

Раздел 6. Теория и технология разливки стали.
Тема 6.2. Разливка стали на МНЛЗ

Лекции № 172

Тема: Трещины образующиеся при кристаллизации и охлаждении

План лекции:

1. Трещины образующиеся при кристаллизации и охлаждении

Продольные поверхностные трещины. Трещины представляют собой нарушения сплошности в виде разрывов металла. Образование трещин в непрерывнолитом слитке связано с напряжениями, возникающими в процессе его формирования, и обусловлено пониженной прочностью и пластичностью в различных температурных интервалах.

Поверхностные продольные трещины, связанные с искажением профиля слитка, являются результатом повышенной ромбичности заготовок, ужимин на поверхности или выпучивания граней НЛЗ. Трещины данного вида распространяются изнутри заготовки вдоль диагонали между тупыми углами. Обычно такая трещина сворачивает в сторону от диагонали непосредственно перед углом и появляется на поверхности около угла, где корка слитка наиболее тонкая.

Данный дефект НЛЗ, при его грубом развитии, может привести к прорыву металла при нахождении слитка в ЗВО.

Продольные трещины, не связанные с искажением профиля НЛЗ, могут иметь вид от коротких нитевидных (иногда не видимых без зачистки поверхности) до грубых со значительной шириной раскрытия. Данные трещины могут располагаться непосредственно по углам, на некотором смещении от углов или по граням заготовок.

Основной причиной появления продольных трещин является износ или деформация профиля гильз кристаллизаторов. По мере эксплуатации кристаллизаторов происходит износ и деформация рабочих стенок гильз по граням и углам, что снижает эффективность и равномерность первичного охлаждения слитка, ведет к появлению локальных утонченных участков корки НЛЗ, в районе которых могут образовываться продольные трещины.

При значительном расширении трещины металл может прорываться из жидкой середины наружу, и если это происходит в кристаллизаторе, образуются наплывы на поверхности НЛЗ.

Грубые трещины могут явиться причиной разрыва оболочки слитка под кристаллизатором (прорыва металла). По данной причине необходим строгий контроль за изменением профиля гильз кристаллизаторов в ходе эксплуатации, для определения момента их предельного износа и замены.

Опыт показывает, что проблемы с растрескиванием НЛЗ возникают после содержания углерода в стали около 0,15 % и достигают своего максимума при [C] = 0,40 %. При содержании углерода около 0,40 % усадка приближается к максимуму, прочность на растяжение падает, в то время как пластичность все еще относительно низкая.

Для нелегированных углеродистых марок стали с содержанием углерода около 0,18 % (0,17÷0,24 %) пластичность минимальная. Этим можно объяснить высокую трещиностойкость данных сталей.

Присутствие вредных и остаточных элементов в стали (например, повышенное содержание P, S, Cu, Sb, Sn, As) при углероде в диапазоне 0,30 ÷ 0,50 % оказывает дополнительное существенное ослабляющее влияние на прочность корки слитка.

Для ограничения растрескивания НЛЗ отношение Mn/S в стали рекомендуется поддерживать на уровне не менее 25.

Температура разливаемого металла оказывает высокое влияние на растрескивание заготовок и должна быть максимально возможно приближена к температуре ликвидуса.

На образование трещин на НЛЗ определенное влияние оказывает величина углового радиуса гильз кристаллизаторов.

Считается, что при угловом радиусе гильз выше оптимального на заготовках могут появляться трещины по вершинам углов, при пониженном угловом радиусе – околоугловые трещины.

При использовании ШОС в качестве засыпки зеркала металла в кристаллизаторе, ввиду образования шлакового гарнисажа, снижения величины и повышения равномерности теплоотвода, развитие ромбичности и трещин НЛЗ может быть снижено.

Среди прочих факторов, которые могут усиливать развитие продольных трещин на поверхности НЛЗ можно выделить следующие:

- неточная центровка струи металла из промковша в кристаллизатор;
- циклическое вторичное охлаждение НЛЗ;
- повышенная скорость разливки стали;
- неточная выставка поддерживающих роликов под кристаллизатором;
- механические дефекты на рабочей поверхности гильз кристаллизаторов (особенно в верхней части).

При обнаружении продольных трещин необходимо:

- провести проверку сохранности профиля гильзы кристаллизатора, оценку качества поверхности (при необходимости кристаллизатор заменить);
- проверить выставку кристаллизатора относительно технологической оси ручья МНЛЗ;
- проверить равномерность и чистоту зазора для протока охлаждающей воды между гильзой и обечайкой кристаллизатора;
- проверить выставку поддерживающих роликов под кристаллизатором;
- по возможности оптимизировать химический состав разливаемой стали, для снижения ее трещиностойкости.

