

УДК 669.046

И.Ф. Селянин, А.В. Феоктистов, С.А. Бедарев, А.С. Николаев

Сибирский государственный индустриальный университет

РАСЧЕТНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА В ВАГРАНОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ПО КОЛИЧЕСТВУ СГОРЕВШЕГО ТОПЛИВА*

Аннотация. Приведен способ определения расхода воздуха в ваграночном процессе расчетом количества сгоревшего топлива в единицу времени с использованием экспериментальных значений скорости сгорания углерода топлива или производительности вагранки. Лабораторные и производственные испытания показали, что истинный расход воздуха всегда выше расчетного на 5,4 – 5,6 %, что объясняется утечками воздуха через регулирующие заслонки на трубопроводах к фурмам и газам при открывании металлической и шлаковой леток.

Ключевые слова: вагранка, расход воздуха, количество сгоревшего углерода, производительность, состав газов.

CALCULATION METHOD OF CUPOLA AIR CONSUMPTION ESTIMATION BY QUANTITY OF FUEL BURNED

Abstract. Presented is the method of determining air consumption in cupola process by calculating quantity of fuel burned per time unit, using experimental values of fuel carbon combustion rate or cupola capacity. Laboratory and production tests show that actual air consumption is always 5,4 – 5,6 % higher than estimated, which is due to air leaks through the control valves on the pipelines to the tuyeres, and gas leaks when opening metal and slag tap holes.

Keywords: cupola, air consumption, quantity of carbon burned, capacity, gas composition.

На вагранках с внутренним диам. до 1300 мм, как правило, на трубопроводе не устанавливают измерительную диафрагму со вторичными приборами для определения расхода воздуха. Этот параметр определяют приблизительно по нагрузочному току электродвигателя воздухоудного устройства. Но нагрузочный ток определяется количеством оборотов ротора и имеющимся между ротором и корпусом воздухоудной машины зазором, который изменяется со временем в зависимости от срока службы установки.

Количество сгоревшего топлива за любой промежуток времени рассчитывается по его расходу по отношению к металлозавалке. По известному среднему составу газа (CO , CO_2) на выходе из печи можно с использованием формулы из работы [1] определить расход топлива в единицу времени – v_t и количество подаваемого воздуха q_0 , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Для проверки полученного выражения были проведены эксперименты на установке в литейной лаборатории Сибирского государственного индустриального университета. Конструкция установки запатентована [2]. Основные элементы конструкции: вертикально установленный барабан диам. 200 мм и высотой 400 мм; нижняя колосниковая решетка, через которую подается воздух от вентилятора ВР120-28 номинальной производительностью $Q = 4,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($P = 600 \text{ мм вод. ст.}$); тара, установленная под барабаном на эксцентриковой подвеске; электронные весы для взвешивания массы топлива до и после его выго-

рания. На воздуховоде установки вмонтирована диафрагма для измерения количества подаваемого воздуха на горение топлива.

В результате ряда преобразований для параметров v_t и q_0 получены окончательные зависимости при площади сечения барабана $0,0314 \text{ м}^2$:

$$v_t = \frac{1}{0,0314} \frac{M_t}{\tau} = 31,85 \frac{M_t}{\tau}, \text{ кг}(\text{м}^2 \cdot \text{с}); \quad (1)$$

$$q_0 = 284,3 \frac{M_t}{\tau} \left(1 - \frac{A_1}{100} \right) \frac{1}{A}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с}), \quad (2)$$

где M_t – масса сгоревшего топлива на единицу площади пода печи за время τ ; коэффициент в формуле (2) получен при начальном содержании кислорода в дутье $\text{O}_2 = 20,9 \%$; A_1 – зольность топлива, %;

$$A = \frac{\text{CO}_2 + \text{CO}}{\text{CO}_2 + 0,5\text{CO}}.$$

В табл. 1 приведены значения q_0 , вычисленные по формуле (2), и расчетные значения q_0^* , полученные на измерительной диафрагме.

Следует отметить, что значения q_0^* всегда меньше q_0 на 4 – 6 %. Это, видимо, связано с тем, что при определении M_t в формуле (2) учитывалась та часть сажи, которая выносилась из установки с отходящими газами.

Значения q_0 , рассчитанные по формуле (2), проверяли в производственных условиях на предприятии ОАО «Завод Универсал» (г. Новокузнецк), в литейном цехе которого установлены две вагранки с внутренним диам. 1000 мм. Вагранки обслуживаются возду-

* Работа выполнена по заказу Министерства образования и науки РФ (№ 7.3909.2011).

