

УДК 669.184

С.И. Семькин, В.Ф. Поляков, Е.В. Семькина**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК,
ПРИСУЩИХ ПРОЦЕССУ КОНВЕРТИРОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТОГО РАСПЛАВА**

Показана динамика изменения электрические характеристики различных участков конвертерной ванны по ходу продувки. Установлена зависимость значений изучаемых характеристик от изменения уровня ванны и положения фурмы в процессе плавки. Выявлены различия, обусловленные изменением полярности тока.

Современное состояние вопроса.

Публикации ряда исследований свидетельствуют о наличии электрических явлений в конвертерной ванне в процессе ее продувки. В связи с выполнением работ по выбору рационального метода внешнего воздействия на расплав была, в частности, изучена электрическая проводимость различных участков конвертера и определены значения разности потенциалов, которые отражают величину ЭДС, являющейся следствием физико-химических реакций между взаимодействующими фазами в процессе конвертирования.

Изложение основных материалов исследования.

Основная часть экспериментов проведена в лабораторных конвертерах емкостью 0,3 и 1,5–т, а ряд замеров выполнен на конвертерах емкостью 60 и 250–т в конвертерных цехах ОАО ДМЗ им. Петровского и ДМК им. Дзержинского. При этом электрическая схема установки по контролю и записи электрических параметров конвертерной ванны в ходе кислородной продувки была единой для всех агрегатов.

Электрически изолированный от металлоконструкций корпус охлаждаемой водой кислородной фурмы был включен в цепь контроля электрических параметров. Определение проводимости контролируемых участков производилось посредством записи силы электрического тока, протекающего по ним при подключении внешнего компенсирующего источника тока. Для этой цели использовалась универсальная электрическая схема с источниками как переменного (по известной методике), так и постоянного (с изменением полярности включения) тока ИСП–24/2,5А. В обоих случаях указанные источники тока предназначались не для электрического воздействия, а для поддержания на постоянном уровне (6 В) фиксированного напряжения. При этом сила тока в цепи не превышала 0,7А, что на два–три порядка ниже значений силы тока в цепи, необходимой для осуществления электрических воздействий на жидкий металл по разработанному способу. Запись значений силы тока, протекающего по контролируемым участкам,

производилась с помощью самописцев (приборы типа КСП-4 с быстродействием 1 с). Во время записи природной ЭДС, формирующейся между реагирующими фазами в процессе конвертирования металла, компенсационный источник электрического тока отключали, и приборы КСП-4 напрямую фиксировали значения собственных электрических потенциалов, реализуемые на клеммах записывающих приборов. Визуально электрические сигналы контролировали по осциллографу ОС183 для установления значения внутренних электрических параметров записывающей аппаратуры. Регистрацию излучения факела в видимом спектре проводили в лабораторных условиях с помощью селеновой шайбы или фотодиода при опытах на 1,5 и 0,3-т конвертерах с непрерывной записью сигнала на потенциометре ЭПП – 09 .

Результаты обработки полученных замеров электрических параметров контролируемых участков показали практическую идентичность изменения этих показателей по ходу продувки плавки вне зависимости от садки конвертера при соблюдении сопоставимых режимов ведения процессов. На рис. 1 приведена типичная диаграмма изменения силы электрического тока, протекающего на участке «металлический расплав – корпус продувочной фурмы» при использовании источника переменного тока.



Рис.1 – Изменение силы переменного тока (проводимости ванны) по ходу продувки плавки в 0,3-т конвертере на участке «фурма – расплав»

Полученные диаграммы изменения силы тока отражают электрическую проводимость контролируемых участков, поскольку при фиксированных значениях напряжения источника тока величина проводимости участка согласно закону Ома прямо пропорциональна развиваемой в нем силе тока.

Более широкая информация об электрических свойствах конвертерной ванны на различных ее участках получена при дифференцировании опытов по полярности потенциала с использованием

источника постоянного тока. На рис. 2 приведены типичные для 1,5-т конвертера диаграммы изменения силы электрического тока по ходу продувки при использовании постоянного тока обеих полярностей для двух участков:

- металлический расплав – корпус продувочной фурмы (рис.2 А);
- металлический расплав – шлаковый пояс (рис.2 Б).

