

С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Т.С.Кияшко, Е.В.Семькина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕКАНИЯ РАФИНИРОВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В 160-Т КОНВЕРТЕРАХ

Целью работы является оценка эффективности удаления серы из металла при воздействии на шлакометаллический расплав низковольтными электрическими потенциалами в условиях конвертерной плавки. Выполнен сравнительный анализ показателей десульфурации металла и содержания остаточного марганца в металле и шлаке при проведении промышленных плавов с электрическим воздействием и по обычной технологии. Показано, что увеличение удельной мощности электрического воздействия дает возможность улучшить термодинамические условия десульфурации, повысить расход извести и увеличить основность шлаков, увеличить остаточное содержание марганца в металле.

конвертерная плавка, шлакометаллический расплав, ресурсосбережение, десульфурация

Состояние вопроса. Сотрудниками Института черной металлургии выполнены исследования по определению эффективности технологии наложения низковольтных потенциалов на 160-т конвертерную ванну. При проведении исследований было установлено, что при ведении плавки с наложением на жидкую сталеплавильную ванну низковольтных электрических потенциалов существенно повышается температура расплава, выход жидкого металла и снижается расход жидкого чугуна. Кроме того выявлено, что создаются более благоприятные условия для рафинирования металла, в частности по сере, и для увеличения количества остаточного марганца в стали на первой технологической повалке конвертера, что может быть источником ресурсосбережения.

Цель работы. Оценка эффективности удаления серы из металла при воздействии на шлакометаллический расплав низковольтными электрическими потенциалами в условиях конвертерной плавки. Определение возможности ресурсосбережения за счет повышения содержимого остаточного марганца в металле.

Изложение основных материалов исследования. В период технологических исследований по освоению оборудования и системы наложения электрических потенциалов собраны статистические данные, характеризующие основные показатели работы 3-х конвертеров кислородно-конвертерного цеха в течение ряда месяцев (В проведении экспериментальной части исследования принимали участие следующие сотрудники комбината «АрселорМиттал Кривой Рог» В.А.Шеремет, А.В.Кекух, В.Г.Писаренко, В.И.Макаренко, В.И.Бельгер, В.И.Хотюн). Два конвертера (№1 и №2) работали по традиционной технологии ведения плавки, а один (конвертер № 3) по технологии с наложением во время кислородной продувки низковольтных электрических потенциалов.

На рис.1 показано: а – изменение по месяцам степени десульфурации металла, полученной на плавках, выполненных на трех конвертерах в течение этого периода, б – доля плавков с электрическими воздействиями на конвертере №3. Указаны среднемесячные показатели по каждому конвертеру, а по конвертеру №3 – среднемесячные обобщенные показатели, учитывающие результаты плавков, как с электрическими воздействиями, так и без воздействий, проводимых в эти периоды.

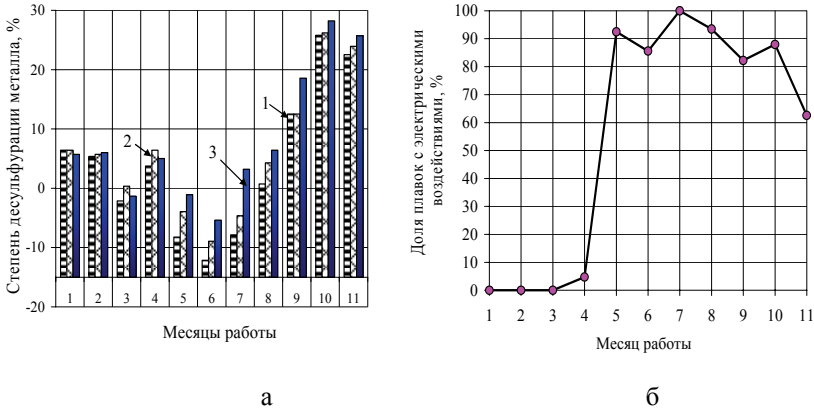


Рис.1. Полученная по месяцам степень десульфурации металла на конвертерах № 1, 2, 3 (а) и доля плавков с электрическими воздействиями на конвертере № 3 в этот период (б).

На величину степени десульфурации металла оказывают влияние многие факторы: исходное содержание серы в расплаве, включающем чугун, металлолом и шлакообразующие материалы, температура расплава, количество и качество присаживаемой извести и степень ее ассимиляции, серопоглотительная способность сформированного шлака, а также опыт работы обслуживающего конвертер персонала и т.п. Подтверждением этому служит некоторое различие в результатах по десульфурации металла, полученных на разных конвертерах даже по усредненным за месяц показателям работы (см. рис. 1а). Кроме того, просматриваются тенденции общего для всех конвертеров снижения или повышения степени десульфурации металла в течение года, что, вероятно, связано с изменением качества шихтовых материалов. Однако, в период работы конвертера №3 с электрическими воздействиями (при доле опытных плавков 60% и более) получена более высокая десульфурация металла по сравнению с результатами работы других конвертеров в тот же период времени.

