

УДК 669.162.22

Русских В.П.¹, Хрущев Е.И.², Лукьяненко И.А.³, Киселов Н.В.⁴, Доля С.Н.⁵

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ОДНОВРЕМЕННЫЙ ВВОД В ГОРН ДОМЕННОЙ ПЕЧИ НЕСКОЛЬКИХ РЕАГЕНТОВ

Разработана конструкция воздушной фурмы, а также система одновременной подачи в окислительный поток нескольких реагентов, обеспечивающая тепловое состояние горна и его вид расширения технологических возможностей увлажнения доменной плавки

Работа доменных печей на комбинированном дутье предполагает подачу в горн углеводородсодержащих добавок для регулирования теплового состояния горна и снижения удельного расхода кокса на выплавку чугуна. В доменных цехах Украины наибольшее распространение в качестве такой добавки получил природный газ. Нестабильное снабжение металлургических предприятий Украины природным газом, его высокая цена предопределяют нецелесообразность его использования для регулирования теплового состояния горна доменной печи. При снижении расхода или прекращении подачи природного газа в окислительную зону горна доменной печи для поддержания оптимальной теоретической температуры горения топлива необходимо снижать температуру горячего дутья, уменьшать приход с ним тепла в доменную печь, что вызывает увеличение удельного расхода кокса на выплавку чугуна.

Для обеспечения максимальной температуры дутья в условиях дефицита природного газа и пара на увлажнение дутья в условиях ММК им. Ильича предусмотрена технология доменной плавки с увлажнением дутья распылением воды в его потоке.

Положительное влияние увлажнения дутья на доменный процесс известно давно [1,2,3], однако с этой целью не используется исключительно водяной пар.

В условиях дефицита пара на ММК им. Ильича была разработана технология доменной плавки с искусственным увлажнением дутья путём диспергирования воды в окислительной зоне горна. С целью расширения технологических возможностей управления доменной плавкой разработана конструкция воздушной фурмы, позволяющая вводить в доменную печь одновременно несколько реагентов, в том числе и диспергированную воду [4,5,6].

Снижение расхода природного газа приводит к ухудшению технико-экономических показателей работы доменных печей, что подтверждается следующим расчетом.

В качестве оптимальных условий работы доменной печи принимаются следующие технологические параметры:

- температура горячего дутья ($t_{гд}$) - 1000 °С;
- содержание кислорода в дутье (ω) - 24 %;
- расход природного газа по отношению к расходу дутья ($Q_{пр}$) - 3 %;
- относительная влажность дутья (γ) - 1 %.

Теоретическую температуру горения кокса определяли по используемой в доменном цехе комбинации эмпирической зависимости.

$T = 2000 + 0,75(t_{гд} - 1100) + 50(\omega - 25) + 53(6 - Q_{пр}) - 53(2 - \gamma)$. По расчету она оказалась равной 2087 °С.

При прекращении подачи природного газа (в условиях сохранения остальных параметров неизменными) теоретическая температура горения кокса, определенная по приведенной выше формуле, составила 2246 °С. Для приведения температурных условий горна к

¹ ПГТУ, канд. техн. наук, доцент.

² ПГТУ, канд. техн. наук, доцент.

³ ОАО «ММК им. Ильича», соискатель.

⁴ ОАО «ММК им. Ильича», соискатель.

© ОАО «ММК им. Ильича», инженер.

первоначальному уровню необходимо понизить температуру горячего дутья до 788 °С, т.е. на 212 °С, или уменьшить концентрацию кислорода в дутье, что неизбежно вызовет снижение производительности доменной печи.

Это видно из следующего примера: печь полезным объемом 1033 м³ при нормальной работе принимает 2000 м³ дутья в минуту, что при содержании 21 % кислорода в нем обеспечивает ежеминутное поступление в печь 420 м³ кислорода. При понижении содержания кислорода в дутье до 19 %, его ежеминутное поступление в печь составит 380 м³, т.е. на 40 м³ меньше по сравнению с первым случаем. В соответствии с реакцией $C + 0,5 O_2 \rightarrow CO$ масса углерода, сгорающего в минуту сократится на 42,86 кг (61,71 т/сутки). При удельном расходе кокса 0,5 т/т чугуна и содержании в нем углерода около 87 % снижение производительности доменной печи составит 141,8 т/сут.

