



Влияние расположения донного продувочного узла в сталеразливочном ковше емкостью 250 т на химическую и структурную неоднородность металла

В условиях ПАО «ДМКД» на двух сериях плавов проведено опытно-промышленное опробование экспериментальных сталеразливочных ковшей № 12 и 36 емкостью 250 т с измененным (по предложению ИЧМ НАНУ) расположением донного продувочного узла при производстве стали рядового и трубного марочного сортамента. Результаты исследований показали возможность повышения химической однородности (в среднем на 20-40 %) и улучшения качества макроструктуры (на 0,5 балла) непрерывнолитой и трубной заготовок при используемых режимах обработки на установке ковш-печь. Табл. 4. Библиогр.: 1 назв.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, продувочный узел, химическая неоднородность, макроструктура

In terms of PJSC DMKD on two series of heats conducted pilot testing of experimental steelteeming ladles No 12 and 36 hi capacity 250 t with a modified (at the suggestion of ISI NASU) location of bottom purging node in the manufacture of ordinary steel and pipe grades. The results of studies of metal sample showed the possibility of improving the chemical homogeneity (an average of 20-40 %) and to improve the internal quality macrostructure (on 0,5 points) of continuously cast and tubular billets due when the used processing conditions on the installation of a LF.

Keywords: teelteeming ladle, the purge node, chemical heterogeneity, macrostructure

Одной из основных целей исследований в направлении усовершенствования технологии ковшовой обработки стали является не только улучшение эксплуатационных характеристик сталеразливочных ковшей и повышение эффективности вводимых в ковш ферросплавов, но и улучшение качества непрерывнолитой заготовки и готовой металлопродукции.

В работе представлены результаты исследований по определению влияния измененного по предложению ИЧМ НАНУ расположения продувочного узла в 250-т ковшах на химическую и структурную неоднородность металла.

На первом этапе исследований изучали влияние измененного расположения продувочного узла в экспериментальном ковше № 36 на химическую неоднородность и макроструктуру непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) рядовых марок стали (3сп, 4сп, 5сп). Обработку металла осуществляли в экспериментальном и сравнительных (стандартных) ковшах на установке ковш-печь (УКП) без изменения принятых режимов обработки с периодичным отбором проб металла по следующей методике.

Пробы на УКП отбирали до ввода порции ферромарганца ФМн78 (Mn – элемент индикатор) и по завершению обработки расплава. При этом в течении всей обработки на УКП поддерживали режим продувки без изменений расхода

аргона и не вводили другие ферросплавы. В период ввода, плавания ферромарганца и усреднения целевого элемента (Mn) в ванне не производился электродуговой нагрев металла. Начало эксперимента определяли визуальным контролем по отсутствию на поверхности ванны нерасплавившихся материалов и обязательного наличия жидкоподвижного шлака в ковше. Проводили контроль количества (толщины) шлакового покрова, его состава, а также фиксировали массу плавки. По ходу разливки на МНЛЗ (через каждые 40-50 т) отбирали пробы металла. В пробах металла определяли содержание Mn. Химическую неоднородность металла оценивали по разбросу значений содержания Mn, по среднеквадратичному отклонению и коэффициенту вариации этого элемента. Обобщенные результаты исследований химической неоднородности металла первой серии плавов (5 экспериментальных и 5 сравнительных) представлены в табл. 1.

Структурную неоднородность металла в НЛЗ (профиль 150×150) оценивали в соответствии с требованиями ТУ У 14-2-1222-98. Для этого по ходу разливки или в процессе охлаждения из НЛЗ вырезали поперечные темплеты. Вырезку темплетов проводили на втором ручье МНЛЗ от 3-ей и 5-ой по ходу разливки НЛЗ каждой исследуемой плавки. Макроструктуру изучали после

