

А. В. Юрков, Е. А. Кондратьев, В. В. Горбунов (✉)

Богдановичское ОАО «Огнеупоры», г. Богданович Свердловской обл., Россия

УДК 666.046.52:669.187.2

НОВАЯ ЛИНЕЙКА МОДИФИКАТОРОВ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА БОГДАНОВИЧСКОГО ОАО «ОГНЕУПОРЫ»

В Богдановичском ОАО «Огнеупоры» создан участок по производству высокомагнезиальных и алюмосодержащих флюсов. Рассмотрен механизм их влияния на десульфурацию металла и количество неметаллических включений.

Ключевые слова: высокомагнезиальные и алюмосодержащие флюсы, шлакообразование, десульфурация металла, срок эксплуатации тепловых агрегатов.

В настоящее время при современном способе производства стали металлургам зачастую необходимо решать задачи, цели которых лежат в одной плоскости, а решения по своей сути противоречат друг другу. С одной стороны, большое внимание уделяется постоянному наращиванию объемов производимой стальной продукции, а с другой стороны, существует необходимость выполнения условий по созданию металлопроката, отвечающего жестким требованиям международных стандартов по качественным показателям стали.

Увеличение объемов производства напрямую связано с повышением производительности тепловых агрегатов в основном за счет максимальной интенсификации всех сталеплавильных процессов путем использования комплекса мощных технологических воздействий, основным из которых является интенсивная продувка кислородом. Неизбежным следствием такого подхода является не только образование агрессивного по отношению к футеровке шлака со значительным количеством оксидов железа, но и получение металла повышенной окисленности, что в конечном счете отражается на итоговом качестве стальной заготовки.

Помимо вопросов повышения производительности металлургических агрегатов и улучшения качественных показателей продукции остро стоит вопрос экономичности производства стали, которая зачастую зависит от стойкости огнеупорной футеровки. При этом износ огнеупоров в условиях эксплуатации определяется в большей мере соблюдением параметров технологии ведения плавки (дутьевого и темпера-

турного режимов, процесса шлакообразования, присадки различных материалов), чем использованием дорогостоящих огнеупорных изделий в футеровке. Учитывая сложность комплекса проблем, неким компромиссом между производительностью, качеством и экономикой можно считать применение специально разработанных модификаторов шлака (флюсов) в сочетании с отработанной технологией их использования. В настоящий момент именно применение флюсов — один из самых актуальных и эффективных методов замедления износа футеровки агрегатов.

В Богдановичском ОАО «Огнеупоры» создан производственный участок, специализирующийся на выпуске неформованных материалов, в том числе высокомагнезиальных и алюмосодержащих флюсов.

Ожелезненные высокомагнезиальные флюсы получают двумя способами:

- термообработкой магнийсодержащего материала во вращающихся печах с последующим дозированным смешиванием с различными добавками, брикетированием материала (рис. 1);
- переработкой высокомагнезиальных материалов с последующим смешиванием с каль-



Ожелезненный высокомагнезиальный флюс



В. В. Горбунов
E-mail: VGorbunov@ogneupory.ru

ций- и железосодержащими добавками, брикетированием материала.

Содержание основных химических элементов в высокомагнезиальных ожелезненных флюсах приведено в табл. 1.

Служебные характеристики флюсов, кроме повышенного содержания в них оксидов магния, определяются также наличием других химических элементов. Так, образование в процессе получения флюса известного количества легкоплавких фаз (ферритов кальция) с температурой плавления 1170–1220 °С способствует быстрому растворению материала в ходе плавки. Пониженное содержание в материалах CaO исключает отрицательное влияние атмосферной влаги (гидратации с образованием соединений $\text{Ca}(\text{OH})_2$) в процессе транспортировки на предприятия-потребители и перегрузки флюсов в бункерные системы, которое приводит к снижению прочности флюса, увеличению количества мелочи с последующим насыщением ее водородом.

