

Н.Е.Кулага, канд.техн.наук,  
С.Н.Леках, канд.техн.наук, Ю.В.Мищенко,  
В.А.Федосов, А.Н.Ушаков

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ УЗЛА ОТБОРА ВАГРАНОЧНЫХ ГАЗОВ

Недостатком вагранок открытого типа с точки зрения очистки отходящих газов является то, что при их работе происходит подсос атмосферного воздуха через завалочное окно. Проведенные исследования показали, что за счет этого подсоса (в зависимости от размеров завалочного окна, скорости и температуры газов и разряжения в дымовой трубе) объем отходящих газов увеличивается в 2-3 раза, снижается их температура и концентрация окиси углерода. Эти обстоятельства отрицательно сказываются на стабильности и полноте дожигания окиси углерода, вызывают значительное удорожание пылегазоочистки вследствие увеличения размеров аппаратов очистки, расхода воды и электроэнергии. Поэтому разработка систем, исключающих или существенно уменьшающих подсос воздуха, имеет важное значение.

Перспективным является способ отбора газов ниже завалочного окна, исключающий аспирацию воздуха за счет аэродинамического сопротивления слоя шихты, расположенного выше узла отбора газов.

В работе приведены результаты исследований такого узла отбора и предлагается способ расчета, учитывающий технологические параметры, влияющие на стабильность его работы. Важнейшим из них является сопротивление "шихтовой пробки", которое определяется высотой слоя шихты ( $H$ ), его порозностью ( $m$ ), скоростью движения ( $V$ ) и температурой газов.

Потери напора в слое определялись на установке, позволяющей в широких пределах изменять скорость газов. Были установлены количественные зависимости между сопротивлением слоя шихты, скоростью и температурой газов и видом шихтовых материалов.

В качестве примера в табл. 1 представлены результаты аэродинамической продувки слоя реальной шихты с порозностью  $m = 0,604$ , состоящей из 16% кокса, 42% собственного возврата и 42% литейного чугуна.

Таблица 1. Влияние скорости движения газов на аэродинамические характеристики слоя ваграночной шихты

| Скорость газа, м/с | Критерий Рейнольдса | Высота слоя, м | Сопротивление слоя, мм.вод.ст. | Коэффициент сопротивления слоя |
|--------------------|---------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 6                  | $29,2 \cdot 10^3$   | 0,8            | 175                            | 5,63                           |
| 5                  | $24,2 \cdot 10^3$   | 0,8            | 138                            | 8,92                           |
| 3                  | $14,6 \cdot 10^3$   | 0,8            | 65                             | 13,2                           |

Известно [1], что между коэффициентом сопротивления шихты ( $\epsilon$ ) и числом Рейнольдса существует зависимость типа

$$\epsilon = A \cdot Re^n, \quad (1)$$

где  $A$  и  $n$  коэффициенты, определяемые из графика функции  $\epsilon = f(Re)$ , построенного по экспериментальным данным.

Таким образом, зная вид шихты и скорость газов, можно определить коэффициент сопротивления слоя шихты. Используя найденную величину, по выражению (2) находится полное сопротивление слоя шихты ( $\Delta P_{ш}$ ).

$$\Delta P_{ш} = \epsilon \frac{V^2}{2g} \gamma \frac{H}{d_{шд}}, \quad (2)$$

где  $\gamma$  - плотность газа в рабочих условиях,  $\text{кг/м}^3$ ;  $d_{шд}$  - эффективный гидравлический диаметр каналов, образованных кусками шихты, м.

Сопротивление "шихтовой пробки" оказывает решающее влияние на отношение ( $\eta$ ) количества газов, поступающих в узел отбора, к выбиваемым через "шихтовую пробку" (табл. 2).