Химическая неоднородность стали рядового марочного сортамента

| Оценочный параметр | Марка стали | Химическая неоднородность по Mn | |
|--------------------------------------|-------------|---|---|
| | | Экспериментальные плавки (ковш № 36) | Сравнительные плавки (ковши № 4, 16, 17, 19, 37) |
| Размаха вариации по содержанию Mn, % | 3сп | 0,0310 ¹⁾ | о. з. |
| | 4сп | 0,0120 ¹⁾ | 0,0400 ²⁾ |
| | 5сп | 0,0206 ²⁾ | 0,0380 ²⁾ |
| Среднеквадратичное отклонение | 3сп | 0,0101 ¹⁾ | о.з. |
| | 4сп | 0,0048 ¹⁾ | 0,0164 ²⁾ |
| | 5сп | 0,0073 ²⁾ | 0,0167 ²⁾ |
| Коэффициент вариации | 3сп | 1,80 ¹⁾ | о.з. |
| | 4сп | 0,71 ¹⁾ | 2,97 ²⁾ |
| | 5сп | 1,12 ²⁾ | 2,58 ²⁾ |

Примечание. ¹⁾ для 1-ой плавки; ²⁾ для 2-х и более плавков; о. з. – отсутствие заказа.

простройки и травления темплетов. Обобщенные результаты исследований макроструктуры металла НЛЗ этой серии плавков представлены в табл. 2.

Представленные в табл. 1 и 2 данные свидетельствуют об улучшении химической однородности металла по содержанию Mn при обработке в экспериментальном ковше по сравнению с обработкой в стандартных ковшах. Такой результат, вероятно, можно объяснить более эффективным перемешиванием расплава, что подтверждается результатами численного

исследования процессов плавления ферромарганца ФМн78 и усреднения целевого элемента Mn в объеме ванны [1]. Оценкой макроструктуры НЛЗ, в целом, не установлено существенного отличия металла сравнительных плавков. В то же время, следует отметить незначительное уменьшение величины и сокращение (на 0,5 балла) пределов бальности по ЦП, ОЛ и ЛПоБ в металле экспериментальных плавков.

Учитывая положительные результаты исследований, в дальнейшем была проведена серия опытно-промышленных плавков стали трубного

Таблица 2

Макроструктура НЛЗ стали рядового марочного сортамента

| Требования ТУ У 14-2-1222-98 | | Марка стали | Результаты контроля макроструктуры, балл | |
|------------------------------------|----------------|-------------|--|--|
| Параметр | Балл, не более | | Экспериментальные плавки (ковш № 36) | Сравнительные плавки (ковши № 4, 17, 18, 19, 37) |
| Центральная пористость (ЦП) | 3,0 | 3сп | 1,0-1,5 ²⁾ | о. з. |
| | | 4сп | 1,5 ¹⁾ | 1,5-2,0 ²⁾ |
| | | 5сп | 1,0-2,0 ²⁾ | 1,5-2,5 ²⁾ |
| Осевая ликвация (ОЛ) | 3,0 | 3сп | 0,5-1,5 ²⁾ | о. з. |
| | | 4сп | 1,0 ¹⁾ | 0,5-1,0 ²⁾ |
| | | 5сп | 0,5-1,5 ²⁾ | 1,0-2,0 ²⁾ |
| Ликвационные полосы общие (ЛПоБ) | 2,0 | 3сп | 1,0 ¹⁾ | о. з. |
| | | 4сп | 1,0-1,5 ²⁾ | 0,5-1,5 ²⁾ |
| | | 5сп | 1,0-2,0 ²⁾ | 1,0-2,0 ²⁾ |
| Ликвационные полосы осевые (ЛПос) | 2,0 | 3сп | 1,5-2,0 ²⁾ | о. з. |
| | | 4сп | 1,0-1,5 ²⁾ | 0,5-1,0 ²⁾ |
| | | 5сп | 0,5-1,5 ²⁾ | 0,5-1,0 ²⁾ |
| Краевые точечные загрязнения (КТЗ) | 2,0 | 3сп | 1,0-1,5 ²⁾ | о.з. |
| | | 4сп | 1,5-2,0 ²⁾ | 1,0 ¹⁾ |
| | | 5сп | 1,0-2,0 ²⁾ | 1,0-2,0 ²⁾ |
| Светлая полоса (СП) | 3,0 | 3сп | 0,0-0,0 ²⁾ | о. з. |
| | | 4сп | 0,0 ¹⁾ | 0,0-0,0 ²⁾ |
| | | 5сп | 0,0-0,0 ²⁾ | 0,0-0,0 ²⁾ |

Примечание. ¹⁾ для 1-ой плавки; ²⁾ для 2-х и более плавков; о. з. – отсутствие заказа.

СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

марочного сортамента (20тр, 45тр) с использованием двух экспериментальных ковшей (№ 12 и 36) с измененным расположением продувочного узла. На этой серии плавок химическую и структурную неоднородность металла изучали в НЛЗ и трубной заготовке (ТЗ). Вырезку темплетов из НЛЗ осуществляли аналогично предыдущей серии плавок, а темплетов из ТЗ проводили от соответствующих заготовок и горизонтов по длине раската НЛЗ. В отобранных поперечных темплетях в соответствии с принятым на комбинате порядком из трех зон (приповерхностная,

1/2 диагонали или радиуса и осевая) отбирали стружку для определения содержания Mn.

В табл. 3 представлены обобщенные результаты исследований химической неоднородности стали плавок трубного сортамента (7 экспериментальных и 4 сравнительных).

Макроструктуру НЛЗ (ТУ У 14-2-1222-98) оценивали в профиле 335×400 мм, а ТЗ (ГСТУ 3-009-2000) – в кругах диаметром 200, 230 и 270 мм. В табл. 4 представлены результаты исследования макроструктуры НЛЗ и ТЗ стали серии плавок трубного сортамента.

Таблица 3

Химическая неоднородность стали трубного марочного сортамента

| Оценочный параметр | Марка стали | Химическая неоднородность НЛЗ и ТЗ по Mn | | | |
|-------------------------------------|-------------|--|---------------------|--|---------------------|
| | | Экспериментальные плавки (ковш № 12, 36) | | Сравнительные плавки (ковши № 4, 16, 17, 19, 37) | |
| | | НЛЗ | ТЗ | НЛЗ | ТЗ |
| Размах вариации по содержанию Mn, % | 20тр | 0,023 ²⁾ | 0,016 ²⁾ | 0,036 ²⁾ | 0,032 ²⁾ |
| | 45тр | 0,051 ²⁾ | 0,043 ²⁾ | 0,054 ¹⁾ | 0,051 ¹⁾ |
| Среднеквадратичное отклонение | 20тр | 0,008 ²⁾ | 0,007 ²⁾ | 0,015 ²⁾ | 0,010 ²⁾ |
| | 45тр | 0,017 ²⁾ | 0,010 ²⁾ | 0,022 ¹⁾ | 0,019 ¹⁾ |
| Коэффициент вариации | 20тр | 1,59 ²⁾ | 1,22 ²⁾ | 3,75 ²⁾ | 3,18 ²⁾ |
| | 45тр | 2,27 ²⁾ | 1,81 ²⁾ | 3,93 ¹⁾ | 3,27 ¹⁾ |

Примечание. ¹⁾ для 1-ой плавки; ²⁾ для 2-х и более плавок.

Таблица 4

Макроструктура НЛЗ и ТЗ стали трубного марочного сортамента

| Требования ТУ У 14-2-1222-98 ГСТУ 3-009-2000 | | Марка стали | Результаты контроля макроструктуры, балл | | | |
|--|--|-------------|---|---------|--|---------|
| Параметр | Балл, не более | | Экспериментальные плавки (ковши № 12, 36) | | Сравнительные плавки (ковши № 4, 17, 18, 19, 37) | |
| | | | НЛЗ | ТЗ | НЛЗ | ТЗ |
| Центральная пористость (ЦП) | 3,0 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 20тр | 1,5-2,0 | 1,5-2,0 | 1,0-2,0 | 2,0-2,0 |
| | 3,0 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 45тр | 2,0 ^{*)} | 1,0-1,5 | 4,0 ^{*)} | н. о. |
| Общая пористость (ОП) | не нормируется 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 20тр | н. о. | 1,5-2,0 | н. о. | 1,5-2,0 |
| | не нормируется 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 45тр | н. о. | 1,5-2,0 | н. о. | 1,5-2,0 |
| Осевая ликвация (ОЛ) | 3,0 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 20тр | 1,5-2,0 | 1,0-1,5 | 2,0-2,0 | 1,0-2,0 |
| | 3,0 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 45тр | 2,0 ^{*)} | 1,0-1,5 | 1,5 ^{*)} | 1,5-2,0 |
| Ликвационные полосы общие (ЛПОб) | 2,0 1гр.-1,0 2гр.-2,0 | 20тр | 0,5-1,0 | 0,0-1,0 | 1,0-1,5 | 0,0-0,0 |
| | 2,0 1гр.-1,0 2гр.-2,0 | 45тр | 1,0 ^{*)} | 0,0-0,5 | 1,0 ^{*)} | 0,0-0,5 |

