

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧИ ВОДЫ В ЗОНЕ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

**Кун В.В., магистрант; Лаппо П.В., доц., к.т.н.; Неежмаков С.В., доц., к.т.н., доц.**  
(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Технология непрерывной разливки стали в настоящее время широко используется в течение последних лет в нашей стране и за рубежом. Этот способ состоит в том, что жидкий металл непрерывно заливается в верхнюю часть водоохлаждаемой формы — кристаллизатор, постепенно затвердевает и охлаждается, проходя вдоль всей технологической оси. Основными узлами машин непрерывного литья заготовок являются охлаждаемый кристаллизатор или формообразователь, зона вторичного охлаждения слитка (ЗВО), поддерживающая система, тянущее устройство и механизмы для разделения и транспортировки слитков.

Принцип работы машины непрерывного литья заготовок МНЛЗ рассмотрим на примере криволинейной машины [1], конструктивная схема которой показана на рисунке 1. Жидкая сталь из разливочного ковша поступает в промежуточный ковш (1), который предназначен для снижения и стабилизации ферростатического давления и динамического напора струи, отделения шлака и стабилизации температуры перед кристаллизатором. Промежуточный ковш также распределяет металл в кристаллизаторы, в зависимости от количества ручьев. Далее сталь попадает в водоохлаждаемый кристаллизатор (2), где происходит начальное формирование непрерывного слитка. Перед началом разливки в кристаллизатор вводят так называемую затравку, которая является дном кристаллизатора на начальной стадии разливки. Сформировавшийся в кристаллизаторе слиток с затвердевшей оболочкой попадает в зону вторичного охлаждения (3), где проводится его дальнейшее охлаждение с помощью водяных форсунок (4) или другими способами. Для предохранения слитка от увеличения объема зона вторичного охлаждения оборудуется специальной поддерживающей системой (5) в виде роликов, брусьев и др. Затем слиток проходит через тянущую клетку и попадает в зону резки.

Схемы непрерывной разливки отличаются положением продольной технологической оси кристаллизующегося слитка, однако основы технологии разливки являются общими для всех типов машин. Жидкая сталь поступает в разливочное отделение при  $t=1560-1580^{\circ}\text{C}$ . Из сталеразливочного металла подается в промежуточный ковш, предварительно нагретый до  $1100^{\circ}\text{C}$ . Обычно температура стали в промковше поддерживается на уровне  $1540-560^{\circ}\text{C}$ , что обеспечивает удовлетворительное качество поверхности слитков и стабильность процесса разливки. Однако с повышением температуры металла более  $1570^{\circ}\text{C}$  возрастает пораженность слитков наружными продольными и поперечными трещинами. Для обеспечения стабильности процесса разливки температура металла в кристаллизаторе должна быть на  $15-20^{\circ}\text{C}$  выше температуры затвердевания, однако по условиям качества слитка перегрев должен быть не более  $30^{\circ}\text{C}$ .

В кристаллизаторе за счет интенсивного охлаждения по периметру слитка затвердевают поверхностные слои металла, образуя твердую корочку или оболочку слитка. Внутри слитка по центральной оси сохраняется жидкая фаза. Стальная заготовка формируется в соответствии с формой и размерами кристаллизатора. Застывшая в кристаллизаторе сталь сцепляется с затравкой, а образующийся слиток вытягивается вниз с помощью тянущих клетей.

Для предотвращения прилипания жидкой стали к стенке кристаллизатора предусмотрен механизм качания. Кристаллизатор совершает возвратно-поступательное движение с заданной частотой качания, а в зазор между стенкой кристаллизатора и поверхностью слитка подается специальная смазка.

