельрод, Л. М.** Разработка новых огнеупорных материалов для вращающихся печей цементной промышленности / *Л. М. Аксельрод, О. Н. Пицик, И. Г. Марясев* [и др.] // *Новые огнеупоры*. — 2017. — № 1. — С. 10–14.
14. **Aksel'rod, L. M.** Development of new refractory materials for cement industry rotary kilns / *L. M. Aksel'rod, O. N. Pitsik, I. G. Maryasev* [et al.] // *Refractories and Industrial Ceramics*. — 2017. — Vol. 58, № 1. — P. 5–9.
15. **RHI and Magnesita to combine to create a leading refractory company**, press release, 10.05.2016.
16. **Paula da Luz, A.** Refractory castable Engineering / *A. Paula da Luz, M. A. L. Braulio, V. C. Pandolfelli*. — Goller Verlag, Baden-Baden, Germany, 2015. — 734 p.
17. **Шнабель, М.** Реология огнеупорных бетонов с высокими эксплуатационными характеристиками на основе глинозема и шпинели / *М. Шнабель, А. Бур, Д. Даттон* // *Новые огнеупоры*. — 2017. — № 3. — С. 119–126.
18. **Денисов, Д. Е.** Элементы промышленных печей, футерованные огнеупорными бетонами: тез. докл. Междунар. конф. огнеупорщиков и металлургов (6–7 апреля 2017 г., Москва) / *Д. Е. Денисов* // *Новые огнеупоры*. — 2017. — № 3. — С. 12.
19. **Краснянский, М. В.** Разработка металлоприемников для промежуточного ковша, обеспечивающих непрерывную разливку сверхдлинными сериями / *М. В. Краснянский, И. В. Егоров, А. Е. Орленко* [и др.] // *Новые огнеупоры*. — 2016. — № 7. — С. 17–21.
20. **Watanabe, Isao.** Refractory resources in the world / *Isao Watanabe* // *Taikabytsu Refractories*. — 2009. — Vol. 61, № 9. — P. 447–452.
21. **Демидов, К. Н.** Высокомагнезиальные флюсы для сталеплавильного производства / *К. Н. Демидов, Т. В. Борисова, А. П. Возчиков* [и др.]. — Екатеринбург : Уральский рабочий, 2013. — 280 с.
22. **Шешуков, О. Ю.** Стабилизация сталеплавильных шлаков путем корректировки их состава / *О. Ю. Шешуков, И. В. Некрасов, И. А. Михеенков* [и др.] // *Сталь*. — 2016. — № 5. — С. 12–15.
23. *Огнеупорные материалы. Структура, свойства, испытания*; под ред. *Г. Роучка, Х. Вутнау*. — М.: Интермет Инжиниринг, 2010. — 392 с.
24. **Roberts, I.** Outlook for refractory and user markets to 2020 / *I. Roberts, A. Saxby* // *57th International Colloquium on Refractories*. — 2014. — Aachen. — P. 228–230.
25. **Петракова, Т. М.** Основные показатели работы черной металлургии за первое полугодие 2016 г. / *Т. М. Петракова* // *Бюл. Черная металлургия*. — 2016. — № 10. — С. 3–15.
26. **Аксельрод, Л. М.** Развитие огнеупорной отрасли — отклик на запросы металлургии / *Л. М. Аксельрод* // *Бюл. Черная металлургия*. — 2013. — № 3. — С. 125–142.
27. **O'Driscoll, M.** Recycling refractories / *M. O'Driscoll* // *Glass International*. — 2016. — № 3. — P. 38, 39.
28. <https://www.midrex.com/news-literature/news.../world-dri-statistics> (дата обращения: 14.05.2017).
29. **Кучеренко, О. Л.** Опыт использования горячбрикетированного железа на Молдавском металлургическом заводе / *О. Л. Кучеренко, И. В. Репин, И. Н. Якубовская* [и др.] // *Сталь*. — 2010. — № 1. — С. 40–43.
30. **Dressel, G. L.** Use of DRI in EAFs / *G. L. Dressel* // *Iron and Steelmaker*. — 1998. — № 11. — P. 61, 62 ; № 12. — P. 47, 48 ; 1999. — № 1. — P. 53–55.
31. **Ashraf, H.** Modern electric arc furnace processes and their requirements for improved lining concepts / *H. Ashraf, K.-M. Zetti* // *RHI Bulletin*. — 2015. — № 1. — P. 17–24.
32. **Feytis, A.** Refractories rising / *A. Feytis* // *Industrial Minerals*. — 2010. — № 9. — P. 51, 52, 55, 56, 59.
33. **Advancements in Impregnation Technology for Mag Carbon Bricks** // *Bulletin RHI*. — 2016. — № 1. — P. 5.
34. **Aneziris, C. G.** Education and research of refractories in Germany / *C. G. Aneziris* // *UNITECR'09, 13–16 October 2009, Salvador, Brasil*.
35. **Беляков, А. В.** Проблемы подготовки кадров в современных условиях / *А. В. Беляков* // *Новые огнеупоры*. — 2010. — № 3. — С. 49–51. ■

Получено 30.07.17

© Л. М. Аксельрод, 2017 г.



RHI MAGNESITA

Introducing...

The driving force of the refractory industry

RHI and Magnesita.
A new global leader in refractories.

Find out more at
rhimagnesita.com

РЕКЛАМА