

РАЗВИТИЕ ОГНЕУПОРНОЙ ОТРАСЛИ — ОТКЛИК НА ЗАПРОСЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Проанализированы тенденции развития отраслей — потребителей огнеупорной продукции в последние годы: новые тенденции в структуре производства и применения огнеупоров, организации их производства и продаж, включая изменения в ассортименте, в качестве используемого сырья, в подходах к оценке экономики применения огнеупоров.

Ключевые слова: огнеупорные материалы, металлургия, сырье, вертикально интегрированные компании, чистая сталь, тенденции.

Состояние рынка огнеупорных материалов и в мире, и в СНГ определяется макроэкономической ситуацией в производстве продукции основных потребителей огнеупорных материалов — в черной и цветной металлургии, в производстве цемента и стекла, стройматериалов, в нефтехимической промышленности и энергетике. Черная и цветная металлургия потребляет в сумме более 75 % огнеупорных материалов, производимых в мире, и оказывает решающее влияние на огнеупорную отрасль.

МЕТАЛЛУРГИЯ СНГ В 2012 г. И ПОСТАВЩИКИ ОГНЕУПОРОВ

На развитии огнеупорной промышленности в последние два года благоприятно сказался рост производства металла в 2010–2011 гг., несмотря на известный спад к концу 2011 г. В 2011 г. в СНГ произведено 112,4 млн т стали, в том числе 61,1 % в России, 31,4 % в Украине, 4,2 % в Казахстане, 2,3 % в Белоруссии и т. д. Объемы производства практически достигли докризисных (середина 2008 г.) на фоне интенсивного технического перевооружения в металлургии России и Украины. По прогнозу НП «Русская сталь», к 2020 г. производство стали в России увеличится до 80 млн т (прирост 16 %).

Техническое перевооружение в черной металлургии в последние несколько лет существенно интенсифицировалось: закрывается мартеновское производство, только в 2010–2011 гг. прекратили существование мартены в ОАО ЧТПЗ, ОАО «МК «Азовсталь», ОАО «Интерпайп», ОАО ДМЗ, ОАО НТМК, ОАО «Донецксталь», ОАО АМЗ. В то же время начал работу четвертый конвертер (350 т) в ОАО НЛМК; внедрено электросталеплавильное производство в ОАО «Интерпайп-Сталь» и ОАО ПНТЗ; существенно расширены мощности внепечной обработки стали на ряде предприятий (ОАО НЛМК, ОАО «Уральская сталь» и т. д.) Впервые за последние 20 лет на территории СНГ в ОАО НЛМК сооружена новая домна мощностью 3,4 млн т. На ряде предприятий СНГ, в том числе в ОАО «Северсталь», ОАО ЕМЗ, проведен капитальный ремонт доменных печей. Успешно завершены крупные проекты в прокатном производстве ОАО ММК, ОАО «ОМЗ-Выкса», ОАО НЛМК и т. д. Введены новые

агрегаты в производстве меди (ОАО «Казцинк», ОАО «Карабашмедь», ОАО «Росскат» и т. д.).

В 2013 г. предстоит ввод в эксплуатацию новых электросталеплавильных производств ООО «НЛМК-Калуга», ОАО ТМЗ (г. Тюмень), ОАО «Северсталь-Сортовой завод Балаково» (Саратовская обл.); должны выйти на проектную мощность электросталеплавильные комплексы в ОАО ПНТЗ, ОАО «Интерпайп-Сталь»; в ОАО «Тагмет» в 2013 г. вводится печь ДСП-150, тем самым будет завершена модернизация сталеплавильного производства на этом предприятии; анонсирован ввод в эксплуатацию во второй половине 2013 г. электросталеплавильного комплекса в ОАО АЭМЗ (г. Армавир) и ДСП в ОАО «Донецксталь» производительностью 1,8 млн т стали в год; в ОАО «Ижсталь» завершается реконструкция, включающая комплекс ДСП-40, комплекс внепечной обработки и МНЛЗ. Непрерывно растет доля стали, разливаемой на МНЛЗ, в 2012 г. в РФ она достигла 84 % (~60 млн т).

Перспективы на 2013 г. для металлургии СНГ оцениваются неоднозначно. Российские металлурги на фоне увеличения видимого потребления стали в РФ (+2,1 %, прогноз на 2013 г. +3,2 %) в течение 2012 г. уверенно увеличивали объемы производства стали до 70,6 млн т (прирост 2,5 %)*. Одновременно наблюдалось снижение объема выплавки стали в 2012 г. в Украине на 6,6 % и в Казахстане на 21,6 %.

Что происходит в производстве стали в мире? Этот вопрос для ориентированной на экспорт металлургии СНГ (экспортировано из России за 11 мес 2012 г. 35,668 млн т), естественно, интересует не только металлургов, но и производителей огнеупорной продукции. К концу 2012 г. наблюдалось стабильно растущее производство стали в Китае, темпы несколько снижены, но годовое производство, по данным китайской металлургической ассоциации (CISA), составило 716,5 млн т (+3,1 %). Растет производство стали в США (в 2012 г. — +6 %); во втором полугодии 2012 г. наблюдалось некоторое снижение производства в Турции, но в целом за год при-

* Здесь и далее прирост указан в сравнении с 2011 г.

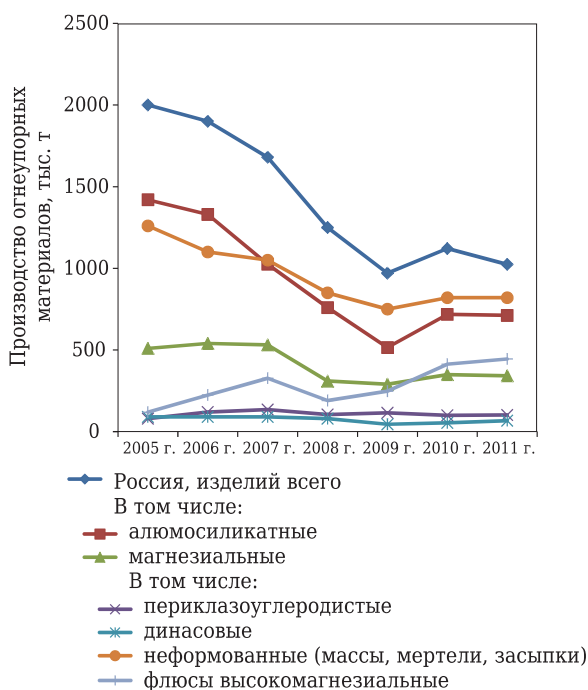


Рис. 1. Динамика изменений в производстве огнеупорных материалов в России в 2005–2011 гг.

рост составил 5,2 %; производство стали в Индии в 2012 г. достигло 76,7 млн т (от +4,3 до +6,3 %, по данным из различных источников) и Иране (прирост от 9,6 до 10,9 %). В Евросоюзе снижение объема производства стали составило 4,5–5,0 %. За 2012 г. прирост производства стали в мире составил 1,2–1,4 % (в 2011 г. мировое производство стали возросло на 6,8 %), общее производство стали в 2012 г. достигло 1,51–1,55 млрд т. Эксперты комитета по стали Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) ожидают в 2013–2014 гг. медленный подъем производства стали в мире и лишь затем конъюнктура на рынке улучшится.

В РФ производство алюминия в 2012 г. снизилось на 1,7 %, никеля на 3,7 %, меди на 5,3 %, производство цинка увеличилось на 1,2 %. За 11 мес 2012 г. возрос экспорт из России: меди в 1,6 раза до 230 тыс. т, никеля на 31 % до 201,6 тыс. т, алюминия на 2,8 тыс. т в сравнении с тем же периодом 2011 г. (Бизнес-ТАСС). В Китае за первые три квартала 2012 г. производство меди возросло на 7,4 %, алюминия на 10,6 %. Производство рафинированной меди в мире увеличилось на 6,3 %; в 2013 г. ожидается рост производства как первичной меди на 6,5 %, так и рафинированной на 11 % (доклад ICSG — Международной группы по изучению меди). По расчетам Всемирного банка, вступление в ВТО обеспечит прирост производства в цветной и черной металлургии РФ на 14,45 и 3,65 % соответственно [1].

Объемы потребления и производства цемента в мире растут последние два года; при этом 55 % производимого в мире цемента потребляется в Китае при объеме производства 1 млрд 452 млн т. В десятке крупнейших производителей цемента в мире шесть — китайские. Лидирующая в рейтинге фирма

«Lafarge» (Франция) произвела в 2012 г. на 166 предприятиях 225 млн т цемента. Наибольший годовой прирост производства цемента в мире наблюдается в Индии и Иране (третье и пятое место в мире).

Согласно прогнозу, совокупный объем потребления цемента в России в 2012 г. составит 65–67 млн т, причем 95 % этого объема обеспечивается отечественными производителями. Кроме того, экспортируется около 3 млн т цемента и клинкера. В 2013–2014 гг. рост потребления цемента в России составит 5–7 % в год, в 2012 г. он составил 13 % (к 2011 г.). Предполагается, что с реализацией федеральных программ жилищного и инфраструктурного строительства в 2016 г. потребуется до 120 тыс. т и к 2020 г. даже 170 млн т цемента. Такой прогноз вызывает сомнение; эксперты считают, что в 2016 г. реальная потребность составит 100–110 млн т, что требует ускорения наращивания производственных мощностей цементной промышленности.

Следует отметить интенсивное техническое перевооружение в цементной промышленности. Так, в 2012 г. введены в эксплуатацию комплексы по производству цемента сухим способом на новых предприятиях; осуществляется реконструкция технологических потоков, работающих по мокрому способу. Одновременно на ряде предприятий прекращается производство цемента мокрым способом. Введены в эксплуатацию мощности по производству цемента сухим способом в ОАО «Подгоренский цементный завод», ОАО «Верхнеабаканский цементный завод», ООО ЮГПК, ООО «ТулаЦемент», ОАО «Серебрянский цементный завод», технологические линии в ОАО «Мордовцемент», ОАО «Сухоложскцемент» и т. д. Переход к технологии производства цемента сухим способом осуществляется в России и в Украине, но еще более интенсивно в Азербайджане, Казахстане, Узбекистане. Для производителей цементных марок огнеупоров в СНГ во избежание утраты рынка это означает: существенный рост требований к качеству огнеупоров — необходимость модернизации и создания новых технологий. Одновременно снижается удельный расход огнеупорных материалов на 1 т цемента — с 4–5 кг для мокрого способа производства цемента до 0,8–1,0 кг для сухого.

Техническое перевооружение на предприятиях всех отраслей потребителей огнеупоров на территории СНГ сопровождается также изменением в потреблении огнеупорных материалов; с некоторым запозданием изменяется производство огнеупоров. Растут требования к качеству огнеупорных материалов; речь идет о широком понимании этого термина, неизбежно количественное снижение в производстве огнеупорных материалов (рис. 1).

