

**В.И.Большаков, С.И.Семыкин, Т.С.Голуб, С.А.Дудченко,  
В.В.Вакульчук**

*Институт черной металлургии НАН Украины им.З.И.Некрасова*

### **К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ФУРМЕННЫХ УСТРОЙСТВАХ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

Сотрудниками ИЧМ по разработанной ими методике выполнено инициативное исследование по снятию природных электрических потенциалов, формируемых между корпусом доменной печи и фурменными устройствами в результате протекания химических реакций в горне печи. Отличием данной методики от известных является возможность регистрации значительно большей величины электрического сигнала. Опробование данного метода показало возможность и целесообразность его использования для последующего создания способа контроля хода доменной печи.

**Ключевые слова:** доменная печь, фурма, электрические потенциалы, регистрация

**Состояние вопроса.** Черная металлургия является ключевым и базовым звеном промышленности Украины. Успешное развитие ключевой отрасли неотъемлемо требует постоянного повышения качества выпускаемой продукции, эффективности производств, входящих в металлургический цикл и т.п. Достижение этих целей невозможно без современного метрологического оборудования, что определяет устойчивый интерес к проблеме совершенствования известных и разработки новых методов диагностики.

На сегодняшний день получение готового черного металла требует осуществления ряда переделов, основополагающим среди которых является доменный процесс получения чугуна. Необходимо отметить, что доменный процесс является наиболее сложным с точки зрения текущей диагностики в металлургическом цикле. Главная проблема здесь связана с закрытостью доменной плавки (процесс максимально изолирован от влияния внешней среды), что обусловлено технологической необходимостью. А высокая температура (до 2500<sup>0</sup>С) в горне и непрерывность работы данного агрегата значительно усложняет установку и обслуживание датчиков длительной эксплуатации, контролирующих непосредственно процесс плавки. Отмеченные особенности получения жидкого чугуна являются основными, но не единственными проблемами, затрудняющими непосредственную текущую диагностику доменного процесса. Несмотря на это обстоятельство постоянный и достоверный контроль технологических параметров чрезвычайно важен, как с точки зрения соблюдения оптимальности режима плавки, так и с точки зрения ее безопасной работы. В связи с этим для контроля хода печи применяются косвенные методы диагностики, которые далеко не всегда отражают фактическую картину

происходящего и его качественную сторону. Этим и объясняется стремление разработчиков использовать любую возможность получения дополнительной информации, для обеспечения эффективности и безопасности технологии. Следствием этого является оснащение доменной печи целым комплексом метрологического оборудования (число контролируемых параметров составляет несколько сотен).

**Постановка задачи.** Несмотря на обилие контрольно-измерительной аппаратуры, проблема поиска новых методов диагностики, отражающих суть доменного процесса, и повышение информативности и качества контроля доменного процесса остается актуальной задачей.

**Методика исследования.** Доменный процесс по своей сути является сложным комплексом закономерно связанных между собой процессов. В частности, восстановление железа в доменной печи сопровождается термоэлектрическими и электрохимическими процессами, которые, являясь внутренними источниками ЭДС, наводят электрические токи на металлическом кожухе печи, создавая определенную разность потенциалов [1–3]. Данное падение напряжения на кожухе меняется, наглядно отражая характер накопления жидких продуктов в горне доменной печи. При этом регистрируемый сигнал является результатом электрохимических, термоэлектрических и других процессов, создающих внутренние электродвижущие силы. Поэтому главная сложность для эффективного практического использования данного параметра заключается в правильности расшифровки и сопоставления составляющих ЭДС с конкретными процессами.

Работы по исследованию и использованию электродвижущих сил, возникающих при работе доменной печи, были начаты еще в 1960-х годах 20 века. Так в 1960г. в авторском свидетельстве на изобретение №132651 [4] был описан метод регулирования теплового режима горна доменной печи, отличающийся тем, что, с целью достижения ровного хода печи, работающей на дутье, и увеличения ее производительности, к угольным электродам, вмонтированным в футеровку фурменной зоны, запечников или распара печи подводили электрический ток. А в 1974г. в авторском свидетельстве на изобретение №508525 [5] был описан метод контроля процесса накопления жидких продуктов плавки в горне доменной печи, основанный на регистрации падения напряжения на кожухе печи.

