



*Analysis of the bowl-crystallizers diameter changing in the process of the belt casting is carried out. The bowl-crystallizers construction providing production of high-accurate casting is worked out.*

Э. Ф. БАРАНОВСКИЙ, В. М. ИЛЮШЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

## ЛИТЬЕ В ВАЛКОВЫЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР ВЫСОКОТОЧНОЙ ХЛОРИСТОМЕДНОЙ ЛЕНТЫ

В химических источниках тока в качестве одного из электродов применяется хлористомедная лента толщиной  $0,55 \pm 0,03$  мм, армированная медной сеткой. Схема процесса формирования такой ленты показана на рис. 1.

Расплав хлористой меди 1 и армирующий материал 2 одновременно подаются в зев валков кристаллизаторов 3, где расплав затвердевает на валках и арматуре и выходит из валков в виде армированной ленты 5. Внутренние поверхности валков охлаждаются водой 4. Выбор такой схемы литья продиктован тем, что в момент прохождения через ось валков температура поверхности ленты составляет  $240-280$  °С и зависит от количества жидкой фазы в отливке. В том случае, если после прохождения оси валков контакт ленты с валком отсутствует, то интенсивность теплообмена резко снижается. Это приводит к росту температуры поверхности ленты до  $340-380$  °С, что вызывает ее сильное окисление. Чтобы исключить окисление ленты и предотвратить вытекание жидкой фазы через трещины, отливку не выводят из контакта с валком 1 на участке, составляющем  $\frac{1}{4}$  окружности. Отсюда видно, что тепловая нагрузка на каждый из валков будет разной. При установившемся режиме литья это приводит к неодинаковому их нагреву. Учитывая изложенное выше, был изготовлен валковый кристаллизатор с цилиндрическими упорами, которые обеспечивают установку первоначального зазора между валками.

Принципиальная схема такого валкового кристаллизатора [1] с наружным диаметром валков 190 мм и толщиной стенки 20 мм для литья хлористомедной армированной ленты толщиной  $0,55 \pm 0,03$  мм представлена на рис. 2.

Валковый кристаллизатор содержит валки 1 и 2 с цилиндрическими упорами 3. Во внутрь валков вставлены трубы 4 и 5, коаксиально расположенные относительно друг друга. В валке 1 труба 4 соединена с трубой 5 в нижней части патрубками 6, имеющими выход во внутреннюю

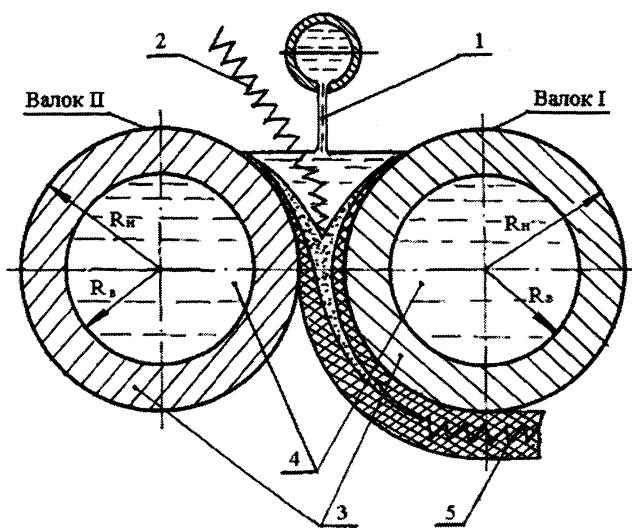


Рис. 1. Схема процесса формирования армированной хлористомедной ленты

полость валка, а труба 5 имеет выход в эту полость через отверстия 7, расположенные в ее верхней части. В валке 2 труба 4 соединена с трубой 5 в верхней части патрубками 6, а труба 5 имеет отверстия 7 в нижней части. Кроме того, в валке 2 труба 5 имеет заглушку 8. Трубы 4 в обоих валках имеют заглушки 9 с центральными отверстиями 10.

