

В.П. Лялюк /д.т.н./

Национальная металлургическая академия Украины (Днепропетровск, Украина)

Е.Г. Донсков /д.т.н./, Г.И. Орел, Г.П. Костенко

ОАО "Миттал Стіл Кривой Рог" (Кривой Рог, Украина)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Получившее широкое распространение в конце 50-х годов прошлого века вдувание природного газа в горн доменных печей с экономической точки зрения длительное время не вызвало ни малейших сомнений в целесообразности его применения, что объяснялось большой разницей цен на кокс и природный газ. 1 кг кокса стоил примерно в 3...3,5 раза больше, чем 1 м³ газа. При такой разнице цен даже при эквиваленте замены кокса природным газом 0,4 кг/м³ применение природного газа было экономически эффективным.

В настоящее время цена на природный газ существенно выросла, и будут еще меняться. Сегодня разница в цене равна 1,1...1,5, а минимально допустимый коэффициент замены увеличился до 0,7 кг/м³. В связи с этим, очевидно, что одним из важнейших направлений повышения эффективности доменной плавки в современных условиях является существенное увеличение эквивалента замены кокса природным газом, как минимум до 0,9...1,0 кг/м³.

Даже в бывшие годы, вследствие различия качества шихтовых материалов, температуры и влажности дутья, степени обогащения дутья кислородом, давления газа в рабочем пространстве печи, а также конструкции ввода природного газа в фурму доменной печи, коэффициент замены кокса природным газом изменялся в очень широких пределах.

В настоящее время, несмотря на большое число разработанных и испытанных способов подвода природного газа в фурму [1], на доменных печах по-прежнему используют самый неэффективный подвод газа через трубку, расположенную в верхней части внутреннего стакана фурмы [2, с. 363...365].

Недостатком такого способа подвода является то, что при верхнем подводе природного газа в дутьевой канал фурмы газ потоком дутья прижимается к верхней части канала фурмы и, значительная его часть, распространяясь параллельно оси фурмы, выносится дутьем в восстановительную зону печи, минуя окислительную зону (зону горения). Это приводит к неполному сжиганию природного газа, частичному его пи-

ролизу с выделением сажистого углерода, который способствует снижению вязкости шлака и загромождению горна. Плохое смешивание природного газа с дутьем приводит также к снижению коэффициента замены кокса газом из-за снижения степени использования водорода в печи. Кроме этого плохое смешивание природного газа с дутьем не позволяет в достаточной мере снижать теоретическую температуру горения и соответственно увеличивать концентрацию кислорода в дутье или температуру горячего дутья.

Физическая сущность плохого смешивания природного газа с дутьем при верхнем подводе газа состоит в том, что полная энергия струи газа значительно меньше полной энергии потока дутья и газ не может проникнуть глубоко в поток дутья и соответственно хорошо перемешаться с дутьем и в полном объеме сгореть в окислительной зоне [1].

Экспериментально установлено, что наиболее рациональными являются подводы газа по оси фурмы [3,4] или в нижнюю ее часть [5], что способствует прохождению всего объема природного газа через зону горения, но первый способ требует специальных решений по защите газоподводящих наконечников от высокой температуры, а второй – по защите выходного отверстия газоподводящей трубки от заливки шлаком [1].

Предпринимались попытки повысить эффективность подвода природного газа и через две газоподводящие трубки, пропущенные с противоположных сторон в дутьевой канал фурмы на уровень горизонтального диаметра внутреннего стакана фурмы [6]. Разделение одной струи природного газа на две, с соответствующим уменьшением расхода газа в каждой струе в два раза, приводит к еще большему уменьшению полной энергии природного газа в каждой струе по отношению к полной энергии потока дутья [1]. В сравнении с подводом газа одной трубкой, при которой газ прижимается к верхней части внутреннего канала фурмы, подвод двумя трубками, расположенными с двух сторон по горизонтальному диаметру фурмы приводит к еще большей

**You can buy the full version of the publication
(in English) in the editorial office of
"Metallurgical Processes and Equipment".
Contacts email m-lab@ukr.net
or phone +380 (62) 348-50-56 (Russian)**

**You can contact the authors of this publication
on the question of cooperation
through the journal editors of
"Metallurgical Processes and Equipment",
via email m-lab@ukr.net
or phone +380 (62) 348-50-56 (Russian)**