Дальнейшие исследования по данной теме [6–10], главным образом, были направлены на практическое применение регистрируемого электрического сигнала. При этом для ассоциации получаемому сигналу использовали наиболее наглядный показатель – накопление продуктов плавки в горне. Однако приемлемых для применения в технологическом цикле методик определения накопленных масс разработано не было. Причин этому несколько: и малая величина регистрируемого сигнала, и отсутствие всестороннего исследования природы возникновения ЭДС. Это можно объ-

яснить: с одной стороны, отсутствием точных знаний о характере протекания некоторых явлений внутри доменной печи, что связано с невозможностью непосредственного объективного контроля. С другой стороны, в стремлении достичь результата – исключить такие составляющие как «шумы», для выделения «нужной информации». В одних случаях ЭДС, вне зависимости от массы чугуна на выпуске, констатировались без глубокого анализа и учета в дальнейших расчетах. В других случаях, связывая причину возникновения ЭДС с характером термо- и массопереноса вещества внутри печи, оспаривали существование других источников электродвижущих сил [11]. Однако, ни малая величина регистрируемого сигнала, ни другие отмеченные выше причины не могут являться основанием не учитывать значительную информативность параметра ЭДС.

В Институте черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины была разработана методика снятия природных электрических потенциалов, формируемых между корпусом доменной печи и фурменными устройствами, с использованием которой в 2012 г. сотрудниками ИЧМ в Доменном цехе ПАО «Евраз ДМЗ им.Петровского» на печи № 3 (емкость печи 1033 м<sup>3</sup>, количество фурм – 14) были организованы и проведены инициативные исследования. От ПАО «Евраз ДМЗ им.Петровского» в работе участвовали: А.С.Заспенко, М.М.Мазов, С.В.Колдомасов, К.Н.Савейко, А.В.Шепель. Сущность данной методики измерения электрических сигналов состоит в следующем. В отличие от известных методик, основанных на регистрации ЭДС на определенных участках корпуса доменной печи, методика ИЧМ предусматривает возможность записи и расшифровки сигналов с фурменного устройства, наконечник которого, проходя через футеровку печи, погружен в пространство горна печи и контактирует непосредственно с высокотемпературным фурменным очагом, в объеме которого протекают химические реакции. Такой метод регистрации ЭДС позволяет получить величину электрического сигнала на порядок выше, нежели при осуществлении других методов.

Для регистрации электрических сигналов была разработана электрическая схема, укомплектованная цифровыми регистрирующими устройствами, соединенными через коммутационный блок с персональным компьютером. Данная схема позволяла вести регистрацию и запись электрических сигналов в цифровом виде для последующей обработки (все записи выполнялись с частотой 1 Гц). В течение дневной смены на фурменных устройствах № 5 и № 8 выполняли постоянную регистрацию и запись ЭДС.

**Результаты исследований.** На рис.1 показаны диаграммы изменения за время эксперимента сигнала ЭДС, зарегистрированного на фурмах № 5 и № 8. На диаграммах также отмечено время накопления продукта в горне печи, начала и окончания выпуска чугуна.

