

Д. т. н. К. Н. Вдовин, Василий В. Точилкин, д. т. н. Виктор В. Точилкин (✉)

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

УДК 666.76:[621.746.329.047:669.18.046.518

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СТАЛРАЗЛИВОЧНЫЙ КОВШ – ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОВШ СОРТОВОЙ МНЛЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОГНЕУПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЕМНОЙ КАМЕРЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША

Представлены анализ работы системы сталеразливочный ковш – промежуточный ковш (ПК) сортовой МНЛЗ, а также вопросы организации движения потоков стали в приемной камере ПК. Показано существенное влияние новых компоновок огнеупорных конструкций на параметры потока металла в приемной камере ПК. Совершенствование оборудования приемной камеры обеспечивает эффективное формирование потоков металла в камере и безаварийную работу МНЛЗ.

Ключевые слова: МНЛЗ, промежуточный ковш (ПК), неметаллические включения (НВ), математическое моделирование, потоки металла, огнеупорные конструкции.

Система сталеразливочный ковш – промежуточный ковш (ПК) сортовых МНЛЗ обеспечивает прохождение, рафинирование и дозирование жидкой стали в кристаллизатор [1, 2]. Совершенствование элементов приемной камеры ПК влияет на безаварийную работу и повышение качества стали, разливаемой на МНЛЗ [3, 4]. На рис. 1 показана компоновка оборудования приемной камеры 5-ручьевого ПК сортовой МНЛЗ. Анализ существующей компоновки огнеупорных конструкций ПК показал следующее:

- приемная камера ПК образована огнеупорным блоком в виде дна и рядом стоящими порогами (в сторону разливочной камеры ковша);
- разливочные камеры формируются порогами.

В металле, поступающем в ПК, содержатся неметаллические включения (НВ), которые с течением времени всплывают [4, 5]. Для удаления крупных НВ (>20 мкм) используют металлоприемники, перегородки и пороги специальной конструкции [2, 6]. При номинальном уровне металла в ПК менее 700 мм установка донных металлоприемников исключена из-за больших скоростей возвратных струй на поверхности сталь – шлак [4]. Металлоприемники, перегородки и пороги имеют различные форму, размеры, место расположения в ПК [4, 5–11].

Металл поступает в приемную камеру ПК из сталеразливочного ковша:

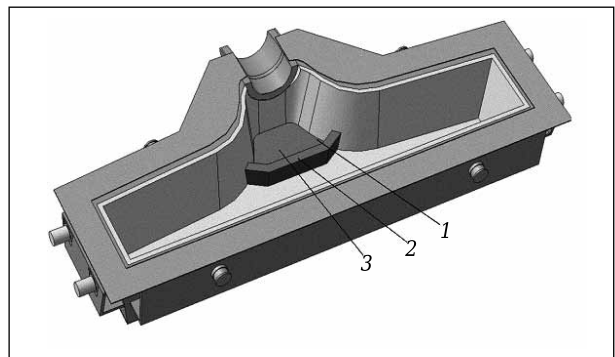


Рис. 1. Промежуточный ковш сортовой МНЛЗ: 1 – приемная камера; 2 – пороги; 3 – дно приемной камеры

– открытой струей (в начальный период разливки при первом открытии шиберного затвора сталеразливочного ковша). При этом интенсивно размывается боковая поверхность ПК: торкрет-масса и основной бетон боковой стенки ковша. Это приводит к нарушению целостности боковой поверхности ПК в приемной камере, аварийной ситуации – разрушению брони ковша и выходу стали из ковша, увеличению количества НВ металле;

– через специальную защитную трубу, удерживаемую манипулятором. При этом также развиваются интенсивные течения в районе борта ПК, что размывает поверхность борта ковша в районе его стыка со дном.

Предложенная математическая модель описывает движение жидкого металла [3, 5, 9] в ПК. При ее составлении использованы уравнения Навье – Стокса, неразрывности потока, конвективной диффузии [9]. Геометрия модели определяется компоновкой ковша и расположением оборудова-



Виктор В. Точилкин
E-mail: toch56@mail.ru

ния внутренней полости ПК. Масштаб модели 1 : 1. Соответствующие уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{V}, \\ \nabla \vec{V} = 0, \\ \vec{u} \nabla C - D \nabla^2 C = 0, \end{cases}$$

где \vec{V} — вектор скорости жидкости; \vec{F} — объемные силы; p — давление жидкости; ∇_p — гради-

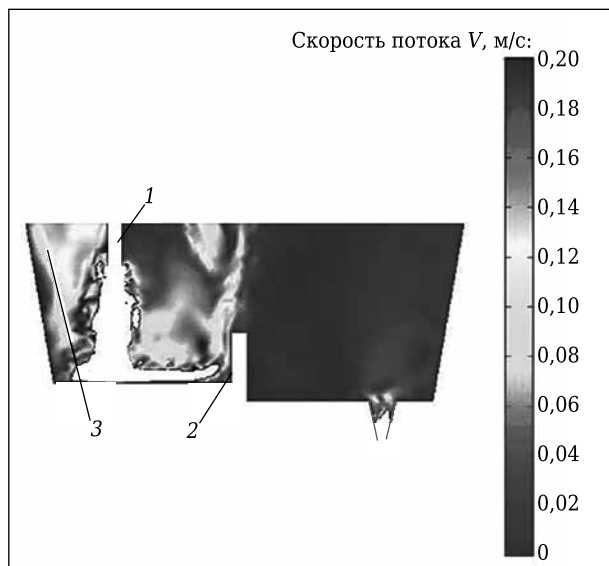


Рис. 2. Приемная камера ПК: 1 — защитная труба сталеразливочного ковша; 2 — порог приемной камеры; 3 — скоростные потоки металла на боковой поверхности приемной камеры ПК



Рис. 3. Приемная камера ПК, оснащенная защитой ее боковой поверхности: 1 — приемная камера; 2 — защита боковой поверхности ковша; 3 — порог на границе приемной и разливочной камер

ент давления; ν — коэффициент кинематической вязкости; ∇^2 — лапласиан \vec{V} ; ρ — плотность стали; \vec{u} — вектор скорости движения частиц включений; t — время; ∇ — оператор; C — концентрация примеси; D — коэффициент диффузии.

