

УДК 669.162.2:001.5

**И.Г.Муравьева, С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, Ю.С.Семенов,
П.Г.Прокопенко, С.А.Дудченко, Т.С. Голуб, А.В.Наследов,
Е.А.Белошапка, В.В.Вакульчук, Ю.Б.Костюк**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ
ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЙ ВОЗНИКАЮЩИХ В ЕЕ ОБЪЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕ-
СКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ**

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

Целью работы является выявление возможности использования информация об электрических характеристиках доменного процесса для управления доменной плавкой. Проведены исследования характера изменений величин электрических потенциалов, формирующихся в объеме доменной печи под влиянием тепловых и физико-химических процессов, протекающих в ходе плавки. Установлены взаимосвязи величин потенциалов и температур в зоне горения кокса с технологическими параметрами работы печи. Полученные данные указывают на целесообразность применения этой информации для контроля равномерности распределения дутья и природного газа по фурмам, а также опускания поверхности шихтовых материалов.

Ключевые слова: доменная печь, электрический потенциал, распределение дутья по фурмам, контроль параметров плавки.

Современное состояние вопроса. Проблеме управления доменной плавкой и оптимизации процесса уделялось серьезное внимание, начиная с момента появления этого агрегата, благодаря чему разработана и используется широкая гамма способов, облегчающих контроль и организацию его работы. Однако, как показывает современная практика, несмотря на наличие большого количества технических решений и их достаточно существенную результативность, необходимость в разработке новых способов контроля доменного процесса является весьма актуальной, что обусловлено закрытым характером агрегата, а также сложностью, многообразием и взаимосвязанностью происходящих в доменной печи процессов [1].

Исследователи Института черной металлургии (ИЧМ) считают, что основой одного из новых способов контроля, а в дальнейшем и управления доменной плавкой может являться информация об электрических характеристиках процесса, о наличии и экспериментальном обнаружении которых упоминается в технической литературе, однако данные о практическом их применении отсутствуют [1–3]. Технические возможности осуществления такого способа определяются результатами работ ИЧМ по его использованию в конвертерном производстве. Наличие накопленных в течение более чем 10-летнего периода знаний о природе железоглинистых расплавов и сопутствующих им шлаковых систем, механизме воздействия низковольтного потенциала, а также опыт его практи-

ческого применения при конвертерной плавке, явились основой постановки соответствующих экспериментов на доменной печи №9 комбината «АрселорМиттал Кривой Рог». Выбор объекта определился тем, что он в большей мере, чем все доменные печи Украины, оборудован средствами контроля процесса (автоматизированные системы контроля: поверхности засыпи, распределения дутья по фурмам, остаточной толщины футеровки металлоприемника и т.п.)

Целью работы является выявление возможности использования информации об электрических характеристиках доменного процесса для управления доменной плавкой.

Основные результаты исследований. Первоначально была произведена оценка принципиальной возможности использования электрических потенциалов (ЭП), формируемых между фурмами, с одной стороны, и кожухом печи, с другой, для анализа процессов, происходящих в нижней части печи.

На данной печи выпуск осуществляется через четыре летки. В период исследований, проводимых с 12:00 по 14:30, выпуск чугуна до 13:45 производился через чугунную летку № 3 (ЧЛ-3), а затем после 14:00 через летку № 1 (ЧЛ-1). Значения электрического потенциала измеряли на всех четырех фурмах, расположенных над летками ($U_{вф1}$, $U_{вф2}$, $U_{вф3}$, $U_{вф4}$). Существенный интерес представляет то, что хотя фурмы № 1 и 31 в этот период были закрыты (дутье через них не подавалось), приборы фиксировали значения электрических потенциалов на этих фурмах (рис.1), что свидетельствует о том, что контролируемый сигнал отражает процессы, происходящие в рабочем объеме печи.

