

*Кузьмин Г. О.*  
*аспирант, gleb@kuzmin.top,*  
*Левченко Э. П.*  
*к.т.н., доц. каф. ПГМ*  
*ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР*

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МНЛЗ**

Водяное охлаждение кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения (ЗВО) слябовой машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), обеспечивается за счет циркуляции воды в каналах медных стенок кристаллизатора и комбинированных роликов, а также путем орошения отливки водой.

Кристаллизатор МНЛЗ работает как теплообменник, задача которого состоит в быстром отводе тепла от стали, через медные стенки к охлаждающей воде. По мере движения в кристаллизаторе корка отливки утолщается. Для равномерного первичного охлаждения отливки разниц температур воды на входе и выходе из кристаллизатора должна быть в пределах 10–60 °С [1]. Вскипание воды ведет к отложениям накипи на стенках кристаллизатора, что увеличивает сопротивление теплопередачи от корочки слитка к стенкам кристаллизатора, а от стенок к воде и вызывает их перегрев (например, отложения известковой накипи толщиной 0,1 мм способствуют увеличению температуры стенки почти на 100 °С). Повышение температуры медной стенки выше температуры рекристаллизации меди неизбежно приводит к её деформации в районе мениска жидкого металла и, соответственно, искажению профиля рабочей поверхности кристаллизатора. При обычном протекании процесса разлива температура внутренних стенок кристаллизатора ниже температуры разупрочнения меди, однако в случаях малой скорости протока воды в кристаллизаторе, неравномерного охлаждения и значительных отложений накипи на внешних поверхностях температура может достигать 300–400 °С, что вызывает деформацию кристаллизатора [2].

Вода в кристаллизатор подводится снизу со скоростью 5–8 м/с, расход составляет 100–120 м<sup>3</sup>/ч. Такая скорость воды необходима для эффективного отвода тепла и предотвращения возможного кипения воды на внутренней поверхности каналов кристаллизатора [3].

Отвод тепла от поверхности заготовки в ЗВО осуществляется путем интенсивного орошения ее поверхности водой или водовоздушной смесью, отвода тепла от поддерживающих роликов с внутренним охлаждением, а также вследствие конвекции и лучеиспускания в окружающую среду. В технологическом процессе доля суммарного теплоотвода в ЗВО составляет 75–78 %.

Наиболее неблагоприятными условиями охлаждения являются колебания температуры заготовки в области аустенитного превращения, поскольку они провоцируют возникновение горячих поверхностных трещин. Заготовка должна охлаждаться равномерно, а появление темных или ярких пятен на ее поверхности служит показателем неудовлетворительной работы форсунок или системы охлаждения в целом [4].

Опорные ролики слябовых МНЛЗ работают в достаточно сложных условиях, поскольку находятся в зоне повышенных температур и испытывают высокие нагрузки, связанные с поддержкой заготовки. При этом рабочая поверхность роликов

постоянно контактирует с горячей поверхностью заготовки, и ролики соответственно подвергаются сильному температурному воздействию. Если интенсивность водяного охлаждения оказывается недостаточной, то термические нагрузки на поверхность роликов приводят к появлению на их рабочей поверхности трещин (так называемый «разгар»), которые отрицательно влияют на качество поверхности заготовки, а также приводят к поломке роликов. Дополнительным фактором, влияющим на качество поверхности заготовки в случае недостаточного охлаждения роликов, выступает «налипание» окалины на их рабочую поверхность. Налипшие куски окалины травмируют поверхность сляба, оставляя в нем соответствующие вмятины.

С целью снижения износа конструктивных элементов МНЛЗ и вероятности выхода их из строя, а также для получения качественной заготовки, предполагается применение нового аппаратно-программного комплекса (АПК) контроля параметров охлаждающей воды. Это позволит сократить расходы на обслуживание и ремонт конструктивных элементов МНЛЗ, а также снизит получение брака, что благоприятным образом скажется на экономике предприятия.

