

$= 3,5--4$ мм в условиях циклического режима литья. Время цикла $t_{\text{ц}}$ сохранялось в опытах в пределах $80--90$ с, что позволило при абсолютном давлении пара $P_{\text{абс}} = 1,8 \cdot 10^5$ Па и начальной температуре формы $T_{2\text{нач}} = 610$ К поддерживать температуру $T_{2\text{п}}$ (кривая 1) в пределах $700--740$ К. Снижение давления до $1,2 \cdot 10^5$ Па приводит к повышению температур на рабочей и охлаждаемой поверхностях кокиля. Очевидно, что для поддержания стабильной начальной температуры формы в пределах $600--700$ К время цикла $t_{\text{ц}}$ необходимо несколько увеличивать. Согласно опытам, проведенным на плоском кокиле [3], оптимальная продолжительность цикла составляет $90--120$ с при давлении $P_{\text{абс}} = 1,2 \cdot 10^5 \div 1,3 \cdot 10^5$ Па и температуре $T_{2\text{нач}} = 600 \div 700$ К.

Резюме. Приведенные данные могут быть использованы для интенсификации литья тонкостенных изделий в чугунных охлаждаемых кокилях.

Л и т е р а т у р а

1. Вейник А.И. Кокиль. Минск, 1972, 2. Петриченко А.М. Теория и технология кокильного литья. Киев, 1967. 3. Кравченко Е.В. и др. О возможности управления процессом охлаждения чугунных кокилей. -- В сб.: Новое в процессах литья. Киев, 1974.

УДК 621.746.6

Ю.А. Лосюк, канд. техн. наук,
А.С. Калининченко, А.В.
Никитин

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРИ ЛИТЬЕ НАМОРАЖИВАНИЕМ

В настоящей работе с целью анализа теплового режима при намораживании тонкой плоской заготовки на вращающийся кристаллизатор предлагается инженерный метод расчета толщины намораживаемой ленты, скорости роста корки.

Примем все допущения в зоне намораживания, использованные в работе [1], тогда температурное поле в сечении кристаллизатора может быть описано следующей зависимостью:

$$\theta = 1 - (X - 1)\theta_{\Delta} - \sum \frac{\left(\frac{\theta_{ox}}{1/Bi_2 + 1/Bi_3 + 1} - \theta_{\Delta} \right) Z_1 +}{(Bi_3^2/2\mu_n)(\mu_n - \cos\mu_n \sin\mu_n) +} x$$

$$+ \frac{[(1 + \theta_{\Delta})/Bi_3 + (\theta_{\Delta} - \theta_{ox} + 1)(1/Bi_2 + 1)] [(Bi_3/\mu_n) x + (Bi_3/\mu_n) \sin\mu_n + (\mu_n + \cos\mu_n \sin\mu_n)/2]}{x \frac{x(\cos\mu_n - 1) - \sin\mu_n}{x} [(Bi_3/\mu_n) \sin\mu_n X + \cos\mu_n X] x}$$

$$x [\exp(-\mu_n^2 Fo) - 1];$$

$$X = \frac{x}{X_2}; \theta = \frac{T_{кр} - T(x, t)}{T_{кр} - T_0}; \theta_{\Delta} = \frac{\Delta T_0}{T_{кр} - T_0};$$

$$\theta_{ox} = \frac{T_{кр} - T_{ox}}{T_{кр} - T_0}; Bi_2 = \lambda_3 X_2 / \delta_3 \lambda; Bi_3 =$$

$$= \alpha_{ox} X_2 / \lambda; Fo = at / X_2^2;$$

$$Z_1 = \frac{Bi_3}{\mu_n} (\cos\mu_n - \sin\mu_n / \mu_n) - \sin\mu_n - (\cos\mu_n - 1) / \mu_n,$$

где x — координата, м; X_2 — толщина стенки кристаллизатора, м; $T_{кр}$ — температура плавления К; T_0 — начальная температура рабочей поверхности кристаллизатора, К; ΔT_0 — начальный перепад температур по сечению кристаллизатора, К; T_{ox} — температура охлаждающей воды, К; λ, λ_3 — коэффициенты теплопроводности соответственно материала кристаллизатора и вещества, заполняющего зазор, Вт/м²·К; δ_3 —

толщина зазора между коркой и кристаллизатором, м; $\alpha_{\text{ох}}$ — коэффициент теплоотдачи на водоохлаждаемой поверхности, Вт/м²·К.

