

Т.С.Кияшко, С.И.Семыкин, Е.В.Семыкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ МЕТАЛЛА В КОНВЕРТЕРЕ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОДЕРЖАНИИ СЕРЫ И МАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Целью работы является исследование особенностей и оценка уровня удаления серы в конвертере при использовании низковольтных потенциалов различной полярности. Перерабатывался чугун с широким диапазоном содержания серы и марганца. Установлена целесообразность использования низковольтных потенциалов при переработке чугуна с низким содержанием серы и марганца. Подтверждена специфика доминирования удаления серы из металла в шлак при отрицательной полярности потенциала и в газ – при положительной.

конвертер, низковольтные потенциалы, сера, марганец, удаление

Постановка проблемы. Растущий спрос на сталь высокого качества повышает требования к содержанию в готовом металле нежелательных примесей, в том числе серы. Возможность выполнить эти требования лимитируется ухудшением качества исходного сырья по сере и одновременным снижением содержания в нем марганца. В сложившихся условиях актуальны исследования по поиску эффективных вариантов рафинирования металла. По результатам лабораторных исследований и некоторым положительным эффектам по десульфурации металла, полученным при исследованиях в промышленных условиях, направленных на повышение теплосодержания сталеплавильной ванны [1,2], перспективной в этом направлении можно считать разрабатываемую в ИЧМ технологию конвертерной плавки с наложением низковольтных электрических потенциалов, с применением которой с 2003 г. работают все конвертера ОАО «ДМЗ им. Петровского», которого также коснулись проблемы удаления серы в процессе конвертирования металла.

Цели и задачи данной работы – исследование особенностей и оценка уровня удаления серы при использовании низковольтных потенциалов различной полярности при переработке чугунов с содержанием серы и марганца в широком диапазоне значений.

Обсуждение результатов. В данной работе представлены результаты первого этапа исследования рафинировочных возможностей применения низковольтных потенциалов при переработке чугунов с широким диапазоном исходных содержаний в них серы и марганца, выполненного во второй половине 2008 г. на 60–т конвертерах. В работе принимали участие от ОАО «ДМЗ им. Петровского»: Пищида В.И – директор по производству ОАО «завод им. Петровского», к.т.н.; С.М.Онацкий – начальник конвертерного цеха; А.В.Шибко – начальник цеха заводских лабораторий.

Спецификой ведения плавки на данном предприятии является поддержание в течение всей продувки достаточно большого количества шла-

ка, поэтому на практике используется подведение к фурме потенциала отрицательной полярности в течение всей продувки, позволяющей выполнить это условие и способствующей раннему наведению требуемого количества шлака. Для определения особенностей влияния обеих полярностей потенциала на эффективность десульфурации металла и оценки ее уровня при различных начальных условиях по химическому составу чугуна была проведена серия опытных плавов с подведением к фурме как отрицательной, так и положительной полярностей потенциала. Анализ результатов этого исследования (таблица) выполнен по усредненным показателям серии плавов. Всего было проведено 378 плавов с отрицательной полярностью (в дальнейшем плавки маркированы как «минус»), 350 плавов – с положительной полярностью (маркированы «плюс») и для сравнения в тот же временной период проведено 368 плавов при выключенной установке (маркированы как «б/п»).

Как видно из таблицы, полученные данные подтверждают установленное в предыдущих исследованиях [3,4] проявление в промышленных условиях влияния низковольтного потенциала отрицательной полярности на степень десульфурации металла. Следует отметить, что на плавках, проведенных с потенциалом, перерабатывали чугуны с более высоким начальным содержанием серы и пониженным содержанием марганца. Последнее, как известно, ухудшает процесс шлакообразования и, должно снижать степень десульфурации металла. Кроме того, на этих плавках присаживали большее количество металлического лома, с которым в связи с его «замусоренностью» в шихту попадает достаточно большое количество серы (до 3%). Особенно это касается плавов, проведенных с положительной полярностью потенциала на продувочной фурме («плюс»), что и отразилось на их результатах по удалению серы из металла (см. табл.). Однако перечисленные факторы не оказали заметного влияния на степень десульфурации на плавках с применением отрицательной полярности потенциала.