Кристаллизатор работает следующим образом. Перед началом литья валки сводят до контакта их цилиндрических упоров 3 и сжимают с усилием 2,0–2,5 т для обеспечения установленного зазора между рабочими поверхностями валков. В процессе литья воду в валок 1 подают по трубе 4. Большая часть воды через патрубки 6 поступает в полость валка. Совершая круговые движения по внутренней поверхности бочки, вода через отверстия 7 поступает в трубу 5. Некоторая часть воды через отверстие 10 поступает в полость цапфы и в трубу 5. Подогретая вода из трубы 5 через цапфу выходит из валка. В валке 2 воду подают через полость цапфы в трубу 5. Через отверстия 7 она поступает в полость валка. Совершая круговые

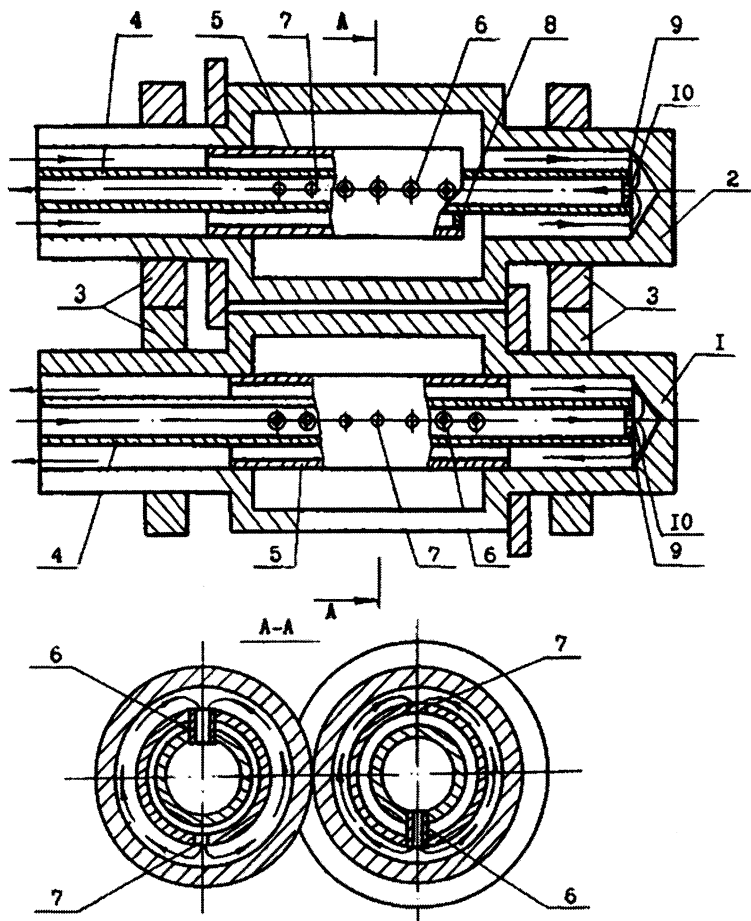


Рис. 2. Принципиальная схема конструкции валкового кристаллизатора

движения по внутренней поверхности бочки вала, большая часть воды через патрубки 6 поступает в трубу 4. Некоторая часть воды через зазор между заглушкой 8 и внутренней вертикальной полостью бочки вала попадает в полость цапфы и через отверстие 10 – в трубу 4. Весь теплоноситель по трубе 4 выходит из вала.

Одинаковый зазор между рабочими поверхностями валков во время литья обеспечивается за счет организации вынужденного кругового движения воды по внутренним поверхностям бочек валков, что приводит к их одинаковому охлаждению по всей длине и, как следствие, одинаковому термическому расширению в любом сечении бочек валков. Постоянный же зазор между рабочими поверхностями валков во время литья поддерживается движением воды в цапфах и зонах установки цилиндрических упоров в валке 1 в направлении, противоположном его движению в валке 2.