Опытно-промышленные испытания флюса марки МТФ-1 проведены в условиях ДСП-120 ЭСПЦ ОАО «Первоуральский Новотрубный завод». Как показали испытания, существенным достоинством технологии выплавки стали под магнезиальными шлаками наряду со снижением износа периклазосодержащей футеровки за счет образования защитной шпинели в системе $\text{CaO-SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3$ является улучшение процесса шлакообразования, что обусловлено ускорением растворения извести вследствие присутствия оксида магния. Применение высокомагнезиального флюса обеспечивало также раннюю и стабильную пеноустойчивость в течение всего процесса плавки, что обусловило низкий уровень механического воздействия на огнеупоры и улучшение температурного режима плавки. Особенность управления процессом вспенивания шлака в процессе его насыщения MgO заключается в том, что мелкодисперсные твердые частицы MgO, выделяющиеся из жидкого расплава при пересыщении его оксидом магния, кроме повышения вязкости, препятствуют слиянию пузырей газа CO и вытеканию шлака между пузырями CO. Данное обстоятельство стабилизирует шлаковую пену, делая ее устойчивой в широких интервалах температур и окисленности. Высокая вязкость, со своей стороны, способствует пенообразованию, повышая прочность прослоек жидкости между пузырями.

Присадка МТФ-1 по ходу ведения плавки позволила получать в конечных шлаках ДСП 10–14 % MgO, что гарантированно снижает агрессивное воздействие шлака на футеровку печи и тем самым увеличивает срок службы огнеупоров.

Добавление высокомагнезиального флюса в количестве 0,8–1,0 кг на 1 т стали в сталеразливочный

Таблица 1. Содержание основных химических элементов в высокомагнезиальных ожелезненных флюсах

Массовая доля, %	Норма для флюса марки	
	МТФ-1	МТФ-2
MgO, не менее	70	75
CaO, не более	3–7	10
SiO ₂ , не более	6	3
Fe ₂ O ₃	6–12	2–3
S, не более	0,05	0,05

очный ковш во время выпуска металла позволило снизить до возможного минимума скорость протекания реакции между компонентами шлака и MgO футеровки. Кроме того, при увеличенной вязкости шлака на поверхности огнеупорной кладки после окончания разливки остается тонкая пленка гарнисажа, которая смягчает последствия реакций окисления кислородом воздуха, особенно это важно при разогреве сталеразливочных ковшей на участке подготовки.

Важными материалами в новой продуктовой линейке Богдановичского ОАО «Огнеупоры», позволяющими уменьшать не только агрессивное воздействие шлака в кинетической стадии его взаимодействия с огнеупором, но и моментально придавать шлаку высокую рафинировочную способность как в отношении серы, так и в отношении неметаллических включений, являются алюмосодержащие флюсы. Один из них — алюмошлакообразующий флюс марки АШМ-75. Содержание основных химических элементов (норма) в флюсе АШМ-75 приведено ниже:

Массовая доля, %:

Al ₂ O ₃ , не менее.....	75
CaO.....	3–7
SiO ₂ , не более.....	5
Fe ₂ O ₃	0–2

Применение флюса АШМ-75 позволяет нейтрализовать агрессивность шлака и придать ему высокую рафинировочную способность.

Эффект снижения агрессивности шлака получается благодаря высокой массовой доле Al₂O₃, который образует с известью легкоплавкое соединение с температурой плавления 1395 °С, вследствие чего происходит разжижение шлака. При этом оксид алюминия в отличие от фторида кальция CaF₂ помимо эффекта разжижения способствует образованию на поверхности кладки шлакового пояса магнезиальной шпинели, препятствуя тем самым проникновению диоксида кремния в поры огнеупора и последующему его растрескиванию. В дальнейшем в ходе протекания реакций в составе шлака снижается доля свободного O²⁻ за счет комплексообразующих катионов алюминия, кремния и других веществ, входящих в состав высокоглиноземистой добавки. Образование сложных анионов Al_xO_{z-y},

$\text{Si}_x\text{O}_{z-y}$, $\text{Fe}_x\text{O}_{z-y}$, обеспечивает связывание свободного кислорода, что также уменьшает агрессивность шлака.