АПК представляет собой устройство непрерывного мониторинга состояния и качества охлаждающей воды. Принцип его работы заключается в контроле температуры, мутности, водородного показателя (рН), общей минерализации и электропроводности, а также своевременного оповещения в режиме реального времени, если заданные показатели выйдут за установленные нормы. Кроме того, с помощью обратной связи возможно обеспечение системы охлаждения посредством перераспределения потоков воды с неблагоприятными показателями её качества с точки зрения нормального протекания процесса разлива стали МНЛЗ путем замены источника водоснабжения с нужными характеристиками.

Охлаждающая вода кристаллизаторов и роликов постоянно циркулирует в локальных замкнутых контурах и подвергается обратному охлаждению в теплообменниках. В системе используется умягченная или полностью обессоленная вода, качество которой не ниже требований, изложенных в таблице 1.

Требование к качеству воды для охлаждения кристаллизатора по определенным параметрам выше, чем гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1074-01). Для различных контуров водяного охлаждения МНЛЗ нормы отличаются.

В АПК применяются сенсоры со вспомогательным оборудованием, которые расположены в каждом отдельном контуре перед непосредственной подачей воды в охлаждающие каналы или форсунки. Данные, принятые от сенсоров, передаются по беспроводному каналу связи на ЭВМ оператора. Мониторинг охлаждающей воды в режиме реального времени дает возможность оператору контролировать её качество и незамедлительно принимать меры в случае отклонения показателей от допустимых параметров. Например, если уровень рН окажется ниже 7, то устройство моментально оповестит об этом, а также предложит рекомендации или автоматически примет меры по повышению щелочности до рекомендуемых значений, применяя обогащение воды гидрокарбонатами-ионами калия и натрия.

На современной МНЛЗ предусмотрена также подпитка контура водяного охлаждения с учетом потерь воды при замене оборудования, а также система аварийного охлаждения кристаллизаторов, обеспечивающая безопасное прекращение процесса непрерывной разлива стали в ситуации, когда произошло внезапное прекращение подачи воды от основной системы охлаждения.

Таблица 1 — Показатели качества охлаждающей воды для кристаллизаторов

Наименование параметра	Единица измерения	Количественный показатель, требуемый для качественного охлаждения кристаллизаторов	Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1074-01)
Щелочность общая	Мг·экв/л	<2,5	-
Жесткость общая карбонатная	Мг·экв/л	<0,7	7
Сульфаты	мг/л	<250	500
Хлориды	мг/л	<150	350
Масла	мг/л	Не допускаются	-
рН	-	7–9	6–9
Количество частиц	мг/л	<10	-
Крупность частиц	мм	<0,2	-
Солесодержание	мг/л	<1000	1000
Содержание железа	мг/л	<0,3	0,3
Электропроводность	МкОм/см	<600	-
Содержание марганца	мг/л	-	0,1
Температура на входе	°С	<35	-

Таким образом, внедрение системы АПК в процесс непрерывной разливки стали позволит гарантированно повысить уровень культуры производства непрерывнолитых заготовок и обеспечить нужное качество производимой продукции, а также увеличить межремонтный период работы оборудования.

#### Библиографический список

1. Смірнов, О. М. Безперервнорозливання сталі : підручник / О. М. Смірнов, С. В. Куберський, Є. В. Штепан. — Алчевськ : ДонДТУ, 2011. — 520 с.
2. Дюдкин, Д. А. Современная технология производства стали : учебное пособие для вузов / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисиленко. — М. : Теплотехник, 2007. — 528 с.
3. Целиков, А. И. Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов. В 3-х т. Т. 2 / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. — 2-е изд. — М. : Металлургия, 1988. — 432 с.
4. Кудрин, В. А. Металлургия стали : учебник для вузов / В. А. Кудрин. — М. : Металлургия, 1989. — 560 с.