С целью определения влияния начальных условий, а именно: уровня содержания в чугуне серы и марганца на результаты рафинирования металла, опытные плавки были дифференцированы на группы по исходному содержанию серы (%масс.): «А» – 0,014 – 0,027; «Б» – 0,028 – 0,038; и «В» – 0,039 – 0,069, и подгруппы по исходному содержанию марганца в чугуне (%масс.): I – низкий уровень содержания марганца в чугуне (0,2 – 0,3) и II – средний уровень (0,4–0,6). Распределение значений степени десульфурации металла к концу продувки по выше указанным вариантам конвертирования в пределах групп и подгрупп для обычного процесса и для вариантов с подведением отрицательной и положительной полярностей потенциала представлены на рис.1–3 соответственно.

Как видно из рис.1 слева (группы плавов «А» – «В»), для обычного процесса конвертирования («б/п») прослеживаются известные из литературы зависимости [6,7], при которых с увеличением исходного содержа-

ния серы в чугуна повышаются значения достигаемой к концу продувки плавки степени десульфурации, но при этом соблюдается известная связь конечного содержания серы с ее начальным уровнем, то–есть, чем больше уровень начального содержания, тем больше остаточное содержание серы в металле.

Таблица. Усредненные показатели плавков по вариантам конвертирования

| № п.п | Параметры плавки | Варианты опытных плавков | | |
|-------|---|--------------------------|--------|-------|
| | | «минус» | «плюс» | «б/п» |
| 1 | Количество плавков, шт. | 378 | 350 | 368 |
| 2 | Вес чугуна, т | 59,1 | 58,3 | 59,7 |
| 3 | Вес металлолома, т | 6,8 | 7,0 | 6,3 |
| 4 | Хим. состав чугуна, %:– кремний | 0,82 | 0,82 | 0,79 |
| | – марганец | 0,50 | 0,40 | 0,54 |
| | – сера | 0,035 | 0,037 | 0,034 |
| 5 | Температура железосодержащих материалов, °С ¹⁾ | 1153 | 1146 | 1166 |
| 6 | Хим. состав металла, %:– углерод | 0,23 | 0,31 | 0,21 |
| | – марганец | 0,19 | 0,21 | 0,21 |
| | – сера | 0,031 | 0,030 | 0,031 |
| 7 | Температура фактическая, °С | 1634 | 1634 | 1630 |
| 8 | Основность шлака | 2,70 | 2,63 | 2,62 |
| 9 | Коэффициент ассимиляции извести, % ²⁾ | 73,7 | 68,9 | 72,8 |
| 10 | Десульфурация металла, % | 17,4 | 12,0 | 14,1 |
| 11 | Степень окисления марганца, % | 62,3 | 53,9 | 62,6 |
| 12 | Расчетное количество серы, переходящей в газ, % | 22,9 | 25,6 | 19,0 |

1) Температура железосодержащих материалов ($t_{жсм}$):
 $t_{жсм} = (t_{чуг} \cdot \%чуг + t_{лом} \cdot \%лом) / 100$ где: $t_{чуг}$ – температура чугуна, °С, $t_{лом}$ – температура стального лома (принята равной 20°С), %чуг, %лом – процентное содержание жидкого чугуна, металлолома в весе металлозавалки.

2) Коэффициент ассимиляции извести: $K_{ассимиляцииизвести} = 100 \times \frac{V_{фактическая}}{V_{расчетная}}$, где

$$V_{расчетное} = \frac{G_{извести} \times (\%CaO)}{G_{чугуна} \times [\%Si] \times (32 + 28) / 28}; V_{фактическая} - \text{фактическая основность шлака};$$

$V_{расчетная}$ – расчетная основность, $G_{извести}$ – вес добавки извести; (%CaO) – процентное содержание CaO в извести; $G_{чугуна}$ – вес чугуна; [%Si] – процентное содержание кремния в чугуна; 32 и 28 – мольные веса кислорода и кремния.