Поперечные поверхностные трещины. Данные трещины располагаются по углам или граням НЛЗ в поперечном направлении, то есть, перпендикулярно направлению разливки металла. Грубые поперечные трещины могут привести к обрывам слитка под кристаллизатором или в ЗВО.

Выделяют ряд факторов, оказывающих влияние на поперечное растрескивание НЛЗ.

Высокое содержание фосфора, серы, меди, олова, сурьмы, мышьяка в стали вызывают ослабляющий эффект на прочность корки непрерывнолитого слитка. При содержании углерода в стали более 0,2 % присутствие хрома, ванадия, ниобия увеличивает склонность к появлению поперечных трещин на поверхности слитка. Если только их содержание не является крайне высоким, данные элементы в одиночку, обычно, не приводят к образованию трещин. Однако, в комбинации с другими отрицательными факторами, они могут вызвать поперечное растрескивание НЛЗ. Низкое отношение Mn/S в стали ведет к повышению хрупкости слитка в горячем состоянии.

Избыточная конусность гильзы или деформация ее профиля, недостаточное количество смазки в кристаллизаторе, отклонения в центровке кристаллизатора относительно технологической оси ручья, отклонения при движении кристаллизатора от траектории могут вызвать увеличение сил трения между слитком и гильзой, и привести к образованию поперечных трещин по углам или граням НЛЗ.

Равномерная конусность по всей длине гильзы кристаллизатора является очень важным фактором. Простого измерения размеров в верхней и нижней частях гильз недостаточно, так как конусность превышающая норму может отмечаться на отдельных, достаточно коротких участках и способствовать развитию трещин. Считается, что при повышенных скоростях разливки и малых сечениях отливаемых заготовок, целесообразно использование гильз кристаллизаторов с меньшей конусностью.

Деформация профиля гильзы, вызванная механическими или термическими факторами, может явиться реальной причиной растрескивания слитка. Важно, чтобы уплотнение в нижней части гильзы не ограничивало ее температурное удлинение в процессе разливки стали, так как в противном случае это вызовет деформацию.

Настройка режима качания кристаллизатора является одним из основных факторов определяющих возможность образования поперечных трещин на поверхности заготовок.

Частота качания кристаллизатора должна обеспечивать оптимальную и постоянную величину опережения кристаллизатора относительно движущегося слитка.

Отклонения в работе механизма качания (люфты, биения), могут привести к изменению времени опережения. Данные отклонения повлекут за собой уменьшение времени опережения, что может стать причиной обрыва слитка под кристаллизатором.

Одной из причин образования поперечных трещин может явиться выпрямление переохлажденного слитка, поэтому важна оптимальная настройка режимов охлаждения заготовок в зоне вторичного охлаждения.

Для устранения причин появления данного дефекта необходимо тщательно следить за состоянием гильзы кристаллизатора, режимом его качания, равномерной и достаточной подачей смазки или ШОС, равномерностью вторичного охлаждения заготовок и его соответствия скорости разливки.

Пояс. Пояс – грубый дефект, охватывающий практически весь периметр слитка. Пояса образуются из-за перерыва в подаче металла в кристаллизатор,

либо при чрезмерно резком понижении скорости разливки, особенно при низкой температуре металла.

При этом верхний край затвердевшей корки по всему периметру гильзы кристаллизатора окисляется и при возобновлении разливки в этом месте образуется пояс. Пояс является слабым местом в слитке, так как одновременно с окислением по контуру затвердевшей корки слитка происходит и окисление мениска.

Грубые пояса, как правило, не поддаются зачистке и приводят к браку заготовок.

Вопросы для самоконтроля:

1. Охарактеризуйте дефект продольные поверхностные трещины?
2. С чем связаны поверхностные продольные трещины?
3. Охарактеризуйте дефект пояс?
4. Охарактеризуйте дефект поперечные поверхностные трещины?
5. Грубые пояса, поддаются зачистке?
6. При использовании ШОС в качестве засыпки зеркала металла в кристаллизаторе, ввиду образования шлакового гарнисажа, снижения величины и повышения равномерности теплоотвода, развитие ромбичности и трещин НЛЗ может быть снижено?

Использованная литература:

С.В. Куберский "Непрерывная разливка стали"