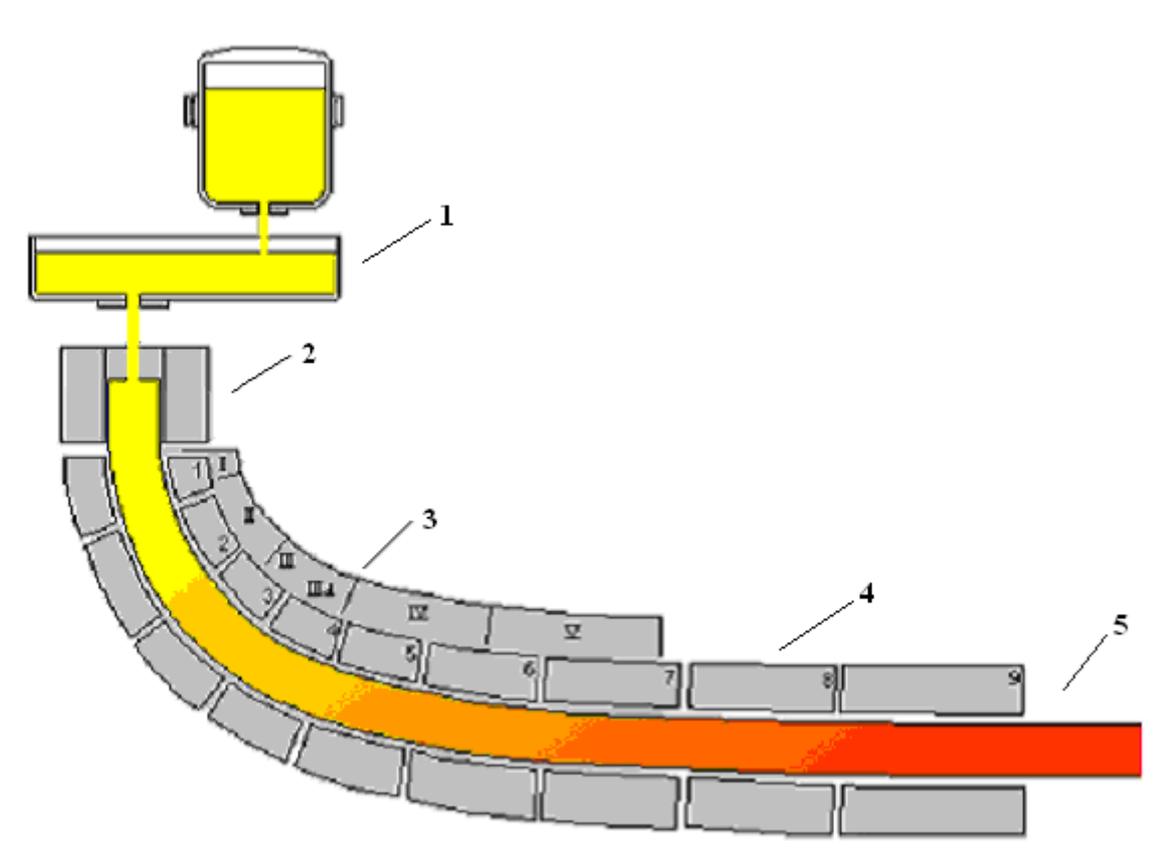


Рисунок 1 – Общий вид криволинейной МНЛЗ

Толщина затвердевшей корочки на выходе из кристаллизатора должна быть более 25-30 мм, чтобы обеспечить достаточную механическую прочность вытягиваемой заготовки и исключить возможность прорыва жидкого металла. Температура поверхности слитка на выходе из кристаллизатора составляет менее 1100-1200°С при средней температуре корочки приблизительно 1300-1350°С. Прочность такой корочки достаточна, чтобы противостоять силам трения и действия ферростатического давления жидкого металла.

Слиток с затвердевшей корочкой, попадающий из кристаллизатора в зону вторичного охлаждения, в результате форсированного поверхностного охлаждения затвердевает по всему сечению. Форма слитка сохраняется за счет специальной поддерживающей системы (роликовой, брусевой и др.). После прекращения подачи воды слиток охлаждается воздухе.

В конце зоны вторичного охлаждения температура поверхности слитка снижается до уровня 800-900°С. Слиток принудительно втягивается с помощью тянущих клеток, а затем поступает в газорезку где разрезается на мерные куски заданной длины. Далее заготовки по рольгангу транспортируются на склад.

Важной стадией в процессе непрерывной разливки стали является вторичное охлаждение, так как от него в значительной степени зависит качество получаемого слитка (отсутствие рыхлости, внутренних трещин и т.д.). Зона вторичного охлаждения располагается на отрезке технологической линии от кристаллизатора до тянущих валков. В редких случаях допускается продолжение ЗВО за тянущими валками. За зоной вторичного охлаждения располагается зона охлаждения слитка на воздухе.

