



ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОВШ - КРИСТАЛЛИЗАТОР СОРТОВЫХ МНЛЗ

Аннотация

Рассмотрены технологии управления потоками металла в системе промежуточный ковш (ПК) - кристаллизатор сортовых МНЛЗ. Разработаны конструкции элементов ПК и кристаллизатора сортовой МНЛЗ, которые обеспечивают рациональное прохождение разливаемого металла в системе ПК-кристаллизатор, что создает условия для эффективного отделения неметаллических включений и обеспечивает повышение качества разливаемой углеродистой и низколегированной стали.

Ключевые слова: МНЛЗ, кристаллизатор, промежуточный ковш.

Введение

Промежуточный ковш и его устройства, формирующие потоки течения металла в ковше и истечения и кристаллизатор - важнейшие технологические элементы МНЛЗ. При разливке стали, они в значительной степени определяют стабильность процесса, оказывая большое влияние на повышение качества разливаемого металла. Важным показателем, определяющим качество непрерывно-литой заготовки, является содержание неметаллических включений (НВ) в стали [1].

Основная часть

Существует ряд способов, позволяющих повысить чистоту металла по НВ. Одним из них - рафинирование стали в ПК [1]. Для этого современные ПК снабжаются оборудованием для регулирования потоков металла. В настоящее время в электросталеплавильном цехе (ЭСЦ) ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) функционируют две сортовые пятиручьевые МНЛЗ. Постоянно растущие требования к качеству стали получаемой при разливке на сортовых МНЛЗ приводит к необходимости разработки специальных мероприятий, технологических схем и механизмов. Особое внимание при этом уделяется конструкциям, обеспечивающим хорошую организацию струи

жидкого металла на участке «промежуточный ковш – кристаллизатор»

Основным элементом, обеспечивающим дозирование истечения стали из промежуточного ковша (ПК) в кристаллизатор на сортовых МНЛЗ, является комплект стаканов-дозаторов с сопутствующим оборудованием, который устанавливается в днище ПК [2, 3].

К стаканам-дозаторам предъявляются следующие требования:

- равномерная подача металла в кристаллизатор в течение всего процесса разливки;
- формирование компактной струи без брызг металла;
- исключение дефекта разливки типа «веер».

При разливке открытой струей для сохранения постоянного расхода металла стремятся поддерживать постоянное ферростатическое давление металла в ПК при условии, что внутренний диаметр стакан-дозатора не изменяется. Это относится, главным образом, к разливке на сортовых МНЛЗ.

Характерной особенностью разливки стали открытой струей через стакан-дозатор является малое сечение его внутренней полости, составляющее обычно 10... 18 мм в зависимости от скорости разливки и сечения заготовки. Стабильность

разливки в течение всего цикла работы ПК достигается только при сохранении постоянного сечения стаканов-дозаторов. Внутренняя вставка такого стакана-дозатора выполняется из дорогостоящего диоксида циркония. Следовательно, вопрос выбора конструкции комплектов оборудования и материала стаканов-дозаторов для ПК при разливке на сортовых МНЛЗ длинными сериями представляется важным и актуальным.

В статье рассматриваются варианты конструкций комплектов стаканов-дозаторов с сопутствующим оборудованием устанавливаемое в разливочных камерах ПК [3, 4]. Акцентировано внимание на зависимости качества стали, поступающей

в кристаллизатор, от конструкций комплектов стаканов-дозаторов с сопутствующим оборудованием в ПК.

На рисунке 1 отмечен ПК, оснащенный комплектом стаканов – дозаторов с дополнительным оборудованием.

Компоновка стаканов-дозаторов в разливочном отверстии ПК представлена на рисунке 2.

ПК для непрерывной разливки металла, содержит корпус 1 (рисунок 1, 2) с огнеупорной футеровкой 2. В днище 3 корпуса 1 выполнены разливочные отверстия 4, каждое из которых снабжено шиберным затвором 5 (рисунок 2) с верхним 6 и нижним 7 стаканами – дозаторами и гнездовым блоком 8 с отверстием 9.

