Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова, т. XXVIII, 1978 г.

СОСТАВ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И УСВОЕНИЕ ДУТЬЯ ПРИ КОНВЕРТИРОВАНИИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ ШТЕЙНОВ

Л.М.ШАЛЫГИН, В.П.САВВА,
Ю.Б.ШМОНИН, О.Я.ГАЛУШКО

Состав отходящих газов конвертерного процесса позволяет судить о степени усвоения кислорода дутья, выгорании металлического железа из штейна и прочих особенностях развития физико-химических превращений в конвертерной ванне.

В ряде работ экспериментально определены состав конвертерных газов и усвоение кислорода дутья [1-5] , но динамика изменения содержаний составляющих в газах по ходу процесса изучена недостаточно. В статье рассмотрены новые данные по динамике изменения состава газов при продувке медно-никелевых штейнов.

Состав газов по ходу продувки определялся непрерывно в период испытаний непрерывного конвертирования на горно-металлургическом комбинате "Печенганикель" [2] . Наблюдалось периодическое изменение во времени содержаний кислорода и SO_2 в газах около некоторых средних значений, связанное с колебаниями расхода дутья, толщины слоя шлака на ванне и прочими факторами. Указанное изменение может быть также истолковано как свидетельство протекания в разных условиях различных реакций окисления. Это показывает, в частности, полученная нами формула для расчета степени усвоения кислорода дутья

$$\eta_{O_2} = 100(1+a)\,\frac{21-O_2}{21+O_2(N_{SO_2}-0{,}21)}\,, \qquad (I)$$

где a – величина подсосов воздуха к конвертерным газам, в долях от расхода дутья на конвертер; O_2 – объемное содержание кислорода в газовой пробе, %; N_{SO_2} – отношение объемов SO_2 , образующихся при окислении, к объемам кислорода, вступающим в реакции окисления.

Величина N_{SO_2} зависит от типа реакции, протекающих в ванне. Например, для реакции окисления металлического железа она равна нулю, при окислении сульфида железа до закиси и до магнетита соответственно 0,667 и 0,6, при окислении сульфида меди до металла 1,0 и т.д. Таким образом, при данной степени усвоения дутья и известном подсосе в точке отбора газа по формуле (I) можно судить о характере преобладающих реакций окисления в

исследуемый период продувки. Формула (I) может быть записана также в следующем виде:

$$\eta_{O_2} = 100\,(1+a)\,\frac{100\,\frac{21-O_2}{21} - SO_2}{100 - SO_2 - O_2} \qquad (2)$$

где SO_2 – объемное содержание SO_2 в газовой пробе;%, что позволяет использовать ее для расчета η_{O_2} непосредственно по результатам газового анализа.

Закономерные колебания состава газов и усвоения дутья для обычных конвертеров периодического действия отмечены в работах [I,3] , однако методики газового анализа и обсчета результатов, примененные авторами, недостаточно корректны, что делает сомнительными приводимые ими данные. В частности, величины η_{O_2} в [I,3] не отвечают формулам (I), (2).

Состав газов и усвоение дутья определялись на медно-никелевых конвертерах Норильского горно-металлургического комбината (НГМК) емкостью 80 т. Для устранения влияния подсосов (величины a) газовые пробы впервые отбирались через торец конвертера с помощью охлаждаемой газозаборной трубки, расположенной непосредственно над расплавом. Анализ осуществлялся ручными газоанализаторами ГХП-3М.

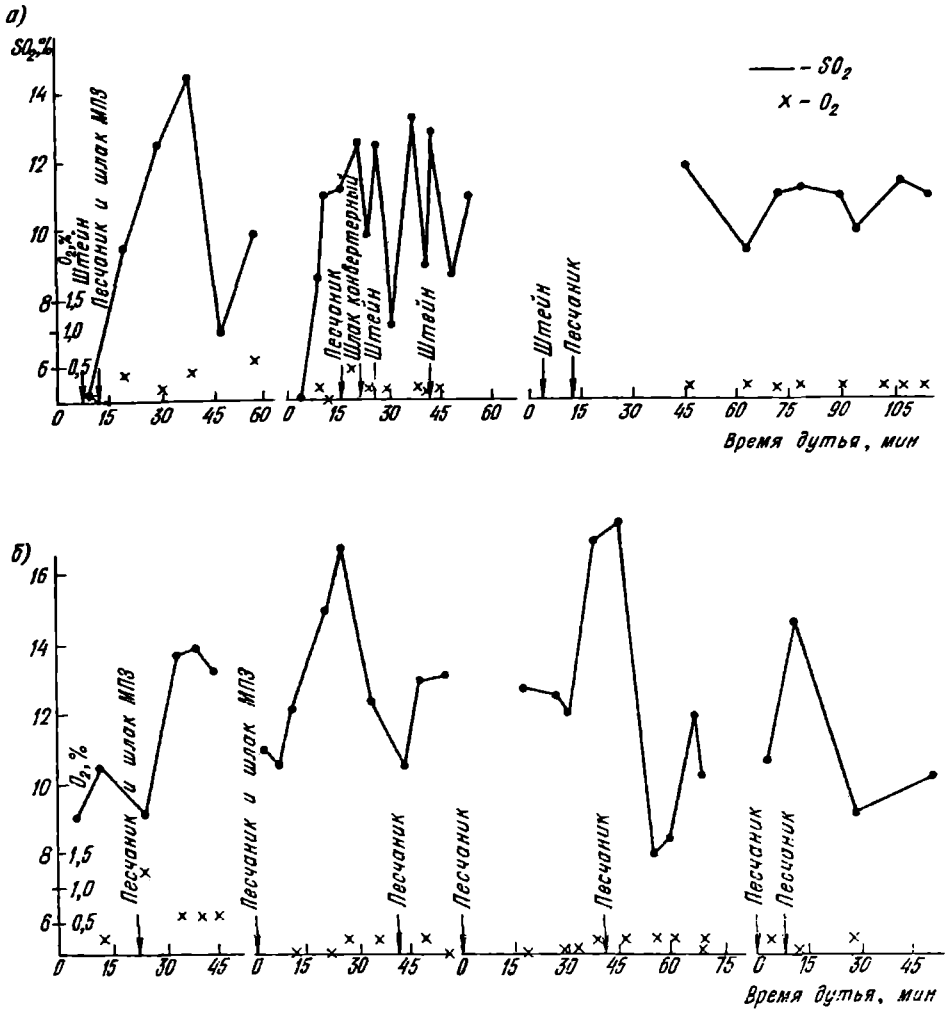
В разные периоды процесса были получены характерные диаграммы изменения состава газов (см. рисунок), на которых наблюдаются заметные колебания содержаний SO_2 и O_2 по ходу продувки. Наиболее значительны они для SO_2. Колебания содержаний O_2 основное время операции невелики (0,2–0,5%) и соответствуют η_{O_2} = 97–99%. Каких-либо взаимосвязей между η_{O_2} и условиями продувки не обнаружено.

