

время огнеупорные заводы Украины располагают достаточной сырьевой и производственной базой для производства высококачественных динасовых и алюмосиликатных изделий. Сырьевая база для производства периклазоуглеродистых, хромомагнетитных и других видов высококачественных огнеупоров, а также жароупорных бетонов, которые в основном применяются для сталеразливки на МНЛЗ, в Украине отсутствует. Этим и объясняется наращивание импорта огнеупоров в условиях расширения новых технологий выплавки стали.

Подводя итоги, можно констатировать, что техническое перевооружение и модернизация сталеплавильного комплекса в настоящее время идет динамично практически на всех металлургических предприятиях объединения. Выполнение намеченных предприятиями программ развития до 2010-2015 гг. позволит нашим сталеплавильщикам существенно приблизиться, а на ряде предприятий достичь уровня стран ЕС по основным технологическим и технико-экономическим показателям.

УДК 669.76

Л. М. Аксельрод, А. П. Лаптев, В. А. Устинов, Ю. Д. Герацук (Группа Магnezит)

Повышение стойкости футеровки конвертеров: огнеупоры, технологические приемы

Введение
Производство конвертерной стали и в России, и в Украине, как известно, будет основным способом производства стали в ближайшие годы. Снижение удельных затрат на огнеупоры на тонну стали и сегодня, и в перспективе останется важнейшей задачей, стоящей перед производством.

Это комплексная, многофакторная проблема, в решении которой свою лепту вносят технологи – как огнеупорщики, так и металлурги. Те, кто разрабатывают технологию и изготавливают огнеупоры, разрабатывают проект футеровки, выполняют футеровочные работы, эксплуатируют конвертер и обеспечивают условия его безаварийной эксплуатации, в том числе обеспечивают и уход за футеровкой.

В Группе Магnezит накоплен существенный опыт во всех упомянутых компонентах, учтен опыт технических специалистов металлургических предприятий.

Компания поставляет для футеровки конвертеров полный комплект огнеупоров, изготавливаемых на предприятиях Группы в России, а также Китае, Германии и Словакии (табл. 1).

Комплект огнеупоров для футеровки конвертеров и ухода за футеровкой в процессе ее эксплуатации включает: обожженные периклазовые изделия с содержанием MgO не менее 91 % (арматурный слой), в том числе пропитанные углеродистым материалом; широкий ассортимент периклазоуглеродистых изделий на основе плавного периклаза различного качества; массы для стыка приставного дна с нижним конусом; огнеупоры для летки, в том числе летки-моноблоки периклазоуглеродистого состава изостатического формования и гнездовые изделия, мергели для сборки и массы для залечивания участков вблизи летки; подварочные материалы; торкрет-массы полусухого

Предложены технологические приемы для повышения стойкости футеровки конвертеров на основании выводов об усилившейся роли условий эксплуатации и ухода за футеровкой при решении задачи, связанной с увеличением ее стойкости и снижением удельных затрат

торкретирования; флюсы различного состава для корректировки состава шлака в конвертере; поплавки (дротики) для отсечки шлака.

Анализ влияния различных факторов технологии изготовления периклазоуглеродистых огнеупоров, используемых в рабочей футеровке конвертеров, в том числе: содержание и качество углерода, качество периклаза, включая роль размера кристаллов, содержания оксида магния и других фаз, качества связующего, а также физико-химических свойств огнеупорных изделий достаточно подробно описан в литературе, например, опыт Sollac CRDM изложен в публикации 1996 г. [1]. Там же обсуждается влияние технологических факторов выплавки стали на стойкость футеровки и сделан вывод об усилившейся роли условий эксплуатации и ухода за футеровкой при решении задачи увеличения стойкости футеровки и снижения удельных затрат.

В технопроцессе (рис. 1) на предприятиях Группы Магnezит используется плавный периклаз, различающийся не только содержанием основного оксида – MgO (периклаза), но и соотношением CaO/SiO₂, крупностью кристаллов. Контролируется фазовый состав силикатов.

В качестве терморективного связующего для конвертерных огнеупоров используется продукт фирмы «HEXICON» (Германия). В качестве термопластичного связующего применяется модифицированное пековое связующее с пониженным содержанием бенз-а-пирена-марки «CARBORES» фирмы «RUTGERS» (Германия). Важную роль играют и другие ингредиенты, их качество, количество: графит, антиоксиданты и т. д.