При таком движении воды в цапфах термические расширения в контактирующих цилиндрических упорах будут разные. Так, упор со стороны подачи воды в валке 1 будет иметь максимальный диаметр, так как в цапфе, на которой он посажен, течет вода, нагретая в результате теплообмена с рабочей частью бочки вала, а контактирующий с ним упор валка 2 – минималь-

ный, так как в цапфе, на которой он посажен, движется более холодный теплоноситель, который не был в контакте с бочкой вала. На противоположных концах валков движение охладителя в цапфах осуществляется наоборот. Это создает условия, при которых суммарные расширения контактирующих цилиндрических упоров с одной стороны вала будут равны суммарным расширениям контактирующих упоров с другой.

В результате теплообмена между расплавом и рабочими поверхностями валков, а также внутренними поверхностями валков и охлаждающей жидкости валки разогреваются и в их стенках устанавливается некоторый перепад температур, что приводит к изменению диаметров валков и, как следствие, к изменению зазора между ними. Точность изготовления валков в совокупности с правильной организацией его охлаждения в значительной мере определяют точность отливки.

Современные металлообрабатывающие станки обеспечивают необходимую точность изготовления валков-кристаллизаторов. Таким образом, в основном точность отливки будет зависеть от правильного выбора величины зазора между валками, теплового режима работы валкового кристаллизатора и конструкции системы его внутреннего охлаждения.

Разогрев валков определяется тепловой нагрузкой на валки при установившемся режиме литья

$$Q_{\text{в}} = WkhB\rho(c'_1(T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}}) + c_1(T_{\text{кр}} - T_{\text{ср}}) + L) - WBm c_m(T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}), \quad (1)$$

где  $W$  – скорость литья;  $k$  – коэффициент, учитывающий объем хлористой меди в толщине армированной отливки;  $h$  – толщина получаемой ленты;  $B$  – ширина ленты;  $c'_1$ ,  $c_1$ ,  $c_m$  – усредненные в интервале температур теплоемкости перегретого расплава, твердой отливки и арматуры;  $\rho_m$ ,  $\rho$  – усредненные в интервале температур плотности материала арматуры и отливки;  $T_{\text{зал}}$ ,  $T_{\text{кр}}$ ,  $T_{\text{ср}}$  – температура расплава, поступающего в валки, температура кристаллизации расплава и среднее значение температуры корок в момент срастания в ленту;  $m$  – масса 1 м<sup>2</sup> сетки;  $T_{\text{вх}}$ ,  $T_{\text{вых}}$  – соответственно температура армирующей сетки при входе в ванну и армирующей сетки при выходе из зева валков.

Располагая величиной мощности тепловой нагрузки, передаваемой валкам-кристаллизаторам, можно определить температуры на их рабочих и водоохлаждаемых поверхностях. При расчетах тем-

ператур принимаем, что передаваемая валкам тепловая мощность происходит в условиях стационарного теплообмена трубы, имеющей постоянные температуры на рабочих и водоохлаждаемых поверхностях.

Результаты расчетов разогрева валков диаметром 190 мм с толщиной стенки 20 мм из стали 45 при интенсивности водяного охлаждения  $\alpha=2400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  для литья ленты толщиной  $0,55 \pm 0,03$  мм со скоростью 6–12 м/мин приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что температура рабочей поверхности валка I при увеличении скорости литья растет быстрее, чем у валка II, а характер изменения температур водоохлаждаемых поверхностей примерно одинаковый. Так, при увеличении скорости литья от 6 до 12 м/мин перепад температур в стенке валка I увеличился на  $6,3$   $^\circ\text{C}$ , а валка II – остался неизменным.

