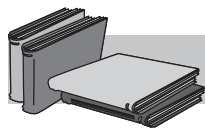


Рис. 4. Области равновесия $Ca_{\gamma} - Ca_{\delta}$ для низкоуглеродистых сталей при обработке силикокальцием СК30 (1) и СК40 (2) в локальной зоне взаимодействия

содержание кальция в наполнителе по длине проволоки. Это может приводить к пироэффекту и нестабильному усвоению кальция при внепечной обработке, что вызывает проблемы с модифицированием и разливаемостью металла при непрерывной разливке.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дюдкин Д. А., Кисиленко В. В., Павлюченков И. А., Болотов В. Ю. «Ковш-печь» – современный агрегат для получения стали. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 473 с.
2. Пат. 67016 України. Дріт для позапечної обробки металургійних розплавів / Дюдкин Д. А., Бать С. Ю., Кисиленко В. В.
3. Пат. 2234541 РФ. Проволока для внепечной обработки металлургических расплавов / Дюдкин Д. А., Бать С. Ю., Кисиленко В. В.
4. Гасик Л. Н., Игнатъев В. С., Гасик М. И. Структура и качество промышленных ферросплавов и лигатур. – Киев: «Техніка», 1975. – 151 с.
5. Дюдкин Д. А., Гринберг С. Е., Горох Л. В., Маринцев С. Н. Сопоставительный анализ фазового состава силикокальция // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 8. – С. 50-52.
6. Дюдкин Д. А., Кисиленко В. В., Акулов В. В. и др. Совершенствование технологии внепечной обработки стали силикокальциевой порошковой проволокой // Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2007. – Вып 10. – С. 30-34.
7. Дюдкин Д. А., Кисиленко В. В. Современная технология производства стали. – М.: Теплотехник, 2007. – 528 с.

УДК 666.762

Г. И. Касьян, А. Я. Минц (ЗАО «Донецкий электрометаллургический завод»)

Возможность повышения стойкости футеровки сталеразливочных ковшей при использовании магнезиальных шлакообразующих добавок

Одним из методов влияния на стойкость магнезиальной футеровки сталеразливочных ковшей является снижение коррозионной составляющей износа путем нейтрализации химической активности внепечных шлаков по отношению к огнеупорам шлакового пояса. Работа заключается в искусственном насыщении шлаков окислами магния и снижении тем самым их способности растворять в себе MgO огнеупора.

Получены положительные результаты в повышении стойкости шлаковых поясов сталеразливочных ковшей при использовании магнезиальных шлакообразующих добавок в ковш на выпуске в условиях ЗАО «Донецкий электрометаллургический завод»

В электросталеплавильном цехе ЗАО «Донецкого электрометаллургического завода» были проведены испытания магнезиальных шлакообразующих добавок, отдаваемых в ковш на выпуске металла из печи, и получены положительные результаты.

Таблица 1
Сравнительные характеристики используемых материалов

Наименование материала	Химический состав, %			
	MgO	SiO ₂	C	п.п.п.
СМГ-10С	47	3	8-10	47
ФОМИ	66	5	0	н/д
ДОМ-1	33	7	0	2
Сырой доломит ДСМ-1	19	3	0	> 45
Доломитизированная известь ИСД(К)-1	30-40	2	0	7

В общей величине износа шлаковых поясов сталеразливочных ковшей коррозионная составляющая занимает значительную долю. Особенно сильно данный вид износа представлен в зоне непосредственного контакта футеровки со шлаком и в зонах захвата шлака металлом при интенсивной донной продувке в ковше. Ковшевой шлак с низким содержанием MgO имеет высокую способность к растворению в себе магниезиальных компонентов футеровки. Эта одна из основных причин повышенного износа футеровки на линии нахождения шлака. Добавка в шлак магниезиальных продуктов до уровня равновесного содержания MgO должна замедлять скорость износа.

Коррозионный износ периклазоуглеродистых огнеупорных изделий шлакового пояса стальной ковшевой характеризуется четырьмя основными стадиями:

1. Выгорание графита и углерода связи с рабочей (горячей) поверхности огнеупора по нескольким причинам:

- окисление кислородом воздуха (особенно в период разогрева футеровки);
- окисление углерода окислами шлака (FeO, MnO);
- растворение углерода изделий в жидком металле (возрастает с уменьшением содержания C в металле);
- прямая реакция углерода изделий с MgO изделий, продуктом которой является CO.

