

Кариков С. А., Семакова В. Б., Семаков В. В.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина

Статистическая оценка взаимосвязи параметров доменной плавки и полноты использования энергии газового потока

Полнота использования тепловой и восстановительной энергии газового потока обуславливает экономичность работы доменной печи. Обычно для оценки восстановительной работы печных газов используют показатель η_{CO} – степень использования газа по CO, который определяется как отношение содержания CO_2 в колошниковом газе к суммарному содержанию CO_2 и CO.

Согласно исследованиям [1] степень использования газа зависит от количества и состава горнового газа, распределения температуры по высоте печи, времени пребывания шихты при различных температурах и ее физико-химических свойств, распределения материалов по сечению печи.

Статистический анализ влияния технологических параметров работы доменной печи на степень использования энергии газового потока, проведенный на основе парной линейной корреляции, показал наибольшую тесноту связи η_{CO} с параметрами комбинированного дутья, которыми обусловлена теоретическая температура горения в горне доменной печи T_r . Коэффициент парной линейной корреляции между η_{CO} и T_r составил $r = 0,808$ (рис., а), т. е. наблюдалась высокая теснота взаимосвязи между параметрами. При повышении T_r степень использования газа увеличивалась.

Аналогично, коэффициент парной линейной корреляции между η_{CO} и содержанием кислорода в дутье O_2 (абсолютное изменение $\Delta = 6 \%$ между минимальным и максимальным значениями в исследуемом периоде) составил $r = 0,827$. Отрицательный коэффициент парной линейной корреляции $r = -0,842$ между η_{CO} и расходом природного газа $P_{пр}$ (абсолютное $\Delta = 44 \text{ м}^3/\text{т}$ чугуна) показал, что в рассматриваемых технологических условиях при увеличении

расхода природного η_{CO} снижалась. Согласно [1] вдувание природного газа неоднозначно влияет на η_{CO} .

