

ные и прикладные проблемы черной металлургии». – 2012. – Вып. 26. – С. 42-51.

8. Модельная система выбора и корректировки программ загрузки доменной печи, оборудованной БЗУ / Ю. С. Семенов, Е. И. Шумельчик,

В. И. Вишняков, А. В. Наследов, И. Ю. Семион, А. В. Зубенко. – Металлург. – 2012. – № 9. – С. 36-40.

Поступила 20.03.2015



УДК 669.162

Производство

Тараканов А. К. /д. т. н./,
Бочка В. В. /д. т. н./,
Костомаров А. С.
НМетАУ

Кариков С. А.
ПАО «МК «АЗОВСТАЛЬ»
Андриенко А. Ю.
ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского»

Эффективность увлажнения доменного дутья в современных условиях

Проанализировано влияние изменений естественной влажности воздуха на показатели доменной плавки. Показано, что выбор значений расхода пара на увлажнение дутья при необходимости постоянного вдувания пара должен обеспечивать поддержание теоретической температуры горения топлива в фурменных очагах на оптимальном уровне с учетом колебаний естественной влажности воздуха. Ил. 5. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: доменная плавка, увлажнение дутья, оптимизация параметров дутья

The influence of changes of natural moisture content of air on the blast-furnace smelting factors is analyzed. It is shown that the choice of values of steam flow on the blast moisturizing, if constant steam injection is necessary, should provide support of theoretical temperature of fuel burning in combustion zones at the optimum level taking into account oscillations of air natural moisture content.

Keywords: blast-furnace smelting, blow moisturizing, blast parameter optimization

Влияние изменения влажности дутья на показатели доменной плавки проанализировано в литературе достаточно глубоко и детально [1].

До начала вдувания в доменные печи природного газа увлажнение дутья рассматривали главным образом как мероприятие, которое позволяло повышать температуру дутья ($9\text{ }^{\circ}\text{C}$ на $1\text{ г H}_2\text{O/нм}^3$ дутья), не допуская расстройств хода печи в связи с чрезмерными значениями температуры фурменного газа. В этом случае удельный расход кокса снижался, несмотря на то, что само по себе повышение влажности дутья на $1\text{ г H}_2\text{O/нм}^3$ дутья увеличивает расход кокса на $0,15\text{-}0,20\%$ [2]. Использование топливных добавок к дутью сделало технологически эффективным осушение доменного дутья, но широкого применения это мероприятие не получило.

В современных условиях, когда на металлургических предприятиях Украины повсеместно отказались от вдувания природного газа, а значительная часть доменных печей не оборудова-

на пока установками для вдувания пылеугольного топлива, к постоянному увлажнению дутья спустя 60 с лишним лет на ряде предприятий вынуждены были вернуться.

Поскольку условия работы доменных печей теперь существенно отличаются от тех, что были раньше, проблемы увлажнения дутья в современных условиях требуют дополнительного анализа.

В первую очередь, необходимо уточнить влияние естественной влажности воздуха на удельный расход кокса в доменной плавке. К сожалению, на многих предприятиях этот фактор вообще не контролируется и не анализируется.

Влажность воздуха максимально меняется по сезонам года, так как она тесно связана с температурой воздуха. Наряду с сезонными имеют место суточные изменения естественной влажности воздуха, хотя здесь амплитуда колебаний намного меньше, так как насыщение воздуха водяным паром достигается редко и абсолютная

ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

влажность воздуха меняется в течение суток разве что после дождя. Исключением может быть приморский регион, где влажность воздуха летом может существенно колебаться в зависимости от направления ветра. Границы возможных изменений влажности воздуха достаточно широки (рис. 1).

На рис. 2 приведена совмещенная диаграмма изменений по месяцам 2012 г. удельного расхода кокса в доменном цехе ПАТ «МК «Азовсталь» и влажности воздуха из архива метеосводок г. Мариуполь. Изменения представлены в сглаженном виде линиями регрессии с достаточно высокими значениями корреляционного отношения. Значения расхода кокса были предварительно приведены к одинаковым условиям, благодаря чему влияние на расход кокса прочих контролируемых факторов было исключено.

На рис. 2 четко прослеживается связь приведенного расхода кокса с естественной влажностью воздуха. Среднемесячные значения влажности воздуха менялись в диапазоне 14 г $\text{H}_2\text{O}/\text{м}^3$, а расход кокса – в диапазоне 17 кг/т чугуна. По справочным данным [2], зафиксированные изменения влажности дутья должны были менять расход кокса в диапазоне 2,8 %, а по представленным данным эта величина составила 3,4 %.

