

Показано, что при выплавке низкокремнистых марок стали с внепечной обработкой, но без использования агрегата печь-ковш рациональные пределы изменения массовой доли оксида магния в ковшевом шлаке не менее 6% масс.

УДК 669.18

Е.А. Чичкарев¹, Н.Н. Сидун¹, Н.В. Назаренко², О.Б. Исаев³, Ву Каймин³

¹ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

²ГВУЗ «Мариупольский государственный университет», г. Мариуполь

³Уханьский университет науки и технологии, г. Ухань, КНР

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ ОТ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ПРОДУВКЕ РАСПЛАВА ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОМ И ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ

В данной работе представлены теоретические и практические результаты, описывающие рациональные условия удаления из жидкой стали оксидных неметаллических включений.

Количественные оценки кинетики коагуляции и удаления неметаллических включений (НВ) показали, что основным ее механизмом является коагуляция в турбулентном потоке. По мнению японских исследователей, оптимальную эффективность флотации НВ обеспечивают пузырьки диам. 0,5–2 мм. В соответствии с результатами их расчетов, эффективность флотации зависит от размеров НВ (мелкие НВ удаляются с трудом) и размеров пузырьков газа (мелкие пузырьки газа обеспечивают более высокую скорость удаления НВ).

Для оценки доли НВ, удаляемых на различных стадиях металлургического передела, и анализа изменения распределения по размерам НВ, остающихся в металле, разработана математическая модель процессов рафинирования в сталеразливочном ковше и промежуточном ковше МНЛЗ (ПК).

Результаты расчета кинетики флотации НВ различного диаметра в условиях продувки (без учета коагуляции) в сталеразливочном ковше показали, что в сталеразливочном ковше за счет механизма флотации эффективно удаляются лишь достаточно крупные включения, поэтому для достижения полного удаления неметаллических включений необходимо обеспечить по меньшей мере двустадийный режим перемешивания:

- на первой стадии необходима высокая интенсивность перемешивания, которая обеспечивает коагуляцию мелких неметаллических включений;
- на второй стадии необходима относительно низкая интенсивность перемешивания, которая обеспечивает слабую рециркуляцию металла и удаление образовавшихся первоначально укрупнённых неметаллических включений.

Для эффективного рафинирования металла в объеме промежуточного ковша (ПК) МНЛЗ используется целый ряд конструктивных особенностей и внутренних устройств: перфорированные или фильтрационные перегородки и/или пороги, система «турбостоп», устройства для продувки нейтральными газами, гасители турбулентности и т.п. Широкие возможности удаления неметаллических включений в ПК обеспечивает продувка инертным газом в пузырьковом режиме. С учетом стационарности потока металла через ПК остаточная концентрация НВ в металле на выходе барботажной зоны ПК рассчитывалось по уравнению:

$$\frac{c_1}{c_0} = \frac{1}{1 + k_F \theta}, \quad (1)$$

где c_0, c_1 - концентрация НВ в металле перед и на выходе из барботажной зоны ПК; $\theta = V_b / R$ - среднее время пребывания металла в барботажной зоне; V_b – объем барботажной зоны; R – объемная скорость разливки в расчёте на 1 секцию ПК, м³/с. Снижение концентрации НВ возможно за счёт увеличения времени пребывания (т.е. фактически увеличения объема барботажной зоны) и за счет увеличения константы скорости k_F , что достижимо за счёт уменьшения среднего диаметра пузырьков и дисперсии распределения их распределения по размерам.

В результате промышленного эксперимента установлено, что применение технологии продувки стали аргоном в ПК позволило снизить диапазон общего индекса загрязненности, рассчитанного по ГОСТ 1778 (метод «Л») с $(0,80...1,65) \times 10^{-3}$ до $(0,50...1,20) \times 10^{-3}$. Наибольшее снижение загрязненности достигнуто по количеству оксидов – на 40...60%, по сульфидам снижение составило 15...40%, что вполне соответствует результатам расчета.