Дополнительный анализ показал, что достигаемый уровень степени десульфурации для этого варианта в пределах каждой опытной группы существенно зависит и от исходного содержания марганца в чугуна (см. рис.1 справа). При сопоставлении подгрупп плавок установлено, что только в группе плавок «В» влияние марганца соответствует известному из литературных источников [6,7], в то время, как в группах плавок «А» и «Б», против ожидания, пониженное содержание марганца (подгруппа I) благоприятно влияет на степень десульфурации.

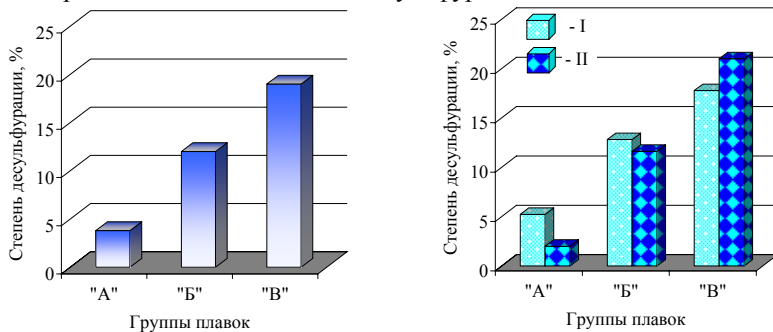


Рис.1 Уровень удаления серы из металла на плавках без воздействий: слева – по группам в зависимости от начального содержания серы в чугуна, справа – с дополнительной разбивкой по подгруппам в зависимости от начального содержания марганца в чугуна (обозначения в тексте)

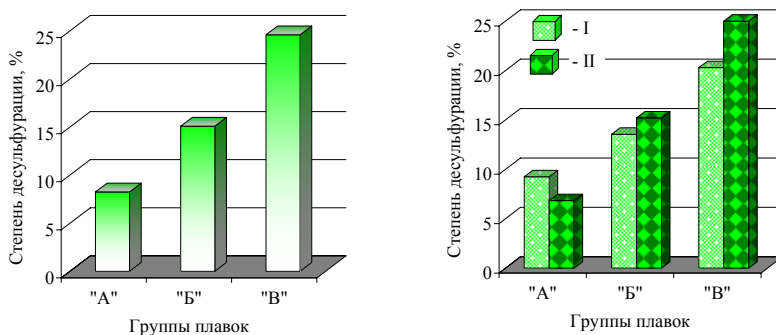


Рис.2 Уровень удаления серы из металла на плавках с отрицательной полярностью потенциала на фурме: слева – по группам в зависимости от начального содержания серы в чугуна, справа – с дополнительной разбивкой по подгруппам в зависимости от начального содержания марганца в чугуна (обозначения в тексте)

При исследовании результатов плавок, проведенных с отрицательной полярностью потенциала на фурме (см. рис.2 слева и справа), в группах «А» и «В» установлен аналогичный обычному варианту характер влияния содержания в чугуна, как серы, так и марганца, но с получением более высокого уровня степени десульфурации, а в группе «Б», в отличие от

обычных плавков, повышение содержания марганца в чугуна повышает степень десульфурации металла (см. рис.2 справа).

На плавках с применением положительной полярности потенциала на фурме наблюдается отличная от других вариантов зависимость величины степени десульфурации от исходного содержания, как серы, так и марганца (см.рис.3 слева и справа). А именно: во всем изученном диапазоне значений с уменьшением содержания этих примесей отмечено повышение степени десульфурации металла, что противоположно результатам, полученным как на плавках без воздействий, так и на плавках с отрицательной полярностью на продувочной фурме.