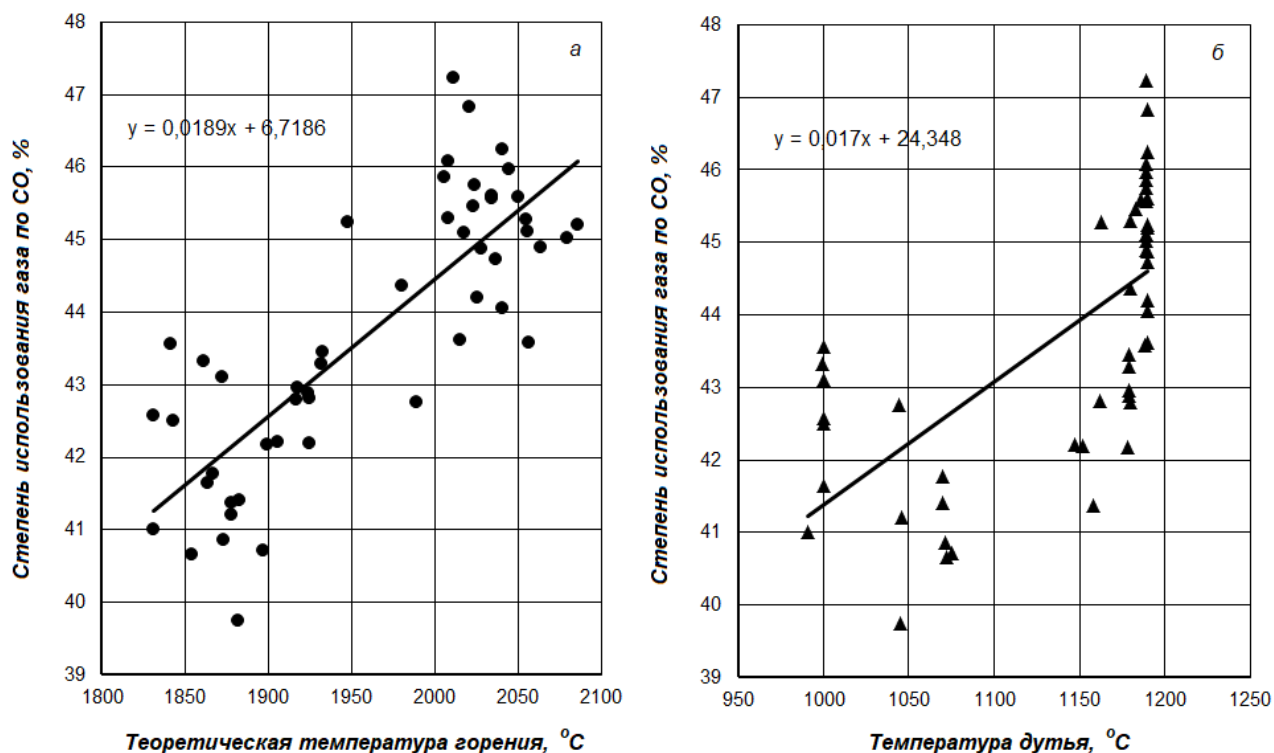


Рис. Статистическая взаимосвязь показателей доменной плавки

Значительная теснота взаимосвязи $r = 0,746$ наблюдалась также между η_{CO} и массой рудной колоши $M_{РК}$ (относительное $\Delta = 14\%$).

Умеренная теснота связи $r = 0,665$ (рис., б) наблюдалась между η_{CO} и температурой дутья $T_{д}$, а также при $r = -0,649$ – между η_{CO} и средней температурой газа над поверхностью шихты $T_{ср}$ (абсолютное $\Delta = 177\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Полнота использования энергии газа в рассматриваемом периоде повышалась при увеличении производительности доменной печи ($r = 0,632$) и снижении условного расхода топлива на выплавку чугуна ($r = -0,653$).

При $r = -0,01$ практически отсутствовала взаимосвязь между η_{CO} и содержанием кремния в чугуне $Si_{ч}$ (абсолютное $\Delta = 0,63\%$).

Статистический анализ методом множественной линейной корреляции проводился по 6 параметрам (функция и 5 аргументов). В качестве функции была принята η_{CO} . В качестве аргументов были приняты параметры работы

доменной печи: $P_{\text{ПГ}}$, м³/т чугуна; $M_{\text{РК}}$, т; $T_{\text{д}}$, °С; $Si_{\text{ч}}$, %; средняя по радиусу печи температура газового потока по показаниям термозондов $T_{\text{ср}}$, °С.

По результатам множественной линейной корреляции изменение степени использования газа по СО в рассматриваемом периоде на 49,6 % обусловлено изменением расхода природного газа, на 14,2 % – изменением температуры дутья, на 8,0 % – изменением массы рудной колоши, на 6,4 % – изменением средней температуры газового потока над поверхностью засыпи и на 0,1 % – изменением содержания кремния в чугуне.

Коэффициент множественной корреляции составил $R = 0,885$, коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,783$, т. е. влиянием исследуемых факторов на 78,3 % обусловлено изменение функции – $\eta_{\text{СО}}$, а 21,7 % приходится на неучтенные факторы. Для оценки надежности полученного результата использовали критерий надежности μ , который учитывает как величину коэффициента корреляции, так и число пар изменений ($n = 50$). При $\mu > 2,6$ связь считается статистически достоверной. Для рассматриваемого случая с критерием надежности 29,1 получена зависимость, %: $\eta_{\text{СО}} = 40,052 - 0,069 P_{\text{ПГ}} + 0,222 M_{\text{РК}} + 0,005 T_{\text{д}} - 1,707 Si_{\text{ч}} - 0,004 T_{\text{ср}}$.

Проведенный корреляционный анализ показал, что кроме параметров комбинированного дутья, которые оказывали основное влияние на степень использования восстановительной способности газового потока (в рассматриваемом периоде изменение $\eta_{\text{СО}}$ на 63,8 % определялось изменением расхода природного газа и температуры дутья), существенное влияние на изменение $\eta_{\text{СО}}$ оказывало изменение массы рудной колоши (8 %) и средней по радиусу колошника температуры газового потока над поверхностью шихтовых материалов в печи (6,4 %), которая в значительной степени обусловлена газопроницаемостью столба шихтовых материалов в доменной печи.

Литература:

1. Товаровский И.Г. Доменная плавка. Эволюция, ход процессов, проблемы и перспективы / И.Г. Товаровский. – Днепропетровск: Пороги, 2003. – 596 с.