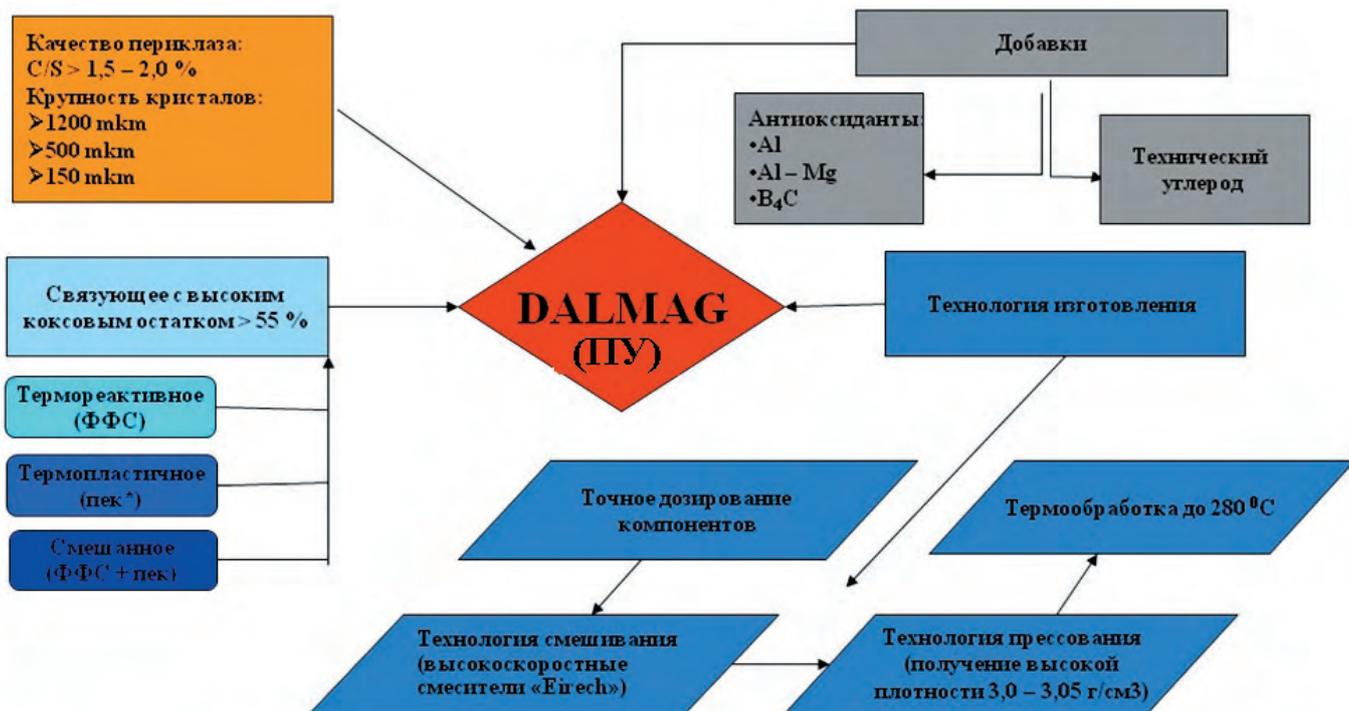
В технопроцессе также важны: возможность

точного дозирования; качество перемешивания шихты типа «Eigich»); формирование изделий в заданном режиме (предпочтение отдано высокоскоростным смесителям (при определенном удельном давлении на каждой ступени

Таблица 1

Комплексная поставка огнеупоров ООО «Группа Магнезит» на металлургические предприятия России и Украины

Предприятие – потребитель	Емкость конвертера, т	Доля поставляемых футеровок ООО «Группа Магнезит», % в 2007 г.	Максимально достигнутая стойкость	Примечание
ОАО «ММК»	385	83	5146	5306 плавок - максимально достигнутая стойкость в 2008 г.
ОАО «ЗСМК»				
ККЦ-1	160	67	3951	
ККЦ-2	350	25	3077	
ОАО «НЛМК»				
ККЦ-1	160	66	3200	
ККЦ-2	300	57	2867	
ОАО «ЧМК»	160	85	4600	
ОАО «НТМК»	160	33	3510/17*	*количество плавок на полупродукт
ОАО «Северсталь»	350	30	4300 - 4500	*арматура, дно и ванна металла в каждом комплекте выполняются огнеупорами ООО «Группа «Магнезит»
ОАО «ЕМЗ»	160	75	3211	
ОАО «Arcelor Mittal Кривой Рог»	160	~45	3944	
ОАО «ДМКД»	250	60	3541	
ОАО «Arcelor Mittal Тимертау»	300	—	2000	2 компл. поставлено в 2008 г.
ОАО «Азовсталь»	350	~45	1629	эксплуатация прекращена вследствие плановой остановки конвертера, в 2008 г. будет поставлено несколько футеровок
ОАО «ДМЗ им. Петровского»	60	50	2008	



* используется модифицированное пековое связующее марки «Carbores» с содержанием бенз-а-перена < 8мг/кг (обычный пек > 400 мг/кг)

Рис. 1. Схема технологических приемов при производстве конвертерных огнеупоров



Рис. 2. Пример стеновой сборки футеровки дна конвертера

прессования); возможность качественной термообработки изделий.