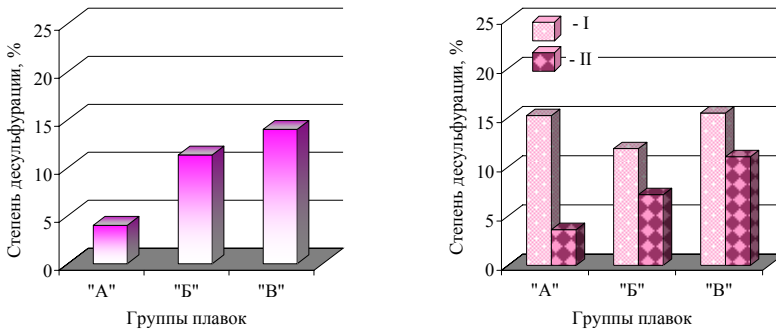


Рис.3 Уровень удаления серы из металла на плавках с положительной полярностью потенциала на фурме: слева – по группам в зависимости от начального содержания серы в чугуна, справа – с дополнительной разбивкой по подгруппам в зависимости от начального содержания марганца в чугуна (обозначения в тексте)

Несмотря на то, что, как известно, процесс удаления серы должен существенно затрудняться при низких значениях ее содержания в чугуна, в случае применения положительной полярности потенциала установлено значительное увеличение степени десульфурации в группе «А» в подгруппе I (в 1,5 раза по сравнению с вариантом «минус» и в 3 раза по сравнению с вариантом «б/п»). Против ожидания, повышение содержания марганца в данном варианте приводит к ухудшению процесса десульфурации. Для выяснения причин установленных в вариантах исследования различий по десульфурации металла выполнен расчет возможного количества серы, удаляемой в шлак и в газовую фазу, который показал, что в варианте «б/п» в газовую фазу переходит порядка 19% серы, в то время, как использование электрических потенциалов приводит к увеличению доли серы, переходящей в газовую фазу до 22,9% в варианте «минус» и 25,6% – в варианте «плюс». Это, в какой-то мере, объясняет полученные результаты по ухудшению результатов десульфурации при положительной полярности в случае увеличения начального содержания марганца, который способствует формированию шлака, настолько, чтобы затормозить переход серы в газовую фазу, но недостаточно для того, чтобы улучшить степень десульфурации за счет шлаковой фазы.

Сопоставление результатов опытных плавов подтверждает предположение о том, что при электрических воздействиях в зависимости от применяемой полярности доминирует тот или иной путь удаления серы из металлического расплава. В варианте «минус» в большей степени происходит перевод серы из металла в шлаковый расплав с последующей фиксацией ее в комплексах и соединениях, что обеспечивается более высоким по сравнению с другими вариантами коэффициентом ассимиляции извести, которая способствует повышению возможности поглощения серы шлаком. Это в большей мере достигается при более высоком уровне начального содержания марганца в чугуне, который, как и окислы железа, способствует формированию шлака. В варианте «плюс» электрические воздействия формируют условия для перевода серы либо непосредственно из металла в газ за счет электрохимического окисления серы на его поверхности (к металлу подводится избыточное количество электронов), либо из шлака в газ с последующим углублением процесса десульфурации металла. Установлено также, что в этих условиях для эффективного протекания процесса десульфурации требуется более низкая основность шлака.

Выводы. Исследование особенностей процесса десульфурации металла при конвертерном переделе чугуна с широким диапазоном содержания в нем серы и марганца позволило установить, что:

- против ожидания, основанного на литературных источниках, при обычном процессе выплавки металла при содержании серы в чугуне 0,014 – 0,038% пониженное содержание марганца (0,2% – 0,3%) благоприятно влияет на степень десульфурации;

- электрические воздействия способствуют повышению степени десульфурации металла, при отрицательной полярности во всем диапазоне начального содержания серы и марганца, а при положительной – в диапазоне низких содержаний серы и марганца;

- воздействие электрическими потенциалами изменяет направление влияния исходного содержания серы и марганца на результаты рафинирования металла: положительная полярность позволяет получить более высокую степень десульфурации при пониженном содержании марганца в чугуне (0,2% – 0,3%) во всем изученном диапазоне начального содержания серы (особенно при низком начальном содержании), а отрицательная аналогично влияет только при содержании серы в чугуне в диапазоне (0,014% – 0,027%);

- подтверждена специфика доминирования удаления серы из металла в шлак при отрицательной полярности потенциала и в газ – при положительной.