Связь между среднесуточными изменениями влажности воздуха и приведенного к одинаковым условиям удельного расхода кокса не столь однозначна и проявляется только в летние месяцы, когда влажность воздуха изменяется в широком диапазоне. На рис. 3 линии тренда этих параметров, аппроксимированные полиномом 6-й степени, в основном согласуются между собой, при этом изменения влажности воздуха логично опережают изменения расхода кокса, который меняется вследствие регулирующих действий технологов на доменной печи после уже произошедших устойчивых изменений нагрева чугуна.

Изменения естественной влажности воздуха должны обязательно учитываться при корректировке параметров дутья в случае регулирования расхода топливных добавок к дутью. Главной целью таких корректировок должно быть поддержание теоретической температуры горения топлива в фурменных очагах (T_f) на уровне, максимально допустимом по условиям газодинамики плавки. Обоснование этого приведено в статье [3].

Рациональность такого подхода продемонстрируем на примере работы доменной печи № 3 ДМЗ им. Петровского с вдуванием и без вдувания природного газа. Для этой доменной печи, как и для всех других, достаточно чет-

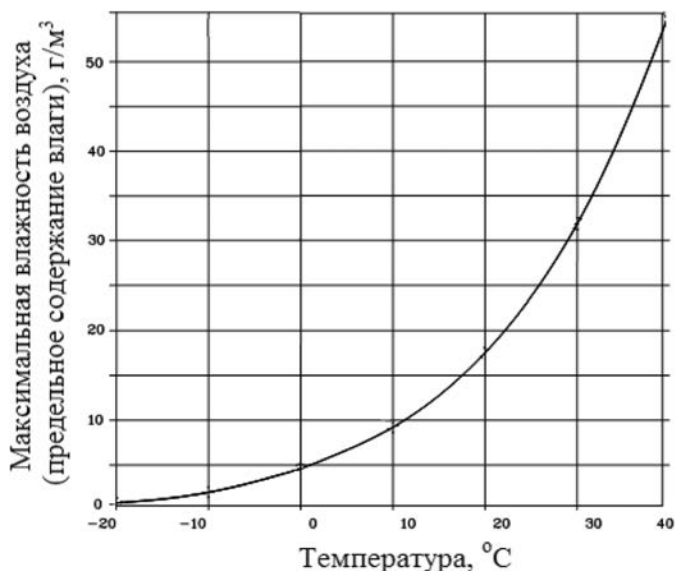


Рис. 1. Зависимость от температуры абсолютной влажности воздуха при полном насыщении

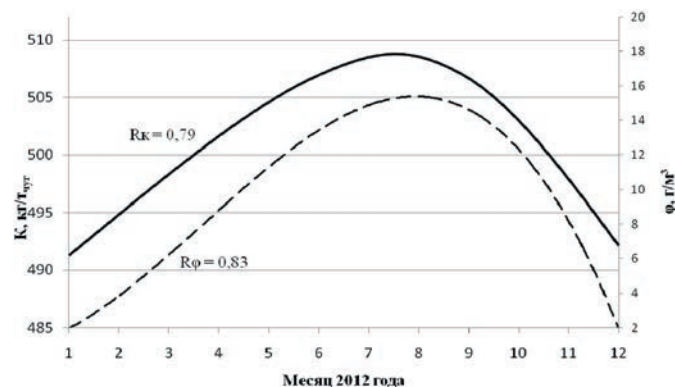


Рис. 2. Диаграмма изменений в течение года среднемесячного удельного расхода кокса (приведенного) и среднемесячной абсолютной влажности воздуха: — K; - - - φ

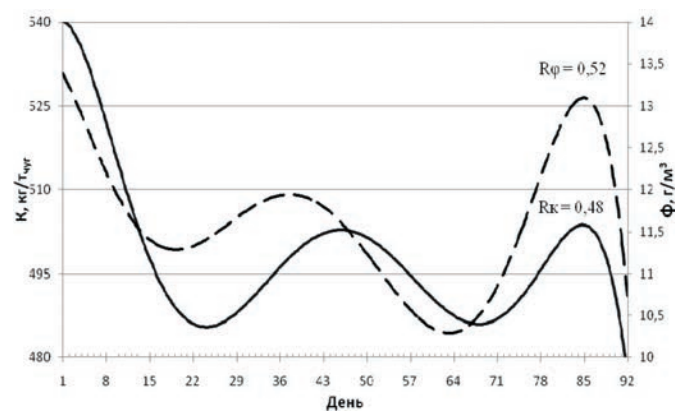


Рис. 3. Тренды среднесуточного приведенного расхода кокса и среднесуточной абсолютной влажности воздуха ДП № 4 ПАТ «МК «Азовсталь» в течение трех летних месяцев 2012 г.: — K; - - - φ

ко проявляется улучшение показателей плавки при увеличении T_r , как минимум, до 2100 °С, что и реализуется на этой доменной печи в последнее время (рис. 4, 5).

