

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

Лекции № 170

Тема: Формирование структурных зон непрерывного слитка, и управление процессом структурообразования

План лекции:

1. Формирование структурных зон непрерывного слитка, и управление процессом структурообразования.

Кристаллическая структура непрерывнолитого слитка состоит из 3-х (иногда 2-х, когда зона равноосных кристаллов (ЗКР) отсутствует) зон. 1 – мелкозернистая корка, состоящая из дезориентированных мелких кристаллодендритов; 2 – зона столбчатых кристаллов (ЗСК); 3 – зона равноосных кристаллов (ЗРК).

Мелкозернистая корка слитка образуется при первом соприкосновении металла с гильзой кристаллизатора. В результате резкого градиента температур и явления переохлаждения образуется большое количество центров кристаллизации, и корка получает мелкозернистое строение.

Зона столбчатых кристаллов формируется после образования корки и изменения условий теплоотвода, когда градиент температур в прилегающем слое жидкого металла и степень переохлаждения слитка понижаются. В результате небольшого количества центров кристаллизации растут крупные столбчатые кристаллы, ориентированные в направлении теплоотвода к поверхности корки.

Зона равноосных кристаллов образуется, когда температура застывающего металла уравнивается, жидкость находится в кашеобразном состоянии и нет определенной направленности теплоотвода. Зародышами кристаллов являются мельчайшие включения, при этом зачатки кристаллов разрастаются осями-ветвями по различным направлениям, встречаясь, друг с другом и образуя равноосную структуру.

Корковая мелкозернистая зона у НЛЗ, как правило, более развита, чем у обычных слитков. При разливке стали в равных условиях ЗСК непрерывного слитка больше, а срединная зона равноосных кристаллов значительно меньше, чем у слитков, отлитых в изложницы.

Кристаллиты столбчатой зоны непрерывного слитка более тонкие, длинные, тонко упакованные и имеют наклон к горизонтали примерно 5-8 градусов, что связано с направлением теплоотвода и расположением теплового центра – источника питания фронта затвердевания жидкой стали.

Соотношение размеров структурных зон непрерывнолитых заготовок зависит от химического состава стали, сечения слитка и технологических параметров разливки.

Большое влияние на структуру слитков оказывает температура и скорость разливки. Увеличение температуры разливки стали способствует увеличению длины столбчатой зоны, так как, при высокой температуре кристаллы, образующиеся в кристаллизаторе, переплавляются.

В зоне столбчатых кристаллов металл более плотный, он содержит меньше раковин и газовых пузырей. Однако, места стыка столбчатых кристаллов обладают малой прочностью.

Развитие ЗСК способствует ликвации примесей, обуславливая тем самым неоднородность заготовки. Кристаллизация, приводящая к стыку столбчатых кристаллов, носит название транскристаллизации (наблюдается при интенсивном теплоотводе и незначительном снижении температурного градиента). Величина ЗСК также зависит от содержания углерода в стали – высокоуглеродистые марки имеют наибольшую склонность к транскристаллизации. На криволинейных МНЛЗ столбчатая структура более развита в зоне прилегающей к поверхности внутреннего радиуса.

Исходной структуре слитка, с ограниченной ЗСК и развитой ЗРК, соответствуют более высокие значения пластических свойств проката. Таким образом, оптимальной структурой непрерывнолитых заготовок является структура с ограниченной зоной столбчатых кристаллов и развитой зоной равноосных кристаллов. Такая структура сопровождается рассредоточением усадочной пористости в виде мелких пор с небольшими следами химической неоднородности, легко заваривающихся в процессе прокатки.

Для получения данной структуры необходимо в период затвердевания замедлить отвод тепла, уменьшить градиент температуры в затвердевшей оболочке слитка, увеличив ширину 2-х фазной зоны твердожидкого состояния.

Установлено, что для получения развитой ЗРК необходимо вести разливку стали с возможно низкой температурой, снижать интенсивность теплоотвода от слитка в кристаллизаторе и, особенно в зоне вторичного охлаждения.

Эффективным средством воздействия на структуру слитка является электромагнитное перемешивание металла в кристаллизаторе, ЗВО или зоне окончательного затвердевания слитка.

При движении жидкого металла подавляется развитие ЗСК и инициируется развитие ЗРК. Это достигается за счет отвода избытка тепла жидкой стали на самой ранней стадии затвердевания слитка.

Отправной точкой для получения качественной непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) является оптимальная подготовка жидкой стали, в первую очередь, контроль за раскислением, усреднением металла по химическому составу и температуре, обеспечение требуемой температуры металла, минимизация содержания вредных примесей в стали. Данные требования очень важны, так как процесс непрерывной разливки достаточно сложен и уязвим и имеет ограниченные возможности для улучшения качественных характеристик стали.

Условия непрерывной разливки стали предполагают наличие строгого контроля за качеством металла, подаваемого на участок разливки и режимами ведения процесса разливки. Основные параметры процесса непрерывной разливки стали отслеживаются с помощью АСУТП и могут быть скорректированы для недопущения дефектов НЛЗ.

В зависимости от требований к качеству стали контроль НЛЗ может ограничиваться оценкой поверхности заготовок и их геометрических размеров или исследованием внутренней структуры по темплетам и «серным» отпечаткам.

Оценку качества НЛЗ можно проводить при выборочном осмотре поверхности и контроле геометрических параметров заготовок на адьюстаже. Выборочный контроль НЛЗ предполагает, что общее качество производимого продукта обеспечивается за счет тщательной подготовки жидкого металла, подаваемого на участок разлива, эффективности и стабильности процесса разлива стали на МНЛЗ.

Выборочный контроль включает осмотр поверхности нескольких заготовок каждой плавки по 3-м граням (без кантовки НЛЗ), обмер геометрических размеров (длины, сечения, выпуклости граней, ромбичности, кривизны).

Особенностями непрерывнолитого слитка, по сравнению со слитками отлитыми в изложницы, являются более высокая однородность химического состава, меньшее количество поверхностных дефектов, лучшая структура. Тем не менее, полностью исключить поверхностные и внутренние дефекты НЛЗ достаточно трудно.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Перечислите из каких 3-х зон состоит кристаллическая структура непрерывнолитого слитка?
2. Когда и где образуется мелкозернистая корка слитка?
3. Когда и при каких обстоятельствах корка получает мелкозернистое строение?
4. Когда формируется зона столбчатых кристаллов?
5. Когда формируется зона равноосных кристаллов?
6. Правда ли что корковая мелкозернистая зона у НЛЗ, более развита, чем у обычных слитков.
7. Назовите эффективный метод, который воздействует на структуру слитка в кристаллизаторе, ЗВО или зоне окончательного затвердевания слитка?

#### **Использованная литература:**

С.В. Куберский "Непрерывная разливка стали"