

Д. Т. Н. К. Н. Вдовин¹, Д. Т. Н. В. В. Точилкин¹, Р. И. Абдрахманов¹,
О. А. Марочкин¹ (✉), В. И. Умнов²

¹ ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

² ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск, Россия

УДК 621.746.047:669.054.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ БЫСТРОЙ ЗАМЕНЫ СТАКАНОВ-ДОЗАТОРОВ ПРИ РАЗЛИВКЕ СТАЛИ НА СОРТОВЫХ МНЛЗ

Рассмотрены технологии и оборудование систем быстрой замены стаканов-дозаторов на промежуточных ковшах сортовых машин непрерывного литья заготовок. Разработана конструкция стаканов-дозаторов с удлиненной втулкой для обеспечения стабильности процесса разлива и повышения качества разливаемого металла.

Ключевые слова: машина непрерывного литья заготовок, промежуточный ковш, огнеупоры, стаканы-дозаторы.

В промышленно развитых странах практически вся производимая сталь разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [1]. Непрерывная разливка стали осуществляется двумя способами: открытой струей (без защитного погружаемого стакана); закрытой струей (с использованием защитного погружаемого стакана) [2, 3]. На начальном этапе освоения непрерывной разливки стали на сортах МНЛЗ широко применялась разливка металла открытой струей. Разливка таким способом имеет следующие преимущества:

- меньшие затраты в связи с отсутствием стопоров и погружаемых стаканов в промежуточном ковше и шлакообразующей смеси в кристаллизаторе;

- высокая производительность;

- меньшее количество и стоимость ремонтов промежуточных ковшей.

Разливка стали открытой струей осуществлялась при помощи двух типов системы быстрой замены стаканов-дозаторов: CNC (Calibrated-Nozzle-Changer) и MNC (Manual-Nozzle-Changer).

Принцип действия обеих систем заключается в следующем. В механизм, представляющий собой корпус с прижимными планками, вставляются нижние стаканы-дозаторы с различными внутренними диаметрами циркониевой втулки для регулирования скорости подачи стали в кри-

сталлизатор при разливке. Верхний стакан находится в промежуточном ковше и имеет площадь соприкосновения с нижним стаканом-дозатором. Система замены стаканов MNC выполнена с шестью независимыми прижимами для стаканов-дозаторов с прямоугольной поверхностью.

Система замены стаканов-дозаторов CNC представляет собой механизм с четырьмя прижимами и стаканом-дозатором, имеющим квадратную плоскость прилегания к верхнему стакану большую по площади, чем у стакана-дозатора системы MNC [4]. Замена стаканов-дозаторов (перестрел), осуществляется при помощи ударного гидроцилиндра. Для остановки разливки в качестве шибера применяется глухой стакан без отверстия.

При разливке стали на сортах МНЛЗ с промежуточными ковшами, оборудованными одной из указанных систем, были выявлены отрицательные и положительные характеристики механизмов. Отрицательные характеристики работы механизмов CNC приводили к окончанию разливки одного из ручьев сортовой МНЛЗ, отрицательные характеристики работы механизмов MNC останавливали разливку на всей пяти-ручьева сортовой МНЛЗ.

Рассматриваемые системы замены стаканов-дозаторов одинаково характеризуются негативными явлениями, препятствующими нормальному циклу разливки стали. Так, в период с 2006 по 2008 г. среднемесячное количество уводов в месяц составило:

- вследствие неоднородности струи металла (веер)8
- из-за прохода металла между стаканами..... 2,7



О. А. Марочкин

E-mail: m_a_r_chel74@mail.ru

После проведения анализа дальнейшее применение системы MNC признано нецелесообразным ввиду малой площади прилегания между верхним и нижним стаканами и высокой аварийности.

Основным недостатком системы замены стаканов-дозаторов CNC (рис. 1, а) является неоднородность струи металла («веер»). На формирование струи металла в значительной степени влияет длина циркониевой втулки стакана-дозатора. Для наилучшего прохождения жидкой стали из промежуточного ковша в кристаллизатор длина циркониевой втулки стакана-дозатора CNC была увеличена (рис. 1, б).

Стакан-дозатор с удлиненной втулкой был опробован на механизме CNC в холостом (без жидкого металла) режиме. Перестрел прошел без заклинивания, несмотря на измененный центр тяжести стакана. Затем такой стакан-дозатор опробовали при разливке стали на сортовых МНЛЗ. После испытания опытной партии стаканов-дозаторов с удлиненной втулкой и получения положительного эффекта, который выразился в отсутствии «вееров» (см. рис. 1, б), существующие стаканы-дозаторы были заменены опытными.

В результате применения новой конструкции стаканов-дозаторов с удлиненной втулкой в системе быстрой замены CNC при разливке открытой струей были достигнуты следующие показатели:

- улучшены процессы образования гарантированной корочки непрерывнолитой заготовки;
- улучшены условия замены стаканов-дозаторов;

- повышена эффективность работы промежуточных ковшей;
- уменьшена стоимость ремонтов промежуточных ковшей;
- увеличена производительность сортовых МНЛЗ.

