

*аспирант Горяинова Т.В.
(ОАО АМК, г. Алчевск, Украина),
проф. Рябичева Л. А.
(ВНУ им. В. Даля, зав. кафедрой «Прикладное материаловедение»
г. Луганск, Украина E-mail: material@snu.edu.ua*

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ В ЗОНЕ ДЕФЕКТА «ПОЯС» ПРИ ОСТАНОВКЕ МНЛЗ НА СЛЯБАХ ИЗ ДОПЕРИТЕКТИЧЕСКИХ МАРОК СТАЛЕЙ

Наведені результати практичних досліджень для збільшення економії метала без зниження якості продукції під час зупинок машини безперервного лиття від 5 до 10 секунд на слябах з перитектичних марок сталей.

В последнее время все большая часть металлопродукции экспортируется, жесткие условия мирового рынка требуют от украинских производителей конкурировать не только по ценам на продукцию, но и по качественным показателям [1]. Одним из поверхностных дефектов, влияющим на качество непрерывнолитого сляба, является «пояс». На поверхности сляба он проявляется как углубление, расположенное перпендикулярно ребрам заготовки по всему периметру, глубина и ширина углубления зависит от времени перерыва подачи металла в кристаллизатор [2]. «Пояс» является одним из серьезных дефектов сляба, и видимая часть на поверхности в виде углубления не отражает действительных размеров дефекта, так как существует зона влияния до и после «пояса», где наблюдаются изменение макро- и микроструктуры металла. При удалении участка с дефектом протяженность зоны дефекта не учитывается, а задается технологической инструкцией без достаточного обоснования, что приводит к увеличению обрезки годного металла или к попаданию в товарную продукцию участков обогащенных ликватами, неметаллическими включениями, раковинами. Таким образом, необходимы практические исследования для обоснования достаточного количества удаляемого металла.

В настоящее время накоплен большой объем данных об условиях образования дефектов, систематизации их видов, способов предотвращения. Классификации дефектов металла по происхождению на произ-

водственные, металлургические, технологические, эксплуатационные, разделению их по степени тяжести на явные, скрытые, исправимые и неисправимые посвящена работа [3,1]. Приазовским Государственным техническим университетом в сотрудничестве с комбинатом «Азов-сталь» был составлен классификатор поверхностных и внутренних дефектов с анализом вероятных причин их возникновения [4]. Австрийская фирма Voest-Alpine Industrieanlagenbau - разработчик машин непрерывной разливки и поставщик программного обеспечения процесса на основании опыта предприятия Stalwork разработала рекомендации по установке причин возникновения тех или иных дефектов. По классификации VAI дефекты разделяют на металлургические, механические, наружные и внутренние [5].

Для контроля дефектов на поверхности непрерывнолитого слитка в процессе разливки на предприятиях отрасли применяются различные системы. Так, например, для распознавания места расположения дефекта типа «пояс» на Череповецком металлургическом комбинате в сотрудничестве с Вологодским политехническим институтом был разработан алгоритм распознавания местоположения и протяженности дефектных участков слябов в процессе разливки, основанный на анализе сигналов с датчиков, фиксирующих величину усилий, между оболочкой слитка и роликами поддерживающих элементов. В стационарных режимах разливки значения усилий находятся в определенных для данного режима пределах, при обкатывании роликами макронеровностей, связанных с дефектом, резко возрастает значения усилий, и система выделяет это место для оптимизации раскроя сляба [6].

На Алчевском металлургическом комбинате существует система слежения за ручьем с целью оптимизации реза, так называемая, визуализация ручья. Во всех случаях системой засекается координата события и отслеживается по ручью до зоны порезки [7].

Практически на каждом металлургическом предприятии, имеющем установки непрерывной разливки, составлен или составляется свой классификатор дефектов, учитывающий местный сортамент, температурно-скоростные режимы, индивидуальные особенности конструкции МНЛЗ. Поэтому классификатор дефектов одного предприятия не может приниматься другим предприятием как руководство к действию без дополнительных корректировок.