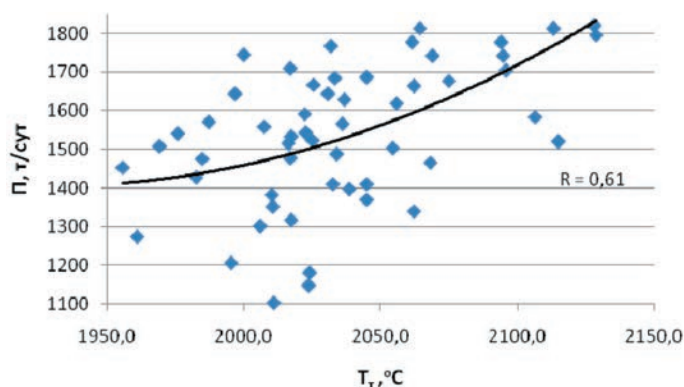


Рис. 4. Связь производительности ДП-3 ДМЗ им. Петровского со значениями теоретической температуры горения топлива в фурменных очагах (T_r)

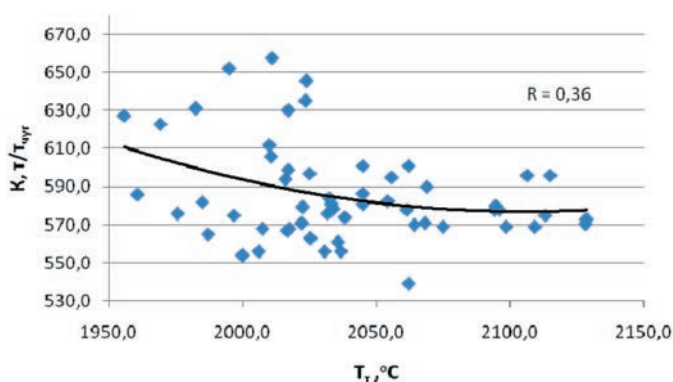


Рис. 5. Связь удельного расхода кокса на ДП-3 ДМЗ им. Петровского со значениями T_r

На рис. 4, 5 показаны связи среднемесячных показателей работы ДП-3 со значениями T_r . Большой разброс данных по производительности доменной печи и расходу кокса связан главным образом с тем, что на ДМЗ им. Петровского очень сильно менялся состав агломерата, что не отражалось официальными показателями.

Необходимо заметить, что расчет T_r здесь осуществлялся не по популярной упрощенной эмпирической формуле [2], которую используют в компьютерной системе ДП-3и которая часто дает завышенные значения, а по теоретической формуле [3].

При отсутствии обогащения дутья кислородом единственным рациональным способом поддержания T_r на необходимом уровне является изменение расхода пара на увлажнение дутья при максимально возможной температуре дутья.

После отказа от вдувания природного газа реальная T_r менялась на ДП-3 в больших пределах, прежде всего, из-за отсутствия учета изменений естественной влажности воздуха. Например, в июле 2013 г. при дополнительном увлажнении дутья в размере 32 г H_2O/nm^3 имели $T_r = 2017^\circ C$, а в декабре 2013 г. при увлажнении дутья 34 г H_2O/nm^3 имели $T_r = 2124^\circ C$, потому что реальная влажность дутья была почти на 20 г H_2O/nm^3 ниже, чем в июле.

Выводы

При оптимизации технологического режима доменной плавки очень важно осуществлять правильный расчетный контроль теоретической температуры горения топлива в фурменных очагах с учетом влияния на нее изменений естественной влажности воздуха.

Библиографический список

1. Рамм А. Н. Современный доменный процесс. – М.: Металлургия, 1980. – 304 с.
2. Волков Ю. П., Шпарбер Л. Я., Гусаров А. К. Технолог-доменщик: справочник. – М.: Металлургия, 1986. – 263 с.
3. Тараканов А. К. и др. Оптимизация параметров дутьевого режима доменной плавки. – Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. – № 2. – С. 11-15.

Поступила 23.02.2015