Использование сырья необходимого качества, передовых технологических приемов позволило обеспечить возможность изготовления периклазоуглеродистых огнеупоров различных марок, ориентированных на получение необходимой стойкости футеровки в конкретных ее зонах, существенно различающихся особенностями службы [2].

Исходя из известных требований эксплуатации конвертеров и опыта, накопленного в применении огнеупоров, инжинирингом Группы Магнезит сформирован подход к проектированию. Это и применение рабочей футеровки в один окат, и дифференциация периклазоуглеродистой футеровки по зонам (верхнего конуса, загрузки, слива металла, повалочных карманов и зоны цапф), и приставное дно, что решило проблему швов и распределения напряжений в футеровке и т. д.

В исследовательском центре Группы производится оценка качества разрабатываемых и серийно изготавливаемых огнеупорных изделий по 10 параметрам,

Таблица 2

Физико-химические показатели для леток и донных фурм

МАРКА (краткое наименование)	DALCAR P14 (PC-14)	DALCAR P14 (PC-14)	DALCAR P12 (PC-12)	DALPUR PC14	DALPUR PC14WB
Назначение	Гнездовой блок сталевого выпускного отверстия	Легочный блок сталевого выпускного отверстия (сборный)	Легочный блок сталевого выпускного отверстия (моноблок)	Продувочная фурма (донная)	Гнездовой блок продувочной фурмы
ТИП	MgO-C	MgO-C	MgO-C	MgO-C	MgO-C
Массовая доля, %					
MgO	≥ 77	≥ 76	≥ 75	≥ 78	≥ 78
C	12-14	12-15	10-12	≥ 14	≥ 14
Кажущаяся плотность, г/см ³	≥ ,97	≥ 2,98	≥ 2,9	≥ 2,86	≥ 2,85
Открытая пористость, %	≤ 4	≤ 4	≤ 4	≤ 4	≤ 4
Предел прочности при сжатии, Н/мм ²	≥ 40	≥ 45	≥ 40	≥ 30	≥ 40
Предел прочности при изгибе, 1400 °С, Н/мм ²	≥ 10	≥ 12	≥ 6	≥ 12	≥ 12
Примечание	—	—	—	Расход газа 100 - 1000 нм ³ /ч	—

не говоря о тщательном отслеживании качества сырьевых материалов.

Важнейшую роль играет геометрия конвертерных изделий, соблюдение допусков, что старательно контролируется. Более того, дно конвертера, при необходимости, проходит стендовую сборку на огнеупорном предприятии до поставки потребителю, это особенно важно для футеровки дна при использовании донной продувки (рис. 2).

Как известно, частота замен леточных блоков сказывается на стойкости конвертера и выполнении производственной программы. Наряду со сборными летками из леточных блоков периклазоуглеродистого состава в комплекте может быть предложена и монолетка – изделие периклазоуглеродистого состава гидростатического формования длиной до 1600 мм. Стойкость монолетки до 200 плавов (данные по 350-375-тонным конвертерам).

С 2007 г. в России и Украине с целью повышения эффективности перемешивания жидкой ванны, вновь начали использовать донную продувку в конвертерах.

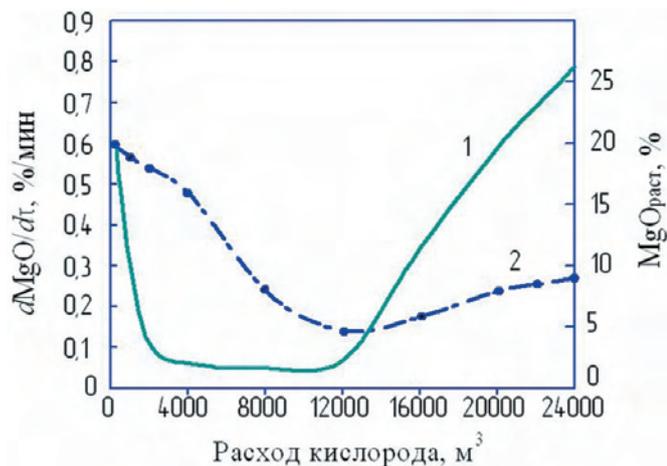


Рис. 3. Изменение скорости перехода оксидов магния ($dMgO/dt$) из футеровки конвертера в шлаковый расплав (1) и предела растворимости MgO в шлаках (2) по ходу продувки конвертерной плавки