Конкуренция на рынке высокотехнологичных огнеупорных материалов весьма велика, потребители не согласны ждать, когда отечественные производители выйдут на мировой уровень, и с легкостью переходят к использованию эффективных импортных материалов. Вступление России в ВТО в судьбе российских производителей огнеупоров не обещает

синекуры: существующая экспортная пошлина 15 и 20 % на безобжиговые и обожженные огнеупоры соответственно через несколько лет будет снижена. В то же время на фоне замедления темпов роста производства стали в Китае и снижения производства стали в Европе неизбежны перепроизводство огнеупоров в этих регионах, усиление экспорта огнеупорных материалов и обострение конкуренции на ближайших рынках высокотехнологичных огнеупорных материалов — на территории СНГ.

В настоящее время огнеупорные материалы поставляются на предприятия СНГ различными структурами:

- ООО «Группа «Магнезит» — транснациональное вертикально интегрированное российское предприятие, имеющее производственные мощности в России и в Украине, а также в Китае и Европе;

- крупные предприятия — производители огнеупоров (>200 тыс. т изделий и неформованных материалов в год каждое) на территории России, осуществляющие поставки огнеупорной продукции из Китая: ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров» (ОАО БКО) и ОАО «Динур»;

- крупные предприятия — производители огнеупоров (от 200 до 50 тыс. т огнеупорной продукции в год): Богдановичское ОАО «Огнеупоры» (ОАО БОЗ), ООО «Огнеупор» (г. Магнитогорск), ОАО «Семилукский огнеупорный завод» (ОАО СОЗ), ПАО «Часовоярский огнеупорный комбинат», ПАО «Запорожжогнеупор» (ПАО ЗО), ПАО «Красногоровский огнеупорный завод» и т. д.;

- средние и малые предприятия, развивающие производство преимущественно неформованных огнеупоров и изделий (безобжиговых) из них, специальных огнеупорных материалов: ООО «Кералит» (Москва), ООО «Алитер-Акси» (Санкт-Петербург), ЗАО «Росметаллкомплект» (Санкт-Петербург), ЗАО «ПФК «НК» (г. Старый Оскол), ЗАО «НТЦ «Бакор» (г. Щербинка), ООО «СпецОгнеупорКомплект» (г. Екатеринбург) и др.;

- крупные интернациональные многопрофильные компании — производители различных огнеупорных материалов, имеющие производственные площадки на территории многих государств: RHI (Австрия), «Vesuvius» (Бельгия), «Magnesita» (Бразилия), «IFGL Refractories», Ltd (Индия), «Calderys» (Германия) и представительства на территории России и Украины, либо компании, организовавшие руководство процессом сбыта и инжиниринга через отдельных представителей на местах; при этом RHI и «Calderys» уже имеют производственные площадки на территории России и Украины соответственно, а «Vesuvius» подтверждает планы организации производства функциональных огнеупоров в Нижегородской области;

- квалифицированные производители огнеупоров в Европе и не только. Например, «Ropczysze S. A.» (Польша), «Kumas» (Турция) и другие поставляют металлургическим предприятиям как формованную, так и неформованную огнеупорную продукцию;

- предприятия — производители огнеупоров в Китае, либо реализующие свою продукцию через

свои представительства, например «Puyang» (Китай), либо имеющие представителей в регионах России и Украины — «LIRR Refractories» (Китай), «Duferco» (Швейцария) и ООО «Металл Проект» (Россия); этот список можно продолжить;

- предприятия — производители огнеупоров высокого качества в узкой области. Например, «Seven Refractories» (Германия) специализируется на производстве желобных и леточных масс, фирмы RATH (Германия) и «Promat» (Германия) — на производстве теплоизоляционных волокнистых и неформованных материалов и т. д.;

- трейдеры и инжиниринговые фирмы, оказывающие услуги в поставке огнеупоров в соответствии с заключенными контрактами с зарубежными производителями огнеупоров, иногда эксклюзивного характера: ООО «ОгнеупорТрейдГрупп» (Россия), «VGH Victoria Garten Hüttenindustriebedarf A. G.» (Германия), ООО «ВПО Сталь» (Россия), «Femates» (Германия), «Transtel International» (Швейцария), ЗАО «Изомат» (Россия) и т. д. Особняком стоит фирма «Techcom GmbH» (Германия), которой принадлежат ряд патентов и ноу-хау на устройства с использованием огнеупоров и на конструкции огнеупорных изделий, реализованные и за рубежом, и в СНГ; при этом изготовителем огнеупоров могут быть различные фирмы.

ПРОЦЕССЫ В ОГНЕУПОРНОЙ ОТРАСЛИ

В 2010 г. в мире произведено около 46 млн т огнеупоров (по данным китайских источников), в том числе в Китае произведено 28,08 млн т (60 % от общемирового). Китай является не только главным экспортером сырья для производства огнеупоров в мире, но и значимым экспортером готовой огнеупорной продукции, причем объемы экспорта с каждым годом увеличиваются. Потребность в огнеупорах в мире согласно прогнозу [2] непрерывно возрастает в натуральном исчислении, в денежном же выражении этот процесс протекает интенсивнее вследствие сдвига потребления огнеупоров в сторону передовых, более дорогих огнеупорных материалов. Предполагается, что в 2014 г. производство огнеупорных материалов в мире достигнет 43 млн т (рис. 2), Китай будет доминировать как потребитель и как производитель огнеупоров.

Сегодняшний удельный расход огнеупорных материалов в Китае (~20 кг/т стали) еще далек от

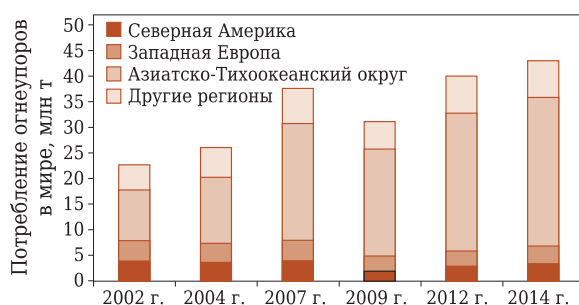


Рис. 2. Изменения в производстве огнеупорных материалов в мире

оптимального вследствие использования значительного количества огнеупоров низкого и среднего качества. В то же время на современных металлургических предприятиях Китая, как и в России, удельный расход огнеупоров приближается к оптимальному (8–10 кг/т стали в зависимости от технологии ее производства). Соответственно ожидается снижение объема производства, но оно не коснется высокотехнологичных огнеупоров — наиболее востребованных видов продукции: углеродсодержащих, из плавленных порошков и высококачественных неформованных.

Процессы развития в огнеупорной отрасли СНГ аналогичны процессам, протекающим в мире [3]:

- **развивается** процесс консолидации производителей огнеупорных материалов. Фирма RHI сформирована более десяти лет назад в результате слияния фирм «Veitsch», «Radex» и «Didier». Процесс продолжается; в частности, несколько лет назад в состав RHI вошел один из дивизионов фирмы «Fosco»; решен вопрос приобретения 43,6 % акций огнеупорного производства индийской фирмы «Orient Abrasives»; развивается и сырьевая база, имеют место все новые приобретения производств периклаза на территории Турции, Китая, Норвегии и Ирландии. Японская фирма «Krosaki Harima» в 2011 г. стала собственником крупнейшего производителя огнеупоров в Индии — «Tata Refractories» и создает совместные предприятия в Индии и Бразилии. Фирма «Calderys» была сформирована в процессе объединения активов фирмы «Plibrico» (Германия), поглотившей до того фирму «Basalt» (Германия), и фирмы «Lafarge Refractories» (Франция). Этот процесс получил развитие в мире последние 15–20 лет, в том числе и в США [4].

Особенностью консолидации производства огнеупоров в последние 10 лет следует считать интенсивное участие в этом процессе огнеупорных предприятий стран БРИК. Фирма «IFGL Refractories», Ltd приобрела в 2005 г. британскую фирму «Monocor Holding», Ltd с дочерними предприятиями в Китае, США, Бразилии и на Тайване. К 2012 г. производственные предприятия IFGL существовали также в Германии, Чехии, в четырех штатах Индии. Фирма усилила процессы диверсификации производимой продукции и повышения рентабельности производства. Низкорентабельное производство на Тайване в 2008 г. закрыто, а в 2012 г. прекращено производство огнеупоров в Чехии.

Фирма «Magnesita Refractories S. A.» с приобретением ряда производителей огнеупоров, крупнейший из которых фирма LWB (Германия), по мнению аналитиков стала третьим в мире (после RHI и «Vesuvius») производителем огнеупоров для металлургии, стекольной, цементной и других отраслей. Есть информация о создании совместного предприятия фирм «Magnesita» и «Krosaki Harima» по производству функциональных огнеупоров, в первую очередь изостатического формования, для МНЛЗ на территории Бразилии. Сегодня в составе «Magnesita» функционируют 28 производственных и горнодобывающих предприятий в Бразилии, Арген-

тине, США, Германии, Франции, Китае, Бельгии и на Тайване.

ООО «Группа «Магнезит» на Саткинской производственной площадке включает ОАО «Комбинат «Магнезит», ООО «НПК «Магнезит» — производство изделий из огнеупорных бетонов, стартовых смесей, алюмосиликатных сухих смесей и торкрет-масс; ООО «Магнезит Монтаж Сервис» (ООО ММС) — услуги по выполнению футеровки; ООО «Магнезит-торкрет-массы» (ООО МТМ) — производство неформованных материалов; производство каустического магнезита и плавленного периклаза на Нижне-Приангарской производственной площадке Красноярского края, а также несколько совместных предприятий в Китае, среди которых «Laoning Dalmond Refractories Co.», Ltd мощностью более 100 тыс. т углеродсодержащих огнеупоров. В составе Группы «Магнезит» с 2009 г. — компания «Slovmag S. A.» в Словакии и с 2011 г. — ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод» (ПАО ПОЗ) в Украине.

В Украине венчурным фондом «General Investment Resources» (GIR) в 2011–2012 гг. объединены под общее управление Красноармейский, Красногоровский, Кондратьевский огнеупорные заводы и Великоанадольский огнеупорный комбинат, производящие широкий ассортимент динасовых и шамотных огнеупоров. В то же время наблюдается падение объема производства алюмосиликатных изделий на заводах объединения за 9 мес 2012 г. к аналогичному периоду 2011 г. на 23 тыс. т (20,9 %), динасовых на 6,8 тыс. т (17,45 %). Новый менеджмент предполагает осуществить модернизацию и расширить ассортимент выпускаемой продукции; перспективы этого объединения будут определяться обеспечением производства собственным сырьем;

- **снижается** производство огнеупоров основного состава среднего качества. За 9 мес 2012 г. к аналогичному периоду 2011 г. оно снизилось в ПАО 30 и ПАО ПОЗ на 20,0 и 15,5 тыс. т соответственно. Оба предприятия в поиске замены выбывающему объему производства.

В ПАО 30 в 2013 г. вводится в эксплуатацию современное производство высококачественных корундовых и алюмосиликатных неформованных материалов (низкоцементных, бесцементных), что позволит, по мнению менеджмента предприятия, компенсировать потери объема формованных огнеупоров.

