

шины не оплавляются и лента имеет очень шероховатую поверхность.

На рис. 2, а показана внешняя поверхность ленты, полученная при перегреве 10 град. Повышение температуры заливки до 700—720°С улучшает качество внешней поверхности (рис. 2, б). При еще более высоком перегреве (80—100 град) наблюдается значительная неравномерность теплообмена между коркой и поверхностью кристаллизатора, что ведет к разной толщине по сечению ленты и нарушению устойчивости процесса. Качество ленты низкое (рис. 2, в). Высокая температура заливки (740—760°С) приводит к укрупнению макрозерна, что ухудшает качество готовой ленты, а также способствует образованию горячих трещин в ленте.

Резюме. Для получения качественной ленты толщиной 3мм необходимо уровень ванны расплава поднять до 180—200 мм. Температура разливаемого расплава должна быть в пределах 710—720°С.

УДК 621.746.6

Р.И. Есьман, канд.техн.наук,
В.Ф. Драченев

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОТЛИВОК В КОКИЛЕ

В настоящей работе предлагается экспериментально-аналитический метод определения перетоков тепла в сложных отливках. В опытах определялось время затвердевания отливок разнотолщинной плиты, угла и тавра путем измерения температурных полей.

Температурное поле отливки ($i = 1$) и кокиля ($i = 2$) описывается дифференциальными уравнениями теплопроводности Фурье

$$c_i(u_i) \rho_i(u_i) \frac{\partial u_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_i(u_i) \frac{\partial u}{\partial x} \right], i = 1, 2, \quad (1)$$

где c_i, λ_i, ρ_i — теплофизические характеристики.

Решение уравнения (1) с соответствующими граничными условиями целесообразно искать численными методами. С этой целью для перехода к конечно-разностному аналогу урав-

нений (1) вводится равномерная сетка. Аналог дифференциального уравнения на узлах сетки имеет вид

$$a \rho_i^{2, 1+\frac{1}{2}} c_i^{1+\frac{1}{2}} \frac{u_i^{1+1} - u_i^1}{\tau} = \frac{1}{h} \left(\lambda_{1+\frac{1}{2}}^{1+1} \frac{u_{i+1}^{1+1} - u_i^{1+1}}{h} - \lambda_{i-\frac{1}{2}}^{1+1} \frac{u_i^{1+1} - u_{i-1}^{1+1}}{h} \right), \quad i=0, 1, 2, \dots, n-1. \quad (2)$$

Уравнение (2) является нелинейным и должно решаться итерационными методами. Однако, вычисляя теплофизические коэффициенты λ_i, c_i, ρ_i на предыдущем временном шаге, получим линейный аналог выражения (2):

$$a \rho_i^2 c_i \frac{u_i^{1+1} - u_i^1}{\tau} = \frac{1}{h} \left(\lambda_{i+\frac{1}{2}} \frac{u_{i+1}^{1+1} - u_i^{1+1}}{h} - \lambda_{i-\frac{1}{2}} \frac{u_i^{1+1} - u_{i-1}^{1+1}}{h} \right). \quad (3)$$

Аналогично проводится аппроксимация краевых условий на соответствующей сетке

$$\lambda_{n-\frac{1}{2}} \frac{u_n^{1+1} - u_{n-1}^{1+1}}{h} = -\alpha \frac{a(u_n^{1+1} + u_{n-1}^{1+1})}{2}$$

и т.д.

При известном температурном поле расчет перетоков тепла можно вести исходя из следующей приближенной зависимости:

$$q_i = -\lambda_i \frac{T_i - T_{i-1}}{h_i}, \quad i = n, n-1, \dots, i, \dots, 1.$$

Рассчитанные по приведенной методике величины плотностей теплового потока для различных сопряжений сложной отливки представлены на рис. 1, а--в (числами на кривых указаны расчетные моменты времени). Полное количество тепла, проходящего за время охлаждения отливки через критическое сечение с максимальной плотностью теплового потока, определяется площадью под кривой (рис. 2).

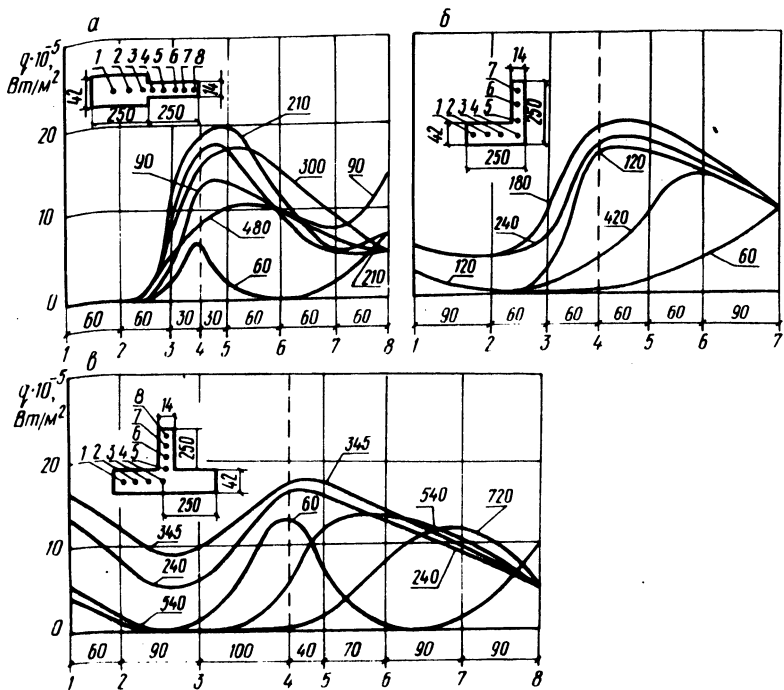


Рис. 1. Изменение плотности теплового потока вдоль оси разнотолщинной плиты (а), угла (б), тавра (в).

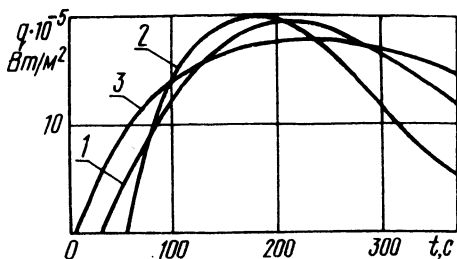


Рис. 2. Изменение полного количества тепла во времени, проходящего через критическое сечение разнотолщинной плиты (кривая 1), угла (кривая 2), тавра (кривая 3).

Резюме. Располагая расчетной величиной плотности теплового потока в сечениях сложной отливки, из уравнения энергетического баланса нетрудно определить количество тепла, потребного для аккумуляции теплоносителем системы охлаждения кокиля. В результате местного охлаждения кокиля создаются возможности для выравнивания температуры по сечению отливки, уменьшения температурных градиентов и напряжений, что обеспечивает улучшение качества литья.