Целью данной работы является изучение характера изменения микроструктуры в зоне дефекта «пояс» при остановке МНЛЗ от 5 до 10 секунд на слябах из доперитектических марок сталей для увеличения экономии металла без снижения качества продукции. Исследования проводились на примере стали марки 1006, размер сечения кристалли-

затра 200x950мм - наименьший размер сляба, разливаемый на МНЛЗ, фрагмент сляба с «поясом» показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид дефекта «пояс» на участке сляба

В зависимости от содержания углерода изменяется характер и скорость протекания переходных процессов во время кристаллизации, поэтому каждая марка стали по-разному ведет себя в кристаллизаторе во время разливки. Например, во время разливки доперитектических низкокремнистых марок сталей с содержанием углерода 0,02-0,08%, Si ≤ 0,03%, раскисленных только алюминием с небольшим количеством марганца 0,25-0,45%, нарастание корочки происходит равномерно, поэтому колебания уровня металла в кристаллизаторе при работе системы автоматического контроля уровня металла (LevCon) минимальны и составляют всего 2-5 мм. Металл предназначен для производства холоднокатанных рулонов глубокой вытяжки и чистота стали по неметаллическим включениям является не только показателем качества но и гарантом стабильности процесса вытяжки.

Для исследования темплеты отбирались соответственно схемы, указанной на рисунке 2:

750 мм	500 мм	250 мм	Место сляя	250 мм	500 мм	750 мм
--------	--------	--------	---------------	--------	--------	--------

Рисунок 2 – Схема отбора темплетов

Исследования макро- и микроструктуры проводились несколькими методами: путем снятия серного отпечатка по Бауману, глубоким травлением в 5% растворе HCl [8], изучением характера изломов с последующим фотографированием макроструктуры, а также оценкой микроструктуры на наличие неметаллических включений.

При изучении серных отпечатков было отмечено усиление интенсивности сегрегации и точечных включений на срезе 250 мм до и после места спая до 1-го балла, на срезах 750, 500 мм до и после спая сегрегация составляет 0.5 балла.

Макротравление выявило поперечно-радиальные трещины в межденритных пространствах с шагом 10-15 мм и длиной 5-15 мм на срезах 250 мм до и после места спая.

На срезах 750 и 500 мм до и после места спая увеличение трещинообразования не замечено.

Исследование микроструктуры на наличие неметаллических включений в центральной зоне показало, что на срезах 750 и 500 мм до и после места спая количество точечных оксидов соответствует 0-0.5 баллу. На расстоянии 250 мм до места спая количество точечных оксидов соответствует 2-му баллу, на расстоянии 250 мм после места спая обнаружены сложные оксисульфиды локального характера, соответствующие 2.5 баллу (рисунок 3) [9].

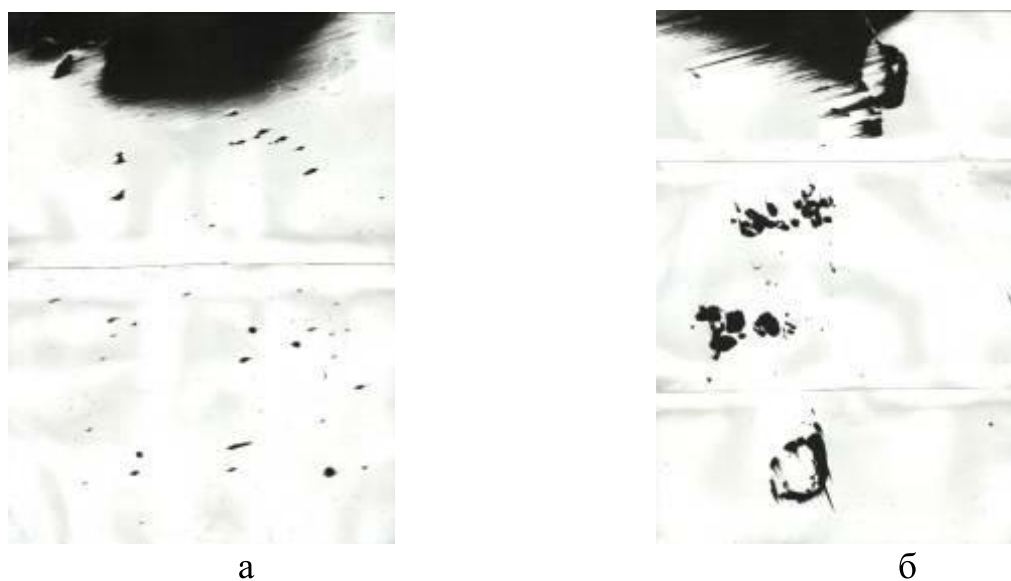


Рисунок 3 – Распределение неметаллических включений непосредственно в зоне дефекта: а – малый радиус, б – большой радиус; $\times 100$

Визуально распределение неметаллических включений в районе дефекта «пояс» можно представить в виде диаграммы (рис. 4), из которой хорошо видно, что наиболее крупные металлические включения сосредоточены в месте спая.