В ПАО ПОЗ в первом квартале 2013 г. начато производство высокомагнезиальных флюсов по технологии и из материалов, поставляемых Группой «Магнезит», а во втором квартале 2013 г. по завершении реконструкции действующего производства будет увеличено производство периклазоуглеродистых огнеупоров до 25 тыс. т в год (15–20 % потребности украинских металлургических предприятий) по технологии Группы «Магнезит», имеющей многолетний опыт производства аналогичной продукции в России, Китае и Словакии. На следующем этапе диверсификации производства будет организовано производство неформованных огнеупоров и изделий из

них основного и алюмосиликатного составов по немецким технологиям и технологиям Группы «Магнезит».

Безусловно, вышеупомянутые фирмы не исчерпывают список интегрированных фирм — производителей огнеупоров. Для основной массы огнеупорных предприятий консолидация и интеграция носят горизонтальный характер, но общемировым трендом для предприятий, изготавливающих массовую продукцию (в первую очередь углеродсодержащие огнеупоры для футеровки конвертеров, ДСП, сталеразливочных, а также чугуновозных ковшей «торпедо»), является принцип вертикальной интеграции. Эти фирмы включают в свой контур производство и сырьевых материалов, и огнеупорной продукции во многих государствах. В СНГ вертикально интегрированы ряд металлургических компаний: НЛМК, «Северсталь», ЕВРАЗ, Мечел, «Металлинвест» и «Метинвест» (Украина), в цветной металлургии — РУСАЛ, «Норильский никель». Вертикальная интеграция от добычи сырья до производства продукции с наиболее высокой степенью переработки, оказание потребителям различных услуг предполагают достижение синергетического эффекта за счет концентрации и капитала, и производства, возможности маневрирования капиталом, мощностями, потоками сырья и конечной продукции, что позволяет снизить себестоимость продукции за счет непрерывности производства в общей технологической цепочке. По аналогии с металлургическими предприятиями, для которых вертикальная интеграция рассматривается как способ повышения конкурентоспособности на мировом рынке стали, в огнеупорной промышленности реализуется аналогичный процесс. На территории СНГ вертикально интегрировано ООО «Группа «Магнезит».

Основные мировые тенденции в производстве и применении огнеупорных материалов и их отражение в практике предприятий СНГ:

- обеспечение сырьевыми материалами все чаще является ключевым вопросом для любого огнеупорного производства, и, как следствие, развитие производства огнеупоров смещается в регионы с доступными сырьевыми материалами (Китай, Россия, Турция, Бразилия, Мексика). Есть примеры организации нового огнеупорного производства вблизи рынков сбыта (Индия, США, Бразилия, Россия), обычно это касается функциональных огнеупоров для МНЛЗ и шибберных затворов, реже неформованных материалов;

- комплексные поставки огнеупорных материалов и соответствующего оборудования традиционно являются предпочтительными для потребителя. В случае отсутствия производства, обеспечивающего полную комплектацию, поставщик приобретает необходимую продукцию на рынке и несет ответственность за весь поставляемый комплект огнеупоров. За рубежом достаточно давно получила развитие система сервисного обслуживания потребителя и в Европе, и в США [4], где поставщик осуществляет все этапы обслуживания тепловых агрегатов согласно контракту с потребителем: проектирование футеровки, поставка огнеупорных материалов, хранение их на собственных или арендуемых складах, вы-

полнение футеровочных работ, мониторинг службы футеровок (при необходимости, например, на конвертерах, ДСП, сталеразливочных ковшах выполняется комплекс горячих ремонтов, причем используется оборудование сервисной фирмы). За разборку футеровки по завершении эксплуатации агрегата и утилизацию отработанных огнеупоров также несет ответственность сервисная фирма. На рынке СНГ такие услуги практически для всех агрегатов предлагают Группа «Магнезит» [5], а также «Calderys» (железа в доменном производстве).

Подтверждением компетенции в области проектирования футеровок тепловых агрегатов, включая металлургические, служит то, что Группа «Магнезит» с 2012 г. является членом НП «СПО СПО Южного Урала». Членство в этой организации дает право осуществлять лицензированную проектную деятельность при подготовке конструкторских решений в области работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, к которым относятся все тепловые агрегаты производства металла, цемента, извести, стекла и т. д.;

- изменение в ассортименте потребляемых огнеупорных материалов: на первый план для металлургов вышли углеродсодержащие изделия (периклазо-, алюмопериклазо-, периклазоалюмо-, алюмо-, алюмокарбидкремнийуглеродистые). Это основная часть огнеупорных материалов, используемых в сталеплавленном процессе; доля алюмосиликатных огнеупоров, включая высокоглиноземистые, неуклонно снижается, что, естественно, сказывается и на объеме производства огнеупорных предприятий. Снижаются потребность и, естественно, производство кремнеземистых и алюмосиликатных изделий (полукислых, шамотных, высокоглиноземистых), огнеупорных материалов основного состава среднего качества (периклазовых, периклазохромитовых, хромитопериклазовых, безобжиговых периклазовых на пековом связующем), мертелей, масс, огнеупорных заполнителей того же состава вплоть до прекращения производства. Закрыты ОАО «Снегиревский огнеупорный завод», ОАО «Внуковский завод огнеупорных изделий», ОАО «Никомогнеупор», ОАО «Константиновский огнеупорный завод» (Украина), ОАО «Домодедовский завод огнеупорных изделий», ОАО «Суворовское рудоуправление»; прекращено производство алюмосиликатных изделий в ОАО «Подольский завод огнеупорных изделий». На ряде предприятий закрыто или значительно снижено производство алюмосиликатных материалов (возможно, на стадии закрытия ряд цехов производства шамотной продукции);

- изменение соотношения в использовании огнеупорных материалов формованных и неформованных в пользу последних. Следует отметить, что если для японских, западноевропейских и американских потребителей уже оптимизировано соотношение формованных и современных неформованных огнеупоров и доля последних составляет от 50 % в США до 60 % в Японии и, очевидно, существенно в ближайшее время не изменится, то для России, Украины, Китая и Индии доля неформованных огнеупоров

будет продолжать расти. По нашим оценкам, в российской металлургии доля неформованных огнеупоров высокого качества достигла 30 % и будет расти до 45–50 % за счет увеличения доли сталеразливочных ковшей с бетонной футеровкой дна и стен, расширения производства и применения масс в футеровке печей прокатного производства, ремонтных масс и торкрет-масс различного назначения, перехода к наливным желобам и т. д.;

– металлургические предприятия постепенно избавляются от непрофильных активов, в том числе от огнеупорных производств. Этот процесс завершается в Европе, начат в Китае; в России уже нет огнеупорных производств в составе НТМК, ЗСМК, НЛМК, но в то же время крупные огнеупорные производства остаются в составе ММК и ЧМК. В Украине в составе металлургических предприятий (ЕМЗ, ДМКД, ММК им. Ильича) остается производство исключительно периклазоуглеродистых брикетов, используемых в качестве подварки в конвертерах, масс для факельного торкретирования и ряда других вспомогательных материалов. В то же время производство обожженной извести входит в металлургический цикл и на данном этапе остается в составе металлургических предприятий. Представляется, что сегодня процесс вывода непрофильных активов и в России, и в Украине будет продолжен.

В то же время в составе дивизиона «Северсталь Российская Сталь» работает предприятие «Северо-Запад Огнеупор», созданное примерно более 10 лет назад для обеспечения металлургического производства (доменного, сталеплавильного и прокатного) неформованными огнеупорами и изделиями собственного производства. Частично задача выполнена сегодня и в «Северстали»; с участием этой структуры формируется сервисная служба для обслуживания тепловых агрегатов основного производства.

Иная ситуация в Японии и Южной Корее, где крупнейшие производители огнеупоров являются фирмами «Krosaki Harima», «Shinagawa» и, соответственно, «Posco Refractories», которые, в свою очередь, являются дочерними по отношению к крупным металлургическим фирмам. Но эти производители огнеупоров могут рассматриваться как самостоятельные вследствие их собственной значительной производственной и клиентской базы, и не только на территории, где размещены металлургические мощности материнской компании (все 3 входят в десятку крупнейших производителей огнеупоров в мире), наличия в их составе крупных исследовательских центров, известной самостоятельности и поведенческой активности. Достаточно сказать, что фирма «Krosaki Harima» в 2011 г. получила контроль над крупнейшим в Индии производителем огнеупоров «Tata Refractories», которая до этого входила в состав промышленной империи «Tata» наряду с «Tata Steel» и другими предприятиями;

– следует отметить расширение производства и применения теплоизоляционных материалов, как волокнистых, так и неформованных (бетоны и торкрет-массы). На фоне усиленного внимания метал-

лургических и иных предприятий к вопросам энергосбережения это направление получило развитие и у производителей огнеупорных материалов. На базе ОАО «Сухоложский огнеупорный завод» организовано с американской компанией совместное предприятие (СП) ООО «Морган Термал Керамикс Сухой Лог», где реализованы новые для России технологии производства волокна и изделий из него для применения при температурах до 1400 °С и выше. Волокно муллитокремнеземистого состава с температурой применения до 1150–1200 °С, продукция из него, неформованные теплоизоляционные материалы изготавливаются сегодня многими предприятиями: ОАО БОЗ, ОАО СОЗ, ОАО БКО, ООО «Группа «Магнезит», ООО «Кералит», ООО «Алитер-Акси» и т. д.;

– производство огнеупоров планомерно стимулируется на территории Китая государством: производители огнеупорных материалов длительное время имели льготы в цене на энергоносители, возврат НДС и льготы в налогообложении совместных предприятий; к сегодняшнему дню эти льготы практически упразднены. В результате на территории Китая к 2011 г. работало более 100 СП производства огнеупорных материалов, в том числе совместно с «Vesuvius», RHI, Группой «Магнезит», «Refratechnik» (Германия), «Krosaki Harima», «Chosun», «Morgan Thermal Ceramics» (США) и т. д. Одновременно с организацией СП передавались и современные технологии, что позволило в кратчайшие сроки вывести производство огнеупоров на высокий уровень;

– интенсифицируются научно-исследовательские работы, поиск новых технологических решений в сфере производства огнеупоров, их применения, включая конструирование футеровки агрегатов, и не только для увеличения межремонтного цикла и продолжительности ее службы, но и с целью повышения качества производимого металла;

– усиливается стремление огнеупорщиков к совместному поиску с металлургами щадящих технологий эксплуатации огнеупоров, технологий купирования процессов разрушения футеровки, к своевременному выявлению с последующим горячим ремонтом локальных зон опережающего разрушения; создаются новые материалы и оборудование для реализации необходимых решений.

