

более массивные части отливок; в) изготавливать полуформы из нескольких элементов, что позволит увеличить стойкость пресс-форм, с одной стороны, геометрическую точность отливки — с другой, а также сократить цикл процесса.

2. Оптимальные условия процесса формирования отливки могут быть созданы путем одновременного регулирования начальной температуры рабочей поверхности пресс-формы, температуры системы подачи металла и температуры заливки металла.

3. Скорость прессования должна быть возможно минимальной, но обеспечивающей заполнение пресс-формы.

4. Достижение оптимальных условий процесса литья под давлением вызывает необходимость применения систем для комплексного автоматического регулирования основных технологических параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е с ь м а н Р.И., Ж м а к и н Н.П., Ш у б Л.И. Расчеты процессов литья. — Минск, 1977.

УДК 621.746.6

Э.А.ГУРВИЧ, Р.И.ЕСЬМАН, Н.П.ЖМАКИН
Э.Л.КОСТЮКЕВИЧ, Ю.В.МАРКАРОВ

РАСЧЕТ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИИ КОКИЛЯ НА ЭВМ

Неравномерное распределение температуры по сечению кокиля в процессе литья и наличие внешних связей в нагретом теле способствуют возникновению температурных напряжений, релаксация которых частично осуществляется за счет деформации или коробления кокиля. Это явление в свою очередь приводит к нарушению геометрии отливки и возникновению газового зазора между отливкой и металлической формой.

Рассчитаем деформации плоского кокиля для литья прямоугольной пластины. В начальный момент будем считать кокиль равномерно прогретым. В этих условиях температурные напряжения в нем отсутствуют. В процессе охлаждения отливки в плоскости нормального сечения (по отношению к стенкам кокиля) возникает перепад температуры по сечению кокиля. Если каждую из его сторон рассматривать как балку с незакрепленными краями и предположить, что поле температур по высоте и ширине не меняется, то в точках, достаточно удаленных от краев, возникают напряжения, вычисляемые по формулам [1]

$$\begin{aligned} \sigma_y = \sigma_z = & -\frac{\beta E}{1-\nu} [T(x) - T_{20}] + \frac{1}{2c(1-\nu)} \int_{-c}^c \beta E [T(x) - T_{20}] dx + \\ & + \frac{3x}{2c^3(1-\nu)} \int_{-c}^c \beta E [T(x) - T_{20}] x dx, \end{aligned} \quad (1)$$

где $2c$ – толщина кокиля; β – коэффициент температурного расширения материала кокиля; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости; T_{20} – начальная температура кокиля; T_x – поле температур по толщине кокиля; σ_y, σ_z – напряжения по длине и высоте кокиля.

Напряжения, определяемые по формуле (1), вызывают деформации вдоль трех осей

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= -\frac{\nu}{E} (\sigma_y + \sigma_z) + \beta T; \\ \epsilon_y &= \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu \sigma_z) + \beta T; \\ \epsilon_z &= \frac{1}{E} (\sigma_z - \nu \sigma_y) + \beta T; \end{aligned}$$

где ϵ – относительная деформация.

Из-за наличия поперечных креплений края кокиля не имеют свободы перемещения. В этом случае балка, отождествляющая стенку кокиля, при наличии перепада температуры по толщине получит прогиб в направлении от сжатых волокон к растянутым, т.е. в сторону отливки. Величину прогиба можно рассчитать по формуле, которая в конечно-разностном представлении имеет вид

$$f = -\frac{3}{2} \frac{Mb}{(n_2 2ha)^3 E}, \quad (2)$$

где $b, 2h, a$ – ширина, высота, толщина одного слоя кокиля соответственно; n_2 – число слоев в кокиле; M – момент изгиба пластины кокиля относительно концов ее закрепления

$$M = b(n \cdot a)^2 \sum_{i=n_1}^n \epsilon_i \left(i - n_1 - \frac{n_2}{2} \right) (\sigma_i^{(1)} + \sigma_i^{(2)} + \sigma_i^{(3)}),$$

где $\epsilon_i = \frac{1}{2}$ при $i = n_1, i = n$; 1 при прочих значениях i ; i – номер точки;

$n = n_1 + n_2$; $\sigma_i^{(1)}, \sigma_i^{(2)}, \sigma_i^{(3)}$ – соответственно напряжения сжатия, растяжения и изгиба за счет неравномерности поля температур, определяемые по формулам:

$$\sigma_i^{(1)} = -\beta_i E \left[\left(\frac{U_i + U_{i-1}}{2} + 1 \right) T_0 - T_{20} \right] \text{ при } i = n_1; n_1+1; \dots; n;$$

$$\sigma_i^{(2)} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=n_1}^n \varepsilon_i \beta_i E \left[\left(\frac{U_i + U_{i-1}}{2} + 1 \right) T_0 - T_{20} \right];$$

$$\sigma_i^{(3)} = \frac{3}{2n_2^3} \left(i - n_1 - \frac{n_2}{2} \sum_{i=n_1}^n \varepsilon_i \beta_i E \left(i - n_1 - \frac{n_2}{2} \right) \right) \left[\left(\frac{U_i + U_{i-1}}{2} + 1 \right) \times \right. \\ \left. \times T_0 - T_{20} \right],$$