Таблица 1

Расчетные и лабораторные данные по определению удельного расхода воздуха

Опыт	M_t , кг	τ , мин	A_1 , %	CO_2 , %	CO , %	A	q_0 , $m^3/(m^2 \cdot c)$	q_0^* , $m^3/(m^2 \cdot c)$
1	4,10	60	10,0	11,8	15,1	1,35	0,210	0,204
2	5,00	60	10,0	12,2	14,5	1,37	0,259	0,250
3	6,20	65	10,0	11,5	15,6	1,40	0,290	0,282
4	4,35	60	6,2	11,2	16,2	1,42	0,217	0,205
5	5,20	60	6,2	10,5	17,3	1,45	0,255	0,250
6	6,15	65	6,2	9,7	18,6	1,49	0,271	0,260

Примечание. Опыты 1 – 3 проведены с использованием литейного кокса; 4 – 6 – антрацита Краснотурского разреза.

Таблица 2

Экспериментальные и расчетные результаты производственных плавов

N , шт.	τ , мин	P_b^* , т/ч	P_b , $kg/(m^2 \cdot c)$	CO_2 , %	CO , %	A	q_0' , $m^3/ч$	q_0 , $m^3/(m^2 \cdot c)$	q_0^* , $m^3/(m^2 \cdot c)$
11	55	6,0	2,132	11,6	15,5	1,400	4825	1,707	1,80
12	57	6,3	2,229	11,2	16,1	1,420	4995	1,767	1,85
13	60	6,5	2,300	10,8	16,8	1,437	5093	1,802	1,90

Примечание. Значения q^* получены по данным измерений через диафрагму.

ходувным устройством ВМ 15/1500 с $Q = 15\,000\, m^3/ч$ ($P = 1500$ мм вод. ст.). Расход кокса с учетом пересыпок составлял в среднем $K = 14,5\%$, содержание углерода в коксе $C = 87\%$. Производительность вагранки P_b определяли по количеству отобранных 500-кг ковшей в течение фиксированного времени τ .

Расчетную производительность вагранки P_b определяли по формуле из работы [1]. После преобразований имеем

$$q_0 = 1,126 P_b / A, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с}). \quad (3)$$

В производственных условиях применяют внесистемные единицы для параметров P_b и q_0 (соответственно P_b^* , т/ч, q_0' , $m^3/ч$), после подстановки которых в уравнение (3) получаем

$$q_0' = 1,126 P_b^* / A \cdot 1000 = 1126 P_b^* / A, \text{ м}^3/ч. \quad (4)$$

Результаты опытных плавов и расчета представлены в табл. 2 (N – количество отобранных ковшей).

Производственные испытания показали, что всегда $q^* > q_0$ на 5,4 – 5,6 %, что можно объяснить утечками воздуха через регулирующие заслонки на трубопроводах к фурмам и газов при открывании металлической и шлаковой леток. На лабораторной установке таких утечек не было, поэтому всегда $q^* < q_0$.

Подчеркиваем, что параметры P_b и v_c (количество сгоревшего углерода) связаны между собой соотношением

$$P_b = v_c \frac{100}{K} \cdot \frac{100}{C} = 0,00536 q_0 O_2^0 \frac{100}{K} \cdot \frac{100}{C} A = 53,6 \frac{q_0 O_2^0}{KC} A. \quad (5)$$

С учетом того, что $K = \text{const}$ и $C = \text{const}$ для данного вида топлива, из выражения (5) следует $P_b = B v_c$, где B – коэффициент пропорциональности. Поэтому определить удельный расход воздуха q_0 , $m^3/(m^2 \cdot c)$, можно, используя экспериментальные значения v_c или P_b .

Выводы. Используя экспериментальные значения количества сгоревшего углерода или производительности вагранки, можно достаточно точно определить удельный расход воздуха в процессе плавки по предложенным формулам, которые прошли проверку в лабораторных и производственных условиях. Незначительные отклонения (5,4 – 5,6 %) экспериментальных данных от расчетных объясняются утечками воздуха через регулирующие заслонки и газов при открывании металлической и шлаковой леток.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Селянин И.Ф., Феоктистов А.В., Бедарев С.А. Теория и практика интенсификации технологического процесса в шахтных печах малого диаметра. – М.: Теплотехник, 2010. – 379 с.
2. Пат. 99616 РФ, МПК G01N33/22. Лабораторная установка для исследования прочности твердого топлива / И.Ф. Селянин, А.И. Куценко, А.В. Феоктистов, В.В. Пашков и др. Заявл. 22.03.2010, опубл. 20.11.2010.

© 2013 г. И.Ф. Селянин, А.В. Феоктистов, С.А. Бедарев, А.С. Николаев
Поступила 25 июня 2013 г.