



*The analytical study of heat exchange in roll crystallizer at casting of armored belt of chlorine copper is carried out. The influence of the casting speed at the temperature regime of tub is studied. The temperatures of the melt cast molding are determined.*

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

УДК 621.74.047

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ РАСПЛАВА В ВАЛКОВОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ АРМИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ

Армированную сеткой ленту получают непрерывным литьем в горизонтально расположенные валки с ребрами при одновременной подаче в них сверху перегретого расплава и арматуры. В этих условиях пространство, ограниченное поверхностями валков и ребрами, заполнено расплавом, который затвердевает (намораживается) на поверхностях вращающихся валков и в тепловом отношении взаимодействует с фронтом кристаллизации, армирующей сеткой, ребрами и окружающей средой. В результате этого взаимодействия в ванне устанавливается температурный режим расплава, параметры которого зависят от температур, подаваемых в валки расплава и сетки, а также скорости литья ленты, ее толщины, геометрических размеров ванны и интенсивности теплообмена расплава с ребрами и окружающей средой.

Задачей настоящего исследования является определение технологических параметров литья, при которых будет поддерживаться тепловой режим ванны с определенной усредненной температурой расплава  $T_b$ , необходимой для получения отливки высокого качества. Примем, что при квазистационарном режиме литья в ванне устанавливается некоторая температура расплава  $T_b$ . При этой температуре за время прохождения сеткой ванны происходит полное расплавление намерзших на проволочках сетки корок, а температура сетки при выходе из валков равна температуре кристаллизации расплава. В результате этого на нагрев сетки затрачивается некоторое количество тепла, что приводит к охлаждению подаваемого в валки расплава на величину  $\Delta T_a$ . Примем также, что в результате теплового взаимодействия расплава с ребрами он охлаждается на некоторую величину  $\Delta T_p$  в результате конвективного теплообмена расплава с температурой  $T_b$  с ребрами, имеющими температуру  $T_p$ . Теплообмен расплава с фронтом кристаллизации корочек, намерзающих на поверхностях валков, происходит при усло-

вии, что  $T_b = \text{const}$ , температура корок равна температуре кристаллизации  $T_{кр}$ , а коэффициент теплообмена между ними  $\alpha_1$ . В результате этого взаимодействия температура подаваемого расплава уменьшается на  $\Delta T_k$ . Теплообмен зеркала расплава ванны, имеющей температуру  $T_b$ , осуществляется с окружающей средой с интенсивностью  $\alpha_3$ . За счет этого температура расплава уменьшается на величину  $\Delta T_{oc}$ . Для рассматриваемых условий температуры заливки  $T_{зал}$  определяется следующим образом:

$$T_{зал} = T_{кр} + \Delta T_b + \Delta T_a + \Delta T_k + \Delta T_p + \Delta T_{oc}. \quad (1)$$

Значение  $\Delta T_b = T_b - T_{кр}$  принимается таким, чтобы при температуре ванны  $T_b$  обеспечивалось расплавление намерзших на сетке корочек за время прохождения сетки через расплав.

Для принятых условий сделаем оценку вклада каждой из составляющих теплообмена и скорости литья на температурный режим ванны по формулам, полученным на основе анализа теплового баланса ванны:

$$\Delta T_a = \frac{h_a \rho_a c_a (T_{кр} - T_a)}{(h - h_a) \rho_1 c_1'}, \quad (2)$$

$$\Delta T_k = \frac{F_k \alpha_1 (T_b - T_{кр})}{WB(h - h_a) \rho_1 c_1'}, \quad (3)$$

$$\Delta T_p = \frac{\alpha_2 (T_b - T_p) F_p}{WB(h - h_a) \rho_1 c_1'}, \quad (4)$$

$$\Delta T_{oc} = \frac{F_b \alpha_3 (T_b - T_{oc})}{WB(h - h_a) \rho_1 c_1'}. \quad (5)$$

где  $h$  – толщина ленты;  $h_a$  – приведенная толщина арматуры (толщина листа из материала арматуры, масса  $1 \text{ м}^2$  которого равна массе  $1 \text{ м}^2$  сетки);  $F_k$  – внутренняя поверхность корок, затвердевших на бочках валков;  $F_p$  – площадь реборд, взаимодействующих с расплавом;  $F_b$  –

площадь свободной поверхности ванны;  $\alpha_1, \alpha_2$  и  $\alpha_3$  — соответственно коэффициенты теплообмена расплава с коркой, ребордой и окружающей средой;  $\rho_a$  и  $\rho_1$  — соответственно плотности материала арматуры и отливки;  $c_a$  и  $c_1'$  — удельные теплоемкости арматуры и отливки;  $T_a$  — температура армирующего материала при входе в ванну;  $T_b$  — температура расплава в ванне;  $T_p$  и  $T_{oc}$  — температуры реборд и окружающей среды;  $B$  — ширина ленты;  $W$  — скорость литья.

Расчет по формулам (2)–(5) позволяет оценить величину тепловых потерь поступающего в ванну расплава в зависимости от скорости литья и найти по формуле (1) температуру заливки расплава в валки.

