и дутьевые устройства для их осуществления. Так, предложенная конструкция многосопловой фурмы донного дутья позволяет существенно сократить количество участков в футеровке днища, подверженных высокотемпературному воздействию образующихся реакционных эон, и тем самым повысить его стойкость. При определенном расположении в днище фурм этой конструкции удается реализовать разработанный способ донной продувки с вдуванием в ванну в нужные периоды операции сходящихся топливно-кислородных струй, что способствует регулированию окисленности шлака, а, следовательно, ускорению шлакообразования и использования в большей степени кусковой извести, взамен порошкообразной.

Разработан и опробован новый способ комбинированной продувки со встречным взаимодействием кислородных струй в объеме ванны. При этом способе создаются благоприятные условия для развития дожигания окиси углерода непосредственно в реакционной зоне и, тем самым, достигается более эффективная передача тепла ванне без высокотемпературного воздействия факела догорающей окиси углерода на футеровку агрегата. Это позволяет при значительно уменьшенном количестве сопел в днище конвертора и в фурме верхнего дутья обеспечить надлежащий ход рафинирования при одновременном повышении доли лома в металлозавалке и стойкости футеровки.

131. Варенцов А.А.
К ВОПРОСУ О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПРОЦЕССОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РАСПЛАВА

1. Дано термодинамическое определение работы перемешивания, позволяющее с единых позиций подойти к анализу различных процессов

$$L_{\text{пер}} = \sum_i L_i - \sum_j \Delta U_{\text{п},j} \geq 0,$$

где $\sum_i L_i$ - сумма всех работ, совершаемых над системой "Ванна"; $\sum_j \Delta U_{\text{п},j}$ - сумма изменений всех видов потенциальных энергий системы "Ванна". Здесь знак работы принят положительный, если работа совершается над системой.

2. Рассмотрено взаимодействие термодинамических систем "Ванна", "Пузырек", "Струя", "Атмосфера" в процессах: а) расширения и сжатия газового пузырька; б) всплывания газовых пузырьков; в) механического воздействия газовой струи, разбивающейся о расплав.

3. Показано, что в равновесных процессах работа перемешивания равна нулю, а работа, совершаемая над системой, эквивалентна изменению потенциальной энергии системы ($\sum_i L_i = \sum_j \Delta U_{\text{п},j}$). В неравновесных процессах небаланс внешней работы и изменения

потенциальной энергии соответствует необратимым затратам энергии на перемешивание. В связи с этим указано на ошибочность известного метода оценки затрат энергии на перемешивание при изменении объема пузырька газа.

4. В предположении неравновесности, указанных в п.2 процессов, получены общие соотношения для оценки соответствующих работ перемешивания:

$$L_{а} = \int_{V_1}^{V_2} \Delta P \cdot dV \geq 0; \qquad L_{б} = -\int_{P_1}^{P_2} V \cdot dP \geq 0;$$

$$N_{в} = \int_{S_к} \mathcal{W}_{ц} \cdot \tau \cdot dS + \int_{S_к} \mathcal{W}_{п} \cdot \Delta P_{к} \cdot dS \geq 0,$$

где V, P - объем пузырька и давление газа в нем; $\Delta P, \Delta P_{к}$ - отличие давлений в пузырьке и в газовой полости кратера от гидростатического; $S_{к}$ - площадь поверхности кратера; $\mathcal{W}_{ц}, \mathcal{W}_{п}$ - циркуляционная и пульсационная скорости перемещения поверхности кратера; τ - касательные напряжения на поверхности кратера.

5. Получено, что затраты энергии на перемешивание пропорциональны степени внешней неравновесности соответствующего процесса, т.е. степени нарушения статического равновесия сил, приложенных к границе раздела взаимодействующих систем. Однако, интенсивность движения расплава (удельная кинетическая энергия движения) не определяется однозначно только внешними затратами энергии. Это особенно ощутимо при сравнении эффективности различных способов перемешивания. Например, при равномерном барботаже ванны (мелкомасштабное движение), для обеспечения такой же интенсивности движения расплава, как при струйной продувке (крупномасштабное циркуляционное движение), затраты энергии должны быть больше на 2-4 порядка вследствие повышенной диссипации.

132. Никулин А.И., Жданович К.К., Фофанов В.Н. МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛА ВАКУУМОМ И ПРОДУВКЕ АРГОНОМ В ОСНОВНОМ КОВШЕ

В промышленных условиях изучено влияние вакуума на протекание массообменных процессов при продувке стали ШХ15 аргоном в основном ковше. В работе приведены результаты исследований температурного режима и изменения химического состава металла, стойкости огнеупоров, расхода аргона и качества стали.

Установлено, что тепловые потери металла в вакууме несколько выше по сравнению с продувкой аргоном на воздухе и составляют 5-6 °С/мин. Определены пути снижения тепловых потерь. Расход аргона