

К. т. н. **О. А. Марочкин**¹ (✉), д. т. н. **К. Н. Вдовин**², д. т. н. **И. М. Ячиков**²,
В. В. Точилкин²

¹ ООО «Внедрение новых технологий и оборудования», г. Магнитогорск, Россия

² ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

УДК 666.76:[621.746.329.047:669.18.046.518

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША СОРТОВЫХ МНЛЗ

Рассмотрены конструкции комплектов оборудования, устанавливаемых в разливочных камерах промежуточных ковшей сортовых машин непрерывного литья заготовок. Дальнейшая разработка и использование конструкций комплектов обеспечивают эффективное гашение воронки, возникающей над разливочными стаканами, и создают условия для повышения качества разливаемого металла благодаря хорошей организации струи.

Ключевые слова: машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), промежуточный ковш (ПК), неметаллические включения (НВ), разливочное отверстие, огнеупорные конструкции.

Для повышения качества разливаемой стали на сортах МНЛЗ ведутся разработки специальных конструкций для усовершенствования элементов огнеупорных изделий промежуточного ковша (ПК). Особое внимание при этом уделяется конструкциям, обеспечивающим хорошую организацию струи жидкого металла на участке ПК – кристаллизатор [1–9], в частности специальным устройствам, обеспечивающим отделение неметаллических включений (НВ) за счет организации потоков металла в нужном направлении [1, 2].

Наиболее экономичным способом непрерывной разливки стали на сортах МНЛЗ является разливка открытой струей с применением стаканов-дозаторов. Этот способ разливки имеет большую продолжительность эксплуатации ПК и меньшее количество переподготовок в сравнении с другими способами непрерывной разливки, например закрытой струей. Для выполнения условий продолжительной и непрерывной разливки стали к стаканам-дозаторам предъявляются следующие требования:

- равномерная подача металла через сталеразливочные отверстия в кристаллизатор в течение всего процесса разливки;
- формирование четкой струи без брызг металла.

Для формирования четкой струи металла и исключения разбрызгивания (веерения)

разработана конструкция стакана-дозатора с удлиненной втулкой [3]. Стакан-дозатор представляет собой металлический корпус 1, футерованный огнеупорной массой 2, в центре которого установлена циркониевая втулка 3 (рис. 1). Применение стакана-дозатора с удлиненной втулкой позволило улучшить процессы образования гарантированной корочки непрерывнолитой заготовки; улучшить условия замены стаканов-дозаторов; повысить эффективность работы ПК; уменьшить стоимость ремонта ПК; увеличить производительность сортовых МНЛЗ. При этом длина (высота) втулки ограничена из-за вероятности зарастания сталеразливочного канала (внутреннего отверстия циркониевой втулки) НВ, увлекаемыми за собой потоками жидкой стали в этот канал.

Вероятность зарастания сталеразливочного канала была выявлена на выведенных из эксплуатации стаканах-дозаторах после 8-ч непрерывной разливки. На рис. 2, а в центре стакана четко просматриваются остатки НВ и металла, образовавшиеся в стыках между верхним и

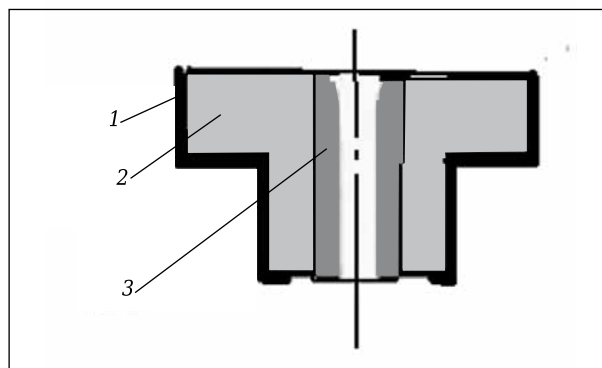


Рис. 1. Стакан-дозатор с удлиненной втулкой

✉
О. А. Марочкин
E-mail: m_a_r_chel74@mail.ru

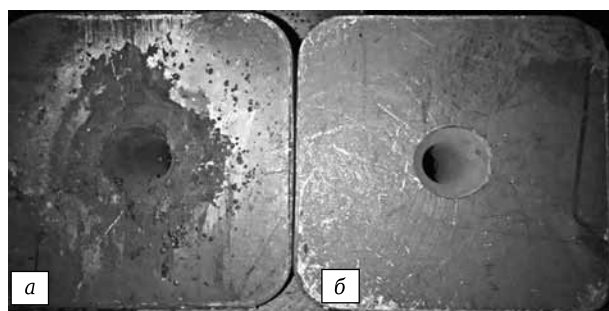


Рис. 2. Вид сверху стаканов-дозаторов: а — после 8-ч эксплуатации; б — до эксплуатации

нижним стаканами-дозаторами (рис. 2, б). Для ограничения попадания НВ в сталеразливочный канал разработана конструкция разливочного инструмента ПК [4–6] с использованием стартовых труб специального профиля (рис. 3). Конструкция разливочного инструмента ПК устанавливается в металлический корпус 1, футерованный огнеупорными массами 2 [3, 7, 10, 11], в которые установлены огнеупорные элементы: стартовая труба 3, ковшовой стакан 4, верхний стакан-дозатор 5 и нижний стакан-дозатор 6. Через внутреннюю полость этих огнеупорных элементов жидкая сталь из ПК поступает в кристаллизатор [5–9].

