



К. т. н. Л. М. Аксельрод (✉)

ООО «Группа «Мagneзит», Москва, Россия

УДК 669.1:666.76.001.8

КОНКУРЕНЦИЯ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ РЫНКЕ — ДВИГАТЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ ОГНЕУПОРОВ*

В ситуации обострения конкуренции между поставщиками продукции черной металлургии на мировом рынке усиливается конкуренция между производителями и поставщиками огнеупорных материалов. Приведена информация об особенностях конкурентной борьбы на российском рынке огнеупоров, о развитии огнеупорной промышленности в России на фоне общемировой практики.

Ключевые слова: производство огнеупорных материалов, тенденции, перспективы, импортозамещение, чистая сталь, совокупная стоимость владения огнеупорами.

ВВЕДЕНИЕ

Рынок огнеупоров не только на постсоветском пространстве последние 10–15 лет является рынком потребителей и существует в условиях избытка предложения огнеупорных материалов и, соответственно, в условиях жесткой конкуренции. В настоящее время можно говорить о новом этапе развития рынка огнеупоров в условиях динамичного развития технологий как в целом в отраслях — основных потребителях огнеупорной продукции, так и в производстве и применении огнеупорных материалов. С учетом того, что в России, в странах Таможенного союза ЕАЭС, как и во всем мире, основным потребителем огнеупорных материалов является черная металлургия — до 75 % потребления высококачественных огнеупорных материалов, в предлагаемой статье рассматривается ряд аспектов взаимовлияния черной металлургии и потребления, а также производства огнеупорных материалов. Дополнительный отпечаток на эту взаимосвязь накладывает то, что российская металлургия — это экспортно

ориентированная отрасль, а российская огнеупорная отрасль в настоящее время скорее импорто-ориентированная, и существуют они в условиях жесткой конкуренции на мировом рынке.

НАСТОЯЩЕЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В мире

В 2014 г. мировое производство стали достигло 1.637 млн т, прирост 1,1 %. Производство нерафинированной стали в Китае достигло 823 млн т, прирост в сравнении с 2013 г. 7,5 % (в 2013 г. 779 млн т стали) при внутреннем спросе 740 млн т, что на 30 млн т меньше, чем в 2013 г. (www.indmin.com). Здесь и далее китайской промышленности и ее потенциалу будет уделяться повышенное внимание, так как она реально влияет на конкурентную среду в потреблении и

стали, и огнеупорных материалов. Достаточно сказать, что прирост производства стали в мире с 2000 по 2015 г. составил 89 %, при этом доля Китая непрерывно росла и достигла практически 50 % мирового производства стали; прирост в Китае за те же годы составил 532 %.

В 2015 г. мировое производство стали уменьшилось на 2,8 % к 2014 г. В Китае выплавка стали снизилась до 803,83 млн т (–2,5 %), при этом потребление стали уменьшилось на 3,35 % (–24,3 млн т, WSA). В табл. 1 приведена информация World Steel Association (WSA) о производстве и потреблении стали для ТОП-8 (по производству стали), а также об основных экспортерах стали в мире. В десятку крупнейших потребителей стали в мире в 2014 г. вошли также Турция и Мексика, потребляя 34,4 и 24,2 млн т стали соответственно.

Спадением внутреннего спроса в 2015 г. объем экспорта стали из Китая достиг 112,42 млн т (+19,9 %). Прогноз WSA: на 2016 г. снижение производства стали в Китае на 4 % до 645,4 млн т, в 2017 г. до 626,1 млн т (–3 %) без роста внутреннего потребления (падение экономики и продолжающиеся реформы). В то же время после спада экспорта металла в январе – феврале 2016 г.

Таблица 1. Основные производители, потребители и экспортеры стали в мире по данным WSA

Страна	Производство стали в 2015 г., млн т; (изменение к 2014 г.)	Потребление стали в 2015 г., млн т*	Экспорт стали в 2014 г., млн т
Китай	803,8 (–2,3 %)	672,0	92,3
Япония	105,2 (–5,0 %)	62,9	41,3
Индия	89,6 (+2,6 %)	79,5	Н. д.
США	78,9 (–10,5 %)	95,7	» »
Россия	71,1 (–0,5 %)	39,4	27,0
Южная Корея	69,7 (–1,9 %)	56,0	31,9
Германия	42,7 (–0,6 %)	39,0	24,8
Бразилия	33,2 (–1,9 %)	21,3	Н. д.

* По оценке WSA на 13 апреля 2016 г.

* По материалам Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (7–8 апреля 2016 г., Москва).



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

в марте экспорт вырос сразу на 30 % как результат подъема цен в мире на прокат (+10 %), в том числе на строительную арматуру. Резервные мощности китайские экспортеры подключают при необходимости. Более того, Центробанк Китая заявляет, что усилит поддержку экспорта стали, решая задачу ослабить давление на внутреннем рынке от перепроизводства стальной продукции (www.steelland.ru). Стабильный прирост потребления металла в 2016 и 2017 гг. в различной степени ожидается в странах ЕС, Ближнего Востока, Северной Африки, в Индии, Вьетнаме, Турции и ряде других государств.

Согласно оценке WSA снижение мирового спроса на сталь в 2015 г. продолжится и в 2016 г. до 1,488 млн т (-0,8 % к 2015 г.), рост спроса ожидается в 2017 г. до 1,494 млн т (+0,4 %). В любом случае сталь и в будущем остается основным конструкционным материалом в мире.

В России

В России 2015 г. завершился незначительным спадом в металлургическом производстве. Произведено 69,4 млн т стали (Росстат), 71,4 млн т (WSA). Сравнительная успешность черной металлургии России в 2015 г. на фоне спада в потреблении стали в РФ на 10–12 % (потребность в прокате упала до 40 млн т против 45 млн т в 2014 г.) — результат интенсификации экспорта металла на зарубежные рынки. Внутреннее же падение спроса обосновывается снижением производства в автомобилестроении, строительстве, машиностроении.

Чего стоит ожидать от 2016 г.? По крайней мере, отрицатель-

но скажется рост инфляции затрат, связанной с ростом тарифов госмонополий; не предвидится и роста внутреннего спроса на продукцию металлургии в таких металлоемких отраслях, как автомобилестроение, строительство и машиностроение. По прогнозам российского объединения производителей стали и WSA, спад в потреблении на российском рынке может составить от 7 до 11 %; некоторый рост прогнозируется в потреблении труб [1]. WSA не видит оснований для роста потребления стали в России и в 2017 г. Есть надежда, что российским металлургам, получившим известные ценовые преимущества в 2015 г. на мировом рынке на фоне ослабевшего рубля, обладающим во многом собственными источниками сырья и успевшим в значительной мере завершить реконструкцию производства, удастся сохранить экспортный потенциал.

Трудности с экспортом продукции российской металлургии в 2016 г. могут иметь место. Во-первых, тренд на расширение экспорта китайского металла в 2016 г. будет сохранен. Избыток металла вследствие снижения его внутреннего потребления с неизбежностью скажется на мировом рынке, как это произошло уже в 2015 г. Во-вторых, снижение цен на металлы на мировом рынке ужесточит конкуренцию (WSA ожидает падение цен во втором полугодии 2016 г.), а в случае роста цен китайская промышленность легко увеличит производство металла (существует значительное количество «законсервированных» мощностей по выплавке металла — до 30 % от эксплуатируемых). В-третьих,

имеют место перманентные расследования в отношении российской стали со стороны ряда стран (США, Евросоюз, Турция и т. д.) по причине «неоправданного протекционизма на экспортных рынках» в стремлении сохранить собственную металлургию. Эти расследования происходят не только в отношении российской стали (в первую очередь китайской в тех же странах и мексиканской в США), но и в отношении продукции сортового производства РУП БМЗ в ЕС и т. д. В любом случае спад в производстве стали в Китае, России и Бразилии в 2016 г. весьма вероятен, по мнению WSA. В первом квартале 2016 г. в России сокращены выплавка стали на 5,45 % и производство проката на 5,1 %.