Рынок огнеупоров развивается весьма интенсивно. Согласно данным R. Schmidt-Whitly [6], из десяти ведущих производителей огнеупоров в мире в 2000 г. в лидерах к 2010 г. остались лишь шесть компаний. Список пополнился Группой «Магнезит», а также немецкой фирмой «Calderys», имеющей производственные и иные мощности во многих странах, и двумя южнокорейскими фирмами «Posco» и «Chosun», контролирующими производство по своим технологиям и за пределами Южной Кореи.

ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основная масса огнеупорных производств на территории России и Украины традиционно ориентирована на производство шамотных огнеупоров, мерте-

лей, масс, заполнителей, чему способствуют разрабатываемые запасы огнеупорных глин и каолинов. Недостатка в алюмосиликатном сырье огнеупорные предприятия СНГ (России, Украины, Казахстана) не испытывают. Однако, как было показано выше, потребность в этой продукции, в первую очередь в шамотных изделиях, мертелях и огнеупорных заполнителях, будет снижаться. В этой связи следует упомянуть периклазовые и хромсодержащие огнеупоры среднего качества, производство которых с сокращением мартеновского производства стали также сокращается (см. рис. 1). Неформованные огнеупорные материалы (низко- и бесцементные бетоны, включая желобные массы) получили интенсивное развитие на территории СНГ с 25-летним опозданием.

С появлением возможности приобретения импортных материалов усилиями Санкт-Петербургского и Украинского институтов огнеупоров и не без помощи фирм — производителей специальных сырьевых материалов («Alcoa», ныне «Almatis»; «Lafarge Aluminas», ныне «Kerneos»; «Elkem», Норвегия) с середины 90-х годов создавалось производство низко-, средне- и бесцементных неформованных огнеупорных материалов. В настоящее время десятки российских и украинских предприятий (ОАО БКО, ОАО «Динур», ОАО СОЗ, ООО «Группа «Магнезит», ООО «Северо-Запад Огнеупор», ООО «Алитер-Акси», ООО «Кералит», опытное производство Украинского института огнеупоров и т. д.) изготавливают глиноземсодержащие сухие смеси и торкрет-массы различного состава для футеровки самых разных агрегатов не только в металлургии. На ряде предприятий, в том числе на перечисленных, изготавливаются изделия из сухих смесей: блоки для водоохлаждаемых сводов ДСП (цельные и составные), фурмы десульфурации, горелочные и гнездовые блоки, стаканы-коллекторы шибберных затворов, донные фурмы для сталеразливочных ковшей, перегородки, металлоприемники и иные блочные изделия для футеровки промежуточных ковшей. В ОАО БКО, ТОО «Казогнеупор» и ООО «Консолит» производится высокоглиноземистый цемент, в ОАО БКО освоено также производство активного глинозема.

Одновременно в ОАО «Динур» реализована пионерская для своего времени ВКВС-технология производства масс и изделий, разработанная проф. Ю. Е. Пивинским. В начале 90-х годов в ОАО «Динур» создано производство материалов с использованием регулируемых процессов мокрого помола различных сырьевых материалов. В настоящее время эта технология многократно тиражирована и реализована на многих предприятиях СНГ, в первую очередь малых и производящих огнеупорные материалы для металлургии и других отраслей (кварцевые шликернолитые погружаемые стаканы и трубы для защиты струи металла, желобные массы, высокоглиноземистые изделия, изготавливаемые по оригинальной технологии [7, 8]). Однако и в настоящее время большая часть используемых огнеупорных современных глиноземсодержащих неформованных материалов (для футеровки стен и дна сталеразливочных ковшей, наружной футеровки патрубков ваку-

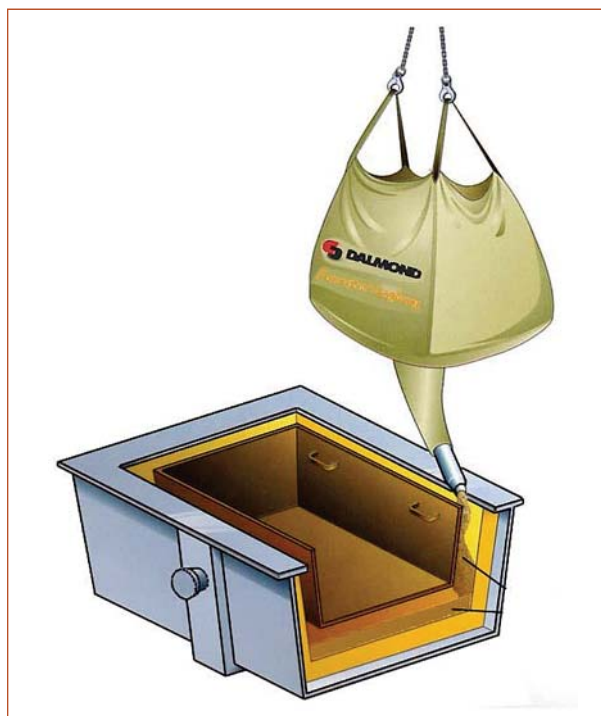


Рис. 3. Схема выполнения рабочего слоя футеровки промежуточного ковша МНЛЗ сухой массой

уматоров, шахты доменной печи и желобов на доменном дворе, постоянного слоя футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ) поставляется из-за рубежа — из Европы и Китая.

Самостоятельным направлением в области неформованных огнеупоров являются огнеупорные материалы основного состава. Шесть лет назад практически 100 % магнезиальных торкрет-масс для промежуточных ковшей МНЛЗ импортировалось из-за рубежа, с появлением в составе Группы «Магнезит» специализированного производства масс в ООО МТМ началось развитие производства магнезиальных торкрет-масс в России. В настоящее время в Группе «Магнезит» объем производства магнезиальных торкрет-масс с использованием периклазовых порошков собственного производства превышает 45 тыс. т в год. Торкрет-массы успешно применяются в промежуточных ковшах, ДСП, конвертерах, сталеразливочных ковшах. С завершением реконструкции производства в 2012 г. (создание еще одной производственной линии в составе мельницы тонкого контролируемого помола фирмы ООО «Урал-Омега», системы грохотов, смесителя фирмы «Eirich», Германия, и установки затаривания) объем производства торкрет-масс достигнет 65 тыс. т. Ассортимент торкрет-масс основного состава для полусухого и мокрого торкретирования [9] в 2011 г. пополнился массой для сухого торкретирования рабочего слоя футеровки промежуточных ковшей [10] (рис. 3). В настоящее время эта технология усилиями ряда фирм внедрена в ПАО «МК «Азовсталь», ОАО «Ижсталь», ПАО «Электросталь» (Украина). Представляется, что известные преимущества футеровки (низкие затраты энергии на ее разогрев, отсутст-

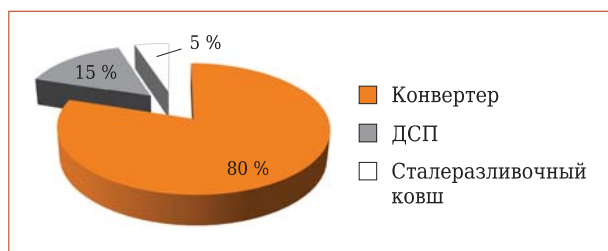


Рис. 4. Области применения высокомагнезиальных флюсов (2012 г.)

вие в составе огнеупорного материала воды и соответственно процесса насыщения непрерывнолитой заготовки водородом и т. д.) будут эффективно использованы и на других предприятиях. Группа «Магнезит» готова поставлять не только любые массы, но и торкрет-машины, специальные шаблоны и оказывать техническую помощь в реализации технологии торкретирования, выполнении футеровочных работ вплоть до организации сервисного обслуживания оборудования, горячего ремонта металлургических агрегатов. Производство изделий из сухих смесей основного состава (перегородки, металлоприемники, пороги и т. д.) организовано в ООО «НПК «Магнезит».

В последнее десятилетие в странах СНГ, как и в Китае, США, Японии, получили развитие два процесса: корректировка состава шлака в конвертере в период выплавки стали и раздув модифицированного шлака по окончании слива металла из конвертера. Для реализации обоих процессов разработано и организовано производство высокомагнезиальных флюсов различного состава на Саткинской производственной площадке Группы «Магнезит». Высокомагнезиальные флюсы не являются огнеупорным материалом, однако эффективны именно в металлургическом процессе. Теоретическое обоснование процессов и активное участие во внедрении технологии на металлургических предприятиях осуществляли сотрудники Уральского института металлургии (г. Екатеринбург). Естественно, внедрение было бы невозможно без участия инженерно-технических служб металлургических предприятий [11]. В последние годы принцип сближения фактической концентрации и концентрации насыщения MgO в шлаке успешно используется и в ДСП [12], и в сталеразливочных ковшах [13]. В 2011 г. объем производства флюсов различного качества и для различных агрегатов в Группе «Магнезит» превысил 445 тыс. т (рис. 4).

Технология применения флюса обычно оригинальна, так как реальные условия эксплуатации агрегатов различаются иногда существенно. Специалистами управления инжиниринга Группы «Магнезит» накоплен значительный опыт, что помогает в короткие сроки подобрать технологию применения флюса, а если необходимо, то и скорректировать состав флюса. Технология повышения стойкости футеровки конвертеров с использованием флюсов (корректировка состава шлака в процессе выплавки и при раздуве) используется практически на всех кон-

вертерах на территории СНГ. Число ДСП, в которых используются высокомагнезиальные флюсы, становится все больше, стойкость футеровки на ряде ДСП (ОАО НКМК, ОАО «Северский трубный завод» и т. д.) превысила 1500 плавов; развивается технология применения флюсов в сталеразливочных ковшах с увеличением стойкости шлаковых поясов на 15–25 %. Следует отметить, что и за рубежом продолжают работы по созданию и отработке технологии применения эффективных флюсов в металлургии [14, 15].

Естественно, для повышения стойкости футеровки конвертеров используют комплекс мероприятий [16, 17], включающий различные меры ухода за футеровкой: подварку; торкретирование наиболее изношенных участков футеровки, которые определяются с использованием инфракрасных и лазерных систем; корректировку состава шлака и его раздув. В 2011 г. максимальная стойкость футеровки 160-т конвертеров ОАО ЧМК превысила 8 тыс. плавов при средней стойкости 6,3 тыс. плавов, в ОАО ММК (375-т конвертеры) 5,6 тыс. плавов и в среднем по отрасли превышает 4500 плавов. В 2004 г. по отрасли стойкость футеровки конвертеров составляла 2,6 тыс. плавов [18]. В перспективе, по нашему мнению, предстоит переход от горячего ремонта с использованием подварки в конвертерах к точечному применению более эффективных саморастекающихся масс.

Основная доля затрат на огнеупоры на металлургических предприятиях приходится на углеродсодержащие огнеупоры для конвертеров, ДСП и сталеразливочных ковшей, а также на огнеупоры для промежуточных ковшей МНЛЗ и функциональные огнеупоры [19]. На территории СНГ сформировался (с опозданием в сравнении с Западной Европой и США на 10 и более лет) подход, обоснованный общемировой практикой, а теперь и практикой применения в отечественной металлургии тех или иных огнеупоров, подобранных в соответствии с условиями эксплуатации.