В связи с отеканием пара на увлажнение дутья максимально высокую его температуру в таких условиях можно поддерживать за счет впрыскивания воды непосредственно в окислительную зону. Для этого требуется рассчитать ее необходимое количество.

Методика расчета аналогична вышеприведенному примеру по снижению температуры дутья при прекращении подачи природного газа:

а) Количество тепла, не введенного в доменную печь с дутьем в связи с снижением его температуры с 1000 до 788 °С составит

$$4(1000 - 788) \times 1,409 = 298,7 \text{ кДж,}$$

где 1,409 – теплоемкость дутья при 1000 °С, кДж/(м³·°К)

б) Определение массы воды, потребляющей такое же количество тепла при ее подаче в доменную печь

$$Q = 4,16 \cdot \Delta t \cdot m_{H_2O} + 2253 \cdot m_{H_2O} - 13457 \cdot m_{H_2O} - 1800 \cdot m_{H_2O} = 298,7 \text{ кДж.}$$

где 4,16 – теплоемкость воды, Дж/(г·°К);

2253 – теплота парообразования, Дж/г;

13457 – теплота диссоциации воды, Дж/г;

1800 – теплота нагрева пара от 100 °С до 1000 °С, Дж/г

Δt – разность между температурой кипения и температурой воды на входе в доменную печь, °С.

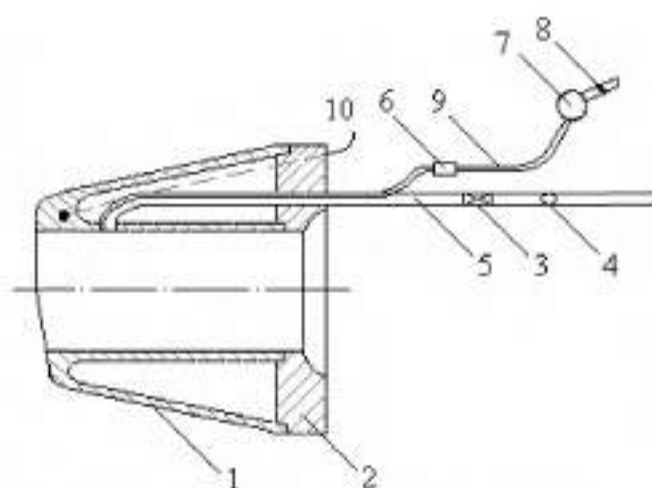
$$m_{H_2O} = \frac{29,7 \cdot 10^3}{220,8 + 2253 + 13457 - 1800} = 16,1 \text{ т/сут}$$

При расходе дутья 2000 м³/мин расход воды составит: 16,1 × 2000 = 32,2 т/мин

За счет этого количества воды в доменную печь ежеминутно будет поступать 40,1 м³ водорода и 19,9 м³ кислорода.

При прочих равных условиях количество углерода, сгорающего в минуту в горне доменной печи возрастет в соответствии с реакцией $C + 0,5 O_2 \rightarrow CO$ на 21,32 кг, что составит 30,7 т/сут. При удельном расходе кокса на выплавку чугуна 0,5 т/т и содержании в нем углерода 87 % увеличение производительности доменной печи составит 70,6 т/сут.

Испытание устройств для подачи реагентов в фурменную зону. В процессе выполнения работы сделан анализ преимуществ и недостатков возможных мест ввода воды в поток дутья. В качестве оптимального выбран вариант автономного подвода воды через отдельный кольцевой коллектор с разводкой на каждый фурменный прибор и установкой запорной, регулирующей и контролирующей аппаратуры. Наиболее целесообразным является вариант, представленный на рисунке. Вода подается по трубопроводу (9), снабженному измерительной (8) и запорной (6) аппаратурой, который перед фланцем воздушной фурмы (2) вводится в газопровод природного газа (5).



1-корпус фурмы (медь), 2-фланец (сталь), 3-обратный клапан, 4-шаровый кран, 5-газопровод природного газа, 6-игольчатый клапан, 7-кольцевой трубопровод, 8-измерительная шайба, 9-трубопровод для подачи воды, 10-термодатчик

Рисунок - Фурма для ввода реагентов в доменную печь.

При внутреннем диаметре трубы для подвода природного газа 25 мм и наружном диаметре трубы для подвода воды на распыление в потоке дутья 14 мм, площадь сечения газового потока сокращается на 31,4 %. При этом скорость истечения газа в полость воздушной фурмы возрастет с 185 до 242 метров в секунду, что повышает равномерность его распределения в потоке дутья.

