

новения струи металла из-за наличия фланцев, ограничивающих длину отливки (рис. 2).

Механические свойства непрерывнолитой цилиндрической заготовки не всегда удовлетворяют требованиям соответствующих нормалей. Наиболее распространенными видами брака являются отбел отливок и повышенное количество феррита в структуре (до 40%). Для уменьшения склонности чугуна к отбелу необходимо проводить обработку чугуна модифицирующими добавками. Благодаря применению модификатора на основе кремния и РЗМ удалось полностью исключить отбел отливок. Применение вторичного охлаждения (охлаждение отливок после извлечения их из кристаллизатора) позволило получить практически перлитную матрицу, что повысило эксплуатационные характеристики втулок. Ферритный слой уменьшился до 1,2 мм, что лежит в пределах припуска на механическую обработку отливок.

Опытное опробование технологического процесса получения втулок на установке непрерывного литья Каунасского завода "Центролит" в течение рабочей смены подтвердило правильность найденных решений.

УДК 621.746.6

А.С.Калиниченко, канд.техн.наук,
М.А.Княжище, инженер,
Е.В.Кравченко, канд.техн.наук (БПИ)

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ТОНКОСТЕННОЙ ОТЛИВКИ В МАССИВНОМ КОКИЛЕ

Процессы литья в кокиль отличаются большой сложностью вследствие влияния значительного количества технологических факторов на тепловой режим формы и качество получаемой отливки. Особенно это относится к чугунной отливке, для которой скорость затвердевания оказывает решающее влияние на структуру и свойства формирующейся отливки. В работе ставится задача математического моделирования и расчета теплового режима отливки, а также построение номограмм для выбора оптимальных технологических параметров. В качестве объекта была выбрана отливка К,КЧЭ-02.000. Чугунная отливка толщиной 3,5-4 мм изготавливается в массивном неохлаждаемом кокиле. Основным уравнением для расчета температурного поля отливки и формы является дифференциальное уравнение теплопроводности для двумерного случая:

$$\frac{\partial T_i(x, y, t)}{\partial t} = \lambda_i \frac{(\frac{\partial^2 T_i(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_i(x, y, t)}{\partial y^2})}{\rho_i C_i}, \quad (1)$$

где $i = 1, 2$. Индекс 1 относится к отливке; 2 - к форме.

При начальных условиях

$$T_2 = T_{2н} = T_2(x, y, 0). \quad (2)$$

При граничных условиях:

на границе "отливка - форма":

$$\begin{aligned} -\lambda_2 \frac{\partial T_2(x, y, t)}{\partial x} &= \frac{T_1(x, y, t) - T_2(x, y, t)}{\frac{\delta_{кр}}{\lambda_{кр}} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_{об}} + \frac{\delta_{заяз}}{\lambda_{заяз}}} = \\ &= -\lambda_2 \frac{\partial T_2(x, y, t)}{\partial y}; \end{aligned} \quad (3)$$

на наружной поверхности

$$\begin{aligned} -\lambda_2 \frac{\partial T_2(x, y, t)}{\partial n} &= \alpha'_k (T_2(x, y, t) - T_c) + \varepsilon_{пр0} \sigma_x \\ & \times [T_2^4(x, y, t) - T_c^4]. \end{aligned} \quad (4)$$

Граничные условия выбраны из условия, что температура в краске, облицовке и зазоре подчиняется линейному закону распределения.

Скорость продвижения фронта кристаллизации находилась из уравнения

$$q_{пер} + L\rho_1 \frac{d\xi}{dt} = -\lambda_1 \frac{\partial T_1(x, y, t)}{\partial x} = -\lambda_1 \frac{\partial T_1(x, y, t)}{\partial y}. \quad (5)$$

Расчет проводился методом сеток в безразмерных величинах,

где

$$v = \frac{T_2 - T_0}{T_0}; \quad u = \frac{T_1 - T_0}{T_0}.$$

Тогда уравнение (1) примет вид [1]:

для отливки

$$a^2 c_1(u) \rho_1(u) \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_1(u) \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda_1(u) \frac{\partial u}{\partial y} \right]; \quad (6)$$

для формы

$$a^2 c_2(v) \rho_2(v) \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_2(v) \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda_2(v) \frac{\partial v}{\partial y} \right].$$

Уравнение (3) примет вид

$$\frac{1}{a} \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{a} \frac{\partial v}{\partial x} = - \frac{1}{\lambda_2(v) \left(\frac{\delta_{кр}}{\lambda_{кр}} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_{об}} + \frac{\delta_{заяз}}{\lambda_{заяз}} \right)} \frac{u - v}{\lambda_2(v)} \quad (7)$$

и уравнение (5) -

$$q_{\text{пер}} + L\rho_1 \frac{d\xi}{dt} = - \frac{\lambda_1(u)}{a} \frac{\partial u}{\partial x} = - \frac{\lambda_1(u)}{a} \frac{\partial u}{\partial y}. \quad (8)$$

Уравнения для расчета температурных полей являются нелинейными и должны решаться итерационными методами. Но если вычислить теплофизические коэффициенты λ, ρ, c на предыдущем временном шаге, то получим линейный аналог, дающий при достаточно малых временных шагах удовлетворительное решение. Тогда уравнение (6) запишется в виде

$$\begin{aligned} a_{i,k}^{(2)} \rho_{i,k}^{(2)} c_{i,k}^{(2)} \frac{u_{i,k}^{1+1} - u_{i,k}^1}{\tau} = \frac{1}{h_1} \left[\lambda_{i+1/2,k}^{(2)} \frac{u_{i+1,k}^{1+1} - u_{i,k}^{1+1}}{h_1} - \right. \\ \left. - \lambda_{i-1/2,k}^{(2)} \frac{u_{i,k}^{1+1} - u_{i-1,k}^{1+1}}{h_1} \right] + \frac{1}{h_2} \left[\lambda_{i,k+1/2}^{(2)} \times \right. \\ \left. \times \frac{u_{i,k+1}^{1+1} - u_{i,k}^{1+1}}{h_2} - \lambda_{i,k-1/2}^{(2)} \frac{u_{i,k}^{1+1} - u_{i,k-1}^{1+1}}{h_2} \right]. \quad (9) \end{aligned}$$

Для расчета использовался шеститочечный шаблон [1]. В результате расчета была построена математическая модель, составлена программа, которая была протранслирована на БЭСМ-6. Результаты расчета позволяют определить количественное влияние различных технологических параметров на тепловой режим формы и кокиля и построить номограмму.

Л и т е р а т у р а

1. Есьман Р.И., Жмакин Н.П., Шуб Л.И. Расчеты процессов литья. - Минск: Вышэйшая школа, 1977. - 265 с.

УДК 621.742.4

Д.М.Кукуй, канд. техн. наук,
И.Н.Ушакова, инженер (БПИ)

ПОВЕДЕНИЕ СМЕСЕЙ С ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ СВЯЗУЮЩИМИ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Для улучшения выбиваемости жидкостекольных смесей разработаны органоминеральные связующие материалы (ОМС), получаемые при введении полиакриламида (ПАА) в процессе растворения силикат-глыбы.