Проведенное численное моделирование [1, 5] по линии тока (рис. 4) позволило определить, что применение стартовых труб обеспечивает движение потоков металла без вовлечения значительного количества НВ со дна и стенок ПК. Применение стартовых труб при разливке стали позволило сократить попадание НВ в сталеразливочные отверстия и в кристаллизатор, что значительно улучшило эксплуатационные характеристики огнеупорных элементов ПК и качество непрерывнолитой заготовки [1]. Однако серийное применение стартовых труб позволило выявить ряд несоответствий: всплывание стартовых труб в процессе эксплуатации; излишняя высота стартовых труб, способствующая образованию остатков металла в ПК или попаданию шлака при окончании разливки (рис. 5).

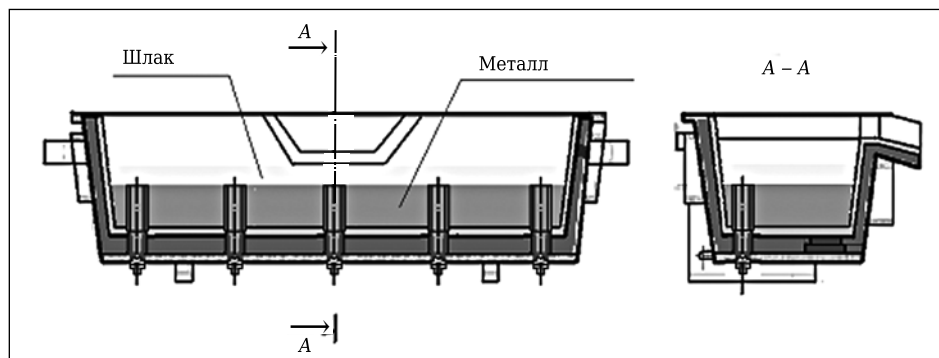


Рис. 5. Применение стартовых труб при разливке стали

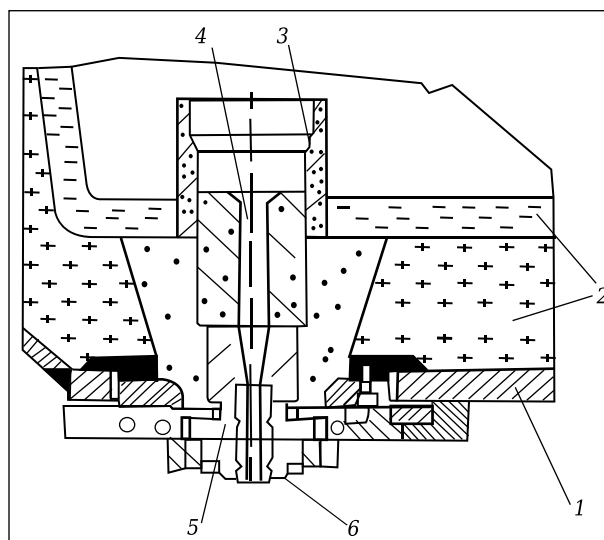


Рис. 3. Установка оборудования разливочного отверстия со специальными стартовыми элементами стакана-дозатора

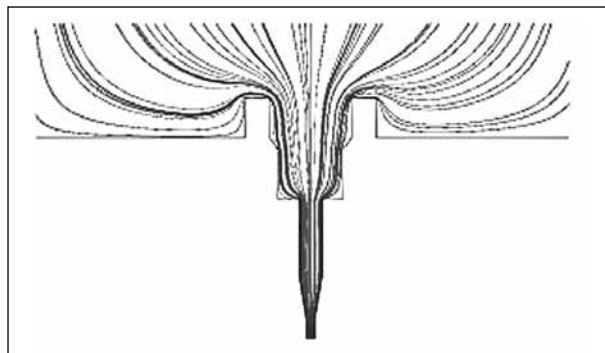


Рис. 4. Результаты моделирования движения металла в разливочной камере ПК

Для исключения всплывания стартовых труб применен клиновидный замок. Для уменьшения количества остатков металла в ПК разработан алгоритм окончания разливки стали на открытую струю с применением стартовых труб различной высоты (рис. 6). На ручьях 2 и 4, наименее подверженных эффекту вовлечения в сталеразливочные отверстия НВ и их дальнейшему попаданию в кристаллизатор (определено эмпирически), были установлены стартовые трубы, имеющие 2/3 высоты от высоты ранее применяемых стартовых труб. А ранее применяемые трубы были установлены на ручьях 1, 3 и 5 (см. рис. 6). Окончание разливки ста-

