



*Defects of continuous cast still billets, which run because of the deviation from the given technology, are investigated and causes of their forming are established in JSC "BSW".*

И. А. КОВАЛЕВА, Н. А. ХОДОСОВСКАЯ, И. А. ГУЗОВА, А. В. ДЕМИН, ОАО «БМЗ»

УДК 669.21

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ДИАМЕТРОМ 200 мм И ПРИЧИН ИХ ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОАО «БМЗ»

Внедрение высоких технологий и освоение новых видов продукции – одна из основных концепций успешного развития Открытого акционерного общества «Белорусский металлургический завод». Основным и главным условием успешного функционирования трубопрокатного производства является обеспечение его качественной исходной заготовкой, в том числе непрерывнолитой, а также повышение производительности и конкурентоспособности произведенной продукции.

Процесс производства трубопрокатной металлопродукции включает в себя ряд переделов, каждый из которых вносит вклад в формирование конечного комплекса свойств металла. Тем не менее, в большинстве случаев основы формирования запланированных характеристик закладываются прежде всего в сталеплавильном производстве, что делает необходимым совершенствовать и развивать сталеплавильные технологии на принципиально новом качественном уровне.

Дефекты, образующиеся из-за отклонения от заданной технологии, значительно снижают технологическую пластичность металла в условиях его дальнейшей обработки и эксплуатационной стойкости.

В 2009 г. на ОАО «БМЗ» была проведена глобальная реконструкция машины непрерывного литья заготовок № 3 (МНЛЗ-3). Осуществление комплекса мероприятий по модернизации машины позволило наладить производство круглых непрерывнолитых заготовок диаметром 200 мм, используемых для получения бесшовных горячекатаных труб.

Разработка оптимального технического регламента выплавки и разлива непрерывнолитой круглой заготовки диаметром 200 мм после реконструкции явилась для завода первостепенной зада-

чей. Это стало возможным благодаря проведению достаточно большого объема экспериментальных работ.

При отработке технологии разлива круглой непрерывнолитой заготовки особое внимание уделялось состоянию поверхности, геометрической форме, макроструктуре, загрязненности неметаллическими включениями.

### **Поверхностные дефекты**

«Площадки» – наличие прямых участков (рис. 1), расположенных с одной или двух диаметрально противоположных сторон круглой непрерывнолитой заготовки, образовавшихся из-за давления тянущих модулей. Предотвратить образование данного дефекта можно путем снижения давления на непрерывнолитую заготовку, а также регулированием подачи воды в зону вторичного охлаждения и скорости разлива металла.

Риски – продольные углубления (до 4–5 мм) в виде канавок с округлым дном на поверхности непрерывнолитых заготовок (рис. 2). Причиной

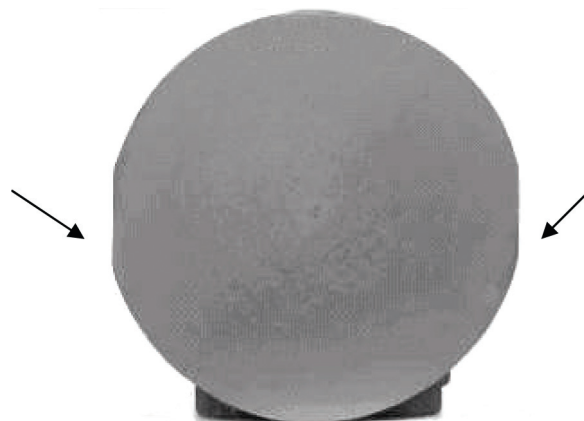


Рис. 1. Макроструктура поперечного сечения непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм (стрелками указаны «площадки»)