Сравнение показателей разливки стали при применении различных стаканов-дозаторов представлено в табл. 1.

Дальнейшей задачей оптимизации производительности МНЛЗ стало уменьшение затрат

Таблица 1. Показатели разливки стали на МНЛЗ

Система замены стаканов-дозаторов	Стаканы-дозаторы	Характеристики	
		положительные	отрицательные
CNC	С короткой втулкой	Низкая аварийность в работе	Неоднородность струи металла («веер»)
MNC	То же	Более четкая сбалансированная струя жидкой стали	Высокая аварийность при замене стаканов-дозаторов, проход металла между верхним и нижним стаканами
CNC	С удлиненной втулкой	Низкая аварийность в работе и более четкая сбалансированная струя жидкой стали	Снижение стойкости из-за увеличения длины контакта жидкой стали с внутренней поверхностью втулки

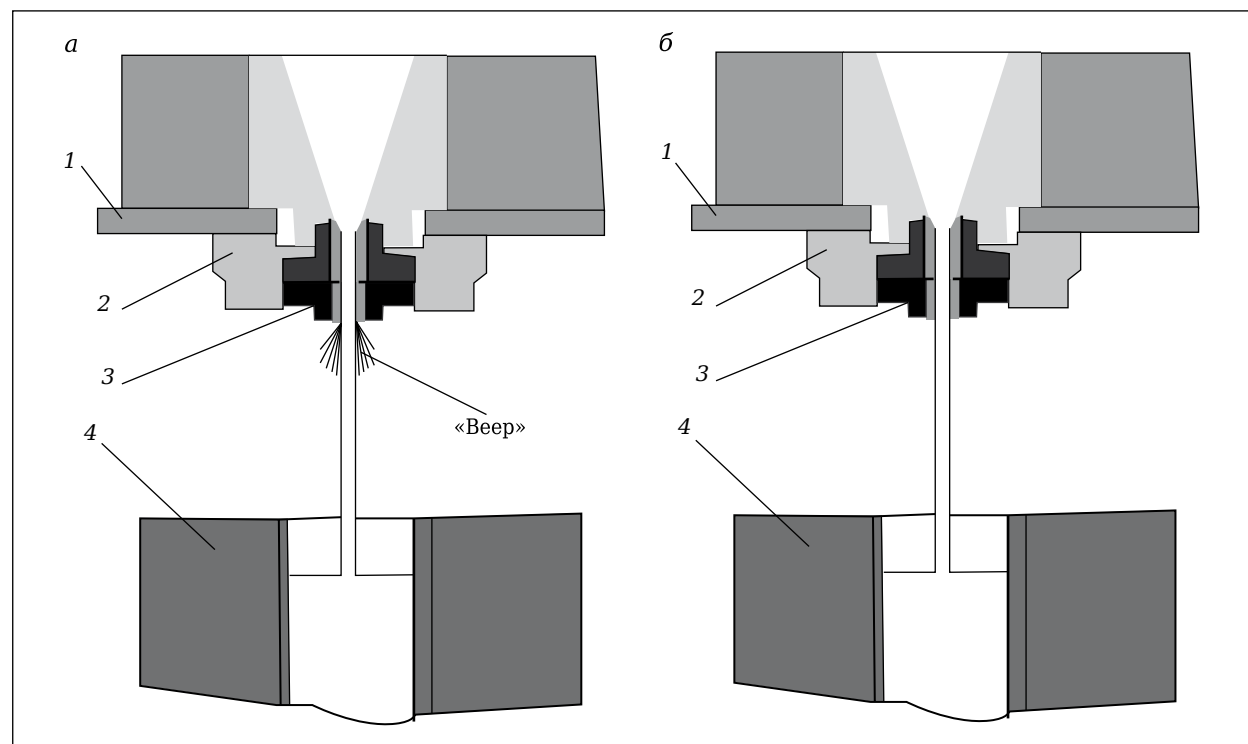


Рис. 1. Разливка стали с применением системы быстрой замены стаканов-дозаторов CNC: а — с использованием классических стаканов-дозаторов; б — стаканов-дозаторов с удлиненной втулкой; 1 — промежуточный ковш; 2 — система замены стакана; 3 — втулка стакана-дозатора; 4 — кристаллизатор

при сохранении максимальной надежности процесса. Эрозия внутреннего отверстия циркониевой втулки стакан-дозатора ограничивает срок его службы, что приводит к увеличению производственной себестоимости. С целью получения стаканов-дозаторов с удлиненной втулкой (рис. 2) необходимой стойкости (сопоставимой со стойкостью классических стаканов-дозаторов CNC) были рассмотрены 6 типов этих стаканов с различными материалами втулки и основы. Химический состав, предел прочности при сжатии, кажущаяся плотность материалов втулки и основы и средняя стойкость стаканов-дозаторов представлены в табл. 2.