где β_i — коэффициент температурного расширения материала кокиля, который вычисляется по относительной температуре слоя $\frac{U_i + U_{i-1}}{2}$; $U_i = \frac{T_i - T_0}{T}$; T_0 — температура окружающей среды.

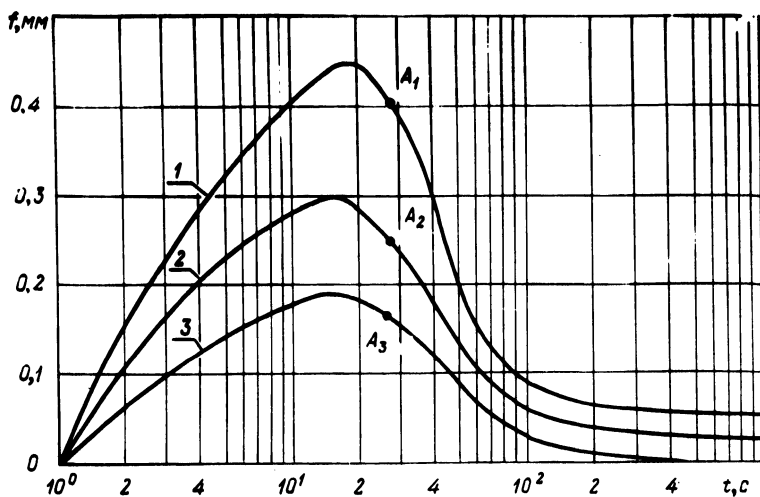


Рис. 1. Влияние длины кокиля на его деформацию при литье плоской отливки из сплава АЛ 4:
1,2,3 — $l=260, 200, 160$ мм соответственно.

Решение уравнения (2) совместно с соответствующими уравнениями для нахождения температурного поля системы "отливка-кокиль" было реализовано на ЭВМ М-222.

На рис. 1 представлены расчетные кривые изменения деформации во времени для стенок кокиля различной длины (160, 200, 260 мм) при прочих

равных условиях (толщина стенки $X_2 = 30$ мм; высота $H = 250$ мм; толщина отливки из сплава АЛ4 $2X_1 = 14$ мм; толщина слоя краски $X_{кр} = 0,3$ мм; теплопроводность материала краски $\lambda_{кр} = 0,35$ Вт/м·К). Из графиков видно, что удлинение кокиля приводит к увеличению максимальных прогибов (f_{\max}).

На эти же графики нанесены экспериментальные точки (А) начала образования зазора при расчетных условиях литья. Как видно, при разных длинах кокиля получаются различные зазоры, обусловленные деформацией кокиля. Это приводит к значительному изменению времени выдержки отливки в металлической форме, с одной стороны, искажению геометрии отливки — с другой.

Таким образом, в результате исследований установлено, что при расчете процесса охлаждения отливки в кокиле необходимо учитывать характер изменения зазора вследствие деформации металлической формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е с ь м а н Р.И., Ж м а к и н Н.П. Ш у б Л.И. Расчеты процесса литья. — Минск, 1977.

УДК 621. 74,047

В.И.ТУТОВ

СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРУШАЕМЫХ СТЕРЖНЕЙ

В Белорусском политехническом институте разработан и исследован процесс непрерывного литья заготовок машиностроительных деталей сложной конфигурации с использованием песчаных стержней. Применение разрушаемых стержней существенно расширяет номенклатуру отливок, получаемых непрерывным литьем, позволяет получать отливки со сложной внутренней поверхностью. Стержни можно использовать также для оформления сложных внешних поверхностей непрерывной отливки.

При непрерывном литье со стержнем используется схема вертикального непрерывного литья при протяжке отливки сверху вниз. Процесс может осуществляться по принципу литья с "закрытым" или "открытым" уровнем. При литье с "закрытым" уровнем используются графитовые кристаллизаторы с неохлаждаемой верхней частью. Зеркало жидкого металла в этом случае располагается в пределах неохлаждаемой части кристаллизатора, либо над кристаллизатором в специальной емкости. Стержни, оформляющие полость отливок, вводятся в кристаллизатор через направляющее устройство. При литье с "закрытым" уровнем верхняя часть кристаллизатора служит только для подвода металла, а затвердевание отливки начинается в нижней охлаждаемой части