В случае придания шлаку высокой рафинировочной способности основной особенностью флюса АШМ-75 является его минеральный состав, в котором основная доля Al_2O_3 находится в несвязанном состоянии. При наведении шлака с использованием извести содержащийся в ней CaO вступает во взаимодействие с Al_2O_3 флюса, в результате чего образуется система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, обладающая необходимыми для процесса рафинирования стали вязкостью и сульфидной емкостью.

При введении высокоглиноземистой добавки значительно снижается количество неметаллических включений в стали. Эффект достигается уменьшением межфазного натяжения на границе капля шлака – неметаллические включения, при этом запускается процесс рафинирования металла каплями наведенного шлака.

Уменьшению количества неметаллических включений в металле способствует также снижение степени окисления присаживаемых ферросплавов в процессе обработки, происходящее в основном за счет минимизации массовой доли свободного кислорода.

Ценным свойством шлака, полученного с использованием высокоглиноземистой добавки, относительно внепечной металлургии является его способность практически полностью отде-

ляться от металла. Глиноземистый шлак в отличие от шлака, получаемого при добавке плавикового шпата, совершенно не «прилипает» к металлу. Это свойство глиноземистого шлака создает предпосылки для получения чистого металла, не загрязненного неметаллическими включениями.

Практический опыт использования флюса АШМ-75 в условиях внепечной обработки металла показал, что глиноземистый шлак с содержанием 21–24 % Al_2O_3 в сталеразливочном ковше практически до конца разливки остается жидкоподвижным. Это в полной мере обеспечивает удаление шлака из ковша и способствует качественной обработке донных продувочных блоков. Флюоритовые шлаки к концу разливки металла «коржуются», затвердевают и, как следствие, плохо удаляются.

Результаты опытно-промышленных испытаний флюса АШМ-75 приведены в табл. 2. Для объективной оценки эксплуатационных качеств опытного материала в качестве сравнения выбран массив плавок текущего марочного сортамента в тот же период испытаний при внепечной обработке стали с использованием базового глиноземистого материала.

Из табл. 2 видно, что сквозная скорость десульфурации металла при использовании алюмошлакообразующего флюса АШМ-75 составила 0,00054 %/мин, на установке ковш-печь

Таблица 2. Характеристики степени десульфурации металла

Материал	Число плавов	Масса годного, т	Массовая доля серы [S] в металле, %, в агрегате, проба				Степень десульфурации, %		Продолжи- тельность обработки, мин	Скорость десульфу- рации, %/мин	
			ДСП	УКП, проба		МНЛЗ	сквозная	в УКП		сквозная	в УКП
				первая	последняя						
Флюс АШМ-75	14	112,1	0,0314	0,0237	0,0048	0,0041	86,94	82,7	51	0,00054	0,00037
Другой	13	112,6	0,0323	0,0240	0,0067	0,0062	80,80	72,1	50	0,00052	0,00034
Дельта		-0,5	0,0009	0,0003	0,0019	0,0021	6,14	10,6	1	0,00002	0,000024

0,00037 %/мин, сквозная скорость десульфурации при использовании базового глиноземистого материала 0,00052 %/мин, на установке ковш-печь 0,00034 %/мин.

Таким образом, применением новых видов продукции Богдановичского ОАО «Огнеупоры» достигаются следующие технические результаты:

- увеличение срока эксплуатации тепловых агрегатов за счет снижения агрессивного воздействия шлака на огнеупоры;

- нанесение качественного гарнисажа на футеровку за счет оптимальной жидкотекучести шлака;

- раннее и устойчивое вспенивание шлака, обеспечивающее полное экранирование электрических дуг;

- улучшение процесса шлакообразования и рафинирующих свойств шлака. ■

Получено 18.08.14

© А. В. Юрков, Е. А. Кондратьев,
В. В. Горбунов, 2014 г.