По результатам проведенного исследования, направленного на улучшение работы стаканов-дозаторов, было определено, что применение стаканов-дозаторов с удлиненной втулкой в системе их быстрой замены CNC позволяет снизить аварийность при разливке стали на МНЛЗ открытой струей. Для получения гарантированной стойкости стаканов-дозаторов материал втулки должен содержать, мас. %: ZrO_2 95–96, MgO 2,4–2,6, CaO менее 0,5; при этом кажущаяся плотность втулки должна быть не менее 5 г/см³.

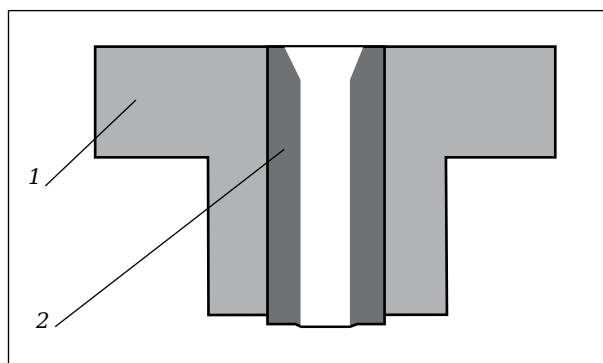


Рис. 2. Стакан-дозатор CNC с удлиненной втулкой: 1 — основа; 2 — втулка

Проведенные исследования позволили определить основные недостатки существующих систем быстрой замены стаканов-дозаторов и на основании полученных данных разработать новую конструкцию стаканов-дозаторов с удлиненной циркониевой вставкой. Применение таких стаканов позволило удовлетворить современные требования, предъявляемые при разливке стали открытой струей на сортовых МНЛЗ.

Таблица 2. Основные показатели втулки и основы стаканов-дозаторов групп А–Е^{*1}

Показатели	А	Б	В	Г	Д	Е
Массовая доля, %:						
MgO	– / 2,4–2,7	2,0 / 2,4	– / –	– / 2,3	0,1 / 2,4	– / –
CaO	2,7–3,0 / –	5,0 / 0,5	– / –	3,7–4,1 / –	3,8 / 0,1	– / <2,2
ZrO ₂	– / 94,0–96,0	– / 95,5	– / >94,0	– / 93,9–96,1	– / 94,5	– / 94–95
Fe ₂ O ₃	0,1–0,7 / 0,1–0,7	1,0 / 0,1	– / –	<1,0 / <1,1	0,1 / 0,5	<2,0 / <0,7
Al ₂ O ₃	96,0–98,0 / 0,1	89,0 / 0,1	>90 / –	94,9–96,3 / –	95,7 / 0,4	>95 / –
SiO ₂ ^{*2}	– / 1,0					
TiO ₂ ^{*2}	– / 0,2					
Предел прочности при сжатии, МПа	90–180 / –	90–180 / –	>55 / –	60–170 / –	330 / 260	– / ≥50
Кажущаяся плотность, г/см ³	2,98 / 4,9	3,05 / 5,2	>2,8 / >4,70	2,82–3,02 / 4,7–5,2	5,2 / 5,02	2,82–3,02 / >4,75
Пористость, %	Н. д. / 13	10–15 / 6	<20,0 / <18,0	13,8–19,5 / 8–17	8,5 / 11,5	13,8–19,5 / 8–17
Средняя стойкость, ч	7,5	8,2	3,5	8,5	9,2	4,6

^{*1} Числитель — показатель основы, знаменатель — втулки.

^{*2} Для SiO₂ менее 1,0 % и TiO₂ менее 0,15 % данные не указаны.

Библиографический список

1. **Марочкин, О. А.** Анализ проблемных зон сортовых МНЛЗ и мероприятия по их устранению / О. А. Марочкин, А. Б. Великий // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. молодых специалистов. — Магнитогорск : ОАО ММК, 2004. — 23 с.
2. **Вдовин, К. Н.** Разработка систем подачи аргона для промежуточного ковша сортовой МНЛЗ / К. Н. Вдовин, С. Н. Ушаков, О. А. Марочкин [и др.] // Технология металлов. — 2013. — № 6. — С. 38–40.
3. **Ушаков, С. Н.** Развитие технологии разливки металла и оборудования промежуточного ковша сортовой МНЛЗ / С. Н. Ушаков, А. А. Хоменко, С. В. Шев-

ченко [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. — 2009. — № 1/2. — С. 25–29.

4. **Вдовин, К. И.** Основные направления при конструировании огнеупорных элементов для защиты от вторичного окисления стали при разливке на МНЛЗ / К. И. Вдовин, В. В. Точилкин, О. А. Марочкин, В. И. Умнов // Новые огнеупоры. — 2014. — № 3. — С. 69. ■

Получено 07.08.14

© К. Н. Вдовин, В. В. Точилкин,
Р. И. Абдрахманов, О. А. Марочкин,
В. И. Умнов, 2014 г.