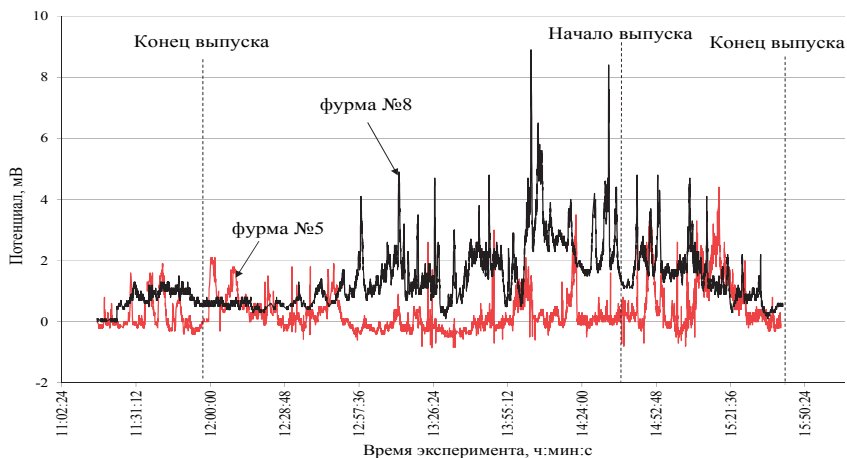


Рис. 1. Диаграммы изменения за время эксперимента сигнала ЭДС, зарегистрированного на фурмах № 5 и № 8

В ходе анализа диаграмм установлено, что величина сигнала ЭДС на фурме № 8, расположенной в секторе, находящимся практически напротив выпускной летки печи, в отдельные периоды была выше, чем на фурме № 5, расположенной в секторе перпендикулярном оси выпускной летки. Характер изменения сигнала ЭДС на фурме № 8 подтверждает возможность контроля наполнения горна печи продуктами плавки, поскольку величина сигнала ЭДС повышается во время накопления чугуна в горне печи и снижается при его выпуске из печи, т.е. прослеживается связь между величиной сигнала ЭДС и количеством чугуна в печи. Анализ результатов измерений на фурме № 5 показал меньшую информативность в плане оценки хода накопления металла в горне печи.

Однако анализ сигналов, полученных с обоих фурменных устройств, предоставляет важную информацию о процессах, протекающих в фурменных зонах горна. Периодические всплески, которые зарегистрированы на диаграммах, вероятнее всего, являются отражением характера горения кокса в очаге, а также уровня развития процесса восстановления кремния и его поступления в чугун.

Анализ связи между величиной ЭДС к моменту выпуска чугуна, зафиксированной на фурме № 8, и химическим составом чугуна на выпуске из печи (рис.2) показал, что между величиной ЭДС на фурме и концентрацией кремния в металле существует определенная зависимость, которая подтверждается при исследовании аналогичной зависимости, полученной при расшифровке записи сигнала, снимаемого с фурмы №5.

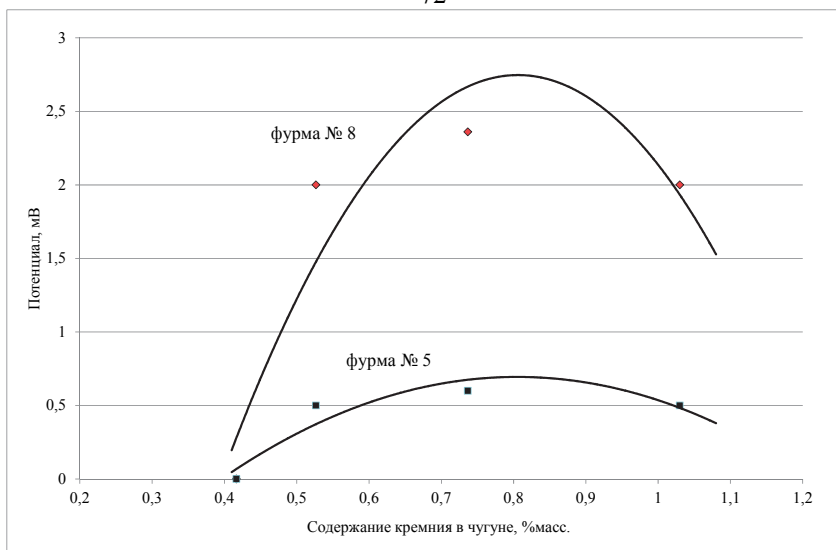


Рис.2. Зависимость величины потенциала на фурмах №5 и №8 от содержания кремния в чугуна на выпуске

**Заключение.** Таким образом, выполненное инициативное исследование показало возможность применения разработанной в ИЧМ методики для последующего создания способа контроля хода работы доменной печи, а также целесообразность продолжения работы в направлении изучения эффективности использования получаемой информации о величине фиксируемой ЭДС для оптимизации времени выпуска чугуна по заданному содержанию кремния в расплаве.