В дне сталеразливочных ковшей (в рабочем слое футеровки) используют огнеупорный бетон на основе корунда, табулярного глинозема, реже периклазоуглеродистые или иные углеродсодержащие огнеупоры, в стенах — алюмопериклазо- и периклазоалюмо- и периклазоуглеродистые изделия с использованием плавленного испеченного периклаза высокого качества, плавленного корунда, высокоплотного боксита, в шлаковом поясе — периклазоуглеродистые изделия на основе плавленного периклаза. В конвертерах применяют периклазоуглеродистые изделия на основе плавленного периклаза, стеновые изделия для ДСП также периклазоуглеродистого состава с использованием плавленного периклаза, подина выполняется из периклазовых набивных масс или периклазовых порошков. В рабочем слое футеровки промежуточных ковшей используется торкрет-масса периклазового или периклазофорситового состава, а арматурный слой футеровки выполняется из высокоглиноземистого бетона, чаще на основе андалузита. В технологии изготовления

функциональных огнеупорных элементов используют исключительно высококачественное сырье: табулярный глинозем, корунд, высокоплотный боксит, диоксид циркония и т. д. и, конечно, графит, как и во всех углеродсодержащих огнеупорах. Агрегаты типа RH футеруют исключительно высококачественными огнеупорами основного состава, и лишь внешнюю часть патрубка обычно изготавливают из низкоцементных масс на основе корунда (табулярного глинозема). Осуществляется переход к набивным массам в желобах доменного производства; при этом массы изготавливают на основе корунда, боксита, карбида кремния, а шахты доменных печей — все чаще торкретированием массами высокоглиноземистого состава.

В производстве цемента растет роль периклазошпинельных огнеупоров, основа которых — высококачественные периклаз и спеченная или плавная шпинель, причем шпинель не только глиноземистая ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), но и герцинит ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), и галаксит ($\text{MnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$); в воздухонагревателях стекловаренных печей растет доля периклазовых изделий на основе спеченного и плавного периклаза (97–98 % MgO) и с добавками $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, ZrO_2 , $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ и т. д. На территории СНГ лидеры в производстве периклазошпинельных огнеупоров — Группа «Магнезит» и ОАО БКО.

Не подтверждается мнение, что только в Китае могут производиться огнеупоры высокого качества, а производство огнеупоров в России находится в упадке [20]. По нашему мнению, помимо успешной Группы «Магнезит», и другие предприятия уверенно занимают определенные ниши в обеспечении металлургии, цементной, стекольной промышленности и других отраслей качественными огнеупорами.

СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для производства огнеупорных материалов необходимы и сырье, и технологии, гарантирующие получение продукции соответствующего качества. Текущие и предстоящие проблемы с сырьевыми материалами для производства огнеупорных материалов в последнее десятилетие постоянно в сфере внимания и производителей огнеупоров, и государственных структур, к сожалению, только за рубежом. Достаточно привести пример Евросоюза. Согласно инициативе CSMI/060 в 2008–2009 гг. проанализирован 41 сырьевой материал с точки зрения поставок, а также их экономической важности для оценки возможности эффективной замены того или иного вида сырья. Графит определен как критический материал с точки зрения надежности поставок; магнезит, хромит и боксит оценены как относительно критичные материалы [21]. Рынок сырьевых материалов давно превратился из рынка покупателя в рынок продавца.

Общеизвестно [22–24], что, обладая значительной долей производства таких материалов, как спеченный высокоплотный и плавный периклаз (70 и 85 % мирового производства), белый и коричневый корунд (70 и 50 %), алюмо- и хромпериклазовая шпинель, графит (до 80 %), а также контролируя 100 %

рынка поставок огнеупорных сортов боксита (месторождения в Китае и через фирму «Bosai Minerals Group») и добычу гайанских бокситов (Гайана, Южная Америка), Китай практически контролирует поставки этого сырья на мировом огнеупорном рынке. Экспортные лицензии на периклаз на 2013 г. ожидаются на уровне 50–70 долл./т. Экспортные квоты на 2012 г. на боксит были снижены на 15,6 %; произошло некоторое снижение квот на магнезиальные материалы при сохранении квот на карбид кремния. Если 10 лет назад возврат налога на добавленную стоимость при экспорте сырья составлял 17 %, то сегодня он равен нулю, т.е. его по факту оплачивает покупатель. Регулирование цены осуществляется с использованием экспортной пошлины: в 2007 г. на графит, магнезиальное сырье и коричневый плавный корунд она составляла 10, 5 и 0 % соответственно, в 2008 г. на те же материалы она составила 20, 10 и 15 % и сохраняется до сих пор.

Интересное сравнение произведено для двух предприятий одной металлургической группы в Европе [21], использующих периклазоуглеродистые огнеупоры в футеровке сталеразливочных ковшей. Одно предприятие («Siegen») приобретает огнеупоры в Китае, затраты на эти огнеупоры с 2006 по 2008 г. возросли на 20 % и стойкость футеровки с 2008 г. стабильна. Другое предприятие («Witten») приобретает аналогичные огнеупоры, производимые в Европе из китайского плавного периклаза, и цена на них за эти же годы не изменилась, но стойкость футеровки снижается. Очевидно, причина этого в том, что если ранее в Европу поставлялся плавный периклаз с содержанием MgO более 97 %, то теперь по той же цене можно приобрести периклаз формально той же марки, но с 96,7 % MgO . Ничего чудного не происходит — это стратегия потребителей огнеупоров на фоне реальной стратегии китайских производителей огнеупоров и сырья.

Руководство Китая говорит о неизбежном снижении тем или иным путем экспорта сырья для производства огнеупоров. Для этого есть и объективные причины: металлургия Китая развивается, необходимо заботиться об охране собственных сырьевых ресурсов; часть месторождений с наиболее качественным сырьем уже исчерпаны; закрываются наиболее экологически неблагополучные производства. Можно говорить о ресурсном национализме, а можно говорить о заботе о собственных производителях металла. Но при этом нет никаких препятствий для экспорта из Китая огнеупорной продукции более глубокой переработки — огнеупорных масс и изделий. Объем экспорта огнеупорной продукции из Китая в 2010 г. составил 5,9 млн т по сравнению с 3,7 млн т в 2009 г.

Предпринимаются усилия по расширению сырьевой базы огнеупорной промышленности за пределами Китая. Наиболее активно осуществляется замена боксита. Расширяется производство андалузита в Южной Африке — фирмы «Damrec» и «Andalusite Resources» (последняя производит андалузит под фирменной маркой Марлузит) и в Перу — фирма

«Andalucita S. A.». Андалузит — высокочистый минерал (59–60 % Al_2O_3), способен заменить боксит и даже имеет преимущество в некоторых технологиях. Расширяется производство табулярного глинозема (99,5 % Al_2O_3), получаемого в процессе высокотемпературного обжига глинозема в шахтных печах. В 2012 г. лидер в производстве табулярного глинозема — фирма «Almatis» ввела в эксплуатацию третью производственную линию, которая позволит увеличить производство глинозема, а также спеченной высокочистой шпинели еще на 75 тыс. т в год. В ООО «Кералит» в 2013 г. начато производство табулярного глинозема мощностью до 25 тыс. т в год. В «Almatis» организовано производство заменителя корундового корунда — продукта марки BSA 96. Результат не замедлил сказаться: в четвертом квартале 2011 г. цены на китайский боксит начали снижаться на фоне избытка экспортных лицензий; далее китайское правительство снизило экспортную квоту на боксит с 830 тыс. т в 2011 г. до 700 тыс. т в 2011 г., пытаясь сбалансировать рынок и поддерживать уровень цены [25]. В ОАО БОЗ производятся высокоглиноземистые огнеупоры высокого качества с использованием отечественных бокситов. Более того, в России на Тимано-Печорском месторождении (Республика Коми) имеются бокситы огнеупорного качества; доказана возможность их использования взамен импортных, и в ближайшее время изделия с использованием российского обожженного боксита, очевидно, займут определенную нишу в металлургии.

В России существуют традиционные технологии производства высокоглиноземистого шамота (от 61 до 90 % Al_2O_3) с использованием глинозема и огнеупорной глины через обжиг валяшки (брикета) во вращающейся печи. В советские времена это производство успешно работало на Семилукском и Богдановичском огнеупорных заводах, на Боровичском комбинате, а также на ряде украинских предприятий. В настоящее время такое производство может быть в России экономически обоснованным вследствие низких цен на природный газ. В Великобритании, как известно, изготавливается аналог высокоглиноземистого шамота под брендом Mulcoa. На территории СНГ существуют два производства белого корунда — ТОО «Казогнеупор» (Казахстан) и ОАО «Бокситогорский глинозем».

Добыча и обогащение графитсодержащих руд с учетом роста цены и перспектив роста потребления в производстве литий-ионных батарей в мире интенсивно развиваются. Анонсированы проекты организации производства графита (процесс обогащения графитсодержащей руды с содержанием графита 12–16 %) на территории Австралии и ряда стран Африки, в Канаде, Бразилии (фирма «Magnesita» — в шахте) и в России (Группа «Магнезит» — открытым способом).

В производстве и поставках динасовых огнеупоров для футеровки воздухонагревателей доменных печей и коксовых батарей существует известная конкуренция поставщиков: ОАО «Динур», двух украинских предприятий — ПАО «Красноармейский динасовый завод» и ПАО «Красногоровский огне-

упорный завод» с китайскими производителями динасовых изделий. Имеется достоверная информация об успешном продвижении индийской динасовой продукции на рынки Европы. Российское и украинские предприятия не испытывают проблем с сырьем (кварцитами) для производства динасовых материалов.

Основа наиболее востребованной огнеупорной продукции — периклаз, источником которого являются природные магнезиты (Россия, Китай, Австралия, Турция), а также магнийсодержащие соли, извлекаемые из морской воды (Ирландия, США, Япония, Норвегия), или бишофит (магнийсодержащая соль), извлекаемый через скважины с глубины 400–600 м (производитель — фирма «NedMag», Нидерланды, 100 тыс. т в год, в перспективе — производство в России и, возможно, в Украине, где есть эксплуатируемые скважины). На территории Украины в советское и постсоветское время производилось значительное количество магнезиальных огнеупоров с использованием российского и северокавказского, турецкого и словацкого обожженного периклаза. Но это производство огнеупоров среднего качества, потребность в которых непрерывно снижается. В Украине имеются магнезиально-силикатные породы, пригодные для производства форстеритовых огнеупоров [26], однако сфера применения их в металлургии весьма ограничена.

Возможен и рост производства на территории СНГ углеродсодержащих функциональных огнеупоров для МНЛЗ и шиберных затворов. В то же время существующие мощности по производству стопоров-моноблоков, труб для защиты струи металла, погружаемых стаканов и стаканов-дозаторов в ОАО «Динур» и ОАО БКО не исчерпаны. Ограничителем производства этих огнеупоров и шиберных плит помимо высоких требований потребителей к качеству изделий может быть то, что в ряде случаев (устройства быстрой замены погружаемых стаканов, плиты для шиберных затворов фирм RHI и «Vesuvius») форма изделий запатентована иными фирмами на территории России и Украины.

