

S. V. Voichenko¹, Б. М.Бойченко², Е.В. Синегин²

¹Thyssen Krupp Presta Tec Center, AG Eschen (Germany)

²Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ РАСТВОРЕНИЯ ЧАСТИЦ ИЗВЕСТИ И ПЕРИКЛАЗА В ОСНОВНЫХ ШЛАКАХ

Основные шлаки, сформированные в промежуточном ковше (промковше) машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), способны удалять из стали водород. Для успешной корректировки их состава необходимы знания лимитирующих стадий как процессов растворения твёрдых материалов, вносящих в шлак основные оксиды, так и процессов износа торкрет-слоя футеровки, состоящего, главным образом, из MgO.

Общая динамика процессов растворения твёрдых тел в расплавах определяется соотношением скоростных возможностей звеньев внешнего и внутреннего массообменов. Общим характером отличается и зависимость скорости рассматриваемых процессов от скорости движения жидкости относительно поверхности твёрдой фазы: при скорости движения выше некоторой критической величины ($U_{кр}$) интенсивность растворения не зависит от скорости движения жидкой фазы в связи со сменой лимитирующего звена (переход в область торможения внутренним массообменом).

Поэтапно опишем каждый из видов массообмена. На основании микрорентгеноспектральных исследований авторов на рис. дана общая схема массообменных процессов при растворении твёрдых пористых частиц, каковыми являются материалы, содержащие основные оксиды.

Для случаев растворения в шлаковом расплаве частиц твёрдых материалов, увлекаемых циркуляционными потоками, получаем:

$$U_{кр} = 0,17 \frac{n_{R,A} \cdot m_P \cdot C_{R,1} \cdot A \cdot \sigma \cdot \cos \theta \cdot d_{эф} \cdot d^{1/2}}{l \cdot v^{5/6} \cdot \rho_{жс}^{1/3} \cdot \Delta C \cdot D^{2/3} \cdot d \cdot \Delta \rho^{2/3}}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

Для случаев прямого обтекания жидкими фазами неподвижных твёрдых материалов:

$$\sqrt{U_{кр}} = 0,16 \frac{n_{R,A} \cdot m_p \cdot C_{R,1} \cdot A \cdot \sigma \cdot \cos \theta \cdot d_{эф} \cdot d^{1/2}}{l \cdot \nu^{5/6} \cdot \rho_{ж} \cdot \Delta C \cdot D^{2/3}}, \text{ м/с.} \quad (2)$$

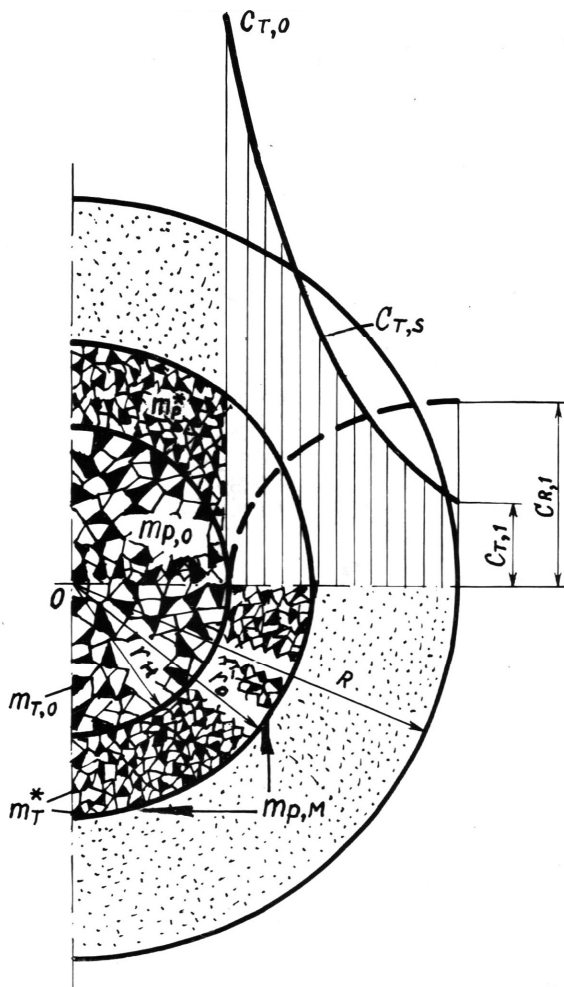


Рис. Схема массообменных процессов при растворении в жидкой фазе твёрдой сферической частицы с развитой пористостью: r_n – радиус неизменной зоны; m_T – доля объёма, занятая растворяющимся твёрдым веществом; $m_{p,0}$ – объёмная доля пор, могущих быть заполненными жидкостью; m_p^* – объёмная доля пор, заполненных растворителем; $m_{p,m}$ – пористость максимальная в конце растворения; C_T , C_R – концентрация в жидкости соответственно растворяющегося вещества и растворителя, кг/м³; индексы “O”, “S” и “I” означают принадлежность состояниям: исходному, насыщения и вне частицы.

В уравнениях (1,2):

$n_{R,A}$ – масса растворителя R, расходуемая на единицу массы твёрдого тела; A – коэффициент, учитывающий особенности взаимодействия в паре; σ – поверхностное натяжение проникающей жидкости, Дж/м²; θ – угол смачивания твёрдого тела проникающей жидкостью, град; $d_{эф}$ – эффективный (осреднённый) диаметр поры, м; d – характерный размер твёрдого тела, м; $l = r_o - r_n$ – глубина пропитки, кг/м³; ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³; $\Delta C = C_{T,D} - C_{T,1}$ – градиент концентрации растворяющегося вещества; D – коэффициент его молекулярной диффузии в жидкости, м²/с; $\Delta \rho$ – разность плотности твёрдого тела и жидкости, кг/м³.