Назначение ЗВО — дальнейшее затвердевание непрерывного слитка после выхода его из кристаллизатора. В пределах этой зоны необходимо решить две основные задачи: обеспечить отвод тепла из внутренней жидкой зоны слитка и сохранить форму слитка. В соответствии с этим в ЗВО предусмотрена система охлаждения слитка (например, форсуночная), а также поддерживающая система (роликовая и др.). Охлаждение слитка в ЗВО может проводиться водой или другими теплоносителями. Наибольшее распространение получило водяное охлаждение, так как по сравнению с другими веществами вода обладает

рядом преимуществ: дешевизной, доступностью, нейтральностью, хорошими теплотехническими свойствами, в частности, высоким значением теплоемкости. Кроме того, при перекачивании воды значительно меньше энергетические затраты по сравнению с газообразными веществами. Недостатком водяного охлаждения является трудность регулирования на малых расходах.

По принципу действия и устройству различают две принципиально разные конструкции ЗВО: открытого и закрытого типов. В первом из них происходит подача охлаждающей воды или другого теплоносителя непосредственно на поверхность слитка с помощью специальных разбрызгивающих устройств (например, форсунок). Во втором случае охлаждение осуществляется в закрытых водоохлаждаемых экранах или путем непосредственного соприкосновения слитка с поверхностью водоохлаждаемого элемента.

Снижение температуры в зоне вторичного охлаждения достигается путем опрыскивания заготовки водой, отвода тепла к поддерживающим роликам с внутренним охлаждением и вследствие конвекции и лучеиспускания в окружающую среду. Известно, что доля суммарного теплоотвода в зоне вторичного охлаждения составляет 75-78%, причем 38-40% тепла передается подаваемой форсунками воде, приблизительно 30% поддерживающим роликам с внутренним охлаждением и приблизительно 8% окружающей среде вследствие лучеиспускания и конвекции. Интенсивность охлаждения во вторичной зоне должна выбираться таким образом, чтобы температура поверхности заготовки в процессе ее перемещения по ней оставалась постоянной или медленно уменьшалась. Достаточно часто предпочтение отдается варианту, при котором температура поверхности медленно снижается по всей длине ЗВО. Наиболее неблагоприятными условиями охлаждения являются колебания температуры заготовки в области температуры аустенитного превращения.

Температура поверхности непрерывнолитой заготовки устанавливается таким образом, что тепловой поток через корку слитка и теплоотвод на поверхности слитка получаются одинаковыми. Повышение интенсивности теплоотвода ограничивается конечным термическим сопротивлением корки заготовки. Интенсивным охлаждением можно снизить температуру поверхности непрерывного слитка, однако, на температурный режим в корке заготовки и на суммарный теплоотвод оно оказывает лишь незначительное влияние. Принято считать, что оптимальной температурой поверхности заготовки в ЗВО является диапазон 1000-1100°C. При этом выбор рационального уровня температур заготовки в ЗВО зависит от ряда факторов, включающих марку стали, метод охлаждения, тип МНЛЗ и пр. Режим вторичного охлаждения слитков при непрерывном литье включает две группы показателей. К первой относятся показатели желательного режима охлаждения слитка – изменение температуры поверхности слитка в ЗВО вдоль технологической оси машины и по периметру слитка. Ко второй группе относятся способы осуществления желательного режима охлаждения слитка – плотность орошения на единицу поверхности в среднем по отдельным секциям ЗВО, распределение охладителя (воды) вдоль технологической оси и по периметру слитка, выбранный тип разбрызгивающих устройств (форсунок), их характеристики (угол раскрытия, зависимость расхода воды от давления) и способ размещения в ЗВО [2].

Для автоматизации подачи воды в ЗВО МНЛЗ предложена структурная схема устройства управления, приведенная на рис. 2. На вход микроконтроллера МК через блок согласования БСД будут подаваться сигналы с датчика скорости слитка вытягивания ДСВ и датчика расхода воды ДРВ на охлаждение слитка.

Вокруг слитка монтируется рама с 4 пирометрами (ПРТ1-4) для замера температуры каждой его грани. К каждому пирометру подсоединены шаговые двигатели (ШД1-4), которые синхронно поворачивают датчик на заданный угол. Это необходимо для замера температуры каждой грани в нескольких точках. За счет этого обеспечивается получение полной картины температурного поля слитка.