2. Проникновение шлака в тело огнеупора.

На предыдущем этапе образуется обезуглерожженный, пористый слой со стороны горячей поверхности огнеупора. Через этот слой шлак проникает в тело огнеупора, где и протекают последующие реакции.

3. Химическое воздействие компонентов шлака с MgO огнеупора.

Этот процесс завершается образованием легкоплавких соединений (преимущественно силикаты магния и смешанные силикаты кальция и магния). Температура плавления этих соединений находится в диапазоне 1320-1580 °С.

Таблица 2
Результаты испытаний

Показатели	Стальковши с СМГ-10С, 50 кг	Стальковши с СМГ-10С, 70 кг	Стальковши без отдачи СМГ-10С	
			при работе только ДСП-2	при работе ДСП-1 и ДСП-2
Стойкость футеровки, пл	50,7	49	48,5	41
Количество плавов на ДСП-1, пл	0	5,3	0	5,5
Общее количество плавов на вакууматоре, пл	6,3	9	6,8	8,5
Среднее время на УПК, мин	46	48	47	52
Горячий ч ковша, мин	162	172	165	175
Удельный расход электроэнергии на УПК, кВт·ч/т	45	52	46	55

4. Растворение новообразовавшихся компонентов огнеупора в шлаке.

Быстрота этого процесса возрастает при росте интенсивности продувки инертным газом.

Добавление магниесодержащих материалов в шлак сводит до возможного минимума скорость протекания пункта 3. Кроме того, при насыщении шлака окислами магния до величины 8 - 10 % вязкость шлака повышается. За счет этого после разлива на поверхности огнеупорной кладки остается заметный гарнисаж, покрывающий тонким слоем большую ее часть. Данный фактор заметно смягчает последствия реакций окисления кислородом воздуха.

На основании вышеперечисленных аргументов в ЭСПЦ ЗАО «Донецкого электрометаллургического завода» была проведена работа по определению эффективности магниесодержащих присадок в сталеразливочные ковши емкостью 120 т. Следует учитывать, что в условиях данного предприятия стойкость шлаковых поясов является основным фактором, определяющим стойкость всей футеровки сталеразливочных ковшей.

Выбор материалов для проведения эксперимента заключался в соблюдении нескольких условий:

- Приемлемое содержание MgO – не ниже 30 %.
- Гранулометрический состав в пределах 10-60 мм, позволяющий автоматизированно через тракт производить отдачу сыпучих материалов на выпуске металла из ДСП-2.

- Стоимость добавок не должна превышать теоретически рассчитанный эффект проводимой работы.

- Скорость растворения добавок в шлаке – не более 10-15 мин. По данному условию можно отметить, что требования к скорости усвоения магниезиальных добавок при насыщении ковшевого шлака могут быть ниже, чем при ошлаковании футеровок гарнисажем сталеплавильных агрегатов (конвертер, ДСП). Вместе с тем, скорость растворения важна для более раннего проявления эффекта нейтрализации. В идеале добавка должна полностью растворяться в процессе выпуска металла из печи.

Анализ ситуации на рынке шлакообразующих материалов и специальных добавок показал следующее:

- в Украине производят доломит обожженный металлургический и доломитизированная известь.
- как вариант может рассматриваться частичная добавка сырого доломита;
- большой спектр различных магниезиальных шлакообразующих добавок производит ОАО «Комбинат «Магнезит» (г. Сатка, Россия). Наиболее перспективными для испытаний в сталеразливочных ковшах

Таблица 3
Химический анализ шлака УПК на опытных ковшах

Номер плавки	Содержание, %								
	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaF ₂	MnO	S
Опытные стальковши	20,3	55,8	10,6	1,88	-	4,1	8,3	0,25	2,18
	18,9	60,9	8	1,09	1,2	3,4	9,5	0,19	1,49
	22,2	58,6	8,3	1,35	-	3,5	9,6	0,21	1,54
	18,1	59,2	8,5	1,08	-	3,8	13,2	0,4	2,14
	19	61,2	8,6	1,9	-	3,3	10,6	0,27	1,42
	16,5	59,4	10,5	0,8	1,9	3,2	7,2	0,19	1,93
	21	57,9	8,8	1,1	1,9	3,2	9,1	0,19	2,01
Средние значения	19,4	59	9	1,3	1,7	3,5	9,6	0,2	1,8
Серийно используемые ковши	18,5	57,5	6,5	1	0,6	3,6	9,5	0,2	1,8

оказались массы СМГ-10С и ФОМИ (соответствие гранулометрического состава характеристикам тракта сыпучих материалов, высокое содержание MgO у ФОМИ и наличие углерода у СМГ-10С).

