

Е. А. Чичкарев, В. А. Алексеева

ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОАГУЛЯЦИИ И УДАЛЕНИЯ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ПРОДУВКЕ РАСПЛАВА ИНЕРТНЫМ
ГАЗОМ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ МНЛЗ**

Перемешивание расплава в ковше оказывает большое влияние на укрупнение и удаление включений, обеспечивая укрупнение включений и их перенос к поверхности раздела металл-шлак. Неметаллические частицы, плохо смачиваемые расплавом, могут захватываться поверхностью пузырьков газа и вместе с ними всплывать на свободную поверхность. Эффективность флотации зависит от размеров НВ (мелкие НВ удаляются с трудом) и размеров пузырьков газа (мелкие пузырьки газа обеспечивают более высокую скорость удаления НВ).

В данной работе представлены результаты исследования процессов всплывания и флотации неметаллических включений внутри секционированного промежуточного ковша двухручьевого слябовой МНЛЗ. Рассмотрено влияние различных факторов (наличия и поперечного сечения отверстий в перегородках, интенсивности продувки инертным газом, площади барботажа).

Исследование проведено с использованием разработанной математической модели процессов флотации и всплывания НВ. Особенностью предложенной модели является представление промежуточного ковша в виде комбинации ячеек идеального смешения, идеального вытеснения и барботажной зоны (при использовании продувки инертным газом).

Промежуточный ковш слябовой МНЛЗ рассматривался как комбинация ячеек идеального смешения и вытеснения. Расчетным путем установлено, что на выходе ячейки идеального смешения остается сравнительно большая доля крупных неметаллических включений, чем на выходе ячейки идеального вытеснения. Между тем, небольшие мелкие неметаллические включения со средним диаметром менее 40 микрон плохо удаляются в обоих случаях.

В результате экспериментов на гидравлической модели ПК по импульсному вводу раствора соляной кислоты с кондуктометрической регистрацией ее концентрации установлено, что для разливочной секции ПК с перфорированной перегородкой среднее значение числа Пекле $Pe = (wL_{PC})/D_E = 3,6$, а для ПК без

перегородок $Pe = (wL_{ПК})/D_E = 8,5$ (L_{PC} – длина разливочной секции, $L_{ПК}$ – длина проковша). По средним значениям чисел Пекле нетрудно определить и значения эффективного коэффициента диффузии D_E (можно принять $D_x=D_y=D_E$).

Эффективность удаления неметаллических включений в разливочном устройстве с их переносом турбулентным потоком по результатам расчетов оказалась ниже, чем для идеализированных случаев. Для идеализированной ячеечной модели промежуточного ковша установлено, что меньше объем зоны идеального смещения и/или чем выше объем зоны идеального вытеснения, тем ниже концентрация неметаллических включений в металле на выходе промежуточного ковша.

Важным механизмом удаления НВ различных фракций является их флотация пузырьками инертного газа (или паров при обработке щелочноземельными элементами). С учетом стационарности потока металла через ПК для расчета остаточной концентрации НВ в металле на выходе барботажной зоны ПК получена следующая формула:

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

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 за счёт уменьшения среднего диаметра пузырьков и дисперсии распределения их распределения по размерам.

По результатам расчетов установлено, что флотация неметаллических включений значительно увеличивает скорость удаления мелких частиц диаметром 20-40 мкм, которые практически не удаляются в промежуточном ковше без продувки, только с устройствами управления потоками. Для удаления мелких неметаллических включений необходимо образование мелких пузырьков газа, которые эффективны при флотации мелких и средних включений.

Представленные результаты расчетов вполне согласуются с результатами экспериментов, проведенных в промышленных масштабах.