На фоне ожесточения конкуренции между производителями металла потребители огнеупоров стремятся оптимизировать затраты, и, естественно, одну из статей: затраты на огнеупорные материалы. Одновременно избыточные мощности в производстве огнеупорных материалов будут провоцировать ожесточение конкуренции и поиск нестандартных решений для удержания и завоевания новых рынков.

НАСТОЯЩЕЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОДУКЦИИ РОССИЙСКИМИ МЕТАЛЛУРГАМИ

С уменьшением объема производства стали с неизбежностью будет снижаться потребление огнеупорных материалов в упомянутых трех странах, обладающих достаточно мощным производством огнеупоров. И снова о китайском факторе. В табл. 2 при-

Таблица 2. Изменения в объеме и структуре производства и экспорта огнеупорных материалов и сырья (плавленный периклаз и графит)

Год	Производство огнеупорных материалов, млн т/%*			Экспорт огнеупорной продукции, млн т/%*				
	всего	в том числе		всего	в том числе			
		формованных	неформованных		огнеупорных материалов	сырья (всего)	в том числе	
							плавленного периклаза	графита
2012	28,2 / -4,4	16,4	11,3 / -7,4	5,3 / +0,3	2,0 / +4,4	3,3 / -2,1	0,3 / -5,3	0,16 / +5,7
2013	29,3 / +3,9	Н. д.	11,4 / +1,3		Нет данных		0,3 / -7,7	Н. д. / +4,6
2014	28,0 / -4,5	15,6 / -4,3	10,9 / -4,7	5,7 / +12,6	3,8 / +17	Н. д.	0,4 / +22,2	0,18 / +2,1
2015	26,2 / -6,5	15,3 / -7,8	10,4 / -4,4	Н. д.	Н. д. / -8,8	» »	Н. д. / -3,2	Н. д.

* % — изменение к предыдущему году.

ведена информация о динамике и изменениях в структуре производства огнеупорных материалов в Китае и экспорта из Китая в последние годы (данные Китайской ассоциации производителей огнеупоров приведены в журналах «Refractories Window», «Industrial Minerals», «China Refractories»), а на территории Китая производится более 60 % огнеупорных материалов мира.

В 2013 г. объем производства огнеупорных материалов в Китае, по данным Китайской ассоциации производителей огнеупоров, составил 29,283 млн т (+3,9 %, что соответствует 1,09 млн т продукции). Производство углеродсодержащих огнеупоров достигло 2,95 млн т (+8,79 %), функциональных огнеупоров 0,507 млн т (+11,09 %), огнеупорных бетонов 11,418 млн т (+1,245 %). При этом наблюдался спад в производстве алюмосиликатных и диоксидных материалов.

Параллельно снижался и экспорт огнеупоров, в том числе основного состава на 4,41 %, алюмосиликатного состава на 24,4 % и прочей продукции на 17,7 % при росте цен в среднем на 3,0, 1,4 и 34,9 % соответственно. 2013-й год — год наивысшего на настоящий период развития огнеупорной промышленности Китая [2]. С 2014 г. наблюдается торможение в расширении потребления и производства огнеупоров в Китае (см. табл. 2), и если в 2014 г. еще происходит некоторый прирост экспорта, то и общий объем производства и объем внутреннего потребления снижаются. В 2015 г. произошло снижение средних цен на оксидоуглеродистые огнеупоры (а это 50 % от экспорта китайской огнеупорной продукции) на 9,1 %. Это результат ценовых войн между китайскими производителями огнеупоров на рынке на фоне снижения объемов экспорта и потребления огнеупоров на внутреннем рынке Китая.

Следует отметить и еще один момент, присущий китайскому экспорту сырьевых огнеупорных материалов, — стремление удерживать цены на экспортируемый плавящийся периклаз на стабильном уровне до 2015 г., в то время как стоимость реализуемой на

экспорт продукции при снижении объема реализации на 9,63 % снизилась только на 0,5 %. Однако цены на графит в 2015 г. упали достаточно ощутимо, незначительно снижены цены и на плавящийся периклаз.

В 2014 г. за счет увеличения экспорта, при падении внутреннего спроса, не удалось перекрыть давление избыточных мощностей в огнеупорной отрасли Китая, что привело к полному или частично прекращению производства огнеупоров на многих предприятиях, в первую очередь в провинции Ляонин, в которой сосредоточено производство огнеупоров основного состава, в том числе безобжиговых оксидоуглеродистых. Однако, как констатирует Китайская ассоциация производителей огнеупоров, этот процесс в меньшей мере коснулся крупных производителей. Из 58 топовых производителей (всего в Китае огнеупоры производятся на более чем 1000 предприятий) прибыльным в 2015 г. было 51 предприятие.

Дополнительным фактором для снижения внутреннего потребления огнеупорных материалов в Китае является снижение удельного расхода огнеупоров на тонну стали. По оценке, она и сегодня составляет 10–20 кг/т стали, но по мере совершенствования технологии производства и применения огнеупорных материалов, а также в связи с закрытием устаревших производственных мощностей в черной металлургии (это реальный процесс, закрываются предприятия общей мощностью до 25–30 млн т в год) непрерывно снижается и удельный расход огнеупоров. Пятнадцать лет назад эта цифра в Китае достигала 50 кг/т стали.

Неизбежна активизация сбыта на российском рынке огнеупорной продукции, производимой в Китае, обостряя конкуренцию на российском, и не только, рынке огнеупоров. Российские металлурги и в настоящее время приобретают значительное количество огнеупорных материалов в Китае — это как оксидоуглеродистые безобжиговые изделия для футеровки конвертеров, электродуговых печей и сталеразливочных ковшей, так и функциональные огнеупоры:

изделия изостатического формования для МНЛЗ (трубы для защиты струи металла, стопоры-моноблоки, погружаемые стаканы, стаканы-дозаторы промежуточных ковшей), изделия для бесстопорной разливки стали (плиты, стаканы-коллекторы, стаканы сталеразливочных ковшей), донные фурмы для сталеразливочных ковшей и конвертеров и т. д. Поставляется из Китая значительная доля огнеупоров для доменного производства: как для футеровки нижнего строения домы, так и желобные массы и т. д., причем вся упомянутая продукция высокого класса, успешно конкурирующая, а в чем-то и превосходящая аналогичную продукцию европейских фирм.

На российском рынке формованных изделий превалирует китайская продукция, в том числе продукция фирм RHI AG (Австрия), «Magnesita Refractories S. A.» (Бразилия), которые поставляют продукцию с производственных площадок в Китае. Поставляют огнеупорную продукцию со своего китайского производства и российские предприятия: Группа «Магнезит», Боровичский комбинат огнеупоров и Динур. По ряду позиций, в первую очередь в функциональных огнеупорах для МНЛЗ, традиционно сильны позиции на российском рынке фирмы «Vesuvius» (Великобритания); присутствует в отдельных сегментах рынка и продукция фирм «Refratechnika Group» (Германия), «Ropczysze s. a.» (Польша). В то же время неформованные огнеупоры традиционно поступают в основном из Европы. Здесь лидируют RHI, EKW, «Weerulin», «Intocast», «Calderys», «Seven Refractories» (все Германия), «SMZ Jelsava» (Словакия), «Slovmag» (Словакия, входит в состав Группы «Магнезит»). По отдельным позициям осуществляются поставки и китайских неформованных огнеупоров.