В жестких условиях конкуренции основные изготовители периклазоуглеродистых огнеупоров, в первую очередь RHI, «Magnesita», Группа «Магнезит», принимают меры к вертикальной интеграции, а именно приобретают и развивают мощности по добыче магнезиального сырья и производству полуфабрикатов: спеченного и плавленного периклаза, шпинели различного качества. Руководство первых двух компаний считает достаточным самообеспечение огнеупорным сырьем и полуфабрикатами на уровне не менее 80 % [27]. Группа «Магнезит» в последние 4–5 лет интенсифицирует развитие сырьевой базы на территории России, не только расширяя добычу магнезита, в первую очередь высокого качества, но и совершенствуя агрегаты обжига и плавки для снижения пылевых выбросов и затрат на дорожающие энергоресурсы.

Хронология реализованных и планируемых мероприятий в области расширения сырьевой базы Груп-

пы «Магнезит» согласно долгосрочной Инвестпрограмме:

2008 г. — введен в эксплуатацию комплекс оборудования на Саткинской производственной площадке мощностью 50 тыс. т высокоплотного спеченного периклаза. Предварительно восстановлена вращающаяся печь для каустизации магнезита. Печь оборудована эффективной горелкой фирмы «Unitherm Semcon» (Австрия), что позволяет снизить расход природного газа на 5–7 % на 1 т готовой продукции и произвести продукт с фиксированными потерями массы при прокаливании. При реконструкции печь оснащена современной системой газоочистки фирмы «Scheuch GmbH» (Германия). В состав комплекса входят агрегат тонкого помола фирмы «Hosokawa Alpina» (Германия), брикетировочные прессы фирмы «Hosokawa Verex» (Германия), высокотемпературная шахтная печь фирмы RCE (Австрия) и дробильно-сортировочный комплекс фирмы MFL (Австрия);

2012 г. — введены в эксплуатацию Саткинский карьер в Нижнем Приангарье (230 тыс. т сырого магнезита высокого качества с удвоением добычи к 2014 г.), две шахтные печи фирмы «Polysius» (Германия) для каустизации добываемого магнезита (96,5–97,0 % MgO) (рис. 5);

2012 г. — начало проектирования комплекса добычи магнезита высокого качества в открытом карьере Тальского месторождения. Предполагаемый ввод в эксплуатацию в 2015–2016 гг.;

2013 г. — завершается строительство на Саткинской производственной площадке второго комплекса производства высокоплотного спеченного периклаза (мощность 80 тыс. т). В составе: многоподовая (рис. 6) и высокотемпературная шахтная печи фирмы «Polysius», помольный агрегат, брикетировочные прессы;

2013 г. — завершение реконструкции цеха плавящихся порошков с удвоением производственных мощностей (не менее 50 тыс. т плавленного периклаза и периклазохромита, а также до 20 тыс. т плавленной алюмомагнезиальной шпинели); перевод действующего производства от плавки периклаза (пгт. Раздолинск, Красноярский край) на плавку каустического магнезита, что позволит существенно увеличить как объем производства, так и качество плавленного периклаза;

2013 г. — завершение проектирования и начало строительства нового современного цеха плавящего периклаза (50 тыс. т). В качестве плавильных агрегатов будут использоваться печи фирмы «SMS Semag» (Германия); инжиниринг осуществляют специалисты челябинской фирмы «Аконт» и ОАО «Комбинат «Магнезит». Поэтапный ввод в эксплуатацию цеха предполагается в 2014 г.;

с 2013 г. — расширение добычи магнезита в шахте Магнетитовая на Саткинской производственной площадке с вводом в эксплуатацию 100-го горизонта и увеличением добычи до 1,6 млн т магнезита в год;

2014 г. — ввод в эксплуатацию многоподовой печи каустизации магнезита в Нижнем Приангарье (100 тыс. т в год).



Рис. 5. Шахтные печи каустизации магнезита



Рис. 6. Строительство многоподовой печи в ОАО «Комбинат «Магнезит» (август 2012 г.)

Для повышения качества производимой продукции дробильно-сортировочные комплексы на Саткинской и Нижне-Приангарской производственных площадках с 2011 г. оборудуются лазерными анализаторами (спектрометрами) израильской фирмы «Laser Distance Spectrometry» для определения хи-

мического состава магнезита в потоке (на транспортной ленте). Добыча магнезита в открытых карьерах на Саткинской производственной площадке будет продолжена.

Осуществляются доразведка и проектирование карьера и обогатительной фабрики на Дальнем Востоке, где планируется добыча графита, в том числе сортов, пригодных для огнеупорного производства. Группа «Магнезит» развивает также производство плавящихся шпинелей как периклазохромитового, так и алюмопериклазового состава на Саткинской производственной площадке для обеспечения производства на всех предприятиях Группы. Таким образом, Группа «Магнезит» стремится к обеспечению собственного производства в первую очередь углеродсодержащих огнеупоров на Саткинской производственной площадке, в ПАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод» и на «Slovmag A. S.» собственным сырьем не менее чем на 80–90 %. Принимаемые меры позволяют не только снять зависимость от слабо прогнозируемых поставок периклаза и графита из-за рубежа, но и иметь продукт гарантированного качества и по прогнозируемым ценам.

Естественно, конкуренты Группы «Магнезит» не стоят на месте. С учетом опережающего роста потребности в огнеупорах на основе плавящихся материалов все фирмы в поиске собственных источников этих материалов. В RHI в 2012 г. введено в эксплуатацию предприятие в Норвегии производительностью 80 тыс. т плавящего периклаза; на предприятии фирмы «Kutmas» (Турция) производство плавящего периклаза увеличено с 17,5 до 52,5 тыс. т. Реализуются соответствующие программы и иными производителями огнеупоров. Однако поколебать позиции мирового лидера — китайских производителей, которые в 2011 г. экспортировали 345 тыс. т плавящего периклаза (в том числе в Россию 21,1 тыс. т и в Украину 1,7 тыс. т) и значительный объем периклазоуглеродистых огнеупоров на основе плавящего периклаза, в ближайшее время затруднительно. Даже с учетом растущего потребления этого продукта китайской огнеупорной промышленностью.

ООО «Кералит» в первом квартале 2013 г. вводит в эксплуатацию высокотемпературную шахтную печь мощностью 25 тыс. т табулярного глинозема. Это позволит предприятию существенно снизить зависимость производства корундовых и корундопериклазовых (корундошпинельных) и других сухих смесей для бесцементных и низкоцементных бетонов от поставок табулярного глинозема из-за рубежа.

В ОАО БКО не первый год производятся высокоглиноземистый цемент марки Cembor и активный глинозем (с размером частиц <2 мкм), что позволяет снизить зависимость производства неформованных огнеупорных материалов и изделий из них от поставок сырья из Европы и Китая.

ЭКОНОМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вопрос оптимизации стойкости теплового агрегата, футерованного огнеупорами, становится для метал-

лургов все более актуальным. Традиционно критерием экономичности применения огнеупоров является снижение удельного расхода огнеупоров на 1 т стали; в Японии, например, этот показатель с 15 кг/т стали в 1980 г. снизился с учетом импортных огнеупоров до 9,0–10,5 кг/т стали. В настоящее время в Китае за этот же период удельный расход огнеупоров снизился с 55 до 20 кг/т стали. В России и Украине данные, касающиеся экономических выкладок, редко становятся достоянием гласности. По нашим данным, для ряда электросталеплавильных предприятий удельный расход огнеупоров 8–10, а для конвертерного производства 10–12 кг/т стали уже является нормой.

Роль корректной оценки экономической эффективности при балансировании показателей стойкости футеровки (дополнительно произведенный металл) — расход огнеупорных материалов (затраты на тонну стали) плюс трудозатраты и затраты времени на ремонт и т. д. очень важна. Представляется, что, как и в ряде стран за рубежом, при оценке эффективности применения огнеупорных материалов в настоящее время целесообразно использовать методику оценки совокупной стоимости владения (TCO — Total Cost of Ownership), определяемую как сумма прямых, эксплуатационных и косвенных затрат, которые несет владелец футеровки теплового агрегата за период ее жизненного цикла с учетом потерь производства от простоев и выигрыша от дополнительно произведенного металла. Более корректной представляется оценка затрат на огнеупоры на 1 т стали. Доля стоимости футеровки тех или иных агрегатов на металлургических предприятиях, естественно, известна, но относится к материалам, не подлежащим опубликованию в открытой печати.

Экономика процессов ухода за футеровкой, корректное определение безубыточности применения тех или иных огнеупорных материалов и схем футеровки металлургических агрегатов, технологий горячего ремонта требуют системного подхода. Только используя комплексный подход (например, TCO), можно обсуждать реальное соотношение цена : качество огнеупорного материала с учетом суммы факторов, касающихся улучшения условий службы, качества огнеупорных материалов и выполнения футеровки, а также следует учитывать эффективность технологии эксплуатации. При этом детали не следует упускать. Особенно это важно при оценке эффективности применения в технологии обожженных извести и доломита, кое-где сырого доломита, высокомагнезиальных флюсов, в том числе для раздува шлака, подварки, торкретирования и других операций. Например, японские исследователи показали, что использование обожженного доломита и периклазового порошка (обоженного) в качестве флюса для повышения содержания MgO в шлаке (в конвертере) неэффективно, поскольку не препятствует растворению периклазоуглеродистых изделий футеровки в шлаке $\text{FeO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ [28]; эффективен же флюс, содержащий ферриты магния и кальция. Тем самым подтверждены выводы специалистов Уральского института металлов, сделанные ранее.

В конвертерном производстве СНГ присутствуют два подхода: европейский — использование высококачественных дорогостоящих огнеупоров, футеровка подвергается в процессе эксплуатации минимальному уходу, а ее стойкость составляет 3–4 тыс. плавов и американско-азиатский — значительное число операций поддержания футеровки в рабочем состоянии без остановок на перефутеровку при стойкости 5–9 тыс. плавов. По нашему мнению, обе технологии актуальны, но для осознанного выбора нужно выполнить корректные расчеты, в том числе с учетом требований к качеству производимого металла и цены на все используемые материалы, в том числе собственного производства.

На ESI (Канада) стойкость конвертеров экономически обоснована с учетом отработанной системы ухода за футеровкой и четкой работы технологического персонала — одна перефутеровка в год (в цехе 2 конвертера, производительность цеха 3,5 млн т в год) [29]. Оригинальный подход к решению проблем с футеровкой различных агрегатов демонстрирует «Baoshan Iron & Steel Co.», Ltd (Китай) [30], предприятие одного из крупнейших производителей стали в мире — компании «Baosteel». В группе компаний сформулирован режим стратегических контрольных закупок огнеупорных материалов, который предполагает совместное участие заказчика и поставщика огнеупоров в комплексе работ инжинирингового плана, в разработке технологии эффективного применения огнеупорных материалов. Из последних работ: мокрое торкретирование футеровки сталеразливочных ковшей на участках локального износа, использование высокоглиноземистого бетона в арматурном (контрольном) слое футеровки сталеразливочного ковша, использование вместо теплоизоляции на основе волокна в различных агрегатах плит с низкой теплопроводностью, бесхромистые огнеупоры в вакууматорах и т. д.