Видно, что увеличение высоты "шихтовой пробки" способствует более полному отсосу газов в узел отбора. Однако при превышении определенного слоя шихты эффективность работы узла отбора повышается незначительно. Как показали прове-

Таблица 2. Влияние высоты "шихтовой пробки" на эффективность работы узла отбора

| Высота шихтовой пробки, м | Скорость газов в свободном сечении шахты вагранки, м <sup>3</sup> /с | Объем газов, выбиваемых через завалочное окно, м <sup>3</sup> /ч | Объем газов, поступающих в узел отбора, м <sup>3</sup> /ч | $\eta$ |
|---------------------------|--|--|---|--------|
| 0,25                      | 4,2  | 1620   | 1339  | 45     |
| 0,41                      | 4,2  | 1400   | 1586  | 53     |
| 0,73                      | 4,2  | 846  | 2143  | 72     |
| 0,89                      | 4,2  | 705  | 2274  | 76     |
| 1,05                      | 4,2  | 633  | 2332  | 78     |

денные эксперименты, для увеличения эффективности узла отбора необходимо создание в нем небольшого разряжения (3...4 мм вод.ст.), которое может быть обеспечено за счет геометрического напора трубы вагранки ( $\Delta P_{\Gamma}$ ).

Доля газов (K), выбиваемых через завалочное окно, может быть определена, исходя из условия равенства перепадов давлений в шахте вагранки, в области над шихтовой пробкой и в узле отбора

$$\Delta P_{\text{вагр}} = \Delta P_{\text{у.о}} + \Delta P_{\Gamma} \quad (4)$$

или

$$\epsilon_{\text{ш}} \frac{V^2 \cdot K^2}{m^2 \cdot 2g} \cdot \delta \frac{H}{d_{\text{шд}}} = \epsilon_{\text{у.о}} \frac{V^2 (1-K)^2}{2g} \cdot \delta + \Delta P_{\Gamma}, \quad (5)$$

где  $\epsilon_{\text{у.о}}$  - коэффициент сопротивления узла отбора, зависящий от конструкции узла отбора и определяемый экспериментально.

Таким образом, из выражения (5) можно определить долю выбиваемых газов, т.е. эффективность работы узла отбора, зная технологические параметры (высоту "шихтовой пробки", вид шихты, скорость газа и разряжение в узле отбора).

Экспериментальная проверка указанной зависимости при плавке серого чугуна на вагранке диаметром 350 мм показана

ла, что при разряжении  $P_r = 2...3$  мм вод.ст. количество выбиваемых через слой шихты газов не превышает 10...15%, что совпадает с результатами, полученными по формуле (5).

Ваграночные газы, отобранные узлом отбора, содержали 8...10%  $CO_2$ ; 0,5...1,5%  $O_2$  и 15...18%  $CO$ , тогда как при обычной схеме отбора газов выше уровня завалочного окна в их состав входит 4...6%  $CO_2$ ; 12...15%  $O_2$  и 3...5%  $CO$ . Концентрация пыли в газоходе находилась в пределах 6-8 г/м<sup>3</sup>, что в 2,5...4 раза больше, чем при работе вагранки без узла отбора.

Повышенные концентрации пыли и продуктов горения в газоходе узла отбора свидетельствуют об отсутствии подсоса атмосферного воздуха. К этому необходимо также добавить, что очистка более концентрированных аэрозолей позволяет значительно снизить абсолютное количество вредных выбросов по сравнению с разбавленными потоками.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование узлов отбора ваграночных газов ниже завалочного окна, работающих по принципу "шихтовой пробки", позволяет при минимальных капиталовложениях переоборудовать вагранки открытого типа по отношению к завалке шихты в вагранки закрытого типа для ваграночных газов. При этом сохраняются простота и надежность системы загрузки шихты и существенно сокращается (в 2-3 раза) количество отходящих газов, что дает возможность снизить затраты на их очистку и позволяет сократить абсолютное количество вредных выбросов в атмосферу.

#### Л и т е р а т у р а

1. Чаплыгин Ю.В., Еринов А.Е. Использование природного газа при плавке чугуна. Киев, 1976.

УДК 621.745.57-776

А.П.Филипович, А.М.Королева,  
В.А.Федосов

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПЫЛЕГАЗОВЫДЕЛЕНИЕ ПРИ ПЛАВКЕ ЧУГУНА В ВАГРАНКЕ

В работе исследованы характеристики пылегазовых выбросов при плавке в экспериментальной вагранке диаметром 350 мм традиционной шихты, содержащей литейный чугун, собственный возврат и стальной лом; шихты, в состав которой