Группа Магнезит в настоящее время поставляет многоканальные конвертерные фурмы китайского производства, эффективно используемые, в частности, в конвертерах производства Bao Steel (Китай). Производство организовано по лицензии японской фирмы «Krosaki-Narima». В табл. 2 представлены физико-химические показатели, характерные для этих изделий.

Приемы ухода за футеровкой конвертера и эффективность тех или иных мероприятий во многом зависят от условий эксплуатации конвертера, от задач по стойкости, которые поставлены производством. Меры по уходу за футеровкой можно разбить на две основные группы.

Превентивные меры по сохранению футеровки в рабочем состоянии:

- Использование торкретирования по всей поверхности футеровки массами низкой стойкости с большим расходом огнеупорного материала, в том числе факельное торкретирование (присутствует в СНГ на ряде предприятий, в Японии же имеет широкое распространение).
- Оптимизация содержания MgO в шлаке с целью купировать процесс растворения MgO-C футеровки конвертера в шлаке.
- Раздув шлака после слива металла из конвертера (сегодня успешно используют ОАО «НЛМК», ОАО «ЗСМК», ОАО «ММК», ОАО «Северсталь» и т. д.).

Таблица 3
Физико-химические характеристики магнезиальных флюсов

Марка	Наименование показателей						Скорость растворения, г/мин**
	Массовая доля, %						
	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	C	П.П.П.	
ИМФ-30*	30-35	48-52	7-11	2-5	-	-	3-3,3
ФОМ*	70-75	1,5-3	6-12	< 5	-	-	1-1,1
ФМБУЖ*	70-75	<5	4-8	4-8	-	-	3,3-3,5
ФОМИ	> 66	12-22	4-8	< 5	-	-	3-3,2
СМГ-10	> 55	-	> 7,5	< 3	-	< 25	3,9-4,1
СМГ-10С	> 47	-	> 7,5	< 3	> 8	23,7	5,5-5,7
МГФ-1*	76-82	3-7	4-6	3-4	-	-	4-4,4
МГФ-2*	75-80	3-7	4-6	3-4	3-5	-	3,6-3,9
Компакт	> 50	-	-	< 5	8-12	< 25	4,5-4,7

* - на прокаленное вещество

** - по методике ГНЦ РФ ОАО «Уральский институт металлов»

Операция привлекает простотой исполнения, время операции 3 - 4 мин, используется кислородная фурма (реже специальная фурма), необходимо определенное давление азота в системе и необходимо сформировать оптимальный состав шлака для формирования стойкого гарнисажа. Обычно раздув выполняется через 1 - 2 плавки.

Выполнение горячего ремонта отдельных участков футеровки по мере ее износа:

– Подварка в зонах интенсивного износа, обычно в зоне загрузки лома и со стороны слива. Подварку в виде брикета высыпают из упаковки на проблемное место, она «растекается» под действием высокой температуры футеровки и заполняет ремонтируемый участок. Стойкость подварки при правильном проведении данной операции доходит до 100 плавов.

– Саморастекающимися массами ремонтируется зона летки.

– Полусухое торкретирование используется для ремонта практически любых зон, операция занимает меньше времени, чем подварка. Восстановленная торкретированием футеровка имеет более низкую стойкость – до 40 плавов, но позволяет более избирательно выполнить ремонт (на ОАО «Северсталь» для этих целей применяли факельное торкретирование).

Предлагаемое нами оборудование для выполнения торкретирования может эксплуатироваться с использованием различных огнеупорных масс, обеспечить ремонт и горловины, и летки, и любых других участков футеровки. Последняя поставка (2008 г.) – торкрет-машина в КЦ-2 ОАО «ЗСМК», машина марки PBJ-07 изготовлена в Китае по лицензии фирмы «Krosaki-Narima». Представляется, что наиболее эффективна для потребителя комплектная реализация горячего ремонта конвертера: одна компания поставляет торкрет-машину, торкрет-массы, а также осуществляет и отвечает за выполнение операции торкретирования.