ли происходит следующим образом: при достижении границы шлак – металл (определяется измерением массы стали в ПК) первого уровня на высоте стартовых труб по ручьям 1, 3 и 5 прекращается поступление металла из ПК в кристаллизатор; при этом подача металла через сталеразливочные отверстия по ручьям 2 и 4 в кристаллизатор продолжается и при достижении границы шлак – металл второго уровня на высоте стартовых труб по ручьям 2 и 4 разливка стали на МНЛЗ прекращается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан алгоритм применения стартовых труб ПК сортовой МНЛЗ, позволяющий сократить остатки металла в ПК после окончания разливки стали на многоручьевых МНЛЗ и уве-

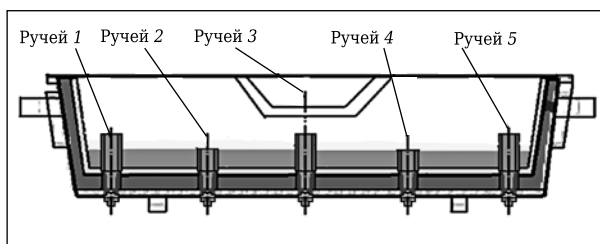


Рис. 6. Применение стартовых труб различной высоты

личить выход годного. Разработка и использование конструкций комплектов стартовых труб обеспечивает эффективное гашение воронки, возникающей над разливочными стаканами, и создает условия для повышения качества разливаемого металла благодаря хорошей организации струи.

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.** Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ : монография / К. Н. Вдовин, М. В. Семенов, В. В. Точилкин. — Магнитогорск : МГТУ, 2006. — 118 с.
3. **Вдовин, К. Н.** Разработка элементов приемной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / К. Н. Вдовин, Е. А. Мельничук, А. В. Нефедов, В. В. Точилкин // Изв. вузов. Черная металлургия. — 2014. — № 3. — С. 23–27.
- Vdovin, K. N.** Intake Chamber of the tundish at a continuous slab-casting machine / K. N. Vdovin, E. A. Melnichuk, A. V. Nefedov, V. V. Tochilkin // Steel in translation. — 2014. — Vol. 44, № 3. — P. 186–189.
4. **Вдовин, К. Н.** Сравнительный анализ применения различных систем быстрой замены стаканов-дозаторов при разливке стали на сортовых МНЛЗ / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, И. Р. Абдрахманов [и др.] // Новые огнеупоры. — 2014. — № 10. — С. 62–64.
5. **Дейли, Д.** Механика жидкости / Д. Дейли, Д. Харлеман. — М. : Энергия, 1971. — 480 с.
6. **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.
7. **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.
- Vdovin, K. N.** Improvement of steel pouring in section CBCM / K. N. Vdovin, O. A. Marochkin, V. V. Tochilkin // Metallurgist. — Vol. 58, № 3/4. — P. 306–309.
8. **Вдовин, К. Н.** Создание имитатора рабочей среды для повышения износостойкости огнеупоров при разливке стали на сортовых МНЛЗ / К. Н. Вдовин, О. А. Марочкин, В. В. Точилкин // Новые огнеупоры. — 2013. — № 11. — С. 10–13.
- Vdovin, K. N.** Creating a stream simulator to improve the wear resistance of refractories during the casting of steel on continuous section casters / K. N. Vdovin, O. A. Marochkin, V. V. Tochilkin // Refractories and Industrial Ceramics. — 2014. — Vol. 54, № 6. — P. 435–437.
9. **Семенов, М. В.** Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ / М. В. Семенов, В. В. Точилкин // Вестник машиностроения. — 2007. — № 6. — С. 41–43.
10. **Вдовин, К. Н.** Новые вставки из пластичных огнеупоров для защиты струи металла при разливке на МНЛЗ / К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин, О. А. Марочкин [и др.] // Новые огнеупоры. — 2014. — № 7. — С. 41–43.
- Vdovin, K. N.** New plastic refractory linings for protecting a metal stream during pouring into a CBCM / K. N. Vdovin, O. A. Marochkin, V. V. Tochilkin [et al.] // Refractories and Industrial Ceramics. — 2014. — Vol. 55, № 4. — P. 318–320.
11. **Семенов, М. В.** Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ / М. В. Семенов, В. В. Точилкин // Вестник машиностроения. — 2007. — № 6. — С. 41–43.
- Semenov, M. V.** Technique for calculating the effectiveness of the elements of the intermediate ladle of a CBCM / M. V. Semenov, V. V. Tochilkin // Russian Engineering Research. — 2007. — Vol. 27, № 6. — P. 347–349. ■

Получено 29.10.15

© О. А. Марочкин, К. Н. Вдовин, И. М. Ячиков,
В. В. Точилкин, 2016 г.