Сравнительные характеристики указанных материалов приведены в табл. 1.

Отдача магнезиальных шлакообразующих производилась в ковши при осуществлении выпуска металла из печи.

Первой была испытана добавка СМГ-10С. Объем испытаний – 6 стальковшей. Отдачу СМГ-10С производили на первый, третий, пятый, седьмой, девятый и одиннадцатый стальковши, по порядку введенные в эксплуатацию, начиная с первой плавки. Параллельно с опытными ковшами эксплуатировались стальковши по принятой технологии без отдачи СМГ-10С. Отдачу СМГ-10С в сталеразливочные ковши производили на выпуске каждой плавки совместно с известью.

Количество отдаваемого на каждой плавке материала:

- на первых трех стальковшах – 50 кг на плавку;
- на следующих трех стальковшах – 70 кг на плавку.

Полученные во время испытаний результаты приведены в табл. 2.

Испытания по добавлению в стальковши 50 кг шлакообразующей добавки СМГ-10С проводились при работе ДСП-2, а испытания по добавлению в стальковши 70 кг шлакообразующей добавки СМГ-10С по техническим причинам совпали как с работой ДСП-2, так и ДСП-1. На выпуске плавки из ДСП-1 СМГ-10С в ковши не отдавался ввиду отсутствия такой возможности. Вместе с тем, стойкость ковшей, принимающих плавки ДСП-1 в связи с отсутствием эркерного выпуска и попаданием печного шлака в ковши, оказалась ниже, чем при работе ДСП-2.

Как видно из табл. 1, при сравнимых условиях эксплуатации на стальковшах с добавлением 50 кг СМГ-10С увеличение стойкости футеровки по сравнению с обычными ковшами составило 2 плавки или 4,5 %. На стальковшах с добавлением 70 кг СМГ-10С увеличение

стойкости футеровки составило 8 плавки или 19,5 %. Результаты испытаний показали, что эффективность введения магнийсодержащих добавок тем выше, чем большая термохимическая нагрузка приходится на шлаковый пояс. Примером является эффект от присадок на ковшах, попавших под выпуск из ДСП-1.

Несмотря на полученные результаты, испытания СМГ-10С не были продолжены ввиду его ограниченного производства.

В качестве заменителя комбинат «Магнезит» предлагал несколько вариантов: брикетированный отсеб СМГ-10С марки «Компакт», отсеб СМГ-10С в чистом виде либо расфасованный в бумажные мешки массой по 5-10 кг, флюс магнезиальный брикетированный с углеродом и железосодержащими добавками марки ФМБУЖ. Все эти варианты не соответствовали предъявляемым требованиям по фракционному составу. В конечном итоге был предложен флюс обожженный магнезиальноизвестковый марки ФОМИ, подходящий по фракционному составу (остаток на сетке № 40 – не более 10 %, проход через сетку № 4 – не более 10 %). Данный материал отличается от СМГ отсутствием углерода и большим содержанием MgO (66 против 47 %).

В ноябре-декабре 2007 г. были проведены испытания шлакообразующей добавки ФОМИ. Испытания были проведены на семи стальковшах. Для насыщения шлака окислами магния приняли решение отдавать на выпуске каждой плавки по 100 кг ФОМИ. Химический анализ шлака УПК на опытных ковшах и средние показатели химического состава шлака на серийно используемых ковшах приведены в табл. 3.

Параллельно с опытными стальковшами эксплуатировались ковши по обычной технологии (23 кампании).

Данные по стойкости на опытных и серийно используемых стальковшах приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, средняя стойкость футеровки стальковшей с ФОМИ на 9,2 % выше, чем у серийно используемых ковшей.

Все опытные и серийно используемые стальковши

Таблица 4
Данные по стойкости на опытных и серийно используемых стальковшах

Показатели	Опытные стальковши с ФОМИ	Серийно используемые стальковши	Отклонение
Количество законченных кампаний, шт	7	23	
Стойкость футеровки, плавки	55, 49, 51, 51, 55, 51 и 54 Ср. стойкость – 52	48, 50, 50, 50, 43, 45, 50, 49, 49, 45, 48, 45, 46, 48, 49, 50, 43, 48, 45, 48, 49, 50 и 46 Ср. стойкость – 47,6	+4,4 (9,2 %)

выводились из эксплуатации по износу шлакового пояса. Состояние монолитной футеровки стен и днища оценивалось как удовлетворительное.