Согласно имеющемуся опыту, и не только зарубежно-му, – ОАО «Алчевский металлургический комбинат», ОАО «ММК», ОАО «Северсталь» – использование лазерных систем, например, LR 2000 Delta CCS, для контроля над состоянием остаточной толщиной футеровки позволяет вовремя определиться с необходимостью выполнения локальных ремонтов и с необходимым количеством расходного материала, а значит – оптимизировать время на выполнение ремонта.

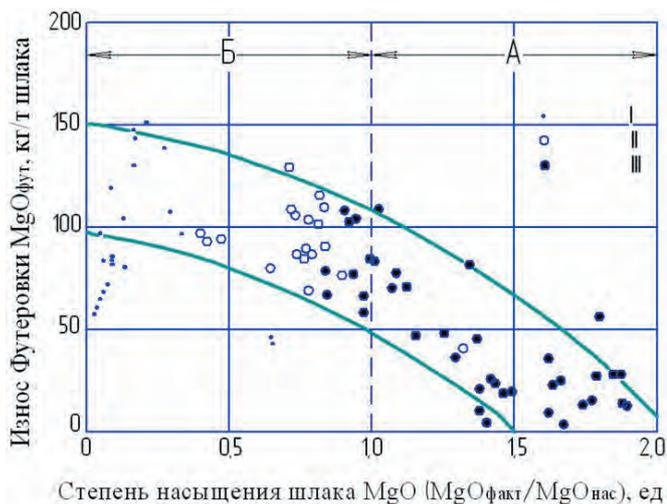


Рис. 4. Зависимость износа футеровки конвертера от степени насыщения шлака оксидом магния

Сложившаяся практика применения лома периклазоуглеродистых, периклазовых, доломитсодержащих изделий в качестве подварочного материала, конечно, дает положительный эффект. Более эффективным является применение специально разработанных «саморастекающихся» магнезиально-углеродистых материалов. Это термоотверждаемый при воздействии тепла футеровки ремонтный материал, обладающий адгезионной прочностью. Важным показателем является и минимизация времени отверждения после загрузки в конвертер.

Качество шлака (основность, содержание FeO, S, CaO, SiO₂, MgO, вязкость) во многом определяются качеством используемого сырья (чугуна, извести, доломита, ферросплавов). Корректировка содержания MgO в шлаке обычно осуществляется слабообожженным доломитом, доломитизированной известью, ожелезненным доломитом, которые работают одновременно как сыпучие охладители.

Как известно, химический состав конвертерного шлака и интенсивность разрушения футеровки отличаются в разные фазы конвертерного процесса. Наиболее высокая интенсивность разрушения футеровки конвертера наблюдается в период формирования шлака с основностью CaO/SiO₂ = 1,0 - 1,5 и высокой окисленностью (до 30 % FeO). Поэтому необходимо именно в первый период продувки формировать шлак, имеющий максимальную для данных температурных условий концентрацию MgO, более близкую к насыщению (рис. 3). С целью увеличения содержания MgO в шлаке эффективно использование магнезиальных флюсов.

Исследования кинетики процесса насыщения шлака оксидом магния при моделировании взаимодействия материала огнеупора MgO-C при введении магнезиального флюса, показало существенное замедление скорости поступления оксида магния в шлак, а именно в – 2,0 - 2,25 раза.

Промышленные исследования, выполненные специалистами фирмы Humburger Stall Werben, позволили оценить степень растворения огнеупоров основного состава в шлаке в зависимости от содержания в нем оксида магния. Авторы сравнивали долю MgO, перешедшую в шлаки из футеровки, путем составления материального баланса шлака. Группа 1 – плавки с присадкой только

извести; 2 – извести и доломитизированной извести. Зона А – шлаки, пересыщенные по MgO; Б – шлаки с концентрацией MgO ниже насыщения (рис. 4).

Явно выражена тенденция к уменьшению перехода оксида магния из футеровки в шлак с увеличением степени насыщения шлака MgO. Конечно, в реальных условиях есть проблема равномерного распределения растворяющегося MgO по всему объему шлака, именно поэтому быстрорастворимость магнезиального материала в шлаке играет такую важную роль.

В последние 3-4 года Группой Магнезит интенсивно развивается производство специализированных материалов для повышения эффективности применения огнеупоров основного состава в конвертерах, электросталеплавильных печах, сталеразливочных ковшах (табл. 3). Следует отметить, что эти разработки появляются в содружестве со специалистами Уральского института металлов и ряда металлургических предприятий.