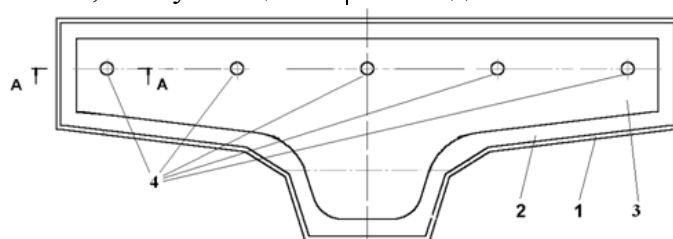


Рисунок 1. Компоновка промежуточного ковша

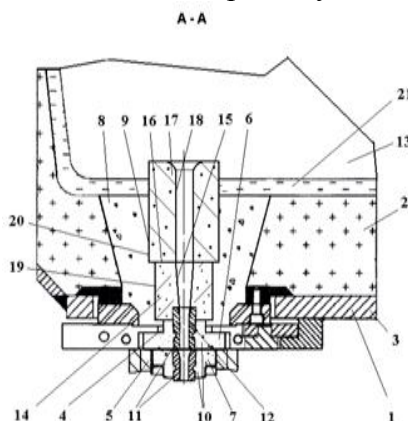


Рисунок 2. Компоновка стаканов-дозаторов в разливочном отверстии ПК

Каждый из стаканов – дозаторов 6 и 7 выполнен в виде опорного блока 10 и вставки 11 с конусообразной полостью 12. На торце каждого опорного блока 10, верхнего стакана-дозатора 6, направленного в полость 13 корпуса 1 ковша, закреплён направляющий элемент 14, с внутренней полостью 15, сопрягаемой с конусообразной полостью 12 вставки 11 стакана – дозатора 6. Направляющий элемент 14 охватывает наружную поверхность вставки 11 верхнего стакана – дозатора 6. На торце 16 направляющего элемента 14, направленного в полость 13 ковша, уста-

новлен цилиндрический блок 17 с полостью 18 сопрягаемой с полостью 15 направляющего элемента 14. Наружная поверхность 19 направляющего элемента 14 и наружная поверхность 20 цилиндрического блока 17 охватывается гнездовым блоком 8. На внутреннюю поверхность ковша нанесен слой огнеупорной футеровки - торкретмассы 21.

Работает ПК для непрерывной разливки металла следующим образом. Предварительно готовят комплекты стаканов – дозаторов 6 (рисунок 2) и направляющих элементов 14. На торце каждого опорного

блока 10, верхнего стакана-дозатора 6, устанавливаются посредством приспособления (на рисунке 1 не показано) направляющий элемент 14, с внутренней полостью 15, сопрягаемой с конусообразной полостью 12 вставки 11 стакана – дозатора 6.

При этом форма выполнения сопрягаемых поверхностей и соответствие геометрических размеров конструктивных элементов позволяет не только обеспечить надежную фиксацию направляющего элемента 14 относительно вставки 11 в стаканах-дозаторах 6, но и осуществить осевую центровку их полостей. На торце 16 направляющего элемента 14, направленного в полость 13 ковша, устанавливается посредством оправки цилиндрический блок 17 с полостью 18 сопрягаемой с полостью 15 направляющего элемента 14. Наружная поверхность 19 направляющего элемента 14 и наружная поверхность 20 цилиндрического блока 17 закрепляется гнездовым блоком 8. После установки гнездового блока 8 на внутреннюю поверхность корпуса 1 ковша наносят слой огнеупорной футеровки - торкретмассы 21, которой дополнительно фиксируют цилиндрический блок 17, при этом верхний торец цилиндрического блока 17 направленного в полость 13 корпуса 1 ковша, выступает над поверхностью огнеупорной футеровки.

После окончательной подготовки в ПК подают жидкий металл. Струи металла равномерно распределяются по объему ковша и при открытых шиберных затворах 5 через полость цилиндрического блока 17, полость направляющего элемента 14 и конусообразную полость 12 вставки 11 стакана – дозатора 6 поступают в кристаллизатор установки непрерывной разливки металла (на рис. не показан).

В раздаточной камере протекают два вида гидродинамических процессов [5, 6]. Первый – движение стали из приемной камеры через переливные каналы перегородок. Второй – истечение стали из разливочного отверстия, сопровождаемое вращательным движением в разливочных камерах.

Рассматривая движение стали в разливочной камере ПК, как установившееся безвихревое вращение несжимаемой жид-

кости в цилиндрических координатах r, θ, z с осью z вдоль вектора угловой скорости вращения жидкости (рисунок 3), проходящей через центр сталеразливочного отверстия. Можно отметить, что полный напор по всему полю течения [3]:

$$\frac{p}{\rho g} + z + \frac{v_{\theta}^2}{2g} = const, \quad (1)$$

Дифференцируя это выражение по r , получаем:

$$\frac{\partial p}{\partial r} = -\rho v_{\theta} \frac{\partial v_{\theta}}{\partial r}. \quad (2)$$

