



Рис. 1 – Залежність вмісту фосфору (а) та сірки (б) в металі на випуску з конвертера від питомої витрати ФПМ та вмісту [Si] у чавуні

Присадку ФПМ у початковий період конвертерної плавки доцільно проводити розосереджено, у два-три прийоми, з врахуванням початкового вмісту кремнію у чавуні та типу вапна з метою попередження надмірного підвищення в'язкості шлаку та погіршення показників десульфурзації та дефосфорації розплаву (рис. 1).

УДК 669.14.018.8

Б. М. Бойченко¹, Е. В. Синегин¹, Л. С. Молчанов¹, S. Voichenko², Л. Г. Агаян¹

1 – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр

2 – Jansen AG. Steel Tubes, Switzerland

ОБ УДАЛЕНИИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ИЗ ЖИДКОЙ СТАЛИ В ПРОМКОВШЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Гидродинамику металла изучили на прозрачной модели промковша ёмкостью 32 т по методике, описанной в работе [1]. Рассмотрели возможности очищения жидкой стали от оксидов с помощью распространённой на практике перегородки с тремя рядами фильтрационных отверстий, устанавливаемой между приёмной и разливочной секциями ковша.

Остаточное содержание неметаллических включений в приёмной секции можно найти, рассматривая её как ячейку идеального смешения. Для стационарного состояния на основании расчёта материального баланса приёмной секции получено [2,

3] уравнение, определяющее остаточное содержание неметаллических включений на выходе из неё:

$$\frac{\varphi_{вых}}{\varphi_{вх}} = \frac{1}{1 + \frac{W \cdot \rho \cdot S}{R}}, \quad (1)$$

где $\varphi_{вых}$ – объёмная доля неметаллических включений на выходе; $\varphi_{вх}$ – объёмная доля неметаллических включений на входе; W – скорость всплывания неметаллических включений, м/с; ρ – плотность стали, кг/м³; S – площадь поперечного сечения вблизи раздела металл-шлак, м²; R – массовая скорость разливки, кг/с.

Разливочную секцию можно приближённо рассматривать как аппарат идеального вытеснения вследствие гораздо меньшего развития турбулентности, чем в приёмной секции. На основании анализа материального баланса разливочной секции для стационарных условий получено уравнение, позволяющее проследить изменение содержания неметаллических включений по длине секции и на выходе из промковша:

$$\frac{\varphi_{вых}}{\varphi_{вх}} = e^{-\frac{W}{V_{мет}} \cdot \frac{x}{y}}, \quad (2)$$

где $V_{мет}$ – скорость потока металла (в пересчёте на натуру), м/с; x – длина зоны идеального вытеснения, м; y – высота поперечного сечения прямого потока, м.

При анализе результатов гидравлического моделирования можно учитывать, что расход жидкого металла через область прямого течения больше массовой скорости разливки, т.е. кратность рециркуляции довольно велика. Поэтому реальная степень рафинирования может быть выше, чем рассчитываемая на основе простейшей модели идеального вытеснения. Относительное остаточное содержание неметаллических включений для разливочной секции промковша с учётом рециркуляции рассчитывается по уравнению:

$$\frac{\varphi_{вых}}{\varphi_{вх}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{E} - 1\right) \frac{\rho \cdot V_{мет} \cdot b \cdot y}{R} + 1}, \quad (3)$$

где b – средняя ширина промковша в области прямого потока,

$$E = e^{-\frac{W}{V_{мет}} \cdot \frac{x}{y}}.$$

При значительно развитии рециркуляции степень рафинирования заметно увеличивается. Например, при $y=0,64$ м, $x=1,4$ м, $b=0,8$ м, $v=0,04$ м/с, $R=50$ кг/с, $W=0,001$ м/с остаточное содержание неметаллических включений составляет 94,7% от исходного содержания.

Снижение загрязнённости металла оксидными неметаллическими включениями, оцениваемое по снижению общего содержания кислорода, лежит в пределах $0,003/0,0053-0,036/0,0042=0,57-0,86$ от исходного (в стальковше), что вполне согласуется с расчётом остаточного содержания неметаллических включений (с учётом рафинирования в приёмной секции, для которой $\varphi_{вых}/\varphi_{вх} = 0,88$).

Таким образом, рациональное распределение затопленных струй и методов управления процессами вихреобразования с помощью фильтрационных перегородок в разливочных камерах промежуточного ковша по праву является основным средством воздействия на удаление неметаллических включений.

Но к его недостаткам следует отнести высокие материальные и энергетические затраты на изготовление дополнительных конструктивных элементов, их сравнительную недолговечность и возможность загрязнения разливаемой стали экзогенными неметаллическими включениями. Установлено, что более дешёвой и менее загрязняющей металл технологией является организация гидродинамики металла нейтральным газом, подаваемым в определённых точках рабочего пространства промковша.

Список литературы

1. *Бойченко С.Б.* Исследование не модели поведения шлака при продувке стали в промежуточном ковше МНЛЗ аргоном для удаления водорода // III Международная научно-практическая конференция «Металлургия 2014», 27-29 мая 2014 г., Запорожье. – С. 292-293.

2. *Мызникова Б.И.* Свободная конвекция в расплавленных металлах при кристаллизации / Б.И. Мызникова, Е.Л. Тарунин // В кн. «Математические методы в исследовании процессов специальной электрометаллургии». – К., 1976. – С. 129.

3. *Огурцов А.П.* Тепломассообменные процессы финишных операций обработки стали на МНЛЗ / А.П. Огурцов, Ф.В. Недопекин, А.В. Гресс, И.А. Павлюченков // Днепродзержинск. – Изд. ДГТУ. – 2007. – 301 с.