Сформирована конкурентная площадка для борьбы за потребителя огнеупорной продукции на российском рынке, и вхождение новых поставщиков возможно с предложением нового качества и конкурентной цены. Продвижению на рынке в сложившихся условиях способствует реализация следующих шагов:

– стремление к укреплению позиций ведущих производителей огнеупоров в мире, в том числе в России, в качестве ведущих игроков, использование возможностей для роста производства и совершенствования системы распространения продукции на рынке, локализация по возможности производства в регионах с ориентацией на локальное потребление продукции;

– усиление позиций за счет системных решений в технологических инновациях широкого профиля, создание качественно новых и экономичных продуктов, технологий их применения, умение при этом ориентироваться на конкретных заказчиков, на расширение спектра предлагаемых услуг и технического обслуживания;

– быстрое и гибкое реагирование на запросы клиентов; постоянный мониторинг возникших и перспективных запросов в подразделениях потребителей по различным направлениям; эффективное использование огнеупоров как с технической, так и с экономической точки зрения; учет энергоэффективности предлагаемых решений, экологической безопасности работы персонала и оборудования; уменьшение негативной роли человеческого фактора; снижение издержек у потребителя, включая уменьшение доли затрат на тонну стали от применения предлагаемых огнеупорных материалов и технологий их применения; умелое использование опыта, полученного на других предприятиях, с учетом новых конкретных условий;

– реорганизация производственного и распределительного бизнеса с учетом экономических факторов, сформировавшихся на конкретном производстве, что сопровождается организацией консигнационных складов для быстрой поставки огнеупоров; организация с той же целью производства в максимальной близости от потребителей и своевременное прекращение эксплуатации производств на старых промплощадках. RHI в 2015 г. прекратила производство оксидоуглеродистых огнеупоров на низко- и среднотемпературных предприятиях в Дортмунде (Германия) и изделий для МНЛЗ в Clydebank (Шотландия), рас-

ширив в то же время производство оксидоуглеродистых огнеупоров на китайской производственной площадке и на предприятиях в американском континенте. «Magnesita» прекратила в 2015 г. производство известковопериклазовых обожженных огнеупоров в Китае в связи с падением спроса, Группа «Магнезит» прекратила производство алюмосиликатных, в том числе неформованных огнеупоров, на Кыштымском огнеупорном заводе, но расширила производство неформованных огнеупоров на Саткинской производственной площадке. Фирма «Seven Refractories» анонсировала организацию производства неформованных огнеупоров (38 тыс. т) в Казахстане с ориентацией 75 % производимой продукции на российский рынок;

– усиление позиций за счет репутации надежности поставщика: гарантии своевременных поставок, гарантии стойкости футеровки, выполнение гарантий по удельным затратам на тонну готовой продукции, предоставление финансовых льгот;

– предоставление сервиса в разнообразных формах, основанного на взаимной заинтересованности участников процесса.

ТРИ КИТА, НА КОТОРЫХ СТОИТ СОВРЕМЕННАЯ ОГНЕУПОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

В условиях, когда качество используемого оборудования на предприятиях — производителей огнеупоров постепенно выравнивалось и позволяет при надлежащей эксплуатации воспроизводить заданный производственный цикл (третий кит), когда ряд ведущих фирм (RHI, «Magnesita», Группа «Магнезит») выстроил производственную схему с максимальным самообеспечением сырьем собственного производства, хотя одновременно на рынке можно приобрести сырьевые материалы необходимого качества и по достойной цене, на первый план выходят компетенции производителей огнеупоров.

Компетенции

Под компетенцией понимается способность успешно действовать на основании теоретических

знаний, накопленных в процессе обучения и самообразования, и практического опыта для качественной продуктивной деятельности. Компетенция в производстве огнеупоров складывается в том числе из умения воспользоваться технологическими возможностями производства, а также из возможностей изготовителя совершенствовать технологии и создавать новые материалы. Кроме того, в компетенцию входит правильная оценка перспектив развития производственных возможностей в интересах потребителей огнеупорных материалов. Создание более стойких огнеупоров формируется в результате анализа существующих технологий, патентной и технической литературы, изучения продукции конкурентов, а также процессов, в которых служат огнеупорные материалы, и задач, которые ставят потребители соответственно своим целям и задачам.

Разработка нового продукта и совершенствование существующей технологии может включать:

– формулирование задачи и оценку перспектив нового или усовершенствованного продукта, включая экономический аспект;

– испытание сырьевых материалов, создание новой технологии и продукции, в том числе технологии оценки качества нового продукта, включая динамические испытания на стойкость к шлаку, клинкеру, штейну во вращающейся лабораторной печи или в индукционной печи с последующей оценкой механизма износа с применением петрографического, рентгенофазового и термогравиметрического анализов;

– оценку характеристик огнеупорных материалов, полученных в результате лабораторной разработки, и влияния этих характеристик на служебные свойства огнеупоров, сравнительный анализ результатов лабораторных исследований и натурных испытаний в металлургических агрегатах;

– моделирование процессов взаимодействия огнеупора с агрессивной средой, процессов сушки футеровки, особенно при использовании водосодержащих масс, таких как торкрет-массы, средне-, низко- и бесцементные

бетоны, распределения температуры в футеровке в процессе ее эксплуатации и т. д. [3–6];

- совершенствование технологии выполнения футеровочных работ и ухода за футеровкой в процессе ее эксплуатации, разработку или подбор материалов и оборудования, используемых при этом;

- эксплуатация футеровки, конечно, не в последнюю очередь участвует в решении производственных задач, но при создании щадящей технологии (отсутствие избыточного перегрева металла, отсечка высокоокисленного шлака при выпуске металла из сталеплавильного агрегата, оптимизация состава шлака, например регулирование основности шлака, концентрация MgO и Al_2O_3 в шлаке сталеразливочного ковша и т. д.) можно получить прирост стойкости футеровки с минимальными затратами. Успех возможен при возникновении синергетического эффекта от усилий участников процесса, включая технологов-металлургов.

Практически все ведущие фирмы располагают в настоящее время собственными исследовательскими центрами: RHI, «Vesuvius», Calderys, «Magnesita», «Posco» (Южная Корея), «Пуянг» (Китай), «Krosaki Harima» (Япония), «Refratechnika Group» и др. В России комплексными центрами, включающими технологические и материаловедческие лаборатории, обладают Группа «Магнезит», Боровичский комбинат огнеупоров и Динур. Все крупные фирмы, в том числе и российские, сотрудничают с вузами в своих странах, а зачастую и в иных государствах. В Китае помимо исследовательских центров при ведущих фирмах эффективно работает отраслевой институт «Sinosteel Luoyang Institute of Refractories Research Co., Ltd» с мощной производственной базой. Исследовательские лаборатории по направлениям функционируют при многих вузах, например в «Wuhan University of Science and Technology», «Sichuan University», «Zhengzhou University», «Hechi University» и т. д. Наличие множества дочерних предприятий ведущих производителей мира на территории КНР, в том числе RHI, Группа «Магнезит», «Krosaki Harima», «Posco», «Magnesita» и т. д.,

с неизбежным переходом специалистов из одних предприятий в другие, также способствует расширению информационных и практических знаний.

В мире укоренилась традиционная схема формирования информации и обогащения специалистов знаниями — это, конечно, ряд специальных журналов, таких как «Refractory Worldforum», «Interceram Refractories Manual» (оба Германия), «China Refractories» (Китай), «Taikabutsu Overseas» (Япония), «Новые огнеупоры», «Огнеупоры и техническая керамика», «Industrial Minerals», «The Refractories Engineer» (оба Великобритания) и т. д. Свой вклад вносят международные и национальные объединения, в которых специалисты-огнеупорщики участвуют в семинарах, обмениваются информацией, совместно формулируют и решают задачи: FIRE (Federation for International Refractory Research and Education), MORE-Frieberg e.V. (Meeting of Refractory Manufactures), PRE (European Refractories Producers Federation), VDFFI (Verband der Deutschen Feuerfest-Industrie). В США работает ACerS (American Ceramic Society, Refractory Division); огнеупорщиков Латинской Америки объединяет ALAFAR (Latin American Association of Refractory Manufacturies), огнеупорщиков Японии — TARJ (Technical Association of Refractories, Japan), огнеупорщиков Индии — IRMA (Indian Refractory Makers Association); есть объединяющие огнеупорщиков структуры в Китае, Турции, Испании и в других странах.

В России функцию объединения специалистов для обмена информацией в очной форме в области создания, производства и применения огнеупорных материалов в металлургии выполняет ежегодная международная конференция огнеупорщиков (в апреле 2016 г. прошла 14-я), Организатором первой конференции был Международный союз металлургов РФ под руководством С. В. Колпакова, сегодня организатором выступает НИТУ МИСиС при информационной поддержке журнала «Новые огнеупоры», учредителем которого с 2016 г. также является МИСиС.

