

том средней скорости охлаждения расплава без подогрева - примерно 0,5 °С/мин. Для обеспечения равных условий во всех исследуемых плавках и учета вышеуказанных факторов расход электроэнергии определяли по формуле

$$Q_{уд} = Q_{уд}^{\phi} - Q_{лег} - Q_{охл}, \quad (5)$$

где  $Q_{уд}^{\phi}$  - фактический удельный расход электроэнергии, определяемый согласно паспортным данным внепечной обработки стали, кВт·ч/т;

$Q_{лег}$  - охлаждающий эффект вводимых добавок, определяемый как

$$Q_{лег} = \Delta T_{лег} \cdot G_{ме} \cdot C_{ме}, \quad (6)$$

где  $\Delta T_{лег}$  - охлаждающий эффект вводимой добавки,

$C_{ме}$  - теплоемкость жидкой стали, равная 0,189 кВт·ч/(т·град),

$Q_{охл}$  - охлаждение расплава за время продувки его аргоном (без подогрева),

$$Q_{охл} = V_{охл} \cdot C_{ме} \cdot \tau_{об}, \quad (7)$$

где  $V_{охл}$  - средняя скорость охлаждения расплава во время продувки его аргоном.

Анализ полученных уравнений регрессии [3] показывает, что имеется достоверная зависимость между расходом электроэнергии и толщиной шлака в ковше. С увеличением величины  $H_{шл}$  удельный расход электроэнергии уменьшается, что связано с уменьшением величины открытой части электрических дуг и уменьшением тепловых потерь с отходящими газами и охлаждающей водой. Линии регрессии для стали 45 и ШХ15 имеют незначительные отличия друг от друга, что свидетельствует о том, что приведенные зависимости идентичны для любой марки стали.

Таким образом, оптимальной толщиной шлака следует считать величину 13÷15 см для стали 45 и 13÷17 см для стали ШХ15. При этом полностью экранируются электрические дуги, уменьшается расход электроэнергии, коэффициент усвоения ферросплавов находится на максимальном уровне и достигается экономия извести.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров А.В. Электроплавильные печи черной металлургии. М.: Металлургия, 1985.-280с.
2. Морозов А.Н. Современное производство стали в дуговых печах. - Челябинск: Металлургия, 1987. - 175 с.
3. Харламов Д.А., Меркер Э.Э. Труды международной научной конференции «Образование, наука, производство и управление в XXI веке», Ст. Оскол: ООО «ТНТ», 2004. Т.2., с. 238-241.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СТАЛИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПРИ РАЗЛИВКЕ НА МНЛЗ

Харламов Д.А., Дрозд А.В., Меньшиков П.В.

Старооскольский технологический институт (Ф) МИСиС,  
Старый Оскол

Для определения влияния футеровки промковшей на загрязненность стали неметаллическими включениями проведено исследование проката ст.20, разлитой и промежуточные ковши с различной футеровкой в условиях ЭСПЦ ОАО «ОЭМК» [1].

Установлено [2], что наибольшая загрязненность стали сульфидами S наблюдается у стали, не подвергнутой вакуумированию и разлитой с использованием торкрет - массы «МПТ-2». При этом в стали, обработанной вакуумом и разлитой через промковш с такой же торкрет-массой, содержание сульфидов примерно на 30 % меньше, что свидетельствует о заметном влиянии режима внепечной обработки на качество стали. Наименьшая загрязненность стали наблюдается при разливке с использованием торкрет-массы "Lafarg" - 35,2 % шлифов максимальным баллом  $\geq 3$ .

Анализ показывает, что наибольший процент силикатов хрупких содержится в стали, разлитой с использованием торкрет - масс «МПТ-2» и «SMZ» - 19,4 % и 15,2 % соответственно. У плавков, подвергнутых вакуумированию, силикаты хрупкие полностью отсутствуют в прокате.

Уровень содержания силикатов недеформирующихся примерно одинаков во всех исследуемых микрошлифах стали, не подвергавшихся вакуумированию, поэтому можно сделать вывод о том, что на их содержание тип футеровки промковша влияния не оказывает. Для стали, подвергнутой обработке вакуумом, содержание СН на 25 - 40 % меньше.

Величина среднего балла оксидов точечных примерно одинакова для всех типов футеровки, за исключением торкрет - массы "Lafarg" (для плавков с вакуумированием). Максимальный балл наблюдается у плавков, разлитых с использованием торкрет массы «МПТ-2». Одинаковое значение величины От для плавков с вакуумированием и без вакуумирования для данного типа футеровки можно объяснить малым количеством микрошлифов для вакуумированных плавков (6 шт.).

Обобщенный анализ полученных данных [2] показывает, что по сравнению с кирпичной футеровкой промковша несколько повышенное содержание сульфидов и силикатов наблюдается при использовании торкрет - массы «МПТ-2». Наилучшие результаты по содержанию включений наблюдаются при разливке стали с использованием торкрет - массы "Lafarg".

Наибольшая загрязненность стали наблюдается по содержанию сульфидов и силикатов недеформирующихся. Однако, как показали исследования, включения типа оксидов строчечных Ос и силикатов пластичных Сп полностью отсутствуют в прокате всех исследованных плавков.

Кислородные включения высокого балла, которые не связаны с материалом футеровки промковшей,

во всех исследованных группах стали марки 20 представлены включениями типа «силикаты хрупкие» и «силикаты недеформирующиеся».

