

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА КИНЕТИКУ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ СТАЛИ

Когтев С.А. (МЧМ-10вм)*

Донецкий национальный технический университет

Современное производство стали ответственного назначения требует высокой чистоты металла по содержанию вредных примесей, в частности серы ($< 0,001 - 0,003\%$). В настоящее время особо низкое содержание серы в металле чаще всего достигается путем десульфурации на агрегате печь – ковш (АПК).

Высокая степень десульфурации стали на АПК достигается только в условиях интенсивного перемешивания металла и шлака аргоном. Аргон при продувке не растворяется, поэтому в объеме жидкой стали образуется большое количество пузырей, которые интенсивно перемешивают металл и выносят на его поверхность неметаллические включения. Перемешивание аргоном интенсифицирует массоперенос серы из металла в шлак.

Приведено уравнение кинетики десульфурации для момента времени t :

$$\frac{d[\%S]_t}{dt} = -K_s \frac{A}{V} * ([\%S]_t - \frac{(\%S)_t}{L_s}) \quad (1)$$

где K_s – коэффициент, характеризующий условия перемешивания, $m^3 \cdot c^{-1}$; A – площадь реакционной зоны на уровне поверхности раздела металл-шлак, m^2 ; V – объем стали, m^3 ; $[\%S]_t$ и $(\%S)_t$ – концентрации серы в металле и шлаке в момент t ; L_s – коэффициент распределения серы между металлом и шлаком.

Вид уравнения отражает ограничение скорости, обусловленное главным образом переносом серы в жидкой металлической фазе, и остаётся несправедливым для всей обычной области низких концентраций серы в металле ($[S] < 0,05\%$); для жидких шлаков, для одинакового во всём объёме металла значения $[S]$. Таким образом, необходимо, чтобы длительность гомогенизации была меньше скорости массопереноса к поверхности раздела.

Для установок различных размеров и объёмов жидких фаз получено удовлетворительное описание реакций металл-шлак при десульфурации в ковшах с перемешиванием инертным газом, выражающее K_s в следующем виде:

$$K_s = \beta * (D_s * \frac{Q}{A})^{1/2} \quad (2)$$

где D_s – коэффициент диффузии серы, $m^2 \cdot c^{-1}$; Q – реальный объёмный расход газа, $m^3 \cdot c^{-1}$; β – коэффициент, определённый экспериментально и позволяющий учесть совокупность результатов.

Энергия перемешивания может быть оценена по уравнению:

$$E = \frac{U \cdot R \cdot T}{1467} * \ln \frac{P_a}{P} * (1 - \frac{289}{T}) \quad (3)$$

*Руководитель - к.т.н., доцент кафедры ЭМСиФ Костецкий Ю. В.

где E – энергия, В; U – скорость потока, н.л/мин.; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(кг*К); P_a – атмосферное давление в ковше или камере, Па; P – давление на поверхности раздела металл-шлак, Па; T – абсолютная температура.

Энергия перемешивания, как это следует из уравнения (3), пропорциональна скорости газового потока. На рисунке показано влияние удельного газового перемешивания или скорости газового потока на кинетический коэффициент десульфурации приведено для гипотетического ковша — печи емкостью 220т с диаметром 3,8 м. Заштрихованная площадь, определенная для ковша-печи емкостью 60 т, установки ВAD емкостью 50 т, ковшей емкостью 150 и 250 т.

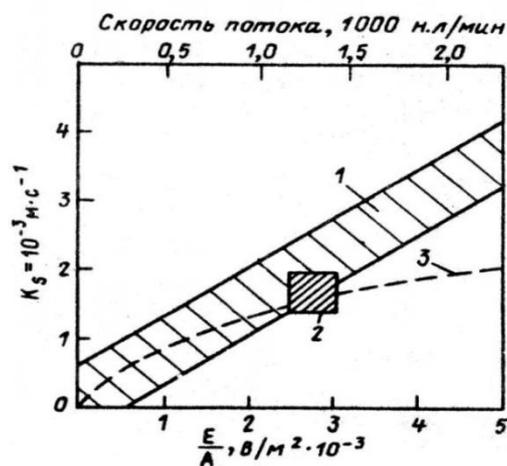


Рисунок – Зависимость кинетического коэффициента десульфурации при перемешивании в ковшах от энергии перемешивания и скорости газового потока.

На рисунке приведены также данные рафинирования стали аргоном в электропечи с рафинированием газом. Эти результаты показывают, что кинетический коэффициент десульфурации является функцией удельной энергии перемешивания поверхности. Не отмечено зависимости его значения от размера ковша или массы плавки. Индукционное перемешивание не обеспечивает такой энергии перемешивания как газовое, для нормальных эксплуатационных условий. Для типичных энергий перемешивания, обусловленных индукционным перемешиванием, значения K_s составляют $1 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ - $3 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. При таком низком значении кинетического коэффициента интенсивность перемешивания будет недостаточна для высоких скоростей десульфурации. Промышленные исследования указывают на необходимость применения газового перемешивания дополнительно к индукционному для получения удовлетворительных скоростей десульфурации.