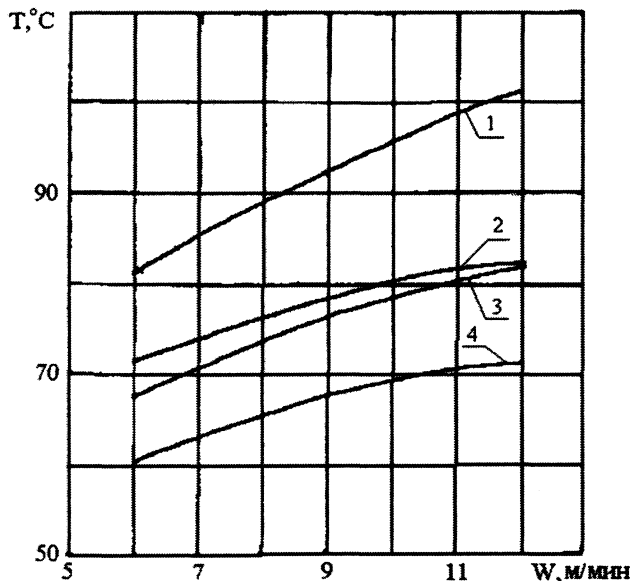


Рис. 3. Влияние скорости литья на температуру рабочих и водоохлаждаемых поверхностей валков-кристаллизаторов: 1, 2 – соответственно рабочие поверхности валков I и II; 3, 4 – соответственно водоохлаждаемые поверхности валков I и II

Учитывая данные изменений температур валков, были рассчитаны изменения их диаметров по несколько измененной формуле работы [2]:

$$\Delta D = 2\beta R_n \left( \frac{2}{R_n^2 - R_b^2} \right) \left( \frac{T_n - T_b}{2} + (T_b - T_o) \right), \quad (2)$$

где  $\beta$  – коэффициент линейного расширения;  $R_n$ ,  $R_b$  – наружный и внутренний радиусы валка;  $T_n$ ,  $T_b$  – температура наружной и внутренней поверхностей валка;  $T_o$  – температура охлаждающей жидкости.

По результатам этих расчетов построена зависимость изменения величины зазора между валками в исследованном нами диапазоне скоростей (рис. 4).

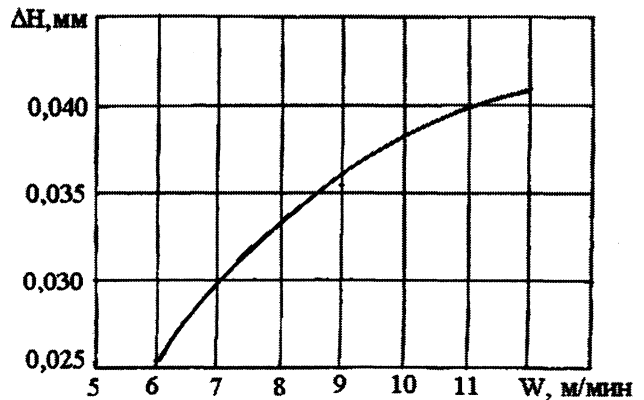


Рис. 4. Изменение величины зазора между валками за счет их термического расширения в зависимости от скорости литья

На основании проведенного исследования установлено, что для получения ленты толщиной  $0,55 \pm 0,03$  мм для скоростей 6–12 м/мин начальный зазор между валками должен быть 0,58 мм. Это достигается при условии, что диаметры цилиндрических упоров должны превышать диаметры валков на 0,58 мм. В этом случае в начале литья будет формироваться лента в пределах верхнего допуска по толщине во всем диапазоне исследуемых скоростей процесса. По мере выхода на установившийся режим литья толщина ленты будет уменьшаться и при скорости литья 6 м/мин составит 0,555 мм, а при скорости 12 м/мин – 0,539 мм.

### Литература

1. А.с. 1315115 СССР: МКИ<sup>3</sup> В 22 D 11/06 // Открытия. Изобретения. 1987. № 21.
2. Кодинский Э.М., Рубинштейн А.Я. Математическое моделирование и оптимизация процессов плавки, литья и обработки цветных металлов // Тр. ин-та Гипроцветметобработка. 1980. Вып. 59. С. 27–36.