Следует отметить, что полученные результаты не в полной мере отражают потенциальные возможности низковольтных электрических воздействий в плане повышения степени рафинирования металла по сере, так как в течение указанного периода производилась отработка технологии,

направленная, в основном, на повышение выхода жидкого металла и сокращение доли жидкого чугуна в металлической шихте за счет повышения количества металлического лома. Повышенное содержание металлического лома в шихте несколько искажает величину степени десульфурации металла, поскольку контролируется только начальное содержание серы в чугуне, а количество ее поступлений с металлическим ломом неизвестно. Кроме того, при этих экспериментах не применяли дополнительных мероприятий по повышению возможностей этого способа в отношении рафинирования металла, заключающихся, например, в увеличении количества добавок извести, что обусловлено более высокой степенью нагрева металла на опытных плавках.

Для определения степени влияния величины параметров электрических воздействий на процессы удаления серы дополнительно были проведена серия опытных плавов при различных значениях удельной электрической мощности, регулируемой путем увеличения напряжения на источнике тока. Полученные результаты (рис.3) свидетельствуют о благоприятном влиянии увеличения напряжения, а, следовательно, и мощности воздействия на степень удаления серы из расплава. Однако, как показал анализ, для условий этого предприятия повышение напряжения на источнике тока выше 25 В не приводило к росту десульфурации. Такой характер влияния электрических воздействий, вероятно, можно объяснить тем, что уровень значений полезной мощности (в рабочем объеме конвертера емкостью 160 т) достигает своих максимальных значений при указанном выше напряжении на источнике тока. Специальные исследования показали, что каждому уровню напряжения на источнике тока соответствует определенное усредненное значение полезной мощности: 12 В – 12 кВт, 25 В – 27 кВт, 35 В – 16 кВт. Как видно из приведенных цифр, при увеличении напряжения на источнике тока больше, чем 25 В значения полезной мощности снижаются, что уменьшает эффект воздействия на рафинировочные процессы.

В табл.1 приведены технологические показатели опытных плавов, проведенных на конвертере №3, усредненные по двум группам: с электрическими потенциалами и без воздействий. Следует отметить, что на плавках этих групп перерабатывали чугун с пониженным содержанием марганца (0,29–0,35% абс.). Известно, что передел низкомарганцовистого чугуна сопряжен с рядом сложностей в протекании процесса конвертирования, прежде всего, это проявляется в ухудшении условий формирования шлака. Тем не менее, в таких условиях на опытных плавках по сравнению с результатами обычных продувок получено повышение степени удаления серы (в среднем на 4,2% – концу продувки и на 2,3% – выпуске стали). Это связано с улучшением под действием потенциала термодинамических условий для активизации процесса десульфурации (повышение температуры расплава в среднем на 11⁰С), а также с увеличением остаточного

содержания марганца в расплаве (в среднем на 4,7% – к концу продувки и на 3,7% – к моменту выпуска стали).

Таблица 1 – Результаты исследований, проведенных на 160-т конвертере

№ п.п.	Показатели плавки	Варианты опытов	
		Обычные плавки	Плавки с электрическими воздействиями
1.	Количество плавков	480	480
2.	Состав чугуна, %		
	– кремний	0,85	0,84
	– марганец	0,35	0,29
	– сера	0,029	0,030
3.	Температура чугуна, °С	1327	1327
4.	Присадки в конвертер, т:		
	– известь из вращающейся печи	9,8	9,6
	– известь из кольцевой печи	0,27	0,35
	– теплоноситель (антрацит)	0,45	0,31
	– плавиковый шпат	0,52	0,40
5.	Содержание углерода к концу продувки плавки, %	0,25	0,25
6.	Температура металла к концу продувки плавки, °С	1586	1597 (+11)
7.	Содержание углерода на выпуске, %	0,08	0,08
8.	Температура на выпуске, °С	1603	1612
9.	Параметры шлака:		
	Feобщ.	17,62	17,05
	MnO	3,81	2,71
	Основность	3,55	3,90
10	Степень ресульфурации к концу продувки плавки, %	13,5	9,3
11	Степень десульфурации на выпуске плавки, %	5,5	7,8
12	Степень окисления марганца к концу продувки плавки, %	69,2	64,5
13	Степень окисления марганца на выпуске плавки, %	72,2	68,5
12	Затраты электроэнергии, кВт×ч/т	0	0,05
13	Расчетный прирост температуры по отношению к сравнительным плавкам, °С	–	18,2