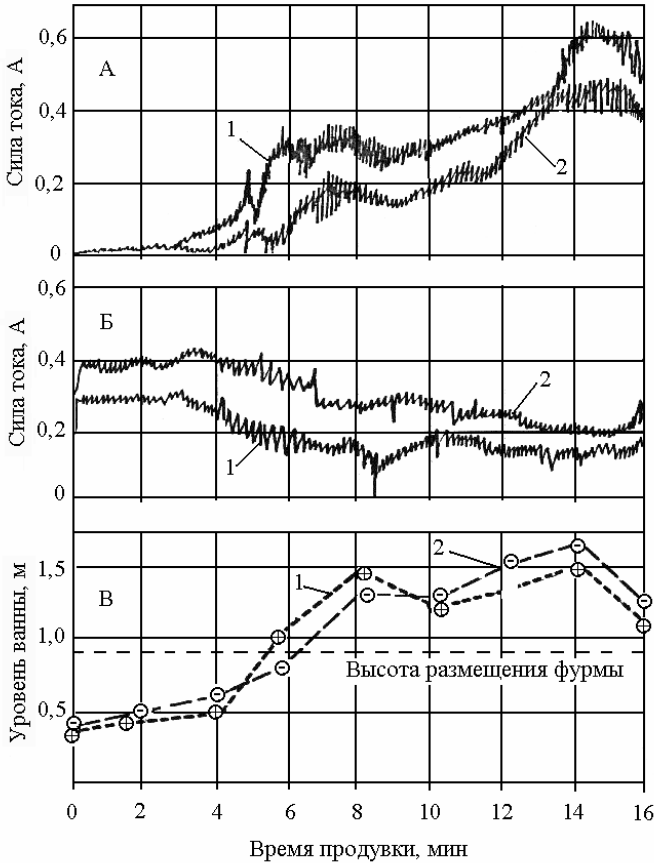


Рис. 2 – Изменение силы постоянного тока положительной (1), отрицательной (2) полярностей на участках: фурма – расплав (А), донный электрод – расплав (Б) и уровня подъема ванны (В) по ходу продувки плавки в 1,5-т конвертере.

Полученные зависимости отражают не только характер электрической проводимости, представленной выше для случая использования переменного тока, но и наличие в изучаемой системе внутренних ЭДС,

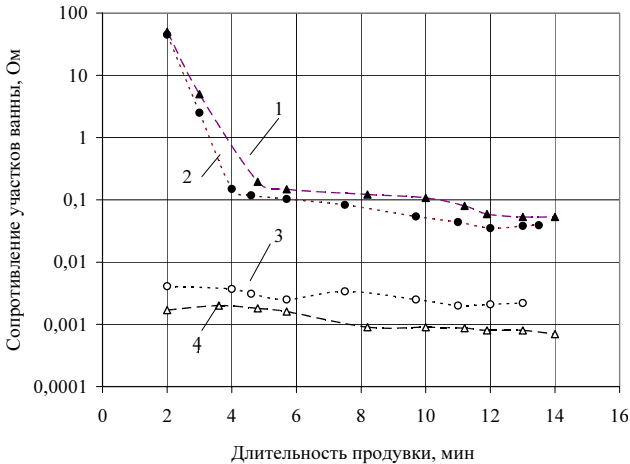
определяющих электрические свойства (проводимость) контролируемых участков в зависимости от полярности потенциала.

Анализ кривых изменения силы тока в электрической цепи фурма – ванна (см. рис. 2 А), показывает, что на протяжении первых 2–3 минут продувки значения тока в цепи были близки к минимальным. Затем имел место резкий рост тока в период до 5-й минуты продувки, что связано с подъемом шлакометаллической эмульсии, заполняющей промежуток между металлом и наконечником фурмы. Последнее подтверждается данными об изменении уровня ванны по ходу продувки, свидетельствующего о развитии процесса обезуглероживания ванны. Отмеченное уменьшение значений силы тока в цепи «фурма – ванна» является отражением ввода извести по ходу плавки и связано с уменьшением уровня шлакометаллической эмульсии. Это хорошо прослеживается и при анализе кривых интегральной светимости факела над горловиной конвертера. Последующий резкий рост силы тока связан с восстановлением первоначального состояния конвертерной ванны, а дальнейшее медленное возрастание (до 10-ой минуты) – с повышением уровня шлакометаллической эмульсии, в том числе за счет объемного кипения металлического расплава, пик которого приходится, как видно из кривой светимости на 12–14-ю минуту продувки. Уменьшение силы тока на заключительной стадии продувки обусловлено снижением уровня ванны в результате спада процесса обезуглероживания и тем самым снижением уровня проводимости расплава.

Выполненный расчет среднего омического сопротивления на участке корпус фурмы – ванна и донный электрод – ванна (рис.3) свидетельствует о различии в характере поведения и уровне значений электрической проводимости отдельных частей конвертерной ванны, в том числе о зависимости ее от полярности потенциала на электродах.