Значения μ_n определяются с помощью характеристического уравнения

$$\mu / \text{Bi}_2 = (\text{Bi}_3 \text{tg } \mu + \mu) / (\Delta \text{tg } \mu - \text{Bi}_3). \quad (2)$$

Запишем уравнение теплового баланса на границе раздела фаз в следующем виде:

$$\frac{d\xi_3}{dt} = \frac{1}{\rho r} \left\{ \frac{\lambda_3}{\delta_3} [T_{\text{кр}} - T(x_2 t)] - \alpha_c (T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}}) \right\}, \quad (3)$$

где ξ_3 — толщина корки, м; ρ — плотность материала корки, кг/м³; r — удельная теплота кристаллизации, Дж/кг; α_c — коэффициент теплоотдачи от расплава к корке, Вт/м²·К; $T_{\text{зал}}$ — температура заливки, К.

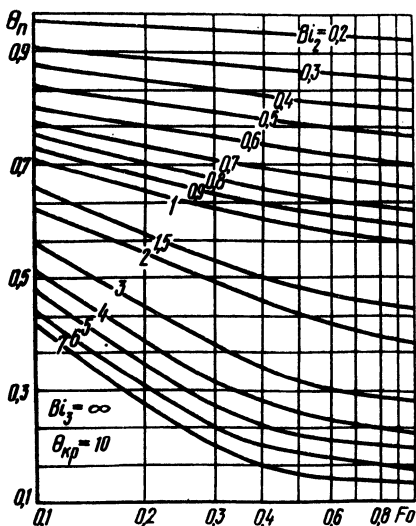


Рис. 1. Номограмма для определения безразмерной температуры в зависимости от чисел Био и Фурье.

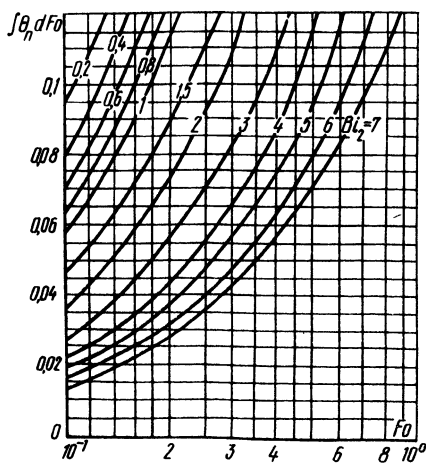


Рис. 2. Номограмма для определения величины $\int_0^{F_0} \theta_n dFo$ в зависимости от чисел Био и Фурье.

Путем некоторых преобразований уравнение (3) можно переписать в виде

$$\frac{d\xi_3}{dt} = \frac{1}{\rho r} \left[\frac{\lambda_3}{\delta_3} \theta_n (T_{\text{кр}} - T_0) - \alpha_c \Delta T_{\text{пер}} \right], \quad (4)$$

где $\theta_n = \theta$ при $X = 1$, $\Delta T_{\text{пер}} = T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}}$.

Интегрирование выражения (4) в пределах от $t = 0$ до $t = t_n$ (t_n -- время намораживания) дает формулу для вычисления толщины ленты

$$\xi = \left[\frac{\lambda_3}{\delta_3} X_2^2 (T_{\text{кр}} - T_0) \int_0^{F_0} \theta_n dF_0 - \frac{1}{c} t_n a \Delta T_{\text{пер}} \right] \frac{1}{\rho r} \quad (5)$$

где a -- коэффициент температуропроводности материала кристаллизатора, $\text{м}^2/\text{с}$.

На рис. 1 и 2 изображены графики для определения безразмерной температуры θ_n и величины $\int_0^{F_0} \theta_n dF_0$.

Резюме. Используя формулы (4) и (5) совместно с предлагаемым графическим материалом, можно легко рассчитать такие важные характеристики процесса намораживания, как толщину намораживаемой ленты, скорость роста корочки, температуру рабочей поверхности кристаллизатора.

Л и т е р а т у р а

1. Лосюк Ю.А., Никитин А.В. Определение толщины ленты, намораживаемой на вращающийся кристаллизатор. -- В сб.: Металлургия, вып. 9. Минск, 1976.

УДК 621.746.6

А.С. Калининченко, Ю.А. Лосюк, канд.техн.наук, А.В. Никитин

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ ВАННЫ РАСПЛАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАЛИВКИ НА ТОЛЩИНУ И КАЧЕСТВО ЛЕНТЫ

Предварительный анализ имеющихся опытных данных показал, что для устойчивого процесса получения алюминиевой ленты толщиной 3 мм необходимо увеличить зону намораживания, т.е. поднять уровень расплава в литниковой коробке. Это объясняется тем, что при небольшой высоте ванны расплава для получения ленты толщиной 3 мм необходимо снижать скорость литья. Снижение скорости разливки нежелательно, поскольку падает производительность агрегата. Соответственно