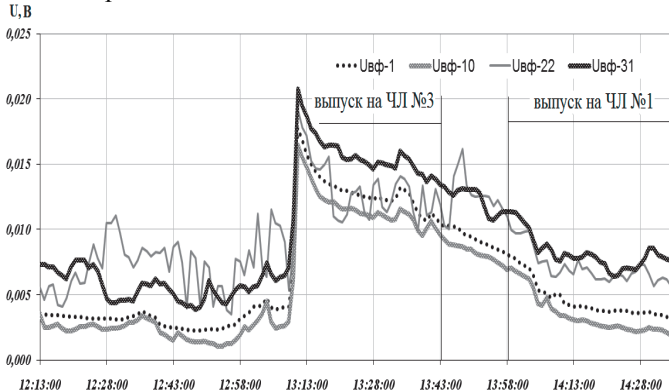


Рис 1. Значения электропотенциалов, измеренных между кожухом доменной печи и воздушными фурмами.

Следует также отметить, что величина зафиксированных значений ЭП в несколько раз превышает известные из литературных источников, что

повышает надежность информации и обусловлено, вероятнее всего, использованием предложенного способа измерения.

Обращает на себя внимание изменение порядка расположения по вертикали (см. рис.1) кривых ЭП на отдельных фурмах в зависимости от выпусков чугуна через ту или иную летку, что, по мнению исследователей, может характеризовать динамику опускания шихты по окружности горна печи. Одной из причин различий в уровне опускания шихты и, соответственно, значений ЭП в отдельных секторах печи может быть смещение «тотермана» к этим секторам. Как свидетельствуют дополнительные исследования, косвенным подтверждением этого соображения являются результаты исследований разгара футеровки печи, выполненные авторами в процессе выдувки доменной печи в период, следующий непосредственно за измерениями ЭП, а именно, наличие максимального разгара футеровки металлоприемника в секторах, расположенных над летками. Эти сведения подтверждают также показания функционирующей на ДП №9 автоматизированной системы «Разгар».

В последующем на доменной печи были выполнены эксперименты, основной задачей которых было подтверждение принципиальной возможности использования измеряемых в динамике величин ЭП для разработки системы диагностирования состояния горна. При проведении этих экспериментов помимо замера ЭП на фурмах, расположенных над четырьмя чугунными летками (№ 1, 10, 22, 31), обозначенными на рис. 2, соответственно, как летки ЧЛ-1, ЧЛ-2, ЧЛ-3, ЧЛ-4, и кожухом доменной печи фиксировали:

- технологические параметры и показатели плавки;
- данные об интегральной светимости светового потока в районе соответствующих фурм (с использованием кварцевого стекла глазков визуального наблюдения), которая характеризует температуру, достигаемую при горении кокса;
- сведения, полученные с использованием автоматизированной системы контроля поверхности засыпи шихты;
- распределение дутья по фурмам.

В кратком изложении результаты анализа этого этапа экспериментов сводятся к следующему. На графике (рис.2) выделяется период значительного увеличения показателей ЭП на фурме № 22, расположенной над ЧЛ-3 (до 0,010 В) при типичных значениях потенциала в остальных замеренных случаях порядка 0,02 – 0,06 В. Такое резкое изменение ЭП связано с осуществляемыми персоналом действиями по регулированию теплового состояния горна печи, поскольку перед вторым выпуском содержание кремния в чугуне повысилось до 1,1 % при заданном диапазоне его изменения 0,6–0,9 %. Указанные меры регулирования включали уменьшение расхода природного газа и кислорода, а затем подачу пара, что способствовало уменьшению содержания кремния в чугуне на последующем выпуске до 0,93 %.

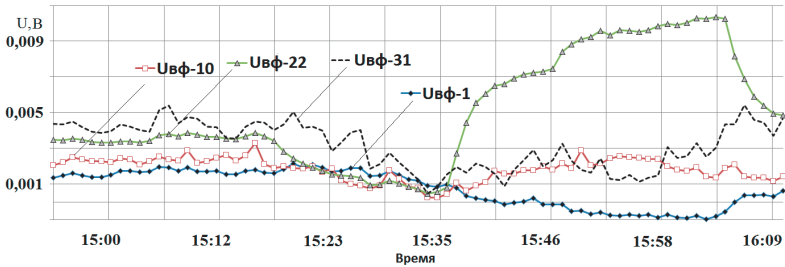


Рис. 2. Значения потенциалов, измеренных между кожухом доменной печи и воздушными фурмами, для пяти последовательно проведенных выпусков продуктов плавки

