

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПЕРЕХОДА СЕРЫ В ГАЗОВУЮ ФАЗУ ПРИ КИСЛОРОДНОЙ ПРОДУВКЕ

Резникова-Сербененко Ю. В. (МЧМ-11вм)\*  
Донецкий национальный технический университет

Одной из особенностей метода сульфидного рафинирования железоуглеродистых расплавов от растворенной меди является высокое остаточное содержание серы в металле после его обработки серосодержащими материалами. При этом содержание серы в высокоуглеродистом расплаве может достигать 0,5% и более, что в несколько раз превышает значения, достигаемые при производстве чугуна и стали по традиционным технологиям.

Задача дефосфорации такого металла до содержаний серы, приемлемых для современных сталеплавильных технологий связана с необходимостью разработки эффективной технологии рафинирования. Поскольку для снижения концентрации серы в металле в десять раз и более потребуется повышенный расход материалов, энергоресурсов и времени. Так расход шлака на рафинирование одной тонны металла можно оценить из выражения:

$$m_{\text{шл}} = \frac{100 \cdot ([\%S]_{\text{нач}} - [\%S]_{\text{кон}})}{L_S \cdot [\%S]_{\text{кон}}} \quad (1)$$

где  $[\%S]_{\text{нач}}$ ,  $[\%S]_{\text{кон}}$  – начальное и конечное содержание серы в металле, %;  $L_S$  – коэффициент распределения серы между металлом и шлаком.

В связи с этим представляет интерес изучить возможность удаления серы в газовую фазу из высокосернистого высокоуглеродистого расплава в ходе его кислородной продувки. Переход серы из металла в газовую фазу с образованием  $\text{SO}_2$  наблюдается при окислительном рафинировании расплавов. Однако практического применения десульфурация с переводом серы в газовую фазу в металлургической практике не имеет.

Парциальное давление паров серы в равновесии с ее раствором в расплавленном железе можно определить из уравнения:

$$\lg K_S = \lg \left( \frac{f_S [\%S]}{\sqrt{p_{S_2}}} \right) = \frac{3760}{t} + 0.535 \quad (2)$$

Расчеты по формуле (2) показывают, что для условий сталеплавильных процессов давления паров серы измеряются сотнями паскалей. Однако, образование в газовой фазе оксидов серы увеличивает равновесное содержание серы в газовой фазе.

---

\* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ЭМ Костецкий Ю.В.

Следует также принимать во внимание, сера является поверхностно активным элементом и, следовательно, ее поверхностная концентрация существенно отличается от объемной концентрации. По расчетам С. И. Попеля концентрация серы в поверхностном слое на три порядка превосходит объемную при ее содержании в металле в пределах 0,04-0,07%. Поэтому рассматривая процесс перехода серы в газовую фазу в кинетическое уравнение нужно подставлять поверхностную концентрацию, которую вычислить по формуле:

$$x'_S = x_S + A\Gamma_S. \quad (3)$$

где  $x'_S$  и  $x_S$  - мольные доли серы в поверхностном слое и в объеме расплава;  $\Gamma_S$  - адсорбция;  $A$  – площадь поверхности,  $m^2$ .

Для разбавленного раствора :

$$x_S = \frac{[\%S]M_{Fe}}{100M_S} \quad (4)$$

Тогда поверхностная концентрация серы равна:

$$[S]_{нов} = [S]_{об} + 100A\Gamma_S \frac{M_S}{M_{Fe}} \quad (5)$$

И, соответственно, кинетическое уравнение окисления серы кислородом газовой фазы с парциальным давлением  $p_{O_2}$  будет иметь вид:

$$-\frac{d[S]}{d\tau} = Kp_{O_2}[S]_{нов} = Kp_{O_2} \left( [S]_{об} + 100A\Gamma_S \frac{M_S}{M_{Fe}} \right) \quad (6)$$

После интегрирования уравнения (6) можно получить формулу для расчета скорости изменения концентрации серы. Можно предположить, что при высоких концентрациях серы в расплаве она будет постоянной. Однако для строгого решения данной задачи необходимо еще учесть влияние кислорода, также являющегося поверхностно активным элементом, на концентрацию серы на границе раздела фаз.

Лабораторные эксперименты, в ходе которых изучали окисление серы, растворенной в жидком железе, с ее переходом в газовую фазу, показали, что для достижения положительного результата необходимо поддерживать высокое парциальное давление кислорода в газовой фазе. Продувка расплава воздухом в течении 15 минут не привела к изменению концентрации растворенной серы из чего следует, что для обеспечения высокого парциального давления кислорода в газовой фазе продувать нужно чистым кислородом.