| Требования ТУ У 14-2-1222-98 ГСТУ 3-009-2000 | | Марка стали | Результаты контроля макроструктуры, балл | | | |
|--|------------------------------------|----------------|--|------------------------|---|-----------------------------------|
| Параметр | Балл, не более | | Экспериментальные плавки (ковши № 12, 36) | | Сравнительные плавки (ковши № 4, 17, 18, 19, 37) | |
| | | | НЛЗ | ТЗ | НЛЗ | ТЗ |
| Ликвационные полосы осевые (ЛПос) | <u>2,0</u> 1гр.-1,0 2гр.-2,0 | 20тр | 1,0-1,5 | 0,0-0,5 | 1,0-1,5 | 0,5-1,5 |
| | <u>2,0</u> 1гр.-1,0 2гр.-2,0 | 45тр | 0,5 ^{*)} | 0,0-0,0 | 0,0 ^{*)} | 0,0-0,0 |
| Краевые точечные загрязнения (КТЗ) | <u>2,0</u> 1гр.-1,0 2гр.-2,0 | 20тр | 1,0-2,0 | 0,5-2,0 ^{**)} | 1,0-2,0 | Брак по н. в. по всему сечению |
| | <u>2,0</u> 1гр.-1,0 2гр.-2,0 | 45тр | 0,5 ^{*)} | 0,5-2,0 ^{**)} | 1,5 ^{*)} | Брак по н. в. по всему сечению |
| Светлая полоса (СП) | <u>3,0</u> 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 20тр | 0,5-0,5 | 0,5-1,0 | 0,5-1,0 | 0,5-0,5 |
| | <u>3,0</u> 1гр.-2,0 2гр.-3,0 | 45тр | 0,5 ^{*)} | 0,5-0,5 | 0,5 ^{*)} | 0,5-0,5 |

Примечание. ^{*)} для 1-ой плавки; н. о. – не определяли; ^{**)} брак по неметаллическим включениям в краевой зоне.

В связи с получением положительных результатов по повышению химической однородности стали (в среднем на 20-40 %) и незначительному улучшению качества макроструктуры НЛЗ и ТЗ за счет использования экспериментальных ковшей с измененным расположением продувочного узла решено продолжить исследования в направлении опробования скорректированных (по предложениям ИЧМ НАНУ) режимов продувки и оценить их влияние на качество НЛЗ, ТЗ, передельной заготовки и готовой арматурно-проволочной металлопродукции, в т. ч. на содержание, природу и распределение неметаллических включений.

Выводы

1. На двух сериях опытно-промышленных плавки стали рядового и трубного марочного сортамента в условиях ПАО «ДМКД» опробовано использование экспериментальных ковшей емкостью 250 т с измененным расположением донного продувочного узла без корректировки режимов обработки на УКП.

2. Определена возможность повышения химической однородности НЛЗ и ТЗ, а также улуч-

шения макроструктуры заготовок из стали исследованного марочного сортамента за счет обработки на УКП в экспериментальных ковшах по сравнению с обработкой в стандартных ковшах.

3. В связи с выявленным несоответствием качества ТЗ требованиям ГСТУ 3-009-2000 по неметаллическим включениям и для минимизации их количества в металлопрокате рекомендовано продолжить исследования влияния режимов обработки в ковше стали качественного марочного сортамента в зависимости от расположения продувочного узла.

Библиографический список

1. Experimental testing of the validity of mathematical models of hydrodynamics and transfer for the melt processing conditions in ladle furnace unit / V. P. Pipyuk, S. E. Samokhvalov, I. A. Pavlyuchenkov et. al. // Scopus Feedback Metallurgist. – 2013. – 57(3-4). – P. 194.

Поступила 26.06.2015