На рис. 2 показана картина распределения потоков металла в приемной камере. Математическим моделированием установлено следующее:

- струя металла, падающая через защитную трубу в приемную камеру ПК, создает скоростные вертикальные восходящие ($>0,2$ м/с) потоки металла и интенсивные боковые в сторону борта ковша. Это приводит к интенсивному размыванию торкрет-массы боковой поверхности ПК;

- в приемной камере ПК наблюдаются потоки металла со скоростью больше допустимой (до 0,16 м/с) [5]. Это приводит к интенсивному захвату НВ на поверхности раздела шлак – сталь приемной камеры, последующему затягиванию НВ в металл и оголению зеркала металла в приемной камере.

- наибольшая скорость потока металла отмечена в зонах выхода боковых стенок ковша от дна.

С помощью моделирования создана новая компоновка приемной камеры, оснащенная защитой ее боковой поверхности (рис. 3) [5, 8, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение созданных огнеупорных изделий приемной камеры ПК сортовой МНЛЗ с боковой защитой позволяет эффективно исключить воздействие потоков жидкого металла (в виде открытой струи металла в момент начала разливки и боковых потоков со дна ковша при использовании защитной трубы в номинальном режиме разливки) на боковую поверхность приемной камеры. Это исключит размывание торкрет-массы борта ковша и аварийные ситуации; обеспечит стабильность процесса разливки; повысит качество разливаемого металла благодаря уменьшению количества НВ, попадающих из приемной камеры ПК МНЛЗ в кристаллизатор.

Библиографический список

1. **Вдовин, К. Н.** Совершенствование конструкции огнеупоров разливочной камеры промежуточного ковша сортовой МНЛЗ / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, О. А. Филатова // Новые огнеупоры. — 2015. — № 9. — С. 3–7.
2. **Вдовин, К. Н.** Redesign of Refractories for the Pouring Chamber of the Tundish of a Continuous Section Caster / К. N. Vdovin, V. V. Tochilkin, O. A. Filatova // Refractories and Industrial Ceramics. — 2016. — Vol. 56, № 5. — P. 439–442.
3. **Вдовин, К. Н.** Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ / К. Н. Вдовин, О. А. Марочкин, В. В. Точилкин // Металлург. — 2014. — № 4. — С. 80–82.
3. **Исаев, О. Б.** Моделирование современных процессов внепечной обработки и непрерывной разливки

стали / О. Б. Исаев, Е. А. Чикарёв, В. В. Кислица [и др.] ; под общ. ред. Е. Х. Шахпазова. — М. : Metallurgizdat, 2008. — 373 с.

4. **Точилкин, В. В.** Методика расчета металлоприемника промежуточного ковша МНЛЗ / В. В. Точилкин // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2008. — № 6. — С. 44–47.

5. **Вдовин, К. Н.** Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок : монография / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, И. М. Ячиков. — Магнитогорск : Изд-во Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. — 348 с.

6. **Точилкин, В. В.** Модернизация промежуточного ковша МНЛЗ для обеспечения повышения качества разливаемой стали / В. В. Точилкин // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2007. — № 2. — С. 5–7.

7. **Ушаков, С. Н.** Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С. Н. Ушаков, А. А. Хоменко, К. Н. Вдовин [и др.] // Сталь. — 2009. — № 3. — С. 13–17.

8. **Вдовин, К. Н.** Разработка элементов приемной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / К. Н. Вдовин, Е. А. Мельничук, А. В. Нефедов [и др.] // Изв. вузов. Черная металлургия. — 2014. — № 3. — С. 23–27.

9. **Зекели, Дж.** Компьютерное конструирование (CAD–CAM-метод) промежуточного разливочного устройства / Дж. Зекели, Н. Эль-Кадах ; пер. с англ. под ред. В. А. Кудрина // Инжекционная металлургия '86 : труды конференции. — М. : Металлургия, 1990. — С. 134–146.

10. **Семенов, М. В.** Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ / М. В. Семенов, В. В. Точилкин // Вестник машиностроения. — 2007. — № 6. — С. 41–43.

11. **Вдовин, К. Н.** Разработка огнеупорных конструкций для промежуточного ковша сортовой МНЛЗ / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, И. М. Ячиков // Новые огнеупоры. — 2015. — № 11. — С. 3–7. ■

Получено 02.03.16

© К. Н. Вдовин, Василий В. Точилкин, Виктор В. Точилкин, 2016 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ISMANAM 2016 — 23-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО МЕТАСТАБИЛЬНЫМ, АМОРФНЫМ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МАТЕРИАЛАМ

3–8 июля 2016 г.

Университет Тохоку, г. Сендай, Япония



Темы:

- Нанокристаллические и субмикронные зернистые материалы
- Металлические, оксидные и полимерные стекла
- Нанопористые материалы
- Сыпучие металлические стекла
- Тонкие пленки и покрытия
- Квазикристаллические материалы
- Атомная и электронная структура
- Механосинтез, механическое легирование
- Магнитные свойства частиц от нано- до макродиапазона
- Механические, химические свойства, фазовые превращения
- Теоретическое и компьютерное моделирование
- Ближайшие и долгосрочные перспективы



<http://ismanam2016.org/>