Анализ полученных диаграмм показывает, что наибольших значений собственная ЭДС в ходе продувки расплава достигает на участке между корпусом кислородной фурмы и металлическим расплавом, а наименьших – между электродами, размещенными на уровне шлакового и металлического расплавов. В начале продувки в момент опускания фурмы и вывода ее на рабочий уровень отмечалось реверсирование полярности ЭДС с положительных значений на отрицательные. Указанный эффект имел место на всех исследованных конвертерах (0,3–т; 1,5–т; 250–т) и не зависел от материала футеровки конвертера. Наибольшая величина отрицательной ЭДС на продувочной фурме формировалась примерно через 1,5–2,0 мин. от начала продувки и по мере выгорания кремния и марганца она постепенно приближалась к нулевым значениям. Изменение полярности ЭДС на положительную наблюдалось при присадке извести. На ряде плавков реакция ЭДС на добавки запаздывала на 1,5÷2,0 мин. В дальнейшем эти плавки сопровождалась выносом металла и шлака в момент интенсивного вскипания ванны, что,

вероятно, свидетельствует о затруднениях в ассимиляции добавок, в связи с чем можно сделать вывод, что контроль за изменениями ЭДС по ходу продувки может быть использован для принятия соответствующих мер против выбросов.



Р

Рис.3 – Изменение электрического сопротивления различных участков ванны 1,5–т конвертера при подведении к фурме и донному электроду постоянного тока положительной или отрицательной полярности, 1 – корпус фурмы – расплав металла (на фурме отрицательный потенциал); 2 – корпус фурмы – расплав металла (на фурме положительный потенциал); 3 – донный электрод – расплав металла (на электроде отрицательный потенциал); 4 – донный электрод – расплав металла (на электроде положительный потенциал).

Типичные диаграммы изменения значений разности потенциалов от природной ЭДС, возникающей по горизонтам конвертерной ванны для участков: металлический расплав – корпус фурмы (А), металлический расплав – газовая фаза в рабочем объеме конвертера (Б) и металлический расплав – шлаковый пояс (С) для 300 кг конвертера ИЧМ приведены на рис.4.

При экспериментах на 1,5–т конвертере выявлен характер поведения ЭДС между наконечником фурмы и контактирующим с металлом электродом при различных положениях наконечника фурмы относительно металлического расплава на уровнях соответственно: 700; 900 мм и при переменном положении: 900 мм (до 4–ой мин продувки) и 700 мм – до конца продувки.

Анализ этих кривых показывает, что начальный уровень положения фурмы заметно влияет на характер зажигания плавки и газовой выделения в первой трети длительности продувки плавки. В случае размещения

фурмы на уровне 900 мм светимость факела была заметно ниже по сравнению с размещением фурмы на высоте 700 мм. Указанный эффект, вероятно, объясняется снижением степени ассимиляции кислорода дутья конвертерной ванной и, как результат, увеличением количества выносимой из конвертера пыли при снижении интенсивности процесса обезуглероживания металлического расплава.