Функцию отраслевых исследовательских центров, центров обучения будущих специалистов в области огнеупоров выполняют Немецкий институт огнеупоров и керамики в Кобленце (Германия) — Deutsches Institut für Feuerfest und Keramik (DIFK), институты в составе Рейнско-Вестфальского технического университета в Аахене и Горной академии во Фрайберге (оба Германия), Горный университет в Леобене (Австрия), университет в Шеффилде (Великобритания), Государственная горно-металлургическая академия в Кракове (Польша), Витватерсрандский университет в Йоганнесбурге (ЮАР) и т. д. Задаче развития знаний в области технологии огнеупоров подчинены многочисленные международные и региональные коллоквиумы и семинары: UNITECR (проводится раз в 2 года на различных континентах, в 2017 г. организатором очередной конференции выступит Чилийская и Латиноамериканская ассоциации огнеупорщиков); в 2016 г. специалисты различных стран соберутся на 59-й международный коллоквиум в Аахене (Германия); в Сант-Луисе (США) в 2016 г. прошли 52-й симпозиум и выставка огнеупорных материалов; несколько конференций ежегодно проводятся в Китае, в том числе международные в Пекине и Шеньяне.

В России исследовательские работы с упразднением отраслевых исследовательских институтов традиционно выполняются на кафедрах СПбГТИ (ТУ), Уральского федерального университета, БГТУ им. В. Г. Шухова и ряда других вузов. В 2014 и 2015 гг. на совещаниях огнеупорщиков и металлургов, которые проходили в МИСиСе, была изложена оригинальная система обучения, совершенствования знаний специалистов в области технологии производства и эксплуатации огнеупоров в металлургическом производстве [7]. Эта совместная разработка ученых и специалистов СПбГТИ (ТУ), МИСиС и ПАО «Северсталь», апробированная на практике.

Следует отметить, что сегодня часть исследований в создании конкурентной технологии берут на себя поставщики сырьевых

материалов. В первую очередь это касается неформованных материалов. Такие фирмы, как «Almatis», «Rutgers», «Sibelco», «Cimmer&Shwarc», «Kerneos», «Momentum» (все Германия), «Elkem» (Норвегия) и т. д., предлагают не только свою продукцию, но и элементы технологии или даже технологию производства огнеупорных материалов с использованием своих продуктов. Все перечисленные фирмы имеют лаборатории, в которых создаются технологии сопровождения предлагаемого продукта, и потребитель этой информации может использовать ее напрямую или как стартовую площадку, начиная разработку не с нуля.

Сырье

Ситуация с сырьем на мировом рынке за последние годы изменилась несущественно. По-прежнему лидирует как мировая сырьевая база Китай [8, 9], причем если потребность в кварцитах, огнеупорных глинах падает вместе со снижением потребности в дианасовых и шамотных огнеупорах, то для огнеупоров, широко применяемых в современной металлургии, как в черной, так и в цветной, в цементной промышленности (а это более 85 % потребляемых огнеупоров) и в других отраслях, необходимы спеченный и плавный периклаз различного качества, корунд белый и коричневый, боксит огнеупорного качества и андалузит, табулярный глинозем, хромитовый концентрат, графит, карбид кремния и т. д. По разным оценкам, до 80 % спеченного периклаза, до 70 % плавного периклаза, 90 % обожженного боксита, 70 % графита, более 50 % плавного корунда производятся в Китае, значительная доля табулярного глинозема — в Китае, Германии и Словении, хромитовый концентрат и руда огнеупорного качества — в основном в ЮАР, Турции, Пакистане, Индии и Китае, андалузит — в ЮАР, микросилика — в Норвегии, Германии и Польше, качественный оливин — в Норвегии и Турции. Есть и другие изготовители, импортирующие огнеупорное сырье, но доля их по-прежнему незначительна. В последние годы появилась информация о перспек-

тивах создания новых мощностей по производству графита в Танзании, Австралии, Канаде, новых мощностей в России и т. д. Развитие темы «графит» связано не только с потребностью огнеупорного производства, но и других отраслей промышленности.

Все большую роль играют синтетические сырьевые материалы, и здесь лидируют шпинели различного состава: алюмомagneзиальная шпинель с различным соотношением Al_2O_3 и MgO , хромосодержащая шпинель с различным содержанием Al_2O_3 , Cr_2O_3 и MgO , герцинит $FeO \cdot Al_2O_3$, галаксит $MnO \cdot Al_2O_3$, корундохром $Al_2O_3 \cdot Cr_2O_3$, табулярный глинозем состава, близкого к коричневому корунду, бонит и т. д., которые производятся в различных странах.

В России расширяется производство периклаза высокого качества, как спеченного, так и плавного (Группа «Магнезит»), организовано производство плавной глиноземистой шпинели и герцинита (Группа «Магнезит»), табулярного глинозема (Кералит), плавного ZrO_2 и глиноземистой шпинели (Динур). Производство карбида кремния осуществляется на Волжском абразивном заводе, и в принципе может обеспечить огнеупорщиков России сырьевыми материалами необходимого качества. Производство плавного белого корунда организовано в РУСАЛ Бокситогорский глиноземный завод и на заводе «Казогнеупор» (г. Рудный, Казахстан). Алюминий металлический, используемый в качестве антиоксиданта, тоже отечественного производства. Производство графита осуществляет Тайгинский горнообогатительный комбинат (г. Кыштым), фенолоформальдегидное связующее производят Уральская химическая компания (г. Нижний Тагил) и Карболит (г. Орехово-Зуево). Однако, за исключением белого плавного корунда, фенолоформальдегидного связующего и алюминия металлического, значительная доля остального сырья для обеспечения отечественного производства высококачественных огнеупоров приобретает за рубежом, в первую очередь в Китае, а также в Европе (Carbores — углеродистое термопластичное

связующее, высокоглиноземистый цемент, алюминия реактивити, микросилика и т. д.) и ЮАР (хромконцентрат и андалузит).

Наряду с эффективным использованием сырья природного происхождения и синтетического все чаще используют отработанные огнеупорные материалы, извлеченные из футеровки после завершения ее эксплуатации. Речь идет о рециклинге огнеупорных материалов. В Европе это уже самостоятельное направление в технологии. Руководитель исследовательского центра RHI в Леобене г-н Шрибл (Schriebl) говорит о перспективе к 2020 г. использования рециклинговых материалов в количестве до 20 % от сырьевых материалов [10]. На многих фирмах как металлургических, так и производящих огнеупоры нормой является добавление к первичному сырью рециклинговых материалов: отработанных оксидоглеродистых и периклазовых огнеупоров в производство периклазосодержащих изделий и масс; алюмо- и диоксидцирконийсодержащих отработанных изделий и масс в производство алюмосодержащих неформованных огнеупоров и масс и т. д. Появились предприятия, специализирующиеся на сборе и переработке рециклинговых материалов (например, «LKAB Mineral's Moerdijk», Нидерланды; «Horn & Co. Group» и «TYMO Engineering», Германия; DERE, Италия; «Valoref», Франция, и т. д. [11, 12]), полуфабрикатов с последующей передачей производителям огнеупорных материалов, флюсов различного состава. Это направление интенсивно развивается усилиями многих фирм и в России.

Реальность импортозамещения

Производство оксидоглеродистых огнеупорных материалов расширяется на Саткинской производственной площадке Группы «Магнезит» на основе полуфабрикатов, произведенных из собственных высококачественных сырьевых материалов, в первую очередь плавного и спеченного периклаза различных сортов [13]. Магнитогорское ООО «Огнеупоры» обеспечивает периклазоуглеродистыми огнеупорами ковши

конвертерного и электростале-плавильного производства; можно говорить о развитии производства изделий для ДСП в перспективе; известное количество оксидоуглеродистых огнеупоров выпускается на Динуре с использованием собственных возможностей производства плавного корунда и алюмомагнезиальной шпинели. Оба последних предприятия приобретают периклаз в первую очередь в Китае. Доля отечественных оксидоуглеродистых огнеупоров в футеровке конвертеров, ДСП и сталеразливочных ковшей российских металлургических предприятий не превышает 50 %. Производство это затратное как в части оборудования, так и в части сырьевых материалов, требует соответствующей компетенции, включая квалифицированных разработчиков технологии и инжиниринговые структуры. Очевидно, что кроме Группы «Магнезит», которая способна нарастить выпуск оксидоуглеродистых огнеупоров по мере реализации инвестпрограммы, направленной на расширение производства плавного и спеченного периклаза с $>97\%$ MgO и модернизацию производства изделий, отечественных игроков с отечественными огнеупорами на рынке не предвидится. Помимо периклаза в технологии используют отечественные антиоксиданты, углеродистое связующее и частично графит российского производства, термопластичное связующее Carbores («Rutgers», Германия). Производство алюмопериклазо- и периклазоалюмоуглеродистых огнеупоров для сталеразливочных ковшей (стены и «бойная» зона) с использованием плавного корунда, выпускаемого на заводе «Казогнеупор», также организовано на Саткинской производственной площадке Группы «Магнезит». Производит аналогичные огнеупоры и Динур.

