

Э.А.Гурвич, канд. техн. наук,  
Р.И.Есьман, канд.техн.наук (БПИ)

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОРМ

Многokратный нагрев металлической литейной формы и значительные перепады температуры, возникающие по ее сечению, создают тяжелые условия на рабочей поверхности формы в период ее эксплуатации.

В связи с этим представляет интерес изучение влияния различных теплофизических параметров на термонапряженное состояние рабочей поверхности металлической формы (кокиль и пресс-форма литья под давлением), являющееся важнейшим фактором ее стойкости. В данной работе представлены результаты численного эксперимента на ЭВМ. Исследовано влияние условий охлаждения формы, термической проводимости краски на максимальные напряжения рабочей поверхности формы.

При расчете температурных напряжений плоская металлическая форма рассматривалась как балка с незакрепленными краями. В начальный момент времени считалось, что форма прогрета равномерно и температурные напряжения в ней отсутствуют. В процессе охлаждения отливки в плоскости нормального сечения (по отношению к стенкам формы) возникает поперечный градиент температуры. Если считать, что вдоль других направлений (по ширине и высоте формы) поле температур не меняется, то в точках, достаточно удаленных от краев, возникают термические напряжения, имеющие проекции на эти направления, которые вычисляются по формулам [1]:

$$\sigma_x = \sigma_z = -\frac{\beta E}{1-\nu} [T(y) - T_0] + \frac{1}{2c(1-\nu)} \cdot \int_{-c}^c \beta E [T(y) - T_0] dy + \frac{3y}{2c^3(1-\nu)} \int_{-c}^c \beta E [T(y) - T_0] y dy, \quad (1)$$

где  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$  - напряжения вдоль формы и по ее высоте;  $\beta$  - коэффициент термического расширения материала формы;  $E$  - модуль упругости;  $\nu$  - коэффициент Пуассона;  $T(y)$  - поле температур по нормальному сечению;  $T_0$  - начальная температура формы;  $2c$  - толщина формы.

В данном уравнении каждый из членов соответствует напряжениям: первый - сжатия по слоям материала формы; второй - растяжения за счет неравномерности поля температур; третий -

изгиба в поперечном сечении за счет несимметричности поля температур.

В действительности поле температур в форме меняется во всех направлениях и для  $\sigma_{x_1} = \sigma_{z_1}$  следует пользоваться другой формулой [2]:

$$\begin{aligned}\sigma_{x_1} &= \sigma_x + \frac{\partial^2}{\partial x^2} (F_{x_2}); \\ \sigma_{z_1} &= \sigma_z + \frac{\partial^2}{\partial z^2} (F_{z_2}),\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}\frac{F_{x_2}}{\beta E} = \frac{F_{z_2}}{\beta E} &= y \int_{-c}^c [T(y) - T_0] y dy - \frac{c}{12} \left[ 1 + \frac{6y}{c} + \frac{6y^2}{c^2} \right] x \\ &+ x \int_{-c}^c [T(y) - T_0] dy + \frac{1}{20} \left[ 10 + \frac{21y}{c} - 10 \left( \frac{y}{c} \right)^3 \right] \int_{-c}^c [T(y) - \\ &- T_0] y dy - \frac{1}{4c^3} \int_{-c}^c [T(y) - T_0] y^2 dy - \frac{y}{4c^3} \int_{-c}^c [T(y) - \\ &- T_0] y^3 dy.\end{aligned}$$

Однако при медленном изменении температуры вдоль осей  $x$  и  $z$ , когда длина и высота формы значительно превышают толщину, вторым членом уравнения можно пренебречь. В этом случае расчет по формуле (1) хорошо согласуется с данными тензометрических измерений.

Результаты численного эксперимента, полученные при решении сопряженной задачи одномерного температурного поля системы "отливка—газовый зазор—краска—форма", представлены на рис. 1, 2.

На рис. 1 (кривая 1) показано влияние условий охлаждения на максимальные напряжения сжатия, возникающие на рабочих поверхностях металлических форм. Из графика на рис. 1 видно, что с увеличением интенсивности охлаждения на внешней поверхности формы напряжения на рабочей поверхности растут. Момент возникновения максимальных напряжений соответствует появлению максимальных перепадов по стенке формы.

Несмотря на рост температурных напряжений, рабочая поверхность формы прогревается меньше с увеличением интенсивности охлаждения (рис. 1, кривая 2). Это способствует повышению стойкости металлической формы, так как величины максимальных температур рабочих поверхностей в условиях прину-

длительного охлаждения формы значительно меньше предельных, при которых появляются пластические деформации материала формы. При естественных условиях охлаждения максимальные температуры могут превысить предельно допустимые.