Исследование влияния технологических факторов на величину ЭП было осуществлено с применением факторного анализа, по результатам которого могут быть сделаны следующие предварительные заключения:

- о достаточно тесной взаимосвязи величин ЭП, фиксируемых на фурмах, расположенных в разных секторах практически по всему периметру кожуха печи;
- о четкой корреляции значений ЭП с изменениями расхода дутья, распределением природного газа и температурой горения кокса, а также определяемого с помощью стационарного профилемера уровня засыпи и расчетными значениями скоростей опускания ее поверхности.

Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать следующие заключения в отношении использования величин ЭП для контроля доменной плавки, а в ряде случаев и для корректировки управляющих параметров. Так, наличие тесной связи между расходами воздушного дутья и значениями ЭП обуславливает возможность осуществить оценку реального распределения дутья по фурмам, что особенно важно для печей, на которых отсутствуют соответствующие системы контроля. Выявленная связь между расходом природного газа и ЭП может быть использована для разработки способа регулирования теплового состояния горна печи путем изменения расхода газа на каждую фурму, с целью снижения тепловой неравномерности работы агрегата.

В последующем просматривается возможность использования регистрации ЭП для оценки опускания шихты в различных секторах печи, определения уровня металлического и шлакового расплавов для обоснования времени выпусков продуктов плавки, а также решения ряда других задач, имеющих существенное значение для организации процесса плавки и улучшения показателей работы доменной печи. На решение этих задач направлены продолжающиеся в ИЧМ работы в данном направлении.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили высказываемые различными авторами соображения о целесообразности фиксации величин электрических потенциалов, формирующихся в объеме доменной

печи под влиянием тепловых и физико-химических процессов, протекающих в ходе плавки. Установленные связи величин потенциалов и температур в зоне горения кокса с технологическими параметрами работы печи указывают на целесообразность применения этой информации для контроля равномерности распределения дутья и природного газа по фурмам, а также опускания поверхности шихтовых материалов. Определены ближайшие и перспективные возможности контроля различных параметров плавки и регулирования хода доменной печи.

1. *Обзор исследований образования в доменной печи электродвижущей силы / [И.Г.Муравьева, Ю.С.Семенов, С.И.Семькин, Е.А.Белашапка, Т.С.Голуб, С.А.Дудченко.] // «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб. научн. тр. ИЧМ. – 2012. – Вып.26. – С.108–119.*
2. *Новохатский А.М., Дорофеев В.Н., Михайлюк Г.Д. Система контроля работы горна доменной печи. // Теория и практика производства чугуна. Труды международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию КГГМК «Криворожсталь», 2004. – С.534–537.*
3. *Дорофеев В. Н., Новохатский А. М. О возникновении разности электропотенциалов на кожухе доменной печи. // Известия ВУЗов Черная металлургия, 1984. – №1. – С.24-28.*

*Статья рекомендована к печати
канд.техн.наук Н.М.Можаренко*

***І.Г.Муравйова, С.І.Семикін, В.Ф.Поляков, Ю.С.Семенов,
П.Г.Прокopenко, С.О.Дудченко, Т.С.Голуб, О.В.Наследов,
Е.О.Білошапка, В.В.Вакульчук, Ю.Б.Костюк***

Дослідження процесів у доменні печі шляхом вимірювань електричних потенціалів, що виникають в її об'ємі

Метою роботи є виявлення можливості використання інформації про електричні характеристики доменного процесу для керування доменною плавкою. Проведено дослідження характеру змін величин електричних потенціалів, що формуються в обсязі доменної печі під впливом теплових і фізико-хімічних процесів у ході плавки. Встановлено взаємозв'язки величин потенціалів і температур у зоні горіння коксу з технологічними параметрами роботи печі. Отримано дані, що вказують на доцільність застосування цієї інформації для контролю рівномірності розподілу дутья і природного газу по фурмах, а також для опускання поверхні шихтових матеріалів.