В 2015 г. осуществлен прорыв в продвижении формованных высокообоженных изделий на основе плавного периклазохромита для футеровки вакууматоров. Уже несколько металлургических предприятий получают изделия марки ХПП-1 и иных марок производства Группы «Магнезит», которые демонстрируют

стойкость в футеровке патрубков вакууматоров, не уступая импортной продукции [14]. Следует отметить успешное «сопротивление» российских огнеупорщиков, в первую очередь Группы «Магнезит», продвижению поставок импортных огнеупоров для цементной промышленности и цветной металлургии. На Динуре производятся функциональные огнеупоры как из плавного кварца, так и корундографитового состава, используемые для МНЛЗ, но доля импорта в этих огнеупорах превышает 80 %.

Производство неформованных огнеупоров и изделий из огнеупорных бетонов (precast) развивается в России интенсивно на протяжении последних 7–10 лет — это общемировая тенденция. В настоящее время в Японии, США, Евросоюзе 45–60 % используемых огнеупоров — это высококачественные неформованные огнеупорные материалы. В производстве этих материалов капитальные затраты, затраты на оборудование и энергозатраты не столь велики, как в производстве формованной, тем более обожженной продукции, однако на первые роли выходят компетенции участников технологического процесса — и разработчиков, и инжиниринга, и производственников. За последние 35 лет (в мире) и 20 лет в России это направление непрерывно развивается при изобилии сырьевых материалов различных производителей. Мировой опыт в области современных огнеупорных неформованных материалов обобщен в монографии, изданной в 2015 г. при содействии FIRE [15].

Можно выделить следующие направления в производстве неформованных огнеупоров, где импортозамещение эффективно и успешно развивается:

► корундошпинельные бетоны немецкого производства RHI, «Dalmond», VGH в футеровке дна и стен сталеразливочных ковшей традиционно используются российскими металлургами. С 2014 г. все большую долю на рынке с аналогичной продукцией занимают российские производители: тандем Группа «Магнезит» — Алитер-Акси [16], Кералит, БКО. Однако, за

исключением белого плавного корунда и табулярного глинозема, остальные компоненты, а их в составе тиксотропных и саморастекающихся бетонов до десяти и более, в том числе коричневый плавный корунд, андалузит, огнеупорные сорта обожженного боксита, высокоглиноземистый цемент и реактивный глинозем различных марок, микросилика, дефлокулянты, ускорители и замедлители схватывания и т. д., импортируются из Европы и Китая. В России все чаще используют бетон в дне сталеразливочного ковша как в конвертерном производстве (НЛМК, Северсталь), так и в электросталеплавильном (Уральская сталь, НЛМК-Калуга, Евраз-ЗСМК, УГМК «Электросталь Тюмени», Надеждинский металлургический завод и т. д.). Корундошпинельные бетоны для футеровки патрубков вакууматоров, не уступающие по стойкости импортным бетонам, предлагаются упомянутым тандемом. Перечисленные производители огнеупорных неформованных материалов, а также Богдановичское ОАО «Огнеупоры» (БОЗ), Динур и другие освоили производство муллитовых и муллитокорундовых сухих масс для постоянной футеровки промежуточных ковшей МНЛЗ и иных огнеупорных сухих смесей различного состава и назначения;

► ряд предприятий освоили производство бетонных изделий на основе корунда, табулярного глинозема, а также высокоглиноземистого состава и периклазо-содержащих (только Группа «Магнезит») различного назначения, широко используемых российскими металлургами, и не только металлургами. Это цельные и составные своды ДСП и для установок ковш-печь, гнездовые кирпичи и горелочные блоки, металлоприемники-«рейнстрим™», перегородки, «бойные» плиты и т. д. Изделия по бетонной технологии с различным содержанием Al_2O_3 — своды ДСП, металлоприемники и перегородки для промежуточных ковшей МНЛЗ и т. д. производят Группа «Магнезит», БКО, Динур, БОЗ, магнитогорское ООО «Огнеупоры», Кералит, Промресурс, Сибпроект, Северо-Запад огнеупор, АС «Теплострой» и др. На Кералите и Северо-Запад

огнеупор освоено производство бетонных фурм для десульфурации чугуна и вдувания аргона в сталеразливочный ковш сверху; в стадии освоения эта технология и на Саткинской производственной площадке Группы «Магнезит». Можно ожидать, что в ближайшее время российские производители займут большую долю рынка изделий из огнеупорных бетонов;

► доля торкрет-масс для футеровки рабочего слоя промежуточных ковшей МНЛЗ производства Группы «Магнезит» увеличивается с каждым годом, залог этого продвижения — собственная сырьевая база и компетенции, накопленные разработчиками технологии, наличие современного производства и инжинирингового обеспечения в сочетании с желанием металлургов осуществить импортозамещение по этой многотоннажной позиции [17]. И все же доля отечественных торкрет-масс составляет пока 65–70 % от рынка;

► желобные карбидкремний-содержащие массы для доменного производства в России производятся в настоящее время на Динуре и КERALITE. Массы нашли применение на ряде металлургических предприятий, но доля нарастает медленно, так как предложения и компетенция зарубежных конкурентов в этих огнеупорах (китайские производители, «Calderys», «Seven Refractories») достаточно сильна.

ЧИСТАЯ СТАЛЬ (CLEAN STEEL)

Современные требования к качеству стали, такие как коррозионная стойкость, штампуемость, прочность, хладостойкость, эксплуатационная надежность и

т. д., за последние 5 лет возросли в несколько раз [18, 19]. Эти требования выражены обычно через ограничение содержания в готовой стали вредных примесей, таких как сера, фосфор, окисидные, сульфидные неметаллические включения, водород, азот и т. д. (рис. 1). Это комплексная проблема в первую очередь технологии обработки металла. Однако общепризнано, что решение этой проблемы зависит в том числе от качества огнеупорных материалов и технологии их использования. Решение соответствующих задач с привязкой к качеству конкретного сортамента металла — важнейший вопрос, и он не обходится без обсуждения роли огнеупорных материалов или как источника неметаллических включений (НВ), или как инструмента, участвующего в их удалении [20, 21].

Огнеупорные материалы, как и шлаки, могут служить источником экзогенных включений (шлаковые включения, частицы футеровки) на различных этапах сталеплавильного процесса (т. е. поступающие извне), а в случае образования неметаллической фазы на границе раздела фаз в результате химического взаимодействия с металлическим и шлаковым расплавами или выделения из футеровки соединений, участвующих в образовании неметаллической фазы в объеме расплава, как результат связывания элементами-раскислителями избыточного растворенного кислорода — эндогенных. На различных этапах сталеплавильного процесса неизбежно принятие технологических мер для решения задачи удаления включений.

На этапе выплавки металла в конвертере и ДСП НВ носят обыч-

но экзогенный характер: сколы футеровки, элементы футеровки, вымываемые под действием расплава, фрагменты шлакового гарнисажа, образовавшегося на футеровке в межплавочный период. Эти включения, как правило, являются крупными, что облегчает их удаление во время последующей внепечной обработки. Они выносятся из объема металлического расплава на границу раздела фаз металл — шлак за счет конвекции и гравитационного всплывания НВ вследствие разности плотностей металла и НВ. Отсечка шлака на стадии выпуска металла из сталеплавильного агрегата тем или иным способом является обязательным элементом технологии, так как присутствие окисленного шлака (источника кислорода) требует дополнительных мер для устранения образования уже эндогенных НВ в процессе раскисления и модифицирования металла. Немецкие специалисты оценили эффективность использования различных способов отсечки шлака [22] (рис. 2). Эффективность отсечки конусом подтверждается и отечественным опытом. Эта технология нашла применение на НЛМК, на Северстали, Евраз-ЗСМК. Технология изготовления устройств, включающих конус для отсечки шлака, в конвертерах осваивается в Группе «Магнезит», что предполагает в ближайшее время замену импортируемых изделий (рис. 3).