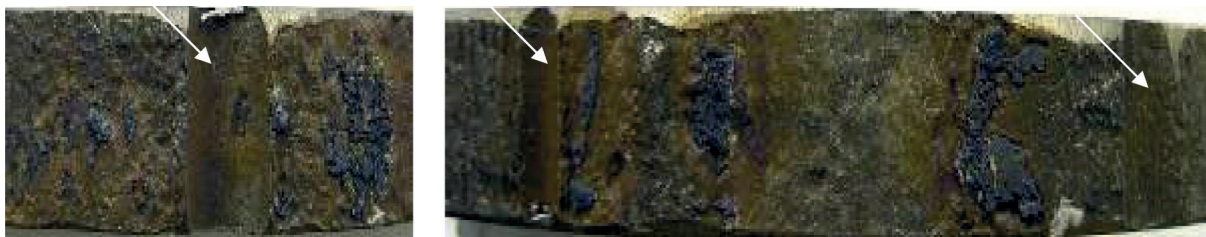


Рис. 2. Внешний вид рисок на поверхности непрерывнолитых заготовок диаметром 200 мм

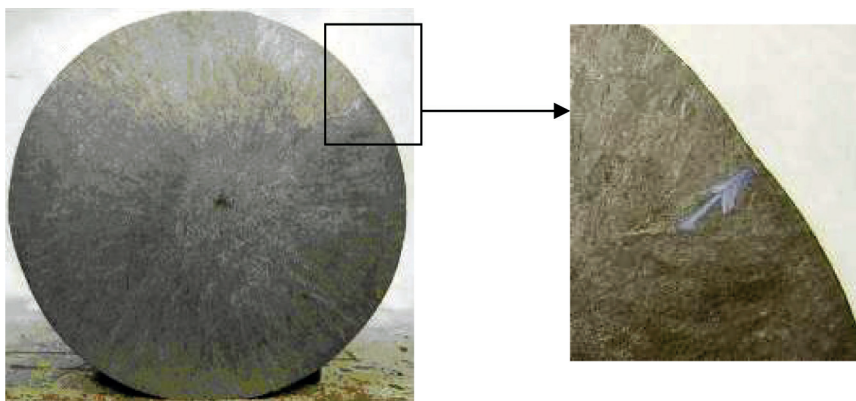


Рис. 3. Макроструктура поперечного сечения непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм (стрелкой показана вогнутость)

возникновения таких дефектов является повреждение поверхности заготовки налипшими на поддерживающие ролики металлом и шлаком.

*Вогнутость* – вогнутая форма поперечного сечения заготовки (рис. 3). Причиной образования дефекта является неравномерное вторичное охлаждение круглой непрерывнолитой заготовки.

*Продольные поверхностные трещины* – нарушение сплошности металла в продольном направлении в виде разрывов (рис. 4). Причинами возникновения таких трещин могут быть высокие остаточные напряжения в отделяющейся от стенок кристаллизатора корке непрерывнолитой заготовки, вызванные ферростатическим давлением, противодействующим напряжениям усадки, особенно при недостаточно плотной корке. Кроме

того, к появлению рассматриваемых дефектов может привести недостаточный, несимметричный и, следовательно, неравномерный теплоотвод в кристаллизаторе и на участке вторичного охлаждения.

#### *Дефекты формы*

*Овальность* – деформирование поперечного сечения непрерывнолитой заготовки относительно заданной геометрической формы (рис. 5). Причины образования: напряжения в корковой зоне заготовки из-за неравномерного теплоотвода в кристаллизаторе; несимметричное формирование фронта кристаллизации; внецентренная подача металла при литье; искривленный кристаллизатор.



Рис.4. Внешний вид трещин на поверхности непрерывнолитых заготовок диаметром 200 мм

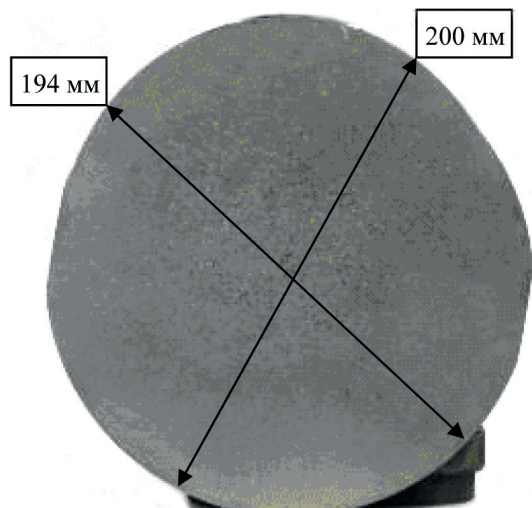


Рис. 5. Макроструктура поперечного сечения непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм

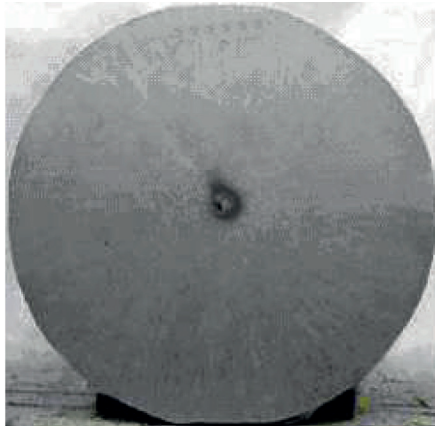


Рис. 6. Центральная пористость в макроструктуре поперечного сечения непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм

### Дефекты макроструктуры

**Центральная пористость** – скопления пор и раковин различных размеров, расположенные вблизи теплового центра непрерывнолитой заготовки в зоне встречи фронта затвердевания (рис. 6). Причинами образования центральной пористости являются недостаточное поступление жидкого металла в объемы, где заканчивается затвердевание; ликвационное обогащение центральной зоны примесями; повышенная температура металла в промежуточном ковше; интенсивное вторичное охлаждение; широкий интервал затвердевания разливаемой стали. Дефект в большей степени проявляется с возрастанием скорости охлаждения, а также при сильной транскристаллизации.

**Ликвационные полосы и трещины** – нитевидные потемнения на серном отпечатке, следы полностью или частично залеченных маточным раствором надрывов, образовавшихся в процессе затвердевания непрерывнолитой заготовки в температурном интервале хрупкости. В зависимости от расположения и происхождения их подразделяют на ликвационные полосы и трещины, перпенди-

кулярные поверхности (рис. 7, а) и проходящие в осевой зоне (рис. 7, б).

Причинами возникновения ликвационных полосок и трещин могут служить следующие факторы: повышенное содержание в металле ликвирующих элементов; неправильный выбор режимов в зоне вторичного охлаждения и искажение профиля заготовки; несоосность технологической оси МНЛЗ; обжатие слитка с жидкой сердцевиной роликами тянущих модулей; высокая скорость разливки и повышенная температура металла в промежуточном ковше.

Использование комплексного подхода в изучении причин образования различных видов дефектов на круглых непрерывнолитых заготовках позволило разработать базу данных по регулированию параметров выплавки и разливки стали.

Проведенные промышленные эксперименты в совокупности с металлографическими исследованиями непрерывнолитой круглой заготовки позволили значительно сократить на горячекатаных трубах дефекты, наследуемые со сталеплавильного передела.

Работы по совершенствованию качества трубной заготовки, разливаемой на МНЛЗ-3, продолжаются. В настоящее время исследования ведутся по следующим основным направлениям:

- обеспечение более высокой степени усвоения раскислителя (инжекция алюминиевых «пирамидок» непосредственно в струю металла при разливке);
- разработка методов физического воздействия на металл (модифицирование);
- электромагнитное перемешивание (снижение перегрева, обламывание грубых ветвей дендритов и создание циркуляции металла в жидкой сердцевине);



а



б

Рис. 7. Дефект макроструктуры «ликвационные полосы и трещины» в поперечном сечении непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм: а – общие; б – осевые

- отработка оптимальной скорости разливки и режимов охлаждения, обеспечивающих хорошую геометрию, в том числе минимизацию погрешностей на непрерывнолитых заготовках.

Таким образом, решение поставленных задач в конкретных условиях производства непрерывно-

литой заготовки круглого сечения требует существенного развития фундаментальных научных знаний, основанных на теоретических, практических и статистических исследованиях металлургических процессов и технологий.