В частности, в период определений состава газов на конвертерах НГМК испытывалась подача дутья при положительном угле наклона фурм ($+8^{\circ}$). Снижения η_{O_2} при этом не наблюдалось и одновременно отмечены увеличение удельной дутьевой нагрузки фурм на I7–20% и возрастание производительности конвертера за I мин дутья на 30–40%. Эти результаты позволили обосновать целесообразность внедрения положительного угла наклона фурм на конвертерах НГМК.

Содержания SO_2 в газах увязываются прежде всего с доливками штейна в конвертер. Штейны НГМК содержат 7–I0% металлического железа, при выгорании которого содержания SO_2 резко снижаются. Характерно, что они обычно не снижаются до нуля, т.е. при окислении металлического железа протекает, видимо, частично и окисление сульфида железа. При этом эффективные значения $0 < N_{SO_2} < 0{,}667$.

В первой половине операции (при продувке относительно бедной ванны) содержания SO_2 в среднем заметно ниже теоретических (I3,5–I4%). При продувке более богатой ванны и особенно при варке файнштейна содержания SO_2 заметно возрастают.

Впервые обнаружено, что в период варки файнштейна содержания SO_2 могут значительно превышать теоретические, достигая I6–I8% и более (см. рисунок, б). Подобные высокие содержания отмечались раньше лишь при продувке белого матта [5] и объяснялись реакцией между закисью и сульфидом меди. В данном случае такого объяснения недостаточно.



Хронокарты изменения состава газов по ходу продувки медно-никелевых штейнов: а – в середине операции; б – при варке файнштейна
Стрелками отмечены моменты загрузки материалов; шлак МПЗ – свернутый никелевый шлак

Анализ хронокарт операции показал, что появление пиков SO_2, непосредственно следует за моментами загрузки в ванну шлака МПЗ или песчаника, который содержит заметные количества механической примеси шлака МПЗ, естественно поэтому увязать повышение выделения SO_2 с особыми свойствами шлаков МПЗ.

Шлак МПЗ содержит 15–16% Ni , 30–34% Cu , 24–27% Fe , 9–10% SiO_2 , 2–3,5% S . Основные фазовые составляющие этого шлака следующие: ферриты никеля и меди, видоизмененный магнетит, куприт Cu_2O , металлическая медь, стекло (свободная двуокись кремния).

Расчетный анализ реакций, возможных в конвертерной ванне после загрузки шлака МПЗ, показал, что наиболее вероятны следующие реакции:

$$Fe_3O_4 + MeS + SiO_2 \rightarrow 2(FeO, MeO)SiO_2 + SO_2 ;$$

$$Cu_2O + Cu_2S \rightarrow Cu + SO_2 ,$$

где Fe_3O_4 и MeS – соответственно любые ферриты и сульфиды.

Указанные реакции дают дополнительные количества SO_2, обеспечивая кратковременное (5–10 мин на диаграмме б) повышение содержаний его до 15,7–20%. Одновременно они способствуют усвоению ванной шлака МПЗ.

Литература

1. Воробьев В.А., Зайцев В.Я., Золкина М.М. и др. – Цветные металлы, 1988, № 6, с. 31–33.

2. Диомидовский Д.А., Гальнбек А.А. Зап. ЛГИ, 1975, т.55, вып. 3, с. 94–107.

3. Захаров Б.Н., Воробьев В.А. Шахтная плавка окисленных никелевых руд и конвертирование никелевых штейнов. М., Металлургия, 1974.

4. Миллер О.Г., Шуваев В.Т. – Цветные металлы, 1969, № 10, с. 28–30.

5. Шалыгин Л.М. Конвертерный передел в цветной металлургии. М., Металлургия, 1985.