Цены на огнеупорное сырье растут существенно быстрее, чем на другие материалы, используемые в производстве металла: на железорудное сырье и уголь. Высокие цены на импортный плавильный и высококачественный плотноспеченный периклаз, а также графит предопределили прекращение производства периклазоуглеродистых огнеупоров в ОАО БКО, ОАО «Динур» и ОАО СОЗ. Именно поэтому периклазоуглеродистые огнеупоры высокого качества из китайского сырья, даже с добавкой спеченного периклаза иного происхождения, производимые на предприятиях Украины, вероятно, не будут конкурентоспособны огнеупорам китайского или российского производства аналогичного качества. Исключение — ПАО ПОЗ, который будет работать по технологии Группы «Магнезит» и с использованием периклаза, производимого и поставляемого Группой «Магнезит».

Цены на огнеупорные материалы чувствительны к изменению цен на энергию, железнодорожные перевозки, так как доля последних в калькуляции значительна. Цена на газ и электроэнергию, по данным Высшей школы бизнеса МГУ им. М. В. Ломоносова, демонстрирует уверенный рост на территории Рос-



Рис. 7. Один из энергоблоков мощностью 12 МВт

сии, что позволяет Европейскому банку реконструкции и развития говорить о перспективе 10 % роста цены на энергоресурсы ежегодно до 2020 г. [31]. Группа «Магнезит» в 2012 г. завершает ввод в эксплуатацию двух энергоблоков (газопоршневых электростанций по три в одном блоке) общей мощностью 25 МВт (рис. 7), что на 60 % покрывает потребности в электроэнергии предприятий Саткинской производственной площадки.

В условиях дефицита сырья важно максимально осуществлять рециклинг огнеупоров. Есть два варианта: прямое использование огнеупоров после службы в тепловом агрегате с другой целью и использование при изготовлении нового продукта (формованного или неформованного). В последнем случае обязательны очистка материала от посторонних включений, дробление, фракционирование, смешивание, формование и термообработка; естественно, две последние операции типичны для получения формованных изделий. Первый вариант в металлургии СНГ реализуется часто — например, использование периклазоуглеродистых огнеупоров после службы в качестве подварки в конвертерах. Представляется, что это малоэффективное решение, поскольку в процессе службы огнеупора в агрегате (в конвертере, ДСП, сталеразливочном ковше) связующее уже скоксовано и при попадании на ремонтируемую поверхность агрегата не способно к растеканию по ремонтируемой поверхности. Однако после дробления с добавлением углеродистого, чаще термoplastического связующего огнеупорный материал приобретает пластичность при нагревании и формирует на футеровке слой повышенной стойкости. Часто периклазовые изделия после службы используют в качестве модификатора шлака, огнеупорных засыпок, периклазоуглеродистые — для приготовления стартовых засыпок для ДСП; в качестве компонента торкрет-масс можно использовать дробленый огнеупор фракции 1–5 мм для мокрого торкретирования и мельче 1 мм для сухого.

С эффективностью эксплуатации футеровки, с затратами на ее выполнение неразрывно связаны также вопросы применения того или иного оборудования: торкрет-машин для выполнения рабочего слоя футеровки шахт доменных печей, газоходов, проме-

жуточных ковшей МНЛЗ, для горячего ремонта желобов в доменном производстве, патрубков вакууматоров, футеровки сталеразливочных ковшей, ДСП и конвертеров, а также чугуновозных ковшей и коксовых батарей; смесителей с возможностью подачи массы на бетонируемые участки; бросковых машин для набивки подин (откосов) ДСП; агрегатов сушки и разогрева футеровки. Применение оборудования для контроля остаточной толщины футеровки позволяет ремонтировать наиболее изношенные участки футеровки, тем самым снижаются удельный расход торкрет-масс и время, затрачиваемое на выполнение операции. Применение низкоцементных и ультранизкоцементных огнеупорных бетонов требует тщательного дозирования воды в смеситель и перемешивания компонентов за фиксированное время. В современных агрегатах приготовления огнеупорного бетона влажностью до 4,5 % применяется оборудование, в котором точность дозирования составляет 0,1 % (абс.). Результат: стойкость арматурного слоя футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ превышает 1000 плавов, с использованием корундоперилазовых и корундошпинельных бетонов выполняются футеровка дна и стен сталеразливочного ковша, наружной стенки патрубка вакууматора, а также футеровочные работы в прокатном производстве и т. д. Следует упомянуть также современное оборудование для разрушения футеровки после вывода агрегата из эксплуатации, применение которого снижает трудозатраты и ускоряет процесс. Автоматизированные агрегаты сушки и разогрева футеровки ковшей комплектуются устройствами для дожигания (окисления) органических соединений, выделяющихся из футеровки при повышенных температурах. В последнее десятилетие на металлургических предприятиях осуществляется переход к использованию шиберных затворов с плитами многократного применения; обычно стойкость 3–5 плавов. С увеличением стойкости плит в шиберных затворах также решается задача ускорения оборачиваемости сталеразливочных ковшей.

ЧИСТАЯ СТАЛЬ

Роль огнеупорных материалов в производстве стали не ограничивается защитой металлического корпуса агрегата от воздействия жидкого металла и шлака. Мировая практика развития металлургии демонстрирует все большую важность огнеупорных материалов в достижении экономических преимуществ, в том числе в создании условий производства металла заданного качества. Все чаще рассматривается важность огнеупорных материалов для получения «чистой стали» с пониженным содержанием неметаллических включений, являющихся причиной дефектов конечной продукции [32–34].

Конструкция футеровки и качество используемых в ней огнеупорных материалов рассматриваются как обязательное условие при разработке и реализации технологии производства качественного металла. Например известные требования к автолисту: $\leq 0,003 \text{ \% [C]}$, $\leq 0,0025 \text{ \% [O}_{\text{общ}}]}$, $\leq 0,006 \text{ \% [S]}$, $\leq 0,005 \text{ \% [P]}$.

Выполнение этих требований достижимо при использовании ряда известных технологических приемов: десульфурации чугуна и стали, внепечной обработки стали, предотвращения процессов науглероживания и вторичного окисления компонентов стали на всех этапах ее производства. Процесс десульфурации чугуна в чугуновозных ковшах, ковшах перелива чугуна в конвертеры, в передвижных миксерах «торпедо» реализован с использованием длинномерных фурм, футерованных огнеупорным бетоном; аналогичные изделия используются также в УДМ в сталеплавильных цехах в технологии подогрева стали, а иногда для аргонной продувки. Стойкость фурм на установках десульфурации превышает 1000 мин, что позволяет эффективно использовать эти агрегаты и в России: в ОАО НТМК, ОАО ММК, ОАО НЛМК, а также на украинских предприятиях: ПАО «МК «Азовсталь», ПАО «Алчевский металлургический комбинат». На металлургических предприятиях эксплуатируются более десяти установок RH, несколько десятков агрегатов LF-VD, LF-VOD в конвертерных и электросталеплавильных цехах, а также АКР и ГКР. Наиболее сложным с точки зрения выполнения футеровки представляется агрегат типа RH, причем обычно для глубокого обезуглероживания осуществляется вдувание кислорода в металл во всасывающем патрубке, что способствует снижению стойкости футеровки. При производстве стали без фаз внедрения, например LF, кислород вдувается также через верхнюю фурму в агрегатах как RH, так и LF-VOD.

Вакуумная дегазация, удаление неметаллических включений, углерода, серы, фосфора, кремния, контролируемое раскисление и модифицирование стали требуют использования агрегатов, футерованных высококачественными огнеупорными материалами. Более того, в определенных условиях необходимо применение конкретных видов материалов. Футеровки приобретают вид многослойных, рассчитанных и с точки зрения теплотехнических и механических напряжений, с учетом различных условий, влияющих на агрессивный характер воздействия шлакометаллического расплава на футеровку, в том числе в условиях вакуума, создаваемого в футеровке.

Наиболее изнашиваемая часть агрегата RH — патрубок, футеруемый шлифованными огнеупорными изделиями изнутри и корундошпинельным бетоном снаружи. В процессе эксплуатации вакууматора осуществляется горячий ремонт патрубка как изнутри, так и снаружи торкретированием с использованием высокостойких торкрет-масс. Требуемая стойкость патрубков — 100–200 плавов в зависимости от множества эксплуатационных факторов. Группа «Магнезит» — единственный изготовитель и поставщик комплекса огнеупоров для футеровки агрегатов RH на постсоветском пространстве, включая разнообразные формованные и неформованные материалы, изготавливаемые из отечественного сырья.

Внепечная обработка металла в сталеразливочном ковше также требует решения некоторых технических задач. Например, для производства стали



Рис. 8. Промежуточный ковш МНЛЗ с установленными огнеупорными изделиями для изменения направления потоков металла

глубокого обезуглероживания футеровки сталеразливочного ковша требуются изделия с пониженным содержанием углерода (3–4 % вместо 7–8 % в обычных изделиях для стен сталеразливочных ковшей). Японские исследователи видят перспективу в создании периклазоуглеродистых огнеупоров с заменой графита в составе шихты на наноразмерный углерод, что позволит получить изделия, высокостойкие к воздействию расплава стали и шлака, с содержанием 2,5–3,0 % углерода, но при этом обладающие низкой теплопроводностью, высокой термостойкостью и не оказывающие науглероживающий эффект на транспортируемый и обрабатываемый металл [35, 36].

Рафинирование металла в сталеразливочном ковше включает процессы перемешивания жидкой ванны для ускорения скорости реакций, усреднения химического состава и температуры по объему в процессе рафинировочных процессов. Процесс обычно реализуется с использованием донной продувки в сталеразливочных ковшах. Соответствующие функциональные огнеупоры поставляются на металлургические предприятия из-за рубежа, но уже есть ряд предприятий — производителей донных фурм достойного качества и в России, и в Украине.

Футеровка неизбежно разрушается в процессе эксплуатации всех агрегатов при контакте с жидким металлом и шлаком и является одним из источников неметаллических включений, снижающих чистоту стали; важно удалить максимальное число включений на последней стадии сталеплавильного процесса — во время разливки металла.

Библиографический список

1. **Сигал, Е.** Много шума из ВТО / Е. Сигал // Коммерсант деньги. — № 20, (877), 21.05–27.05.2012. — С. 26–29.
2. **Buchner, H. -J.** Steel consumption and global refractory brick demand — a stagnated markets? / H. -J. Buchner // Refractories Worldforum. — 2013. — Vol. 5, № 1. — P. 29–34.
3. **Аксельрод, Л. М.** Развитие производства огнеупоров в мире и в России, новые технологии / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2011. — № 3. — С. 106–119.
4. **Bolder R.** North American Refractories. All Changes at the Top / R. Bolder // Industrial Minerals. — 1999. — № 1. — P. 25–35.