В настоящее время намечено проведение испытаний в качестве шлакообразующей присадки доломита марки ДОМ-1.

Выводы

1. Эффект зависит от условий эксплуатации футеровки – чем выше термохимическая составляющая износа, тем очевиднее эффект.

2. Эффект зависит от количества добавляемых присадок. Лучшие результаты при прочих равных условиях были достигнуты при насыщении шлака окислами магния до 8 - 10 %. Однако, в этой части работа не закончена, требуется опробование больших порций шлакообразующих добавок.

3. На опытных ковшах отмечалась меньшая раскрываемость швов кладки, что возможно связано с образованием тонкого слоя гарнисажа на поверхности

периклазоуглеродистой футеровки. Данный слой образовывался в процессе разлива по мере снижения уровня шлака и препятствовал процессам окисления углеродистой составляющей изделий в межплавочные периоды. Это может являться причиной улучшения ситуации с раскрытием швов кладки и вносит свою долю в общий эффект повышения стойкости.

Таким образом, результаты проведенных на ЗАО «Донецкий электрометаллургический завод» испытаний показали возможность повышения стойкости шлаковых поясов сталеразливочных ковшей путем добавки магнезиальных шлакообразующих смесей и нейтрализации химической агрессивности шлаков внепечной обработки по отношению к периклазоуглеродистой футеровке шлаковых поясов. Проведенную работу нельзя назвать законченной, т. к. требуется продолжать испытания в плане подбора как оптимальных качественных характеристик, так и количественных величин шлакообразующих магнезиальных добавок.

УДК 669.183

Б. П. Крикунов, Н. М. Переворочаев, В. И. Цуканов, А. И. Дрейко, В. Р. Барановский, М. В. Рыжов, А. А. Астахов, А. Ю. Карибов (Филиал «Металлургический комплекс» ЗАО «Донецксталь» - МЗ)

Совершенствование технологии раскисления стали

Существующая технология раскисления углеродистых и низколегированных марок стали предусматривает раскисление металла в ковше на выпуске из мартеновской печи кусковым алюминием и кремний-содержащими ферросплавами. Окончательное раскисление кремнием на УПК производят дробленным 65 % - ным FeSi и SiMn.

Периодический анализ расходования кремния на производство мартеновской стали с обработкой на УПК показывает, что существует тенденция сверхнормативного расхода кремнийсодержащих ферросплавов (в основном дробленого 65 % ферросилиция).

В результате предварительного анализа данных плавов текущего производства было установлено, что сверхнормативный расход кремнийсодержащих ферросплавов наблюдался, главным образом, при обработке стали на установке «печь-ковш» (УПК). Одной из основных причин перерасхода является нестабильное усвоение кремния на УПК, что, в основном, связано с использованием относительно легковесных ферросплавов – 65 % ферросилиция, в том числе и присадками его малыми порциями (50-70 кг).

Для повышения степени и стабильности усвоения Si предложено пересмотреть установленную технологию корректировки химического состава полупродукта кремнием в ходе внепечной обработки стали:

– при выпуске стали из мартеновской печи не

Разработана и испытана в промышленном масштабе новая технология раскисления стали, которая характеризуется изменением порядка ввода раскислителей и использованием новых кремний - содержащих ферросплавов

использовать вторичный алюминий в чушках для раскисления полупродукта;

– в начале обработки на УПК производить присадку алюмофлюса и вводить алюминиевую катанку;

– корректировку массовой доли кремния в металле производить вместо 65 % FeSi, имеющего более высокую удельную массу - 45 % FeSi.

Опытную технологию выплавки и внепечной обработки отработывали на углеродистых марках стали, не легированных кремнием (массовая доля кремния до 0,45 %).

В работе предусматривали:

– проведение промышленных испытаний новых вариантов раскисления металла (с использованием дробленого 45 % ферросилиция и измененным порядком ввода различных раскислителей);

– исследование уровня окисленности металла в период доводки на УПК и разлива на УНРС при различных вариантах раскисления;

– проведение сопоставительного анализа свойств листового проката из опытного и сравнительного металла;

– выполнение оценочного расчета экономической эффективности разработанной технологии.