Следует отметить, что при использовании потенциала имеет место увеличение основности сформированного шлака (3,9 ед. по сравнению с 3,55 ед. на обычных плавках), что отражает лучшее усвоение ванной при-саживаемой извести при электрических воздействиях. В то же время наблюдается некоторое снижение содержания MnO в шлаке (2,71% абс. против 3,81% абс. на обычных плавках), что отражает более низкий уровень окисления марганца из металла. Визуально на опытных плавках отмечалось наличие жидкого шлака в течение более длительного периода, чем на сравнительных, что подтверждается также снижением расхода плавикового шпата, используемого для разжижения плавки (в среднем 0,40 т против 0,52 т на обычных плавках).

Отмеченные эффекты полностью согласуются с теоретическими представлениями, касающимися процесса десульфурации металла. Так, если рассмотреть реакцию удаления серы в ионной форме, т.е. с чисто электролитических позиций, то становится ясным, что ввод или извлечение из реакционной зоны электронов (что соответствует использованию тока отрицательной или положительной полярности) способствует сдвигу реакции в ту или иную сторону.

Согласно В.И. Явойскому [1], преобразованное уравнение Даркена и Ларсена, которое наиболее целесообразно использовать для данного анализа, выглядит следующим образом:

$$\frac{(S)}{[S]} = N_s [2,6 + 1,6 \frac{(CaO)}{(SiO_2)} (V' - 2) + 11,0 [Mn]] \quad (1)$$

где: N_s – сумма молярных долей всех компонентов шлака; (S), [S], [Mn] – содержание серы в шлаке, а также серы и марганца в металле; V' – коэффициент (индекс) основности, определяемый по уравнению (2):

$$V' = \frac{(CaO) - 4(P_2O_5)}{(SiO_2)} \quad (2)$$

где: (CaO), (P_2O_5) и (SiO_2) – концентрация в молярных долях соответствующих компонентов в шлаке.

Из этого уравнения, в частности, четко видно влияние увеличения (CaO) и [Mn] на степень десульфурации металла. Что касается положительного влияния электрического воздействия на жидкотекучесть шлака, то эта зависимость рассмотрена и объяснена нами в работе [2].

Заключение. Выявленные в промышленных условиях эффекты повышения степени десульфурации металла, а также увеличение значений этого показателя с повышением уровня полезной мощности подводимого потенциала позволяют определить пути повышения эффективности применения этого способа при решении задачи снижения содержания серы в металле. Одним из направлений является увеличение в рациональных пределах удельной мощности электрического воздействия, что напрямую влияет на улучшение термодинамических условий десульфурации. Для

его реализации требуется создание специализированных источников тока взамен использования стандартных сварочных трансформаторов.

Обеспечение более высокого теплосодержания расплава под влиянием электрического потенциала предопределяет возможность повышения основности шлаков за счет повышения расхода извести без опасности потери их жидкотекучести. Судя по результатам отдельных опытов, расход извести может быть увеличен минимум на 10 – 20% отн. по сравнению с обычным.

Более высокая температура металла позволяет наметить еще одно важное направление, а именно введение в конвертер марганецсодержащих окислов. Помимо эффекта по увеличению степени десульфурации, это обуславливает возможное повышение остаточного содержания марганца, и соответственно снижение расхода марганецсодержащих ферросплавов.

Таким путем предполагается осуществить реализацию на максимальном возможном уровне рафинировочных и ресурсосберегающих возможностей способа электрического воздействия на железо – углеродистый расплав.

1. *Явойский В.И.* Теория процессов производства стали. – М.: Металлургия, 1967. – 792 с.
2. *Особенности влияния электрической энергии малой мощности на рафинирующую способность конвертерного шлака.* / С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Е.В.Семькина и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1998. – №1. – С.26 – 30.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук, проф. Э.В.Приходько*

С.І.Семикін, В.Ф.Поляков, Т.С.Кіяшко, Е.В.Семикіна

Дослідження протікання рафінувальних процесів у 160-т конвертерах

Метою роботи є оцінка ефективності видалення сірі з металу при дії на шлакометалевий розплав низьковольтними електричними потенціалами в умовах конвертерної плавки. Виконано порівняльний аналіз показників десульфуратії металу і змісту залишкового марганцю в металі і шлаку при проведенні промислових плавок з електричною дією і за звичною технологією. Показано, що збільшення питомої потужності електричної дії дає можливість поліпшити термодинамічні умови десульфуратії, підвищити витрати вапняку і збільшити основність шлаків, збільшити залишковий вміст марганцю в металі.