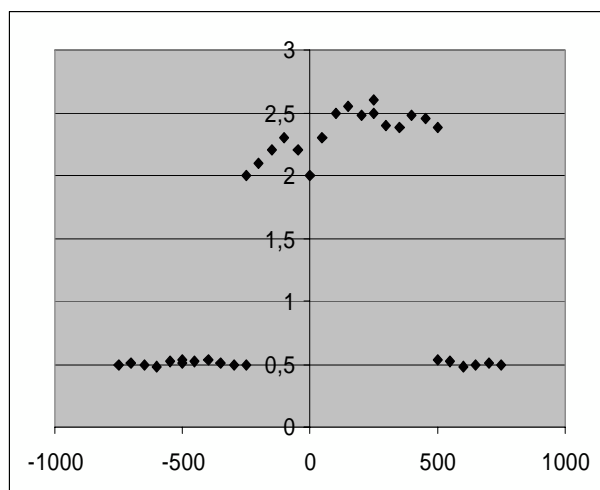


Рисунок 4 – Распределение неметаллических включений в районе пояса; по оси x- расстояние до и после спая, по оси y- балл включений

При замере слябов в местах планируемой порезки и сравнением полученных размеров с заданными было отмечено, что отклонения по ширине превышают минимальные допуски. Так, фактическое отклонение размера на срезах 750 и 500 мм до места спая составляет -20 мм (-10 мм допуск + -10 мм усадка = -20 мм суммарное отклонение) на срезах 250 мм до спая, 250, 500, 750 мм после спая отклонения от размера больше и суммарное отклонение составляет -30 мм. На участках расположенных, на расстоянии 1000 мм до и после спая отклонения по ширине отсутствуют. Прилегающая к дефекту зона проявляется как участок металла с отклонениями по геометрическим размерам. Это объясняется переохлаждением металла в кристаллизаторе, что приводит к уплотнению, измельчению макроструктуры. В условиях затвердевания большое влияние на переохлаждение или величину температурного градиента оказывают конвективное движение расплава вдоль вертикального фронта кристаллизации. В итоге такого движения тепло из перегретых внутренних объемов передается к границе затвердевания и увеличивает температурный градиент. При остановке машины даже на несколько секунд конвективное движение металла отсутствует. Степень переохлаждения влияет на расстояние между ветвями дендритов первого и второго порядков, протяженность двухфазного состояния и другие параметры затвердевания расплавов. В зависимости от отношения градиента температуры к скорости кристаллизации формируется столбчатая дендритная структура (при средних значениях этого отношения), которая стремится к равноостной (при более низких значениях) [10]. Градиент температур по существу характеризует скорость охлаждения расплава, которая

влияет на величину кристаллов и их свойства при увеличении скорости охлаждения от 10 до 10^4 °C/с размер кристаллов изменяется от крупных до мелких. Возникновение мелких кристаллов наблюдается в тонких сечениях, когда скорость охлаждения превышает 10^4 °C/с [11]. На рисунке 5 представлены виды изломов: дендритный излом характерный для нормального не переохлажденного литого металла центральной зоны (а), и измельчение структуры, вследствие увеличения переохлаждения (б), чем и объясняется увеличение усадки.

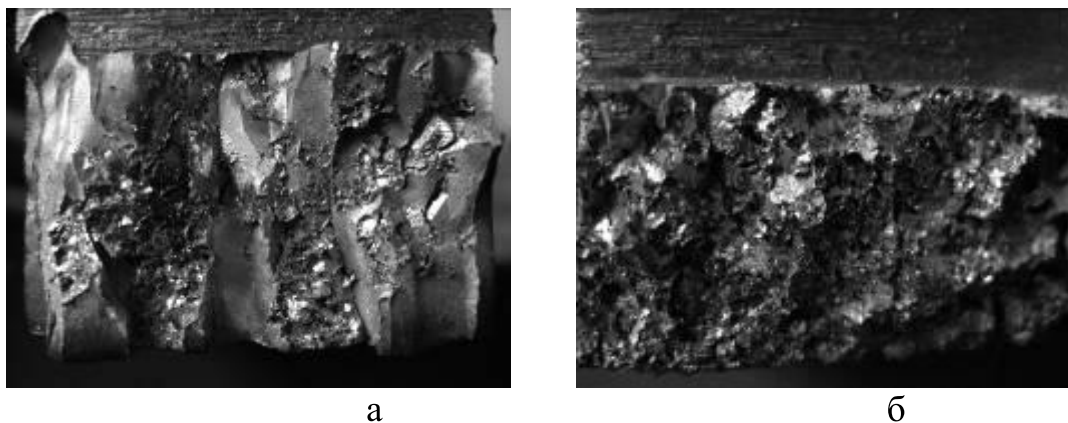


Рисунок 5 – Изломы металла, масштаб 1:2

Изменение размеров кристаллов в зависимости от степени переохлаждения можно представить в виде следующей диаграммы (рис. б), из которой видно, что измельчение структуры наблюдается до спая и после спая.