**Связаться с авторами данной публикации
по вопросу сотрудничества можно
через редакцию журнала
"Металлургические процессы и оборудование",
обратившись по эл. почте m-lab@ukr.net
или телефону +380 (62) 348-50-56**

**Приобрести полную версию данной публикации
можно в редакции журнала
"Металлургические процессы и оборудование",
обратившись по эл. почте m-lab@ukr.net
или телефону +380 (62) 348-50-56**

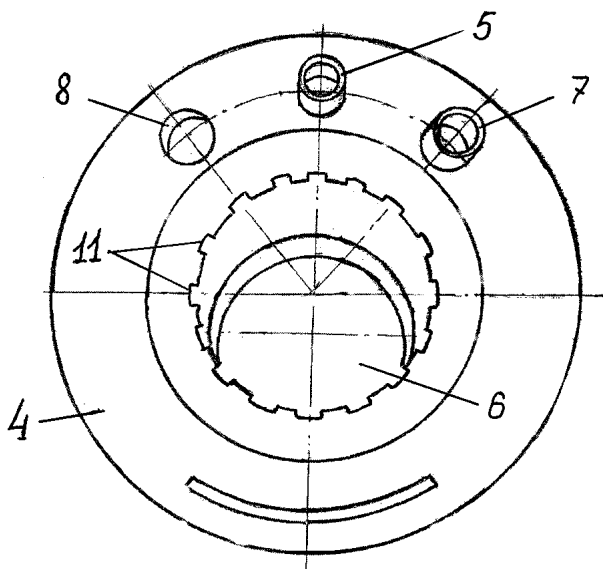


Рисунок 2 – Вид со стороны фланца фурмы (нумерация позиций – сквозная по все рисункам): 7 и 8 – трубки подвода и отвода охлаждающей воды

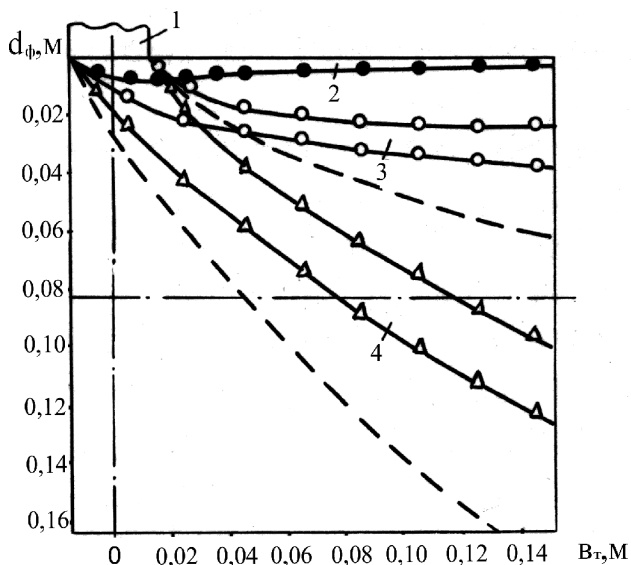


Рисунок 3 – Траектории струи природного газа в полости фурмы доменной печи: 1 – трубка подвода газа; d_{ϕ} – диаметр фурмы; v_m – расстояние от оси трубки подвода природного газа до среза дутьевого канала фурмы

300...600 °С. По результатам расчетов [1] построены траектории движения струи природного газа (исходной смеси) в полости фурмы доменной печи (рисунок 3).

Траектория 2 – газ прижат потоком дутья в верхней части тела фурмы характерна с небольшими отклонениями для всех случаев изменения параметров дутья и газа. В случае повышения температуры природного газа и увеличения его полной механической энергии траектория струи газа отрывается от тела фурмы и приближается к

оси фурмы. Так, при температуре газа 300 и 600 °С имеем траектории газа 3 и 4, последняя отклоняется даже за ось фурмы. Граничные траектории движения фронта пламени частичного горения природного газа в полости фурмы показаны штриховыми линиями к траектории 4.

Подогреть природный газ перед подачей в фурмы доменной печи можно как бросовым теплом, которого много в доменном цехе так и специально греть доменным или коксовым газами, а можно использовать конструкцию фурмы на тепловых трубках [8].

Выводы

1. Разработана дутьевая фурма, которая позволила улучшить смешивание природного газа с дутьем за счет подачи всего объема природного газа в зону горения, что уменьшило частоту прогара фурм и загромождений горна, а также снизило удельный расход кокса на 3 кг/т на каждой печи доменного цеха №1 металлургического комбината "Криворожсталь".