Рассматривая уравнения Навье-Стокса [6, 7] для отмеченного случая движения жидкости, можно отметить, что компоненты скорости v_r и v_z равны нулю, градиент давления в окружном направлении отсутствует, а v_{θ} не зависит от z :

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \rho \frac{v_{\theta}^2}{r}. \quad (3)$$

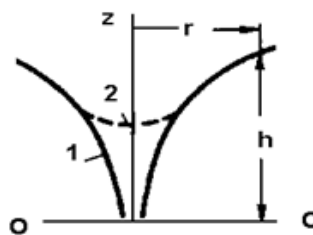


Рисунок 3. Схема вращательного движения жидкого металла в разливочном отверстии: 1 – свободная поверхность при безвихревом вращательном движении; 2 – свободная поверхность при перекрытии разливочного отверстия; O-O плоскость сравнения.

Из уравнений (2) и (3) получаем зависимость:

$$v_{\theta} \cdot r = const. \quad (4)$$

При этом тангенциальная скорость растет с уменьшением r , но практически основная область ограничена радиусом r_m , на котором давление становится равным давлению окружающей среды.

Положение свободной поверхности при безвихревом вращательном движении в разливочной камере будет определяться гиперолоидом вращения:

$$h = h_0 - v_{\theta}^2 / 2g, \quad (5)$$

где h_0 – максимальная высота уровня жидкости в разливочной камере ПК.

При перекрытии отверстия в днище ПК движение жидкости постепенно зату-

хает под действием вязкости (см. кривую 2, рисунок 3). На характер кривой оказывает влияние также нахождение на поверхности покровного шлака.

Анализируя уравнения (4) и (5), можно отметить, что в конструкциях комплектов стаканов-дозаторов с сопутствующим оборудованием устанавливаемые в разливочных камерах ПК определяющую роль имеют:

- конструкция направляющего элемента 14 и его фиксация относительно корпуса верхнего стакана – дозатора;
- конфигурация внутренней полости 15 направляющего элемента 14 и её сохранность в течение всего цикла разливки металла из ПК;
- высота цилиндрического блока 17 с полостью 18 относительно поверхности зеркала разливаемого металла [8].

Надежная фиксация направляющих элементов 14 относительно вставок стаканов - дозаторов, а также осевая центровка их полостей с полостью цилиндрического блока обеспечивает в процессе разливки формирование струй металла технологически заданной конфигурации без нарушения её сплошности, исключая при этом, боковые смещения струй металла в сторону гнездового блока 8, что позволяет повысить качество разливаемого металла за счёт исключения попадания в него частиц футеровки гнездового блока и огнеупорной футеровки [9]. При этом создаются условия для исключения нарушения сплошности струи металла, что обеспечивает стабильную, безаварийную работу ПК и всей МНЛЗ в процессе всего цикла разливки [2, 10].

Заключение

При совершенствовании процессов непрерывной разливки стали нового поколения в конструкции более совершенного оборудования МНЛЗ актуальным является разработка и использование конструкций комплектов стаканов-дозаторов с сопутствующим оборудованием, позволяющих наряду с повышением их стойкости, эффективно гасить возникающие над разливочными стаканами воронки, что обеспечит повышение качества разливаемого металла благодаря хорошей организации

струи. При этом возрастает качество стали при разливке длинными сериями за счет минимизации процессов вторичного окисления на участке «ПК-кристаллизатор».

Библиографический список

1. Вдовин К.Н., Семенов М.В., Точилкин В.В. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.
2. Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С.Н. Ушаков, А.А. Хоменко, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин // Сталь. 2009, № 3. С. 13–17.
3. Патент РФ 76836 Промежуточный ковш для непрерывной разливки металла МКИ В22D 41/00.
4. Точилкин В.В. Модернизация промежуточного ковша МНЛЗ для обеспечения повышения качества разливаемой стали / Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. №2. С. 5-7.
5. Дейли Д., Харлеман Д. Механика жидкости. – М.: Энергия, 1971. – 480 с.
6. Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок: Монография / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин В.В., И.М. Ячиков. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. 348 с.
7. Точилкин В.В., Филатов А.М. Пневмопривод металлургических манипуляторов: Монография.- Магнитогорск: МГТУ, 2005. - 211 с.
8. Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Марочкин О.А. Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ // Металлург. 2014, № 4. С. 80-82.
9. Точилкин В.В. Методика расчета металлоприёмника промежуточного ковша МНЛЗ // Ремонт, восстановление и модернизация. 2008, № 6. С. 44–47.
10. Семенов М.В., Точилкин В.В. Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ // Вестник машиностроения. 2007, № 6. С. 41–43.