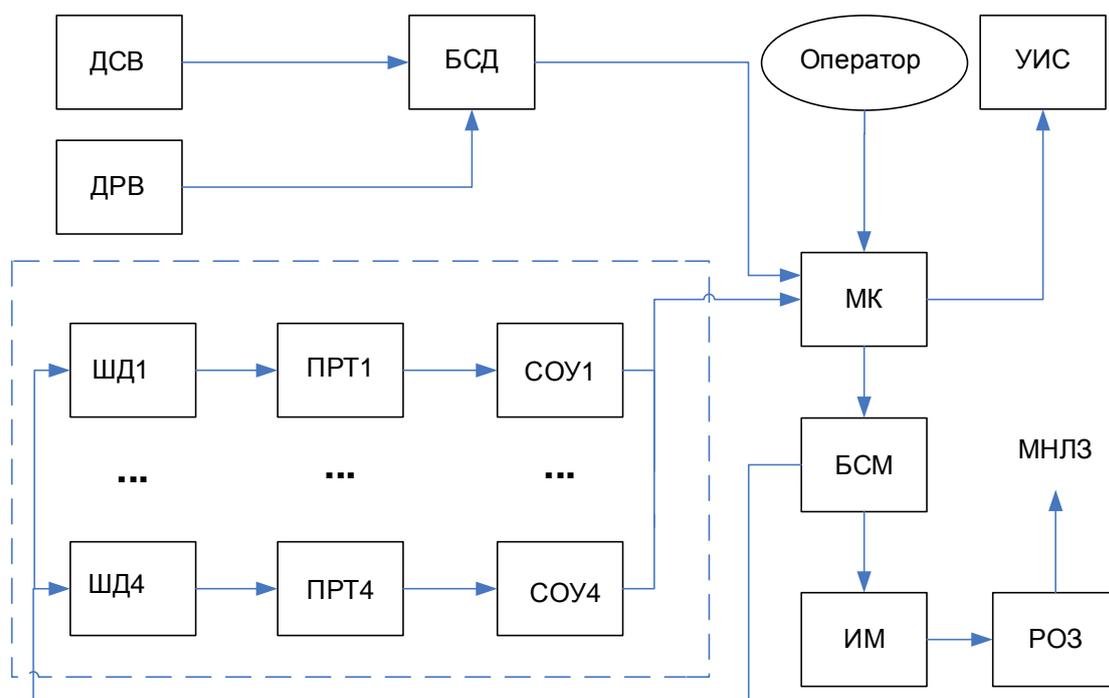


Рисунок 2 – Структурная схема устройства автоматизации подачи воды в ЗВО МНЛЗ

На вход первичного преобразователя-датчика – телескопа ТЕРА-50 воздействуют измеряемая величина – тепловое излучение (в виде лучистого потока, испускаемого нагретым телом). Лучистый поток концентрируется линзой объектива на термодатчике – термобатарее, состоящую из 10 последовательно соединенных миниатюрных термопар. Рабочие концы термопар поглощают падающую энергию и нагреваются. Свободные концы находятся вне зоны потока излучения и имеют температуру корпуса телескопа. В результате возникновения перепада температур термобатарея развивает термо-ЭДС, пропорциональную температуре рабочих спаев, а, следовательно, и температуре объекта измерения. Для согласования термо-ЭДС используются усилители СОУ1-4, где напряжение увеличивается и передается на АЦП микроконтроллера МК, и, в зависимости от программы (для различных значений температуры), осуществляется световая и звуковая индикация, формируется управляющий сигнал через блок согласования (БСМ) на исполнительный механизм и далее на регулирующий орган задвижек.

В устройстве индикации и сигнализации УИС предусмотрен вывод текущего значения температуры, индикация питания, индикация выхода значения температуры за допустимый диапазон. При выходе значения температуры за допустимый диапазон, МК вырабатывает управляющий сигнал, который подается на исполнительные механизмы. В результате чего, меняем расход охлаждающей воды, посредством перемещения заслонки в трубопроводе.

Применение устройства автоматизации подачи воды позволит обеспечить требуемую интенсивность охлаждения слитка и полное затвердевание металла в зоне вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок.

#### Перечень ссылок

1. Глинков, Г. М. АСУ ТП в черной металлургии / Г.М. Глинков, В.А. Маковский. – Москва : Металлургия, 1999 г. – 427 с.
2. Бойко, В. И. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в черной металлургии / В.И. Бойко, В.А. Смоляк. – Днепропетровск, 1997. – 574 с.