



И. А. ПОТАПНЕВ, И. И. БОЛМАТЕНКОВА, ОАО «МЗОО»

КОНТРОЛЬ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВАГРАНОЧНОГО ПРОЦЕССА

Известно [1], что для сжигания определенного количества топлива необходимо расходовать строго определенное количество кислорода. При этом за исходную реакцию для расчета количества дутьевого воздуха можно принять $C + O_2 = CO_2$. Теоретически необходимое количество дутьевого воздуха для сгорания 1 кг углерода определяется по формуле:

$$V_{\text{возд}} = \frac{m_{O_2} \cdot 100}{m_c \cdot n \cdot \rho},$$

где $V_{\text{возд}}$ — объем воздуха, m^3 ; m_{O_2} — молекулярный вес кислорода; m_c — молекулярный вес углерода; n — содержание кислорода в воздухе, мас. %; ρ — плотность воздуха, kg/m^3 .

$$\text{Тогда } V_{\text{возд}} = \frac{32 \cdot 100}{12 \cdot 23,2 \cdot 1,293} = 8,89 \text{ м}^3.$$

В реальных же условиях ваграночной плавки следует внести поправки. Во-первых, углерод не сгорает полностью по приведенной выше реакции, часть его сгорает по реакции $C + 0,5O = CO$. Во-вторых, в составе кокса присутствуют коксовая мелочь (она выдувается), влага, зольность, летучие.

Кроме того, часть кислорода вступает во взаимодействие с кремнием, марганцем и железом, т. е. окисляет их. После выполнения расчетов получим, что для сжигания 1 кг углерода требуется подавать в вагранку 6,6–7,0 m^3 воздуха. Эти данные существенно отличаются от рекомендаций, имеющих в литературе [2]. Например, для вагранок производительностью 15 т/ч при расходе кокса 15% от металлозавалки рекомендуется подавать 18 тыс. $m^3/ч$ воздуха, в то время как расход не должен превышать 12 тыс. $m^3/ч$.

В настоящее время среди специалистов нет единого мнения и по способам подачи дутья непосредственно в вагранку, т. е. по количеству фурм, их расположению и относительному сечению. В данном случае необходимо исходить из того, что в зоне горения кокса химические гетерогенные реакции отличаются сложностью и многостадийностью [3] и включают в себя три стадии. Первая стадия обеспечивает перенос реа-

гирующих веществ к поверхности раздела фаз, т. е. непосредственно к реакционной зоне. Вторая стадия является собственно гетерогенной химической реакцией. В третьей стадии выполняется отвод продуктов реакции из реакционной зоны. Суммарная скорость процесса горения кокса определяется скоростью наименее медленной из перечисленных стадий реакций. К тому же горение кокса происходит не только с его поверхности, но и в объеме в результате проникновения кислорода в поры кокса. На поверхности раскаленных кусков кокса образуется пограничный слой газа, в котором уменьшается содержание кислорода и увеличивается CO и CO_2 . Этот слой при недостаточной скорости подвода окислителя (воздуха) будет сдерживать скорость горения кокса.

С другой стороны, чрезмерная скорость подвода воздуха может создать такие условия, что не только капли расплавленного шлака, но и металла при их перемещении из плавильной зоны в горн будут подхватываться восходящим потоком ваграночных газов и перемещаться в расположенные выше горизонты столба шихтовых материалов, еще не успевших прогреться. В данном случае эти капли, охлаждаясь, способны «склеивать» между собой куски шихты, создавать на их поверхности (например, кокса) обволакивающий слой, который уже в кислородной зоне будет препятствовать нормальному горению. Да и равномерность ваграночной плавки по всему сечению шахты будет нарушена, а это, как правило, ни к чему хорошему не приводит.

В процессе выполнения многочисленных экспериментов было установлено, что ваграночный процесс отличается стабильностью и экономичностью при скорости поступающего через фурмы дутьевого воздуха в пределах 30–40 м/с. В этом случае вагранка выполняется с однорядным расположением фурм и увеличенным расстоянием между ними (до 1000–1200 мм). В горизонтальном направлении (напротив фурм) воздух будет иметь максимальную скорость, обеспечивая ускоренный подвод окислителя и отвод с пограничного слоя продуктов сгорания. При этом скорость подвода 30–40 м/с обеспечивает проникновение дутьевого воздуха равномерно по всему сечению зоны горения.

Далее скорость ваграночных газов, развернувшихся в вертикальном направлении, должна уменьшиться до таких размеров, чтобы исключалось «витание» капель шлака и жидкого металла и тем более их перемещение в расположенные выше горизонты шихты. Практически установлено, что скорость восходящего потока ваграночных газов должна быть в пределах 60–65 м³/(м²·мин). В этом случае, кроме улучшения процесса плавки, уменьшается угар кремния, марганца и железа. Приведенные данные по скорости восходящего потока в 2–3 раза меньше рекомендуемых значений [4].

Таким образом, газодинамические условия ваграночной плавки имеют большое влияние на конечные результаты работы вагранок. Однако на большинстве предприятий отсутствуют приборы учета расхода количества дутьевого воздуха. В лучшем случае установлены только манометры, определяющие давление.

На ОАО «МЗОО» в настоящее время установлены принципиально новые приборы учета рас-

хода воздуха. Они включают в себя лопастную турбину, приводимую в движение дутьевым воздухом в подводящем трубопроводе, два бесконтактных датчика частоты вращения турбины, датчик температуры перед нагнетателем, микропроцессорный блок вычисления, микропроцессорный блок индексации, блок питания, линию связи.

Показания расхода дутьевого воздуха постоянно фиксируются на встроенном 3-разрядном цифровом табло. Учет количества дутья обеспечивает улучшение всех параметров ваграночной плавки.

Литература

1. Кривандин В. А., Марков Б. Л. *Металлургические печи*. М.: Металлургия, 1977. С. 170–183.
2. Ананьин А. А., Брилох М. М., Чернобровкин Б. В. *Вагранщик*. М.: Машгиз, 1961. С. 93–117.
3. Жуховицкий А. А., Шварцман А. А. *Физическая химия*. М.: Металлургия, 1976. С. 319–347.
4. Мариенбах Л. М. *Интенсификация ваграночного процесса*. М.: Машгиз, 1954. С. 119–121.