

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

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКЕ

Приведены результаты лабораторных и промышленных исследований вариантов технологии конвертерной плавки при одновременном воздействии на ванну электрического и магнитного полей. Показана возможность существенного повышения температуры металла и увеличения выхода годной стали.

Введение.

Анализ выполненных авторами работ предшествующего периода показал, что различные варианты использования электрической энергии по разному влияют на энергетические, расходные и рафинировочные показатели конвертерной плавки. С учетом этого была разработана и опробована технология конвертирования, предусматривающая одновременное воздействие на расплав электрического потенциала и внешнего электромагнитного поля.

Методика исследования.

В стендовых условиях были исследованы варианты, предусматривающие протекание тока через расплав от фурмы к ванне и использование электромагнитов, обмотки которых были ориентированы в вертикальном или горизонтальном направлениях. При этом изучали особенности пространственного распространения магнитных характеристик с целью разработки прогноза величины и направления магнитных сил, признанных воздействовать на расплав. Было отмечено, в частности, что магнитное поле в объеме между двумя катушками только на относительно небольшом расстоянии от них в основном определяется воздействием каждой из катушек. Следовательно при рассмотрении электрогидродинамических процессов в ванне оценка воздействия магнитного поля, формируемого только от одной катушки, может относиться лишь к явлениям в пристенной области конвертера, и подобное упрощение применить к ванне в целом некорректно, так как при использовании двух катушек распределение величин магнитной индукции носит, как показали замеры, достаточно сложный характер.

Выявлено существенное различие в характере магнитного поля при использовании в качестве второго полюса (первым является наконечник фурмы) одного или нескольких распределенных по площади днища конвертера электродов. Отмечена также разница в характере и интенсивности магнитного поля при однонаправленном или встречном характере магнитных силовых линий при размещении двух катушек, оси которых расположены горизонтально.

Последующие исследования, базирующиеся на изученных вариантах, выполнены на лабораторном 0,3 т конвертере. Ввиду небольших размеров последнего испытывали варианты вертикального расположения соленоидов для создания магнитного поля. Исследовали следующие варианты:

1. С отрицательным потенциалом на корпусе фурмы и согласованным режимом протекания токов через фурму и соленоид;
2. С положительным потенциалом на корпусе фурмы и согласованным режимом протекания токов через фурму и соленоид;
3. С отрицательным потенциалом на корпусе фурмы при встречном режиме протекания токов через фурму и соленоид;
4. С положительным потенциалом на корпусе фурмы при встречном режиме протекания токов через фурму и соленоид;
5. Без электрических и магнитных воздействий (сравнительные плавки).

По каждому варианту было проведено по 10–15 плавов. Шихтовые условия поддерживались на возможно близком, а шлаковый и дутьевой режимы практически на одинаковом уровне. Длительность продувки составляла 16 мин.

Изложение основных материалов исследования.

Отмечены, прежде всего, существенные различия в содержании углерода на выпуске при согласованном режиме прохождения тока через ванну (от фурмы) и катушку в зависимости от знака подводимого к фурме потенциала, тогда как при встречном режиме существенной разницы не зафиксировано. В первом случае при положительной полярности содержание углерода к моменту выпуска составляло 0,061% против 0,042% при отрицательной полярности, что свидетельствует о потенциальной возможности обеспечения более высокой (примерно на 10⁰С) температуры и более высоких энергетических возможностях варианта. Полученные результаты могут указывать на то, что, вероятно, при таком режиме именно электрические потенциалы имеют большее значение, что можно объяснить сложением векторов электрических токов, формируемых как непосредственно от подведенных к фурме и ванне электрических потенциалов, так и возникающего вследствие наведения в объеме конвертера переменного магнитного поля от катушки соленоида.

Фактическое приращение температуры металла (по результатам замеров) при равном содержании кремния было выше в вариантах 1 и 2 по сравнению с вариантами 3 и 4. Состав конечного шлака также существенно различался по вариантам опытных плавов. Содержание окислов железа, уровень которых характеризует баланс кислорода между реагирующими фазами, повышался при отрицательной полярности потенциала на фурме в обоих режимах согласования токов. Положительная полярность на фурме, приводя к снижению уровня

содержания окислов железа, обуславливает снижение его жидкоподвижности, что в целом нежелательно.

Содержание окислов магния в шлаке тоже определялось вариантом сочетания электромагнитных сил. Установлено, что на опытных плавках, как правило, в вариантах с повышением окислов железа в шлаке процент окислов магния в шлаке, поступающих, в основном, из магнезитовой футеровки конвертера, понижался, что дает основание предположить возможность повышения срока службы огнеупорной футеровки в заводских условиях.

Результаты по исследованию удаления серы и фосфора и окисления марганца показали, что каждому виду электрических воздействий присущ свой специфический характер. Установлено, что в условиях наложения электромагнитных полей за время продувки металла кислородом до низкого содержания углерода в расплаве в вариантах 1 и 2 процессы десульфурации и дефосфорации металла проходили намного успешней, чем в других вариантах, подтверждая тем самым необходимость и важность движения (перемешивания) реагирующих сред. Фактически полученная степень десульфурации металла составила 28–41% против 15–22% на сравнительных продувках. Причем, как и на плавках с применением только одних электрических потенциалов, положительная полярность отличалась более значительным ее влиянием на процесс десульфурации.