Все исследованные силикаты недеформирующиеся имеют правильную форму и размер до 180 мкм. Состав представленных включений позволяет отнести их к продуктам раскисления, т.к. они содержат большое количество Al и Ca, что связано с введением соответствующей проволоки при выпечной обработке металла. Т.к. представленные торкрет-массы состоят из MgO, можно сделать вывод, что тип футеровки в данном случае не влияет на количество и размер данного типа включений.

Вид и качественный состав силикатов хрупких позволяет отнести их к смывам отложений в разливочном канале. Максимальный размер СХ наблюдается при разливке стали с использованием торкрет-массы «МПП-2» - до 720 мкм. Минимальный размер включений наблюдается у «SMZ» и "Lafarg" - 160 и 260 мкм соответственно. Кроме того, значительное влияние на размер включений оказывает также конструкция промковша. В случае применения высоких ловушек в нем максимальный размер СХ примерно в 4 раза меньше по сравнению с промковшом обычной конструкции, что видно на примере использования торкрет-массы «SMZ». Таким образом, оптимизация конструкции промковша приводит к значительному уменьшению стали неметаллическими включениями.

**Выводы.** На общее загрязнение стали 20 материал футеровки определяющего влияния не оказывает. Загрязненность плавков, крупными кислородными включениями баллом  $\geq 3$ , разлитых через кирпичный промковш (количество шлифов, оцененных баллом  $\geq 3$  по  $S_{Cr}=6,3\%$ ,  $S_{H}=64,6\%$ ) выше, чем плавков, разлитых через промковш, футерованный торкрет-массой фирмы «Lafarg» (по  $S_{Cr}=4,2\%$ ,  $S_{H}=54,2\%$ ), и ниже, чем плавков, разлитых через промковши, футерованные торкрет-массами SMZ (по  $S_{Cr}=15,2\%$ ,  $S_{H}=66,7\%$ ) и МПП-2 (по  $S_{Cr}=19,4\%$ ,  $S_{H}=77,8\%$ ).

Низкие показатели загрязненности проката неметаллическими включениями отмечены в прокате вакуумированного металла, разлитого через промковш, футерованный торкрет-массой МПП-2 (н.в. типа  $S_{Cr}=0\%$ , типа  $S_{H}=50\%$ ) и через промковш, футерованный массой фирмы «Lafarg» (н.в. типа  $S_{Cr}=0\%$ , типа  $S_{H}=38,9\%$ ). Лучшие показатели по загрязненности металла неметаллическими включениями имеет прокат вакуумированных плавков, разлитых через промковш с высокими перегородками (торкрет-масса фирмы «Lafarg»).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокарев С.П., Кондратюк В.А., Зубков А.И. // Сталь, № 7, 2000. с. 35-37.
2. Харламов Д.А., Дрозд А.В., Меньшиков П.В. Труды международной научной конференции «Образование, наука, производство и управление в XXI веке», Ст. Оскол: ООО «ТНТ», 2004. Т.2., с. 220-224.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

Харламов Д.А., Серкин М.А., Болотов С.Г.

*Старооскольский технологический институт (ф) МИСиС,  
Старый Оскол*

При разработке технологии выпечной обработки стали 45 с повышенным содержанием серы и алюминия проводили сравнение технологической обрезки по затягиваниям разливочных каналов, выходу годного и серийности разливки в 2 периодах - базовом и отработанной опытной технологии [1]. Сравнение проведено по всем маркам среднеуглеродистого сортамента с высокими содержаниями серы и алюминия.

При использовании опытной технологии, в сравнении с базовой, значительно улучшилась «разливаемость» металла. Улучшение «разливаемости» металла привело к улучшению следующих ТЭП производства стали:

- в 1,8 раза (с 2,1 до 3,7 плавков в серию) увеличилась средняя серийность разливки металла и в 1,8 раза снизился расход огнеупоров для футеровки промковшей;

- на 12% (с 133,9т до 149,7т) увеличился средний выход годного металла;

- в 2,7 раза (с 7,8 т/пл до 2,9 т/пл) снизилась средняя технологическая обрезка по затягиваниям разливочных каналов, замене погружных стаканов и снизился расход погружных стаканов;

- в 3,1 раза (с 5,0 т/пл до 1,6 т/пл) снизилась средняя хвостовая технологическая обрезка, полученная из-за затягивания разливочных каналов.

В данной работе проводили также оценку неметаллических включений по методу K4(O), оценка неметаллических включений по ГОСТ 1778, JK и K4(O) сталей, выплавленных по базовой технологии и опытной (с уменьшенным количеством силикокальция).

Анализ данных [2] показывает, что размер сульфидов в стали, обработанной по опытной технологии (среднее значение 4,0, максимальное 4,5 балла) несколько выше, чем в базовых плавках (3,1 среднее, 3,5 максимум), что связано с повышенным содержанием серы в исследуемой марке стали, о чем свидетельствуют данные табл. 4.6. В то же время величина силикатов недеформируемых в опытных плавках на 0,3 балла меньше, а силикаты хрупкие полностью отсутствуют в прокате.

Таким образом, при оценке неметаллических включений по ГОСТ 1778, JK и K4(O) лучшие результаты (за исключением оценки сульфидов по ГОСТ) получены на массиве плавков произведенных по опытной технологии (с пониженным количеством вводимого кальция).

Базовая технология производства стали 45 предусматривала обязательное использование АКОС для выпечной обработки, с подачей силикокальция перед разливкой в количестве 350-380 м (в пересчете на СК20 с наполнением 220 г/м) и порошковой проволокой с чистой серой.

Выпечная обработка данных марок производится с обязательным использованием АКОС, при этом:

- известь присаживается в количестве не более