Российские металлурги с участием инженеринговой службы Группы Магнезит интенсивно переходят от использования различных кальций-магний содержащих флюсов (до 30 % MgO) к магнезиальным флюсам. Например, специалисты ОАО «ЗСМК» в 2004 г. [3] как фактор увеличения стойкости конвертеров сообщают об освоении технологии выплавки с использованием ИМФ-30, а с 2006 г. предприятие использует исключительно магнезиальные флюсы.

Для сохранения рафинирующей способности конвертерного шлака содержание MgO в шлаке поддерживается в пределах 8-11 %. Эта оптимальная концентрация оксида магния в шлаке получена на российских предприятиях экспериментально. Результат совпадает с рекомендациями и других специалистов [2, 4]. При этом доказана эффективность применения магнезиальных флюсов в рублях на тонну стали, рассчитанная от экономии затрат на флюсы и снижения энергозатрат с уменьшением количества добавляемых в конвертер «сыпучих холодильников». Например, по опыту одного из предприятий с конвертерами емкостью 160 т, для достижения необходимого содержания MgO в шлаке требуется обожженного доломита 3,3 т на плавку, при использовании же магнезиального флюса марки ФОМ с содержанием 70-75 % MgO требуется 1,0 - 1,2 т флюса-«охладителя» на плавку.

Теория и практика выплавки стали под обогащенными MgO шлаками – это реализация идеи сформировать шлак в области насыщения MgO; шлаки такого состава обладают менее агрессивным воздействием на огнеупорную футеровку конвертера. Реализуется известное положение из теории металлургической термодинамики об отсутствии взаимодействия на поверхности раздела двух фаз в случае равенства концентрации диффундирующего компонента и концентрации насыщения. По оценке [5], концентрация MgO в реальных шлаках всегда в 1,2 - 1,3 раза ниже концентрации насыщения.

Реальная шлаковая система требует для достижения насыщения шлака оксидом магния от 20 до 35 мин с использованием, например, магнезитового порошка, но этого времени фактически нет, проблема решается применением легкоусваиваемых, легкорастворяющихся в шлаке флюсов.