1. *Есин О.А.* К электрохимии прямого и косвенного восстановления / Форсирование доменной плавки. Труды научной конференции по теоретическим вопросам металлургии чугуна. – М., 1963. – С. 25 – 30.
2. *Фиалков Б.С., Плицын В.Т.* Кинетика движения и характер горения кокса в доменной печи. / М: Металлургия, 1971. – 288 с.
3. *Дорофеев В.Н., Новохатский А.М.* О возникновении разности электрод потенциалов на кожухе доменной печи. // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1984. – №1. – С.24 – 28.
4. *А.С. № 132651 СССР* Кл. 18 а, 3 С 21 В 7 / 24 Способ регулирования теплового режима горна доменной печи. / Е.В.Кочинев, Н.К.Леонидов, А.В.Кочинашвили и др. // № 648877/22; заявл. 28.12.59; опубл. Бюл. № 20 1960 г.

5. *Радилов С.В., Заболотин Ф.И.* А.С. №508525 СССР М. КлЗ С 21 В 7 / 24 Способ контроля работы металлургического агрегата. // № 2024063 / 22 – 02, заявл. 13.05.74., опубл. Бюл. № 12.
6. *Оценка работы горна доменной печи по характеру изменений ЭДС / П.К.Лебедь, Л.А.Сафина, Т.В.Демиденко и др.* // Сталь . –1990. – № 2. – С.11–13.
7. *Драчук Э.Ф., Клугерман И.И., Першин В.П.* А.С. № 956566, СССР М. Кл. 3 С 21 В 7 // 24 Устройство для контроля уровня жидких продуктов в горне доменной печи. / № 3256406 / 22–02; заявл. 25.02.81; опубл. Бюл. №33.
8. *А.С. № 601310*, СССР М. Кл 3 С 21 В 7 / 24 Способ определения изменения количества жидкой фазы в горне рудно–метрической печи / С.В.Радилов, Ф.И.Заболотин, Н.С.Антонов и др. // №2363339/22–02. – заявл. 17.05.76., опубл. Бюл. №13.
9. *А.С. № 1587065*, МПК 5 С 21 В 7 / 24 Способ регулирования хода доменной печи. / А.Я.Семенов, И.И.Дышлевич, Г.А.Бицадзе и др. // № 4494115, заявл. 17.10.88; опубл. 1990.
10. *А.С. № 2001117*. RU М. Кл 3 С 21 В 7 / 24 Система контроля уровня расплава в горне доменной печи. // В.И.Козодеров, С.Г.Осипов, Ю.В.Севастьянов и др. // заявл. 20.05.91; опубл. Бюл. № 32.
11. *Физическая химия поверхности расплавов.* // Сборник статей под редакцией Тавадзе Ф.Н. – Тбилиси: Мейниереба, 1977. – 327 с.

*Статья рекомендована к печати  
докт.техн.наук, проф. В.Ф.Поляковым*

**В.І.Большаков, С.І.Семикін, Т.С.Голуб, С.О.Дудченко,  
В.В.Вакульчук**

**До питання про розвиток методу реєстрації електричного потенціалу на фурмених пристроях доменної печі**

Співробітниками ІЧМ, за розробленою ними методикою, виконано ініціативне дослідження щодо зняття природних електричних потенціалів, що формуються між корпусом доменної печі та фурменими пристроями в результаті протікання хімічних реакцій в горні печі. Відмінністю даної методики від відомих є можливість реєстрації значно більшої величини електричного сигналу. Випробування даного методу показало можливість і доцільність його використання для подальшого створення способу контролю ходу доменної печі.