Таким образом, разработанная конструкция позволяет осуществить следующие варианты технологии доменной плавки:

- подачу в доменную печь природного газа;
- вдувание в фурменную зону печи воды;
- одновременную подачу в печь природного газа и воды;
- работу печи на дутье без дополнительных реагентов.

Задача изготовления конструкции фурмы выполнена проектно-конструкторским отделом комбината им. Ильича по технологическому заданию, разработанному кафедрой металлургии чугуна Приазовского государственного технического университета и доменным цехом комбината. При этом подача воды к фурменным приборам осуществляется с использованием кольцевого коллектора, выполненного из стальных труб диаметром 50 мм, расположенного под кольцевым воздухопроводом горячего дутья.

Для контроля общего расхода воды на увлажнение дутья в прямом участке водовода установлена расходомерная шайба, позволяющая измерять расход воды от 0 до 50 дм³/мин. С этой целью использована стандартная диафрагма ДК6-50-11-6-2 ГОСТ 14321-73 и дифманометр ДС-ЭЗ на предельный перепад давления 400 кгс/м².

Расход воды регистрируется на вторичном приборе, в качестве которого используется электронный потенциометр КСП-40, шкала которого отградуирована на расход в дм³/мин.

Общее количество воды на увлажнение дутья регулируется также путем изменения её расходов на отдельные фурмы. Для чего на подводящих воду к фурменным приборам трубках (внешний диаметр – 16 мм, внутренний – 10 мм) установлены игольчатые вентили, позволяющие обеспечить тонкое регулирование (30 мм³/мин). С целью предотвращения попадания печных газов в систему в случае снижения статического давления воды ниже статического давления печных газов система оборудована обратными клапанами. Для сохранения пропускной способности газопровода в объеме до 500 м³/час на каждую фурму, увеличен диаметр газовых труб с 25 до 32 мм. Это обеспечило увеличение поперечного сечения кольца для транспортировки природного газа на 100 мм².

В процессе монтажа системы распыления воды изготовлено и испытано три разновидности распылителей: со спиральным закручиванием потока жидкости и центральным отверстием для распыления диаметром 1,5-2,0 мм; – распылитель, изменяющий направление ее потока со шелевым распылителем, направленным под углом 45° к потоку дутья; – распылитель с пережником и лимитирующим отверстием диаметром 3 мм. Все указанные конструкции прошли стендовые испытания. Наиболее дисперсное распыление воды достигнуто при спиральном и шелевом распылителях.

Выводы

1. В условиях дефицита природного газа и его высокой цены технология доменной плавки с увлажнением дутья является актуальной. При отсутствии пара на увлажнение дутья для этой цели может быть использована вода.

2. Разработана конструкция воздушной фурмы и система подвода воды, позволяющие расширить технологические возможности процесса и его оптимизация путем подбора соотношения расходов добавок к дутью кислорода, природного газа, воды совместно или только некоторых из них.

3. Предложена технология доменной плавки с вдуванием диспергированной воды в окислительную зону, обеспечивающая оптимальное производство и расход кокса в условиях дефицита углеводородов и пара на увлажнение дутья

4. Определены параметры дутьевого режима доменной плавки в соответствии с поставленной целью ее оптимизации для достижения максимальной производительности при минимальном расходе кокса

5. Разработанное устройство и предложенную технологию необходимо детально испытать в промышленных условиях

Перечень ссылок

- 1 Шкодин А.К. Труды ЦИИ: А.К. Шкодин // 1964. – № 225. – С.54-101.
- 2 Гольдштейн Н.А. Водород в доменном цехе / Н.А. Гольдштейн. – М.:Металлургия.–1971. 206с.
- 3 Рамзи А.Н. Современный доменный процесс / А.Н. Рамзи. – М.:Металлургия. 1980. 304 с.
- 4 Разработка технологии доменной плавки с подачей реагентов в поток дутья в условиях отсутствия природного газа. / В.П. Русских, Е.И. Крушев, Н.В. Косолап, С.А. Деля. – Труды Международного Конгресса доменщиков.– Днепропетровск. – 1999. – С.219.
- 5 Патент № 54841А. – Украина. – С21В7/16. – Способ доменной плавки
- 6 Патент № 47026А. – Украина. – С21В7/16. – Дутьевая фурма доменной печи

Статья поступила 20.03.2004