- установлена целесообразность использования низковольтных потенциалов при переработке чугунов с низким содержанием серы и марганца.

- показана возможность изменения под действием электрических потенциалов влияния начального содержания серы и марганца на результаты десульфурации металла в сторону ее повышения.

Установлено, что при положительной полярности на фурме реализуются условия для увеличения доли серы, переходящей в газовую фазу, причем этот эффект возрастает со снижением содержания марганца в чугуне и основности шлака. При отрицательной полярности эффект увеличения степени десульфурации металла связан с переводом большей доли серы в шлак, формирование которого улучшается при этой полярности. Использование технологии выплавки металла с электрическими воздействиями позволяет, кроме повышения степени десульфурации металла, снизить расход шлакообразующих материалов и эффективно использовать для переработки низкомарганцовистые чугуны с содержанием серы в широком диапазоне значений.

1. *Исследование конвертерного процесса при воздействии электрической энергии.* / С.И.Семькин, В.В.Смокий, В.Ф.Поляков, и др. // Известия ВУЗов. ЧМ. –№10. – 1992. – С.6–8.
2. *Применение электрической энергии малой мощности при выплавке стали в конвертерах.* / С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Ю.Н.Борисов и др. // Труды первого конгресса сталеплавателей, г.Москва, 12–15 октября 1992г. – М.: Черметинформация, 1993. – С.55–57
3. *Промышленное опробование на заводе им. Петровского технологии конвертерной плавки с наложением электрического потенциала на жидкую ванну.* С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Е.В.Семькина, и др. //труды IX международной научно–технической конференции «Теория и практика кислородно–конвертерных процессов», г.Днепропетровск, 1998. – С.36 – 37
4. *Особенности рафинирования металла в конвертере при использовании электрического воздействия на расплав* / С.И.Семькин, Е.В.Семькина, В.Ф.Поляков, и др. // Труды V конгресса сталеплавателей, г. Рыбница, 14 – 17 октября, 1998г.– М.: Черметинформация, 1999
5. *Кияшко Т.С., Семькин С.И., Семькина Е.В.* Поведение серы и марганца в конвертерной ванне при воздействии низковольтного электрического потенциала // Новости науки Приднестровья, инженерные дисциплины, №1–2, материалы XIII внеочередной Международной научно–технической конференции «Теория и практика сталеплавильных процессов», посвященной 90–летию основателя теории конвертерных процессов производства стали академика В.И.Баптизманского, 10 – 12 сентября 2008г., г. Днепропетровск. – С.77 – 79
6. *Явойский В.Я.* Теория процессов производства стали. – М.:Металлургиздат, 1963. – 820 с.
7. *Борнацкий И.И.* Десульфурация металла. – М.: Металлургия, 1970. –320 с;

*Статья рекомендована к печати:
заместитель ответственного редактора
раздела «Сталеплавильное производство»
докт.техн.наук, проф. Э.В.Приходько
рецензент канд.техн.наук В.П.Корченко*

Т.С.Кіяшко, С.І.Семикін, О.В.Семикіна

Дослідження особливостей десульфурзації металу з різним вмістом сірки і марганцю у конвертері при використанні низьковольтних потенціалів

Метою роботи є дослідження особливостей і оцінка рівня видалення сірки в конвертері при використанні низьковольтних потенціалів різної полярності. Переробці піддавалися чавуни з широким діапазоном вмісту сірки і марганцю. Встановлена доцільність використання низьковольтних потенціалів при переробці чавуну з низьким вмістом сірки і марганцю. Підтверджено специфіку домінування видалення сірки з металу в шлак при негативній полярності потенціалу і в газ – при позитивній.