Дополнительное изучение особенностей рафинирования при электромагнитном воздействии в условиях широкого диапазона содержания кремния в чугунах показало, что при переработке низкокремнистых чугунов (содержание кремния 0,2 – 0,3%) создаются весьма благоприятные условия по удалению части серы в газовую фазу. В то же время при содержании кремния в чугунах на уровне 1,0–1,2% создаваемые электромагнитными воздействиями эффекты по рафинированию металлического расплава практически не проявлялись независимо от изучаемого варианта. Это, вероятно, связано с резким снижением электрической проводимости шлакового расплава с повышением содержания малоподвижных кремнийсодержащих комплексов SiO_4^- .

Результаты промышленных исследований.

Промышленные исследования по оценке эффективности способа проведены в 60–т конвертерах завода им. Петровского. Исследования выполнены с участием А.Д. Зражевского, В.И. Пищиды, С.Н. Кравца (ОАО «ДМЗ им. Петровского»). Обобщенные по всем изученным в производственных условиях вариантам воздействия подтвердили положительное влияние способа на ряд показателей конвертерной плавки, в том числе снижение количества используемого на плавку жидкого чугуна, увеличение степени «направление движения расплава под действием магнитных и электрических сил», свидетельствует о

следующем. При организации движения ванны по часовой стрелке имеет место значительное улучшение ряда показателей (расхода жидкого чугуна, увеличение количества суммарного охладителя плавки, увеличение прироста расчетной температуры) по сравнению как с обычными, так и с плавками, проведенными только с наложением электрического потенциала. Однако следует отметить, что использование этого варианта сопровождалось некоторыми трудностями. Более сложно было навести и удержать шлак с необходимыми параметрами. Вместе с тем отличительной чертой являлось весьма низкое содержание окислов железа в конечном шлаке на повалке (14,96% при отрицательной и 12,2% при положительной полярности потенциала против 16,82% на контрольных продувках), при содержании углерода в металле соответственно 0,126 и 0,124% против 0,264% на контрольных плавках). Однако снижение содержания окислов железа в шлаке отразилось на увеличении выхода жидкого металла только при положительной полярности потенциала на фурме.

Опытные плавки в режиме движения ванны против часовой стрелки отличались ранним наведением устойчивого активного шлакового расплава, причем поддержание его необходимого уровня для оператора не составляло особого труда. Вторым существенным отличием являлась высокая температура металла на повалке, что было использовано для перешихтовки последующих плавов в сторону увеличения доли металлического лома и стружки с уменьшением количества заливаемого чугуна при одинаковых его исходных параметрах. На опытных плавках получено снижение количества заливаемого чугуна на 2,39т и 1,66т, при этом количество извести на плавку было увеличено на 270 и 175 кг при отрицательной и положительной полярности потенциала на фурме по сравнению со сравнительными плавками.

Кроме повышенного количества охладителя на плавку, при отрицательной полярности потенциала отмечается увеличение содержания углерода в металле на первой повалке. На некоторое снижение выхода жидкого металла на этих плавках (89,2 против 89,5% на обычных плавках) повлияло значительное увеличение в 1,56 раза) доли металлической стружки и металлолома в шихте (13,5% против 8,6% на обычных плавках), для которых характерна высокая замусоренность. Средние показатели по вариантам показывают снижение удельного расхода чугуна по сравнению с обычными: при отрицательном потенциале – на 50,4 кг/т; при положительном – на 30,7 кг/т, что примерно в 2,5 – 3,0 раза выше, чем при использовании только электрических потенциалов.

Особенностью сочетания электрического и магнитного полей в этом варианте являлось то, что при отрицательной полярности потенциала воздействия на ванну каждого из полей как бы усиливало и поддерживало одно другое. Выполненный расчет приведенной температуры с учетом

изменения шихтовки плавки показал, что этот вариант сочетания электромагнитных и электрических полей более эффективный, чем предыдущий. По сравнению с обычными плавками, выполненными в тот же период, при отрицательном потенциале прирост температуры составил 94°C , а при положительном 58°C , а по сравнению с вариантом наложения только электрического потенциала соответственно на 66°C и 31°C при отрицательной и положительной полярностях. Для сравнения тепловых возможностей вариантов воздействий по организации вращения ванны их показатели были приведены в одинаковые условия. Расчет приведенной температуры показал, что при отрицательной полярности потенциала прирост температуры на плавках с вращением ванны против часовой стрелки был больше на $56,6^{\circ}\text{C}$, чем по часовой, а при положительной полярности на $32,5^{\circ}\text{C}$.

Выводы.

Проведенные исследования показали целесообразность использования совмещения электрических и магнитных полей и свидетельствуют о необходимости продолжения исследований в этом направлении как в плане выбора вариантов сочетания воздействий, так и установления рациональных электрических и технологических параметров плавки в увязке с характером решаемых задач (ресурсосбережение, энергосбережение и т.п.).

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. Э.В.Приходько