Внепечная обработка жидкого металла на отечественных предприятиях, на предприятиях экономического содружества (Белоруссия, Казахстан и Россия) является обязательным инструментом технологии производства качественного металла. Многие операции сегодня производят в сталеразливочном ковше, в установке ковш-печь (УКП). С использованием различных присадок, раскислителей, обработки металла порошковой проволокой с кальцийсодержащим (для десульфурации) или иным наполнителем регулируется содержание фосфора и серы. При этом важно усреднить температуру и химический состав металла, скорректировать химический состав шлака, для чего необходимо правильно выбрать состав футе-

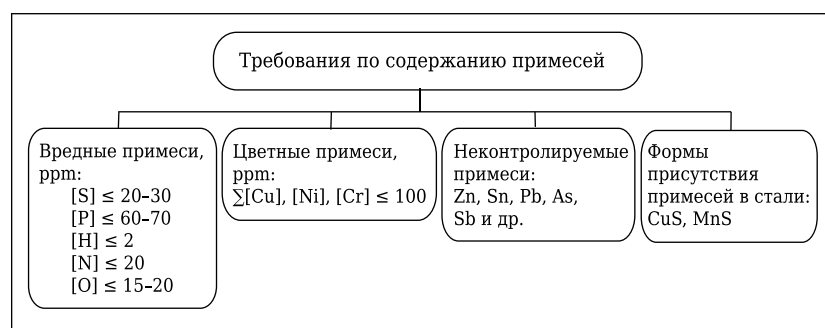


Рис. 1. Требования по содержанию примесей для современных массовых высококачественных сталей

ровки сталеразливочного ковша и организовать перемешивание металла и шлака аргоном через донные фурмы. Продувка металла аргоном через донные фурмы способствует всплыванию НВ. Эффективность обработки металла в У КП определяется также качеством огнеупорных донных аргонных фурм (число, сечение, размещение газоподводящих каналов, их форма). Количество фурм для одного ковша, их размещение в дне сталеразливочного ковша, режим продувки (непрерывный, циклический, пульсирующий) являются предметом исследований и оптимизации.

Наиболее распространены в России установки вакуумирования металла в ковше (LF-VD, LF-VOD), а также и в России, и в Белоруссии установки циркуляционного вакуумирования (RH). RH-вакуумирование осуществляется в конвертерном производстве (ММК, НЛМК и ЕвразНТМК), в электросталеплавильных цехах (ОЭМК, РУП БМЗ); единственный агрегат порционного вакуумирования эксплуатируется в конвертерном цехе ЧМК. Использование этих RH-агрегатов эффективно для решения проблем удаления водорода и азота, обезуглероживания стали [23, 24]. Агрегаты RH и DH футеруются высококачественными огнеупорными материалами, и их работоспособность однозначно сказывается на производительности цеха и себестоимости производимого металла. Высокая эффективность в плане удаления НВ и газовых включений для достижения заданного качества металла оправдывает затраты.

Как показали исследования, загрязненность металла НВ может существенно возрастать на этапе разливки (рис. 4) [25]. Попадание оксидных включений в кристаллизатор, в свою очередь, вызывает изменение состава и, соответственно, свойств шлакообразующей смеси (ШОС), что способствует дефектообразованию в слитке, возникновению нарушений качества оболочки слитка вплоть до прорывов заготовки. Неметаллические включения и газы, растворенные в стали, попадающие в кристаллизатор с раз-

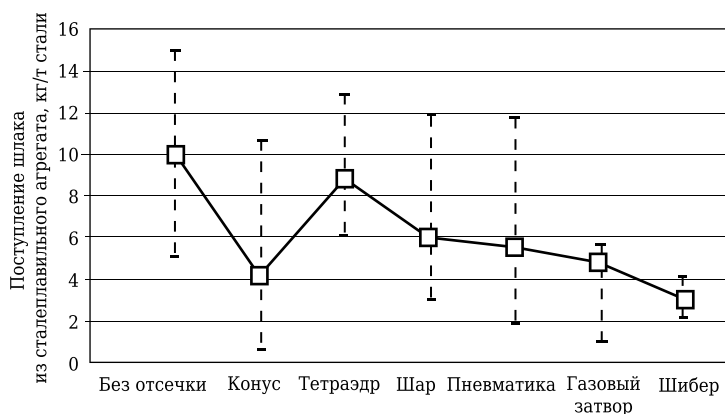


Рис. 2. Сравнение различных способов отсечки шлака



Рис. 3. Огнеупорные изделия для отсечки шлака (конус)

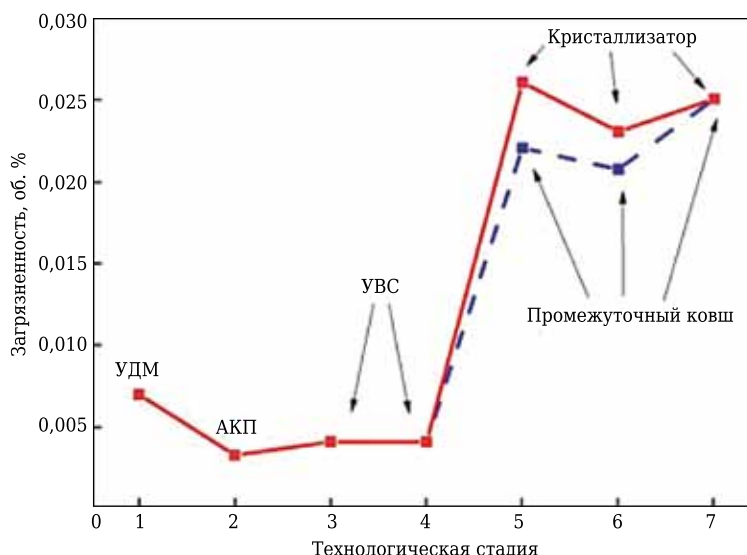


Рис. 4. Изменения объемной доли НВ по ходу внепечной обработки и разливки

ливаемым металлом, также являются причиной дефектов в слитке и готовом прокате. Факторы, влияющие на загрязнение металла, и способы снижения загрязненности представлены в табл. 3.

Реализация мер по устранению загрязненности НВ в промежуточном ковше и кристаллизаторе:

- устранение подсоса воздуха в разливаемый металл с использованием газоплотного шибберного затвора, например фирмы «Knoellinger FLOTEC GmbH»;

- устранение подсоса воздуха в стык стакана-коллектора с огнеупорной трубой для защиты струи металла за счет уплотне-

ния соответствующей вставкой, а лучше за счет уплотнения в сочетании с подачей аргона в стык и создания в трубе положительно-го давления инертного газа;

– размещение в промежуточном ковше различного рода металлоприемников [26] (рис. 5), перегородок, порогов. Эти изделия используют для организации потоков металла, увеличивая вре-

мя пребывания металла в промежуточном ковше до его попадания в стакан-дозатор. Корректировка потоков металла позволяет обеспечить всплытие НВ в зону контакта с шлаковой сорбирующей смесью; дополнительный положительный эффект для всплытия НВ создается размещением в футеровке дна, возможно и как часть перегородки (рис. 6), или во-

круг стакана-дозатора газопроницаемых продувочных элементов [27, 28];

– использование погружаемого стакана-моноблока (единое изделие стакан-дозатор – погружаемый стакан, устанавливаемый в промежуточный ковш), уплотнение стыка стакана-дозатора и погружаемого стакана для предотвращения вторичного окисления компонентов стали; организация потоков в кристаллизаторе за счет особенностей конфигурации дна погружаемого стакана и сталевыпускных отверстий, а также за счет оптимизации размещения сталевыпускных отверстий в стенках погружаемого стакана — например, применение стакана с четырьмя сталевыпускными каналами вместо двух для отливки заготовки круглого сечения или сечения, близкого к квадрату [29].