Проведем оценку составляющих теплообмена на температурный режим ванны для литья ленты толщиной 0,55 мм из хлористой меди, армированной медной сеткой 14x14 мм из проволоки диаметром 0,15 мм. Масса 1 м<sup>2</sup> такой сетки составляет 0,45 кг, а ее приведенная толщина  $h_a = 0,05$  мм. Расчеты по формулам (2)–(5) выполнены для случая литья в валки диаметром 190 мм с ребордами диаметром 230 мм при высоте ванны 50 мм. Принято, что  $T_b = 440^\circ\text{C}$ , т.е.  $\Delta T_b$  равно  $40^\circ\text{C}$ , так как при этих условиях за время нахождения сетки в расплаве намерзшая на проволочках корка успевает расплавиться [1]. Результаты расчетов для скоростей литья  $W = 0,1, 0,12, 0,15$  и  $0,2$  м/с и температур сетки  $T_a = 20$  и  $220^\circ\text{C}$  приведены на рис. 1. Анализ результатов показывает, что сетка оказывает существенное влияние на температурный режим заливки. Величина  $\Delta T_a$  зависит от температуры сетки и не зависит от скорости литья  $W$ . Значения  $\Delta T_k, \Delta T_p$  и  $\Delta T_{oc}$  зависят от скорости литья и с увеличением  $W$  уменьшаются.

Выполненное исследование позволяет определять температуру заливки расплава в зависимости от скорости литья, температуры поступающей в ванну сетки и условий теплообмена ванны с ребордами и окружающей средой. Так, при использовании холодной сетки  $T_a = 20^\circ\text{C}$  температура заливки  $T_{зал}$  должна составить 554,5 и  $539^\circ\text{C}$  для скоростей литья 0,1 и 0,15 м/с соответственно (рис. 2). Такие температуры являются неприемлемыми по условиям плавки CuCl. Если сетка перед входом в ванну с расплавом подогреть до  $220^\circ\text{C}$ , то температуру расплава можно понизить и осуществлять заливку при температурах 528 и  $512,5^\circ\text{C}$  для скоростей литья 0,1 и 0,15 м/с соответствен-

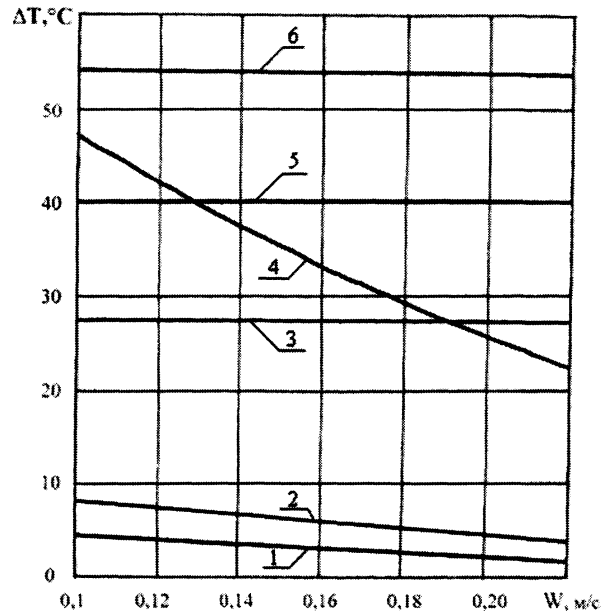


Рис. 1. Морфология снятия перегрева в валковом кристаллизаторе при различных скоростях литья армированной ленты из CuCl: 1 —  $\Delta T_{oc}$ ; 2 —  $\Delta T_p$ ; 3 —  $\Delta T_a (T_a=220^\circ\text{C})$ ; 4 —  $\Delta T_k$ ; 5 —  $\Delta T_b$ ; 6 —  $\Delta T_a (T_a=20^\circ\text{C})$

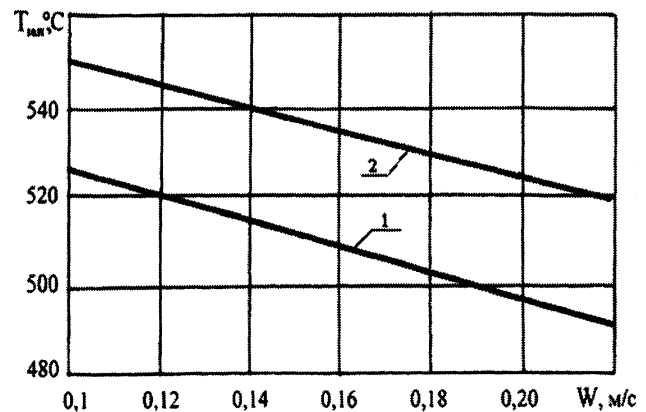


Рис. 2. Расчетные значения температур заливки хлористой меди при  $\Delta T_b=40^\circ\text{C}$ : 1 —  $T_a=220^\circ\text{C}$ ; 2 —  $T_a=20^\circ\text{C}$

но. Следует отметить, что литье при скоростях 0,13–0,15 м/с является более предпочтительным, чем при скорости 0,1 м/с, так как позволяет проводить процесс при более низких температурах заливки и повышает устойчивость процесса изготовления армированной ленты.

### Литература

1. Интенсификация литейных процессов и улучшение качества литейных заготовок в производстве экономичных профилей из цветных металлов и сплавов // Сб. науч. тр. М.: Металлургия, 1986.