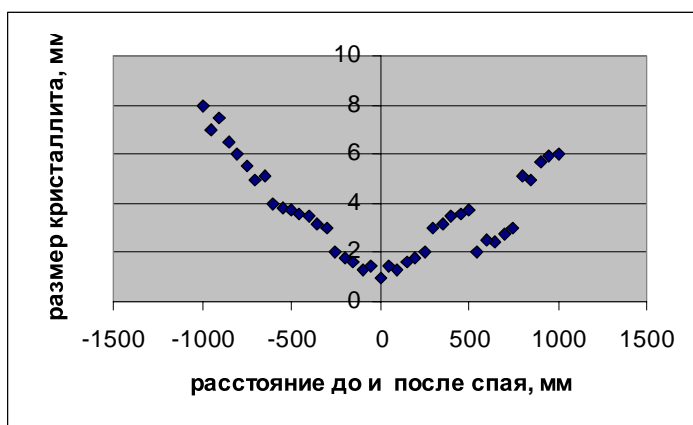


Рисунок 6 – Изменение размеров кристаллитов по обе стороны от спая

Вывод

Проведенные исследования показали, что на срезах 750, 500, 250 мм до и после места сая происходит чрезмерное уплотнение макроструктуры, приводящее к охрупчиванию металла и отклонениям по геометрическим размерам. Срезы на расстоянии 250 мм до и после места сая насыщены неметаллическими включениями 2 -2.5 балла.

Учитывая вышеперечисленное на слябах сечением 200x950 мм из доперитектических марок сталей целесообразно делать припуск 1000 мм до и после «пояса» для оптимизации размеров сляба после удаления дефектного участка.

Приведены результаты практических исследований для увеличения экономии металла без снижения качества продукции во время остановок машины непрерывного литья заготовок от 5 до 10 секунд на слябах из перитектических марок сталей.

There are practical tests results just to decrease steel quantity and keep the same quality during CCM breaks within 5 - 10 seconds with the peritectic grade of steel slabs.

Библиографический список.

1. Е.Н. Смирнов *Свойства и структура заготовок непрерывнолитого металла для производства проката ответственного назначения // Металл и литье Украины.- 2001.- №3-4.- С.17-19.*
2. А.Н.Смирнов, В.А. Пилюшенко, А.А. Минаев. И др., *Процессы непрерывной разливки // Д.: Изд-во Донецк, 2002.-400 С.*
3. Н.Ф.Хорло, А.А.Дейнеко *Дефекты металла //.-Х.:Издательство Харьков, 1998.-60 С.*
4. И.И. Троцан, Д.А. Дюдкин, В.Ф.Бочек и др., *// Материалы Конференции Приазовского технического Университета.-2001.- 60с.*
5. *Руководство по эксплуатации - Контроль дефектов VAI-explorer//VOEST-ALPINE industrialagenbau 2006.*
6. Тихановский В.А., Кузьминов А.Л. *Автоматизированный контроль положения дефектных участков на поверхности слитка в процессе разливки стали // Сталь. - 1992. - №1. - С. 27-29.*
7. *Руководство по эксплуатации МНЛЗ VAI-explorer//VOEST-ALPINE industrialagenbau 2006.*
8. *ГОСТ10243-81. Методы испытаний и оценки макроструктуры // М.- Изд-во стандартов. 1989.- 27с.*
9. *ГОСТ 1778-70. Металлографические методы определения неметаллических включений // М.:Изд-во стандартов, 1970.- 24с.*

10. Арзамасов Б.Н., Крашенинников А.И., Пастухов Ж.П. и др. *Научные основы материаловедения.* - М.: Изд-во МГТУ, 1994. – 366 с.

11. В.А.Ефимов, А.С.Эдътарханов, и др. *Влияние градиента температуры на кристаллическую структуру литья // Сталь.*- 2001.- №5.- С.25-27.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Луценко В.А.