Управление содержанием НВ на различных этапах металлургического передела, в том числе за счет выбора качества футеровки, применения технических и технологических решений с использованием огнеупоров, является вопросом, который подвергается постоянному исследованию в поисках оптимума.

Из вышесказанного вытекает ответственность выбора поставщика огнеупорных материалов, технологии эксплуатации агрегата, технологии ухода за футеровкой в процессе ее эксплуатации. Начинается же все с обоснованного выбора следующего комплекса: схемы футеровки, огнеупорных материалов, режима эксплуатации, режима и технологии ухода за футеровкой и т. д. Для этого необходимо сформулировать производственную задачу — обеспечение безаварийного производства, максимальной либо фиксированной стойкости, исходя из оптимального в настоящий момент межремонтного цикла для металлургического агрегата, с достижением заданного удельного расхода огнеупоров, а точнее, минимальных удельных затрат, и т. д. Для реализации этой комплексной задачи необходимы постоянное тесное сотрудничество с поставщиками огнеупоров, работа с литературой, участие в конференциях, приобретение как

Таблица 3. Механизм формирования включений на последнем этапе разливки металла и способы снижения его загрязненности

Источник включений	Характер включений (механизм образования)	Технология снижения загрязненности
1. Футеровка сталеразливочного ковша (MgO–C)	$(MgO) + 2[Al] = Al_2O_{(r)} + Mg_{(r)}$ $Mg_{(r)} + (Al_2O_3) + [O] = (MgO \cdot Al_2O_3)$	Замена материала огнеупора (там, где возможно)
2. Эжекция воздуха через механизм шиберного затвора (подсосы между плитами)	$O_2 \rightarrow y[O] + x[Al, Si, Mn \text{ и др.}] \rightarrow ((Al, Si, Mn)_x O_y)$ $N_2 \rightarrow [N] + [Al] \rightarrow (AlN)$	Использование шиберного затвора с газовым уплотнением механизма
3. Эжекция воздуха через стык стакана-коллектора с трубой для защиты струи металла		Уплотнение, использование аргона
4. Эжекция воздуха в стык стакана-дозатора промежуточного ковша и погружаемого стакана		То же
5. Рабочий слой футеровки промежуточного ковша МНЛЗ	$3(2MgO \cdot SiO_2)_{\text{огнеупор}} + 4[Al] = 2(MgO \cdot Al_2O_3) + 4[MgO] + 3[Si]$ $H_2O_{(ж)} \rightarrow 2[H] + [O]$	1. Использование арматуры + бетона с минимальным содержанием воды 2. Использование рабочего слоя футеровки без H_2O к моменту подачи стали в промежуточный ковш
6. Неметаллические отложения в стакане-дозаторе	$CO_{\text{(огнеупор)}} = [C] + [O]$ $\downarrow$ $2[Al] + 3[O] = (Al_2O_3)$	1. Управление гидродинамикой в промежуточном ковше и кристаллизаторе 2. Использование ШОС с высокой ассимилирующей способностью к включениям 3. Безуглеродные огнеупоры



Рис. 5. Металлоприемники «рейнстрим™»: слева — высокоглиноземистый; справа — периклазовый

практического опыта, так и теоретических знаний.

ЭКОНОМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Экономика применения огнеупоров сегодня актуализирована в конкурентной среде задач снижения затрат по переделу, в том числе затрат на огнеупорные материалы на каждом этапе технологии. Снижение производственных и трудовых затрат, энергетических затрат, расхода ресурсов, улучшение или поддержание заданного качества стали — забота о реализации этих направлений частично переложена, естественно, на поставщика огнеупоров.

Эффект от корректного использования огнеупорных материалов обычно отражается в удельном потреблении огнеупорных материалов (табл. 4) [30], которое на многих российских предприятиях сегодня менее 10 кг/т литой заготовки (в Японии в среднем для конвертерных и электросталеплавильных производств в настоящее время удельный расход составляет 7 кг/т стали). И здесь, естественно, лидерство за мини-заводами, производящими сортовой металл. Эти предприятия не обременены доменным производством, на сортовых МНЛЗ через один промежуточный ковш разливается до 125 плавков (сталеразливочных ковшей). Этот рекорд поставлен в начале 2016 г. на НЛМК-Калуга. Однако более информативно обсуждать удельные затраты с учетом технологического цикла. Широкое использование внепечной обработки металла (стойкость нижнего строения вакуум-камеры 200–350 плавков, патрубков вакууматоров 100–180 плавков, после чего заменяется вся соответствующая футеровка) приносит существенные затраты. Разливка качественного металла на слябовых и блюмовых МНЛЗ сопровождается заменой промежуточного ковша каждые 6–15 плавков, что предусматривает замену и комплекта дорогостоящих функциональных огнеупоров, эксплуатируемых ограниченное время (рабочая футеровка промежуточного ковша, стопоры-моноблоки, погружаемые стаканы и т. д.), что, естественно, увеличивает удельные затраты на



Рис. 6. Бетонная перегородка основного состава с пористой вставкой в нижней части

Таблица 4. Удельный расход огнеупоров, кг/т стали

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

тонну стали. Речь идет о металле для автолиста, трубном и рельсовом металле, металлокорде, подшипниковых марках стали и т. д. Речь идет о металле для автолиста, трубном и рельсовом металле, металлокорде, подшипниковых марках стали и т. д.

Наиболее современным представляется сегодня подход к оценке эффективности применения футеровки с позиции совокупности факторов, как затратных (материалы на исходную футеровку и ремонтные операции, потери производства на ремонтные

операции, соответствующие трудозатраты и затраты на сушку и разогрев футеровки и т. д.), так и формирующих положительный эффект (увеличение производства за счет повышения межремонтного цикла, повышение стойкости как за счет качества огнеупоров, так и за счет их корректного использования, снижение затрат на капитальную перефутеровку, включая затраты на огнеупоры, на разогрев футеровки, на зарплату исполнителей футеровочных работ и т. д.) (рис. 7); речь идет об оценке совокупной эффективно-



Рис. 7. Эволюция в подходе к экономической оценке использования огнеупорных материалов

сти использования огнеупорных материалов, о «стоимости владения огнеупорами» [31].

Безусловно, полномасштабная реализация такого подхода возможна только при наличии конкретной заинтересованности потребителя. Наиболее конструктивна и эффективна для потребителя реализация технологии «full service» — полного комплекса услуг [32, 33]; в этом случае весь комплекс работ, связанных с футеровкой, выполняется сервисной компанией. За рубежом, в том числе в части использования огнеупоров, эта тема получила развитие и является нормой. В России оказание сервисных услуг потребителю огнеупоров медленно, но развивается, причем в сервис переда-

ются как вся служба выполнения футеровочных работ предприятия (например, ПНТЗ, Северсталь – Сортовой завод Балаково), так и отдельные агрегаты или даже отдельные операции по уходу за футеровкой (ломка футеровки, торкретирование конвертеров, футерование сталеразливочных ковшей и т. д.), что имеет место на ЧМК, Евраз3СМК, ОМК-Выкса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Российским производителям огнеупоров необходимо найти оригинальные пути для завоевания новых позиций на рынке. Для этого необходимо задействовать инновационный потенциал в поисках нового качества огнеупор-

ных материалов, оптимизировать процесс производства огнеупоров и технологию применения своей продукции. Подчиняясь требованиям потребителя к эксплуатационному качеству огнеупоров, необходимо способствовать снижению производственных и энергетических затрат у потребителя, улучшению или поддержанию заданного качества стали.

Конкурентоспособность на рынке определяется не просто качеством огнеупорных материалов, а их влиянием на качество и себестоимость производимой потребителем конечной продукции — металла.

Примечание. В статье приведены фотографии бетонных изделий производства Группы «Магнезит».