Разработанная, в США технология раздува шлака в

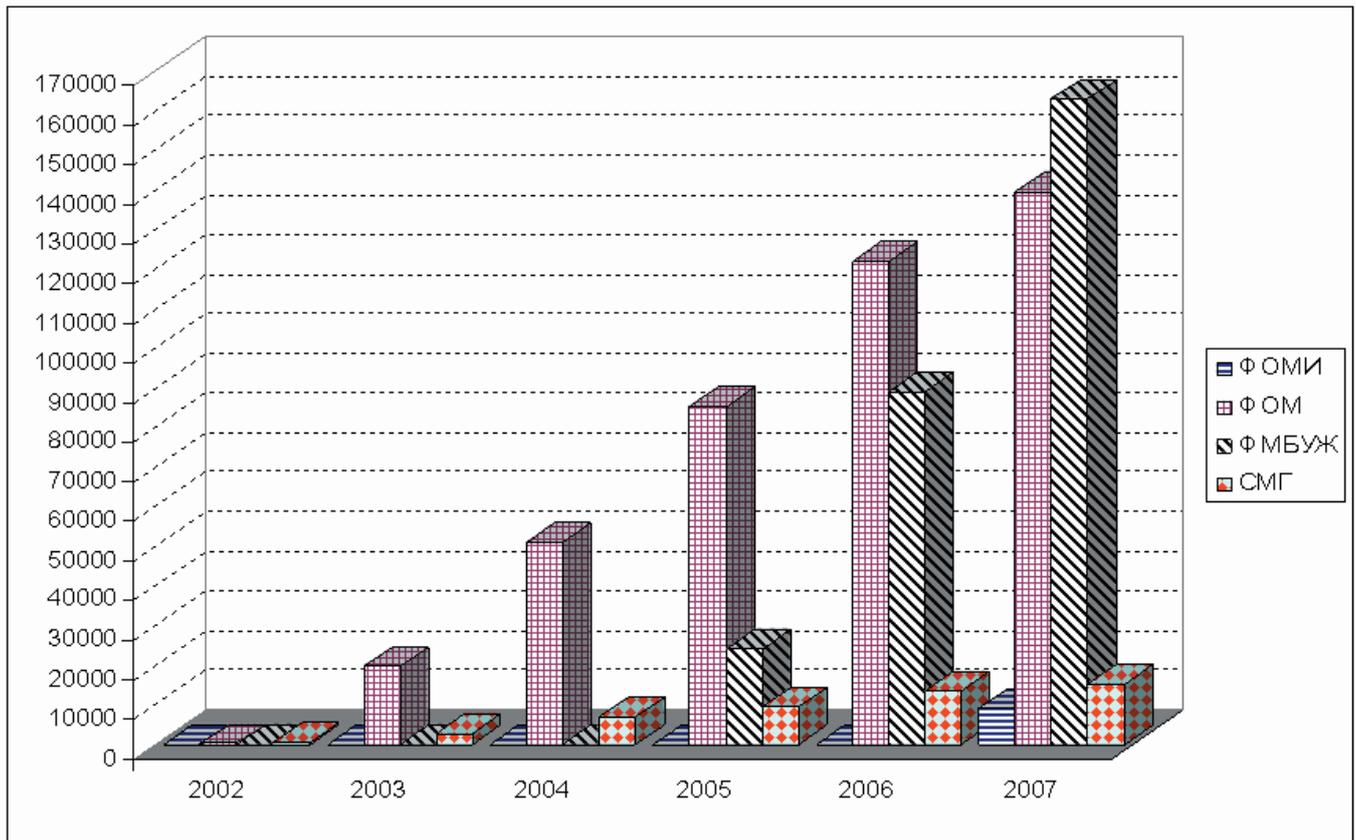


Рис. 5. Динамика роста производства магнийсодержащих флюсов на промышленных мощностях ООО «Группа Магнезит»

кислородном конвертере заключается во вдувании азота высокого давления (8-14 МПа) через верхнюю фурму с расходом 600 - 1200 м³/мин с целью разбрызгивания шлака на поверхность футеровки. Этот спеченный огнеупорный слой не допускает прямого контакта огнеупорных изделий футеровки с жидким металлом и шлаком во время продувки металла кислородом, предотвращая, таким образом, окисление углерода и эрозию периклазоуглеродистых огнеупоров.

Как показывает практика, при отсутствии оптимума химического состава жидкого шлака, при раздуве этого реально сформировавшегося в конвертере шлака операция может оказаться недостаточно эффективной.

Доказано, что для формирования эффективного огнеупорного гарнисажа достаточной толщины при раздуве конечного шлака необходимо соблюдать ряд условий. Одно из них – необходимость снижения вязкости шлака в период операции раздува. Есть мнение, что наличие твердой фазы в шлаке в количестве около 30 % снижает вязкость гетерогенного шлака, одновременно позволяя шлаковому расплаву растекаться по футеровке, замедляя этот процесс. В то же время следует ограничить количество тугоплавких фаз в шлаке во избежание окомкования шлака, что приведет к снижению адгезии шлака к поверхности футеровки вплоть до его отслоения от футеровки. Во-вторых, необходимо наличие в раздуваемом шлаке определенной доли ферритов магния с температурой плавления выше 1750 °С.

Экспериментально (фирма Bao Steel, Китай) [6] доказано, что основные конвертерные шлаки, содержащие более 48 % СаО при 6 - 8 % MgO, не обеспечивают формирование стойкого гарнисажа, так как шлаки такого состава на 90 % находятся в зоне насыщения СаО и

характеризуются высоким содержанием СаО·Fe₂O₃ и 2СаО·Fe₂O₃ с температурой плавления 1215 и 1440 °С соответственно. Поэтому, гарнисаж на основе ферритов кальция не устойчив к эрозии.

Увеличив содержание MgO до 10 % и снизив содержание СаО до 41,8 % в конечном шлаке перед раздувкой, удалось сместить шлак по составу в область насыщения MgO, где присутствует высокотемпературная фаза MgO·Fe₂O₃ с температурой плавления 1750 °С и серия твердых растворов с различными пропорциями MgO и FeO с температурой плавления около 2000 °С. Доля магнезиоферрита и магнезиовюстита в этом случае достигает 15-25 %, а доля легкоплавкой фазы и СаО·Fe₂O₃ сокращается до 3-7 %.

Показано, что применение магнезиального флюса-самораспадающихся гранул (СМГ-10С, «Компакт») – создает эффект увеличения содержания MgO в шлаке перед его раздувом с одновременным снижением его вязкости и вспениванием за счет интенсивного газообразования при контакте с горячим шлаком в конвертере (подается на шлак в количестве 1-2 кг на тонну шлака, в зависимости от концентрации FeO), существенно повышает стойкость футеровки конвертера [7].

В реальных условиях выбор фазового состава шлака носит индивидуальный характер, поэтому разработана и реализована на комбинате «Магнезит» гибкая технология, разработаны и успешно используются на металлургических предприятиях магнезиальные флюсы различных составов (табл. 3) на основе собственного магнезиального сырья. Есть возможность регулировать количество и качество легкоплавкой фазы во флюсе, учитывая конкретные условия эксплуатации конвертера. Это касается создания условий для образования в

определенном количестве упомянутых ферритов кальция, а также браунмиллерита и герцинита с температурами плавления 1415 и 1440 °С соответственно (табл. 3, продукты МГФ).