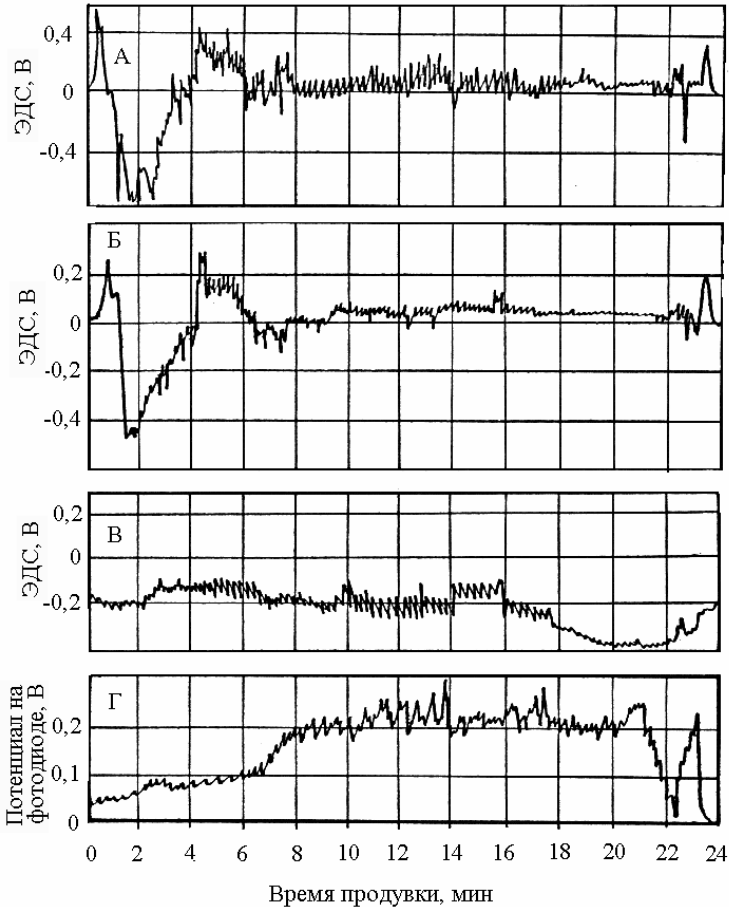


Рис.4. Изменение ЭДС на электродах, расположенных в металлическом расплаве и: на корпусе продувочной фурмы (А), в газовой фазе (Б), в шлаковом поясе (В), а также светимости факела (Г) по ходу продувки 0,3-т конвертера.

Замеры ЭДС на корпусе электрически изолированной кислородной фурмы в заводских условиях проведены на 250-т конвертерах ДМК. На рис. 5 показаны типичные диаграммы изменения ЭДС между фурмой и

металлическим расплавом при выплавке соответственно низкоуглеродистых (ЗПС) и углеродистых (К74) марок стали.

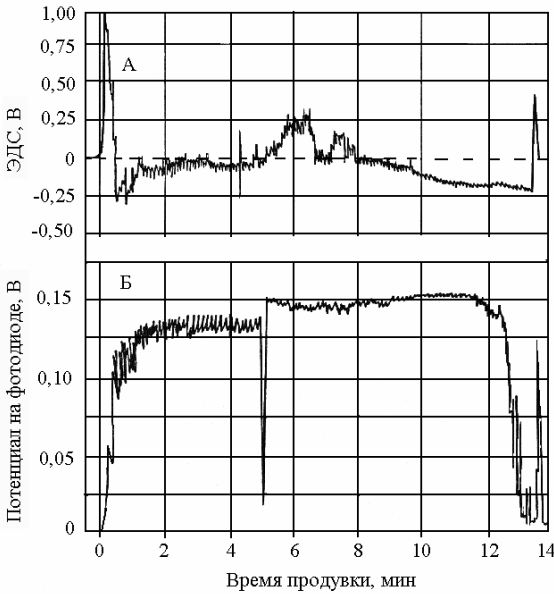


Рис. 5 – Изменение ЭДС на электродах, расположенных на корпусе фурмы и в металлическом расплаве (А) и интегральной светимости факела (Б) по ходу продувки плавки в 1,5-т конвертере.

На полученных диаграммах выявлены те же характерные периоды, которые ранее были установлены на лабораторных конвертерах. В частности, опускание фурмы в конвертер сопровождается реверсом полярности ЭДС с положительной на отрицательную и обратным реверсом полярности при подъеме фурмы в конце продувки. Период интенсивного окисления кремния и наводки шлака, накопления окислов кремния и марганца в шлаке, отмечен значениями ЭДС отрицательной полярности. В период интенсивного окисления углерода значения ЭДС близки к нулевым и характеризуют затопление наконечника фурмы в шлакометаллической расплав и, как следствие, соответствующее повышение проводимости среды в промежутке между фурмой и металлической ванной. Приближение наконечника фурмы к низкоомному уровню металлического расплава (глубокое погружение фурмы) отмечается нулевым значением ЭДС (происходит короткое электрическое замыкание в цепи фурма – металлический расплав). Обработка сигналов ЭДС, полученных на разных конвертерах при опускании фурмы на

рабочий уровень, а также при выводе ее из рабочего пространства, показала наличие определенных уровней с нулевыми значениями потенциала. Нижний уровень нулевых значений потенциала соответствовал затоплению наконечника фурмы в низкоомные слои металлического расплава конвертерной ванны. Верхний уровень нулевых значений потенциала соответствовал прохождению наконечником фурмы уровня горловины конвертера. Положение уровня реверса полярности потенциала является функцией дутьевого режима и отражает момент погружения наконечника из газовой фазы с положительной полярностью ЭДС в шлакометаллическую с отрицательной полярностью.

Выводы.

Изучены электрические характеристики различных участков конвертерной ванны. Показана динамика их изменения по ходу продувки. Установлена зависимость значений изучаемых характеристик от изменения уровня ванны. Выявлены различия, обусловленные изменением полярности тока. Сформулированы соображения об использовании результатов замеров электрических характеристик для определения о регулировании положения фурмы в процессе плавки.

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