Библиографический список

1. **Кришер, Б.** Российский рынок стали в кризисе / Б. Кришер // Черные металлы. — 2015. — Ноябрь. — С. 63, 64.
2. **Xu, Dianli.** Production and running status of China's refractories and main down stream industries / Dianli Xu // China's Refractories. — 2014. — Vol. 23, № 2. — P. 1–6.
3. **Zhao, S.** Thermodynamic evaluation of $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$ refractory corrosion by smelting reduction ironmaking slag / S. Zhao, B. Cai, P. Li [et al.] // China's Refractories. — 2015. — Vol. 24, № 2. — P. 6–10.
4. **Устинов, В. А.** Модель оценки эффективности использования высокомагнезиальных флюсов на примере корректировки состава шлака в сталеразливочном ковше / В. А. Устинов, Л. М. Аксельрод, М. Б. Оржех // Сталь. — 2011. — № 7. — С. 30–36.
5. **Аксельрод, Л. М.** Математическое моделирование разрушения футеровки металлургического оборудования под действием термоударов / Л. М. Аксельрод, А. В. Заболотский // Современная наука : сб. статей. — 2010. — № 2 (4). — С. 165–169.
6. **Jansson, S.** Corrosion mechanism and kinetic behavior of refractory materials in contact with $\text{CaO--Al}_2\text{O}_3\text{--MgO--SiO}_2$ slags / S. Jansson, V. Brabie, I. Bohlin // International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, Loganburg. — 2004. — P. 341–347.
7. **Чистякова, Т. Б.** Электронная информационно-образовательная среда для подготовки и повышения квалификации специалистов металлургических предприятий в области технологий производства и эксплуатации инновационных огнеупорных материалов / Т. Б. Чистякова, С. А. Суворов, В. В. Козлов [и др.] // Новые огнеупоры. — 2016. — № 3. — С. 17.
8. **Аксельрод, Л. М.** Выплавка стали, применение огнеупорных материалов, корректировка тенденций, прогноз / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. — 2012. — № 3. — С. 117–130.
9. **Dickson, T.** Raw materials trends in Refractories / T. Dickson // Industrial Minerals. — 2014. — № 9.
10. RHI AG: Research and Development under New Direction // Refractories Worldforum. — 2016. — № 1. — P. 12–15.
11. **O'Driscoll, M.** Recycling Refractories / M. O'Driscoll // Glass-international. — 2016. — № 3. — P. 38, 39.
12. **Shiotani, T.** Methods of recycle with used MgO--C fire brick / T. Shiotani, N. Nishimura // Taikabutsu-Refractories. — 2014. — Vol. 66, № 7. — P. 312–316 (Новости черной металлургии за рубежом. — 2015. — № 4. — С. 71–74).
13. **Akselrod, L. M.** Two challenges to the system of periclase quality evaluation / L. M. Akselrod, I. G. Maryasev, A. A. Platonov, D. R. Melnikova // METEC 2nd ESTAD, 2015, Dusseldorf, 15–19 June, 2015. — P. 384.
14. **Аксельрод, Л. М.** Совершенствование технологии периклазошпинельных огнеупоров для внепечной обработки стали : тезисы Международной конференции огнеупорщиков и металлургов (7–8 апреля 2016 г., Москва) / Л. М. Аксельрод, Т. В. Ярушина, А. В. Заболотский // Новые огнеупоры. — 2016. — № 3. — С. 48, 49.
15. **Luz, A. P.** Refractory Castable Engineering / A. P. Luz, M. A. L. Draulio, V. C. Pandolfelli // Goller Verlag, F.I.R.E. Compendium Series. — 2015. — P. 720.
16. **Пат. 2579092 Российская Федерация, С 04 В 28/06.** Огнеупорная бетонная смесь / Жидков А. Б., Долгих С. В., Денисов Д. Е., Власовец С. А., Аксельрод Л. М. ; опубл. 27.03.2016.
17. **Аксельрод, Л. М.** Применение торкрет-масс основного состава в промежуточных ковшах МНЛЗ, разработка составов / Л. М. Аксельрод, В. В. Ряшин, Е. И. Поспелова, И. Г. Маряев // Новые огнеупоры. — 2013. — № 5. — С. 16–25.
18. **Akselrod L. M.** Use of Basic Composition Torcrete Mix in CBCM Tundishes, Development of New Compositions / L. M. Akselrod, V. V. Ryashin, E. I. Pospelova, I. G. Maryasev // Refractories and Industrial Ceramics. — 2013. — Vol. 54, № 3. — P. 169–177.
19. **Углов, В. А.** Основные направления развития металлургической технологии для обеспечения современных требований по уровню и стабильности технологических и служебных свойств стали / В. А. Углов, А. И. Зайцев, И. Г. Родионова // Бюл. Черная металлургия. — 2012. — № 3. — С. 85–93.
20. **Зенк Д.** Металлургия стали-проблемы материалов / Д. Зенк // Черные металлы. — 2015. — Июль. — С. 60–68.
21. **Tomas, M.** Feuerfestloesungen zur Verbesserung des Shaleinheitsgrades / M. Tomas, M. Kirschner, I. Rotsch [et al.] // Stahl und Eisen. — 2012. — Bd. 132, № 8. — S. 3–45.
22. **Buhr, A.** Fahndrich The steel industry in Germany — Trends in Clean Steel Technology and Refractory Engineering

/ A. Buhr, R. Bruchausen // Refractories Worldforum. — 2016. — № 1. — P. 57–63.

22. **Poirrier J.** A review: influence of refractories on steel quality // J. Poirrier // Metallurgical Research & Technology. — 2015. — Vol. 112, № 4. — P. 410–430.

23. **Айхерт, Т.** Внедрение технологии RH-вакуумирования стали на примере российских заводов / Т. Айхерт // Металлургическое производство и технология. — 2012. — № 2. — С. 20–30.

24. **Виноградов, С. В.** Развитие вакуумирования стали на НТМК / С. В. Виноградов, М. А. Третьяков, А. А. Фетисов // Сталь. — 2007. — № 12. — С. 13, 14.

25. **Казаков, А. А.** Управление процессами образования неметаллических включений при производстве конвертерной стали / А. А. Казаков // Черные металлы. — 2014. — № 4. — С. 43–48.

26. **Вдовин, К. Н.** Разработка рафинирующих устройств модернизируемых промежуточных ковшей МНЛЗ / К. Н. Вдовин // Механическое оборудование металлургических заводов. — 2015. — № 1 (4). — С. 42–46.

27. **Смирнов, А. Н.** Инновационные решения в области непрерывной разливки стали (по материалам 8-й европейской конференции по непрерывной разливке / А. Н. Смирнов // Сталь. — 2014. — № 9. — С. 17–22.

28. **Пат. 2167031 Российская Федерация, В 22 Д 441/50.** Глухонный погружаемый стакан / Носов С. К., Кузовкин А. Я., Ильин В. И., Вислогузова Э. А., Фёдоров Л. К., Паршин В. М., Коротков Б. А., Аксельрод Л. М.; заявл. 03.11.00; опубл. 20.05.01.

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

30. **Roberts, J.** Outlook for refractory end-user markets to 2020 / J. Roberts, A. Saxby // 57th International Colloquium on Refractories, 2014. — Aachen-2014. — P. 228–230.

31. **Аксельрод, Л. М.** Развитие огнеупорной отрасли — отклик на запросы металлургии / Л. М. Аксельрод // Черная металлургия. Бюллетень. — 2013. — № 3. — С. 125–142.

32. **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.

33. **Ланге, Э.** Все больше предприятий доверяют профессионалам сервиса / Э. Ланге // Черные металлы. — 2014. — Июль. — С. 65, 66. ■

Получено 04.06.16
© Л. М. Аксельрод, 2016 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

59-й коллоквиум по огнеупорам

28—29 сентября 2016 г.
г. Аахен, Германия

Темы:

- ▷ Чугун
- ▷ Сталь
- ▷ Непрерывная разливка стали
- ▷ Черные и цветные металлы
- ▷ Литье
- ▷ Формованные и неформованные огнеупоры
- ▷ Функциональные огнеупоры и теплоизоляция
- ▷ Новые концепции и инжиниринг
- ▷ Сырье
- ▷ Управление качеством
- ▷ Рециклинг



www.feuerfest-kolloquium.de