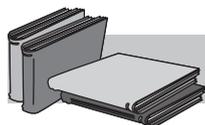
При оптимизации шлакового режима эксплуатации конвертера, помимо корректировки химического состава шлака, необходимо учитывать и иные факторы: температуру выпуска металла и, соответственно, температуру шлака, глубину шлака в конвертере и расстояние фурмы от шлака во время раздува. Следует отметить, что квалифицированное использование мер по уходу за футеровкой во время эксплуатации конвертера не приводит к проблемам с донными фурмами для конвертеров с донной продувкой [4].

Скорость растворения флюсов оценивали в ОАО «Уральский институт металлов» по следующей методике. В алундовый тигель помещали 50 г синтетического шлака состава, в %: 40CaO, 40SiO₂ и 20Al₂O₃, и 0,07MgO. При 1600-1610 °С в шлаковый расплав вводили гранулы флюса и визуально по секундомеру определяли длительность их растворения.

На рис. 5 приведена динамика роста производства магнийсодержащих флюсов.

Важнейшим достоинством технологии выплавки стали под магнезиальными шлаками, наряду со снижением износа периклазоуглеродистой футеровки, является улучшение шлакового режима, что особо отмечается специалистами - металлургами. Оксиды магния ускоряют растворение извести, препятствуя образованию тугоплавкой корочки двукальциевого силиката вокруг частиц извести, а также повышают активность растворимого оксида кальция, взаимодействуя с частью оксидов кремния.

Безусловно, существует оптимум стойкости конвертеров, для чего необходимо увязать преимущества, получаемые от выполнения футеровки качественными огнеупорами и применения мер по уходу за футеровкой, с производством, учитывая увеличение производительности агрегата, простой для ухода за футеровкой, на ремонт и смену футеровки и затраты на огнеупорные материалы [4]. Реально оцениваются затраты в рублях (гривнах) как на огнеупорные изделия, так и на материалы, предназначенные для ухода за футеровкой (торкрет-массы, флюсы, подварка) на тонну продукции (выплавленной стали).



ЛИТЕРАТУРА

1. Poirier J. Recent tendencies in refractories in relation with service conditions in the steel industry // XXXIX-th International colloquium on refractories, Aachen – 24-25 september 1996. – P. 6-16.
2. Смирнов А. Н. Конвертерный металл // Металл бюллетень, Украина. – 2007. – № 4 (125). – С. 64-74
3. Комшуков В. П., Соколов В. В., Машинский В. М., Щипанов А. И. Совершенствование технологии производства конвертерной стали // Сталь. – 2004. – № 5. – С. 27-28.
4. Kumar D. S., Prasad G., Vishwanath S. C., Ghorui P. K., Mazumdar D., Ranjan M., Lal P. N. Converter life enhancement through optimization of operating practices // Iron and Steelmaker. – 2007. – № 6. – P. 521-528.
5. Бабенко А. А. Выбор рациональных направлений повышения износоустойчивости магнезиальной футеровки конвертеров // Новые огнеупоры. – 2005. – № 1. – С. 26-28.
6. Sian C., Wenyan Y., Congjie Z. Slag Splashing for Bao Steel's 300- Metric Ton BOF and Crystallographic Structure of its Slag // Iron and Steelmaker. – 2000. – № 7. – P. 39-41.
7. Демидов К. Н., Овсянников В. Г., Шатилов О. Ф., Дьяченко В. Ф., Борисова Т. В., Воронина О. Б. Использование самораспадающихся магнезиальных гранул для нанесения гарнисажа на футеровку конвертера // Новые огнеупоры. – 2005. – № 1. – С. 15-17.

Вниманию авторов!

С 2009 г. в соответствии с требованиями ВАКа все статьи, поступающие в редакции научных журналов, должны обязательно проходить рецензирование, иметь акт экспертизы, аннотации и ключевые слова на русском, украинском и английском языках. Объем статьи – не более 10 страниц, рисунков – не более 5.

Статьи в редакции могут поступать как на бумажном, так и электронном носителе. Для текстовых материалов желательно использовать формат **doc**. Для графических материалов – формат **jpeg**. Графические материалы необходимо сохранять в отдельных файлах. Фотографии, рисунки, графики и чертежи должны быть черно-белыми, четкими и контрастными.