Наиболее интенсивно прорабатываются конструктивные решения промежуточных ковшей МНЛЗ и функциональных элементов, связанных с процессами, протекающими как в промежуточном ковше, так и в стопорно-дозировочном разливочном узле, в том числе вплоть до распределения металла в кристаллизаторе. Промежуточный ковш давно утратил функцию исключительно распределителя металла в кристаллизаторы; все чаще он применяется как рафинирующий агрегат. Современная футеровка промежуточного ковша сухими массами позволяет избежать перехода в сталь водорода, особенно на первой плавке.

Применение металлоприемников-турбостопов, перегородок, порогов, вдувание аргона через дно, в перегородку или в зону стопорно-дозировочного узла промежуточного ковша (рис. 8) создает условия для всплывания неметаллических включений к сорбирующему покровному шлаку в промежуточном ковше [37, 38]. Разнообразные способы подвода металла в кристаллизатор с использованием особой конструкции погружаемых стаканов [39–41] позволяют создать условия для всплывания неметаллических включений в кристаллизаторе. Особая роль отводится устранению контакта разливаемого металла с кислородом, а иногда и с азотом на всех стадиях перелива металла (герметизация стыков огнеупоров, создание в сталеразливочном канале избыточного давления с использованием аргона и т. д.). Таким образом, сформировалось новое направление: огнеупорные материалы для производства чистой стали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях возрастающей конкуренции при постоянной тенденции к повышению требований к качеству продукции и сокращению издержек работа на рынке становится все более сложной. Развитие отечественной огнеупорной промышленности вообще и каждого предприятия в отдельности определяется комплексом факторов: эффективностью взаимодействия производителей огнеупоров и инженерных служб потребителей огнеупоров, организацией производства огнеупорных материалов мирового уровня с приемлемой себестоимостью, умения оказывать инжиниринговые и сервисные услуги и формировать доказательную базу экономической эффективности применения огнеупоров своего производства.

5. **Токарев, А. В.** Огнеупоры в металлургии: от логистики и обслуживания к инновационному сервису / А. В. Токарев, М. Х. Шаимов // Новые огнеупоры. — 2011. — № 6. — С. 141–144.
6. **Schmidt-Whitley, R.** The Success Story of European Refractories / R. Schmidt-Whitley // Refractories Worldforum. — 2012. — Vol. 4, № 2. — P. 37–40.
7. **Пивинский, Ю. Е.** Керамические и огнеупорные материалы. Избранные труды. Т. 2 / Ю. Е. Пивинский. — СПб.: Стройиздат, 2003. — 688 с.
8. **Пивинский, Ю. Е.** Реология дисперсных систем, ВКВС и керамобетоны. Элементы нанотехнологий в силикатном

материаловедении / Ю. Е. Пивинский. — СПб.: Политехника, 2012. — 682 с.

9. **Ильянкин, А. В.** Организация производства торкрет-масс различного назначения в ООО «Магнезит-торкрет-массы» / А. В. Ильянкин, Е. Н. Поспелова, А. Н. Амурзаков // Новые огнеупоры. — 2010. — № 4. — С. 32–36.

10. **Аксельрод, Л. М.** Внедрение технологии изготовления рабочей футеровки промковшей «сухими» массами / Л. М. Аксельрод, Н. В. Горелов, Е. М. Сладков // Металл и литье Украины. — 2010. — № 9/10. — С. 11–14.

11. **Демидов, К. Н.** Технология производства высокомагнезиальных флюсов и повышение стойкости футеровки при их использовании в конвертерной плавке (сообщение 1 и 2) / К. Н. Демидов, Л. А. Смирнов, А. П. Возчиков [и др.] // Сталь. — 2011. — № 11. — С. 21–27; № 12. — С. 10–16.

12. **Аксельрод, Л. М.** Повышение стойкости футеровки ДСП путем использования MgO–CaO флюса / Л. М. Аксельрод, М. Б. Оржих, И. В. Кушнерев // Электрометаллургия. — 2009. — № 11. — С. 9–13.

13. **Оржих, М. Б.** Практика применения магнезиальных модификаторов шлака в электросталеплавильных печах и сталеразливочных ковшах / М. Б. Оржих, Л. М. Аксельрод, М. Б. Турчин [и др.] // Новые огнеупоры. — 2011. — № 6. — С. 56–58.

14. **Brugman, C.** Contribution to the slagging of MgO in secondary metallurgical slags / C. Brugman // Refractories Worldforum. — 2011. — Vol. 3, № 1. — P. 105–109.

15. **Wohmeyer, G.** The impact of Synthetic slags on steel ladle refractory life time / G. Wohmeyer, T. Elorza-Ricard, R. Joilly [et al.] // 51rd International Colloquium on Refractories, 2008, Aachen, Germany, 15–16 October, 2008. — P. 80–83.

16. **Вислогузова, Э. А.** Повышение стойкости металлургических агрегатов за счет использования новых огнеупоров и схем футеровки / Э. А. Вислогузова, А. В. Шкляев // Труды XI конгресса сталеплавильщиков, г. Нижний Тагил, 3–8 октября 2010 г. — М.: Черметинформация, 2011. — С. 307–311.

17. **Аксельрод, Л. М.** Повышение стойкости футеровки конвертеров: огнеупоры, технологические приемы / Л. М. Аксельрод, А. В. Лаптев, В. А. Устинов [и др.] // Металл и литье Украины. — 2009. — № 1 / 2. — С. 9–15.

18. **Иванова, И. М.** Работа конвертерных цехов на заводах России / И. М. Иванова // Бюл. Черная металлургия. — 2012. — № 5. — С. 3–10.

19. **Аксельрод, Л. М.** Выплавка стали, применение огнеупорных материалов, корректировка тенденций, прогноз / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2012. — № 3. — С. 117–131.

20. **Минаев, Д.** Огнеупорный рынок / Д. Минаев, И. Рябов, С. Костюченко // Металлоснабжение и сбыт. — 2012. — Июль – август. — С. 116–121.

21. **Baaske, A.** Refractory Raw Materials — Developments, Trends, Availability / A. Baaske, R. Dubers, J. Fandrich [et al.] // Refractories Worldforum. — 2012. — Vol. 4, № 1. — P. 27–34.

22. **Ming, Xin.** China's refractories production and International trade / Xin Ming, Pan Shangxin, Fu Lili, Li Chaowen // China's Refractories. — 2011. — № 3. — P. 1–5.

23. **Dianli, Hu.** Production and running status of China's refractories and main downstream industries in 2010 / Hu Dianli, Sun Hefei // China's Refractories. — 2011. — № 2. — P. 1–7.

24. **Roberts, J.** Alumina's balancing act // J. Roberts // Industrial Minerals. — 2010. — № 9. — P. 58, 59.

25. **O'Driscoll, M.** China announces export quotas for 2012 / M. O'Driscoll, J. Roberts // Industrial Minerals. — 2012. — № 1. — P. 10.

26. **Примаченко, В. В.** Исследование пригодности магнезиально-силикатных пород Сухохоторского месторождения для изготовления форстеритовых огнеупоров / В. В. Примаченко, В. В. Мартыненко, Ю. А. Спирин [и др.] // Металлургия и горнорудная промышленность. — 2011. — № 5. — С. 60–63.

27. Weighing the alternatives // Industrial Minerals. — 2010. — № 10. — P. 55, 58, 61.

28. **Maruoka, N.** Competitive Dissolution of MgO from Flux and Refractory / N. Maruoka, N. Ishikawa, H. Shibata, S. Kitamura // UNITECR 2011, 30 October – 2 November, 2011, Kyoto, Japan, 1-E-17.

29. **Ugnadpada, K.** Production improvement of N. 2 BOSP at ESAI / K. Ugnadpada, S. Briglio, G. Mohammed // Iron and Steel Technology. — 2010. — № 11. — P. 59–64.

30. **Yiyu, Z.** Research on refractories technology to meet the demands of steel-making process / Z. Yiyu, M. Jining, S. Zhongming // China's Refractories. — 2011. — № 4. — P. 15–21. (перевод ОАО «Черметинформация» № 25937).

31. **Beauman, C.** The Economics of Green Technologies, International Climate Policy and Russian Steel / C. Beauman // Metall Bulletin & Eurasian Metals, 9th Steel Summit, 7–8 June 2011, Moscow.

32. **Lin, Y.** Roles and progress of refractories for clean steel technology / Y. Lin // China's Refractories. — 2011. — Vol. 20, № 2. — P. 8–15.

33. **Choudhary, S. K.** Influence of modified casting practice on steel cleanliness / S. K. Choudhary // ISIJ International. — 2011. — Vol. 51, № 4. — С. 557–565 (Новости черной металлургии за рубежом. — 2011. — № 6. — С. 45–50).

34. **Kunz, G.** Ladle refractories for clean steel production / G. Kunz // RHI Bulletin. — 2010. — № 2. — P. 30–40.

35. **Мацуи, Т.** Характеристики и использование магнезиальноуглеродистых изделий, полученных с применением нанотехнологий / Т. Мацуи, К. Гото, Я. Ямада [и др.] // Новые огнеупоры. — 2006. — № 12. — С. 61–64.

36. **Fukahara, C.** Properties of MgO–C-bricks with added carbon nano-fibers / C. Fukahara, M. Tanaka, J. Yoshitomi [et al.] // Taikabutsu-Refractories, 2010. — Vol. 62, № 3. — С. 136.

37. **Tassot, P.** Ways of improving steel quality in the tundish / P. Tassot, N. Reichert // Revue de Metallurgie. — 2010. — Vol. 107, № 5. — С. 179–185.

38. **Вдовин, К. А.** Проектирование рафинирующих устройств современных промежуточных ковшей МНЛЗ / К. А. Вдовин, В. В. Точилкин // Сб. докладов «Международный симпозиум посвященный комплексной переработке техногенных отходов металлургического производства», Москва, 8 октября 2009 г. — С. 324–348.

39. **Пат. 2167031 Российская Федерация**, В 22 Д. Глуходонный погружаемый стакан / Носов С. К., Кузовков А. Я., Ильин В. И. [и др.] ; опубл. 29.02.00.

40. **Смирнов, А. Н.** Погружные стаканы для непрерывной разливки слабов на МНЛЗ / А. Н. Смирнов, А. П. Верзилов // Бюл. Черная металлургия. — 2011. — № 9. — С. 42–51.

41. **Кель, Р.** Улучшение качества специальных сталей в результате использования погружных стаканов FOSULIS конструкции TECHCOM / Р. Кель, В. Эндерс, И. А. Бондаренко // Металлург. — 2012. — № 7. — С. 36–39. ■

Получено 04.02.13
© Л. М. Аксельрод, 2013 г.