

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРЕДАВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ В ЗОНЕ КРИСТАЛЛИЗАТОРА НА МНЛЗ

Мурашов Е.А., группа АТ-01

Руководитель доц. каф. АТ Суков С.Ф.

Критической точкой системы непрерывной разливки является зона кристаллизатора [1]. Дело в том, что жидкая сталь должна сформировать прочную оболочку, прежде чем она поступит в роликовую зону МНЛЗ. В ходе технологического процесса при литье заготовок между формирующейся коркой сляба и стенками кристаллизатора благодаря вертикальным его качаниям вовлекается расплавленный шлак. Он служит смазкой и не дает прилипнуть корке сляба к стенкам кристаллизатора. Однако равномерность смазки может не достигаться по многим причинам: из-за недостаточного слоя жидкого шлака, его неоднородной структуры и неблагоприятного химического состава; вследствие резкой смены уровня металла в кристаллизаторе и отклонения параметров его качания.

Таким образом, локальное повышение трения между поверхностью ручья и стенкой кристаллизатора вызывает прилипание. Оболочка заготовки прилипает к медной стенке кристаллизатора (см. рис. 1,а). По мере развития прилипания происходит трещинообразование и в процессе вытягивания оболочка разрушается, вследствие чего жидкая сталь выливается на стенку. Еще одной причиной прорыва могут стать воздушные прослойки (разрывы) между оболочкой заготовки и стенкой кристаллизатора, которые часто возникают у стенки в разрыве между узкой и широкой частью ручья (см. рис. 1,б). Из-за низкой теплопроводности воздуха оболочка охлаждается там недостаточно и остается слишком тонкой. Если трещинообразование приводит к браку заготовки, то прорыв жидкого металла — к необходимости ремонта и замене оборудования.

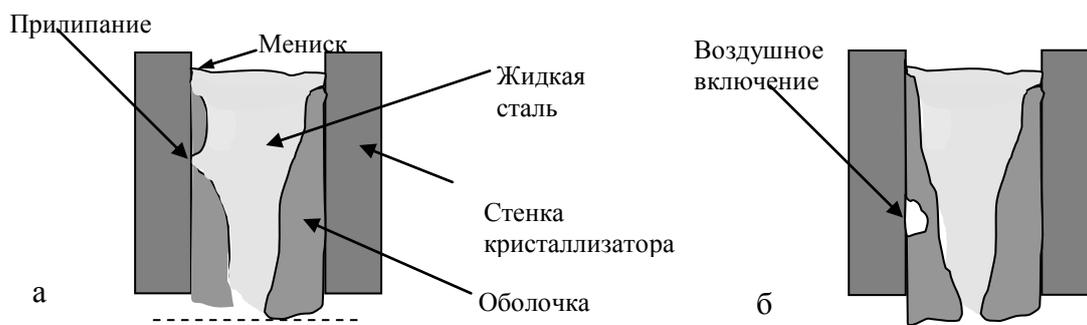


Рисунок 1 — Ситуация возникновения нарушения:

а — процесс прилипания вследствие трения; б — возникновение воздушной прослойки

Последствия каждого прорыва обходятся производителю в сотни тыс. долл. США. Если обобщить опыт многих производителей, то при отсутствии надлежащих средств контроля на одну МНЛЗ в год приходится от 5 до 10 прорывов. Поэтому представляют интерес вопросы профилактики прорывов, а также сопоставления возможностей различных средств контроля. С помощью системы прогнозирования прорыва можно избежать этих проблем, так как система своевременно обнаруживает прилипание и воздушные включения, обеспечивая ликвидацию причин нарушения и восстановление дефектной зоны.

Вне зависимости от характера прилипания далее используем общий термин “нарушение”. Существуют четыре условные степени нарушения: точечное, единичное очаговое, развитое очаговое и круговое. Каждая степень нарушения требует соответствующего способа контроля и мер воздействия на процесс.

Точечные нарушения следует контролировать с целью раннего предупреждения трещинообразования и устранения их путем добавления подачи шлака. Они могут быть измерены установленным на кристаллизаторе вертикальным акселерометром. Точечные нарушения создают спектр колебаний ускорения кристаллизатора, наложенный на его ускорение качания. Полезный сигнал может быть выделен, а затем измерен его общий уровень, который косвенно характеризует недостаток или некачественность шлаковой смеси.

Очаговое и развитое очаговое нарушения можно контролировать комплектом термопар, установленными в стенки кристаллизатора. Для каждого очагового нарушения характерно возрастание температуры, что фиксируется термопарой верхнего ряда. По мере движения сляба очаг перемещается вниз по кристаллизатору и достигает места расположения термопары нижнего ряда. По характеру изменения сигнала нижней термопары по отношению к сигналу верхней термопары возможно судить о развитии или затягивании очага.

Для термопарной системы возникают помехи от нестабильности водяного охлаждения стенок кристаллизатора. Изменение усиления теплосъема со стенок кристаллизатора также может свидетельствовать о развитых очаговых нарушениях. Для такого контроля требуются тепломеры, измеряющие расход и температуру охлаждающей воды.

В разработанной системе прогнозирования термопары заделываются в медную стенку кристаллизатора на расстоянии 15 мм от его рабочей поверхности. Используется комплект датчиков (60 штук), установленных вкруговую в три ряда по высоте кристаллизатора. Все термопары соединены с программируемым контроллером предотвращения разрывов.

В случае разрыва корки металла жидкая сталь выливается и температура кристаллизатора вблизи разрыва повышается. В этом случае ближайшие термопары должны показать положительный градиент, превышающий допустимый порог. В этом случае система фиксирует факт локального разрыва заготовки. При налипаниях металла к стенке кристаллизатора вблизи линии мениска температура рабочей поверхности стенки уменьшается. Когда термопары в зоне мениска (по той же вертикальной линии) показывают отрицательный температурный градиент, который ниже порога безопасности (налицо значительное падение температуры), система фиксирует факт налипания.

Таким образом, система ведет непрерывное сканирование матрицы термопар для определения температурного градиента на поверхности сляба с

целью интерпретации полученных показателей как свидетельство разрыва или налипания металла. После получения сигнала тревоги алгоритм предотвращения выполняет соответствующую команду, что дает возможность нейтрализовать отрицательное воздействие разрыва или налипания металла на качество поверхности непрерывнолитого сляба.

Так при незначительных разрывах (очаговое нарушение) необходимо уменьшить скорость разливки. Если очаговое нарушение перешло в круговое, то необходимо остановить разливку. Если система зафиксировала факт налипания, то необходимо уменьшить скорость литья до нуля и выполнить операцию качания кристаллизатора.

Для эффективной работы алгоритма предотвращения необходимо знать такие технологические параметры как: номинальное падение давления охлаждающей воды в кристаллизаторе (см. выражение (1)), величину изменения скорости вытягивания слитка при возникновении аварийной ситуации.

$$\Delta P = \xi \left( v_B^2 / 2 \right) \cdot \rho_B. \quad (1)$$

При нарушении по изменению теплового потока в зоне кристаллизатора, используя выражение (2), можно определить скорость разливки, необходимую для ликвидации причины этого нарушения.

$$v = \frac{q_{KP}}{\left( KL \rho_i P_K \right)^2 L_i}. \quad (2)$$

Таким образом, разработанная система с большой степенью вероятности определяет возможные прорывы на различных стадиях и обеспечивает высокое качество продукции.

#### Перечень ссылок

1. Нисковских В.М., Карлинский С.Е., Беренов А.Д. Машины непрерывного литья слябовых заготовок. — М.,1991. — 271 с.