2. Эффективность смешивания природного газа с дутьем в фурме доменной печи определяется соотношением полных механических энергий потоков дутья и природного газа, выровнять которые при традиционном верхнем подводе газа в дутьевой канал фурмы можно путем подгрева потока природного газа до 300...600 °С.

1. *Лялюк В.П.* Современные проблемы технологии доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 1999. – 164 с.
2. *Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е.* Металлургия чугуна. – К.: Вища школа, 1981. – 496 с.
3. *Товаровский И.Г.* Совершенствование и оптимизация параметров доменного процесса. – М.: Металлургия, 1987. – 192 с.
4. *Товаровский И.Г., Лялюк В.П.* Эволюция доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 2001. – 424 с.
5. *Повышение эффективности использования природного газа / И.И. Пушкаш, А.А. Бужинский, С.В. Шаврин и др. // Металлург. – 1970. – №1. – С. 4-6.*
6. *Повышение эффективности использования природного газа в доменном цехе Днепропетровского металлургического комбината / Г.Л. Цимбал, В.В. Канав, Э.Э. Миникес и др. // Сталь. – 1994. – №1. – С. 10-12.*
7. *Дутьевая фурма доменной печи / А.В. Сокурченко, В.А. Шеремет, Е.Г. Донсков и др. // Патент Украины №63591. – Бюл. №1. – 2004.*
8. *Лялюк В.П.* Дутьевая фурма доменной печи / А.с. №1341205, СССР, Кл. С21в 7/16. 1987.

ПОДПИСКА

НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЖУРНАЛЫ

«Металлургические процессы и оборудование»

(издается с марта 2005 г., 4 номера в год, объем 60-80 стр.)

Проектирование и производство современного высокопроизводительного и безопасного оборудования для горно-металлургического комплекса, организация производства и управление фондами, реконструкция и модернизация действующего оборудования, энергосбережение и утилизация отходов; повышение производительности и качества продукции, организация и проведение работ по обслуживанию, диагностированию, ремонту и восстановлению промышленного оборудования с применением современных технологий и материалов.

«Вибрация машин: измерение, снижение, защита»

(издается с мая 2005 г., 4 номера в год, объем 60-80 стр.)

Борьба с вибрацией машин и металлоконструкций; оценка технического состояния оборудования по виброакустическим параметрам; разработка методов диагностирования, снижения вибрации и балансировки; защита оборудования и обслуживающего персонала от вибраций; разработка и сертификация современных средств измерения и анализа параметров вибрации; проектирование нового вибрационного оборудования.

Подписные индексы журналов в каталогах

Журнал	Каталог		
	"Пресса Украины"	"Газеты. Журналы" (Агентство ОАО "Роспечать")	ООО "НПП "Идея"
Металлургические процессы и оборудование	98832	21897	16170
Вибрация машин: измерение, снижение, защита	98831	21896	16171

Предприятия и организации Украины и России могут оформить подписку в любом почтовом отделении, в подписных агентствах, в редакции журналов и в ее представительствах.

Предприятия и организации др. стран СНГ могут оформить подписку только в редакции журналов и в ее представительствах.

По другим вопросам подписки, публикации статей и размещения рекламы обращаться в редакцию журналов.

Редакция журналов

Адрес: 83001, Украина, Донецк, ул. Артема, 58

Телефон: +380 (62) 348-50-56, (066) 029-44-30

Эл. почта: m-lab@ukr.net

Интернет: metal.donntu.edu.ua, vibro.donntu.edu.ua

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РЕДАКЦИИ

ООО "ТОиР Консалт" (Россия)

Телефон/факс: +7 (495) 775-85-02

Эл. почта: info@toir-consult.ru

Интернет: www.toir-consult.ru

ПОДПИСНЫЕ АГЕНТСТВА

ООО "НПП "Идея" (Украина)

Телефоны: +380 (62) 381-09-32;

+380 (44) 417-86-67, 204-36-44

Эл. почта: info@idea.donetsk.ua

Интернет: www.idea.com.ua

ООО Фирма "Меркурий" (Украина)

Телефоны: +380 (56) 374-90-30, 374-90-31;

(44) 248-88-08, 249-98-88, 242-97-51;

(536) 700-384, 2-45-48; (232) 6-00-93, 6-45-26

(62) 348-11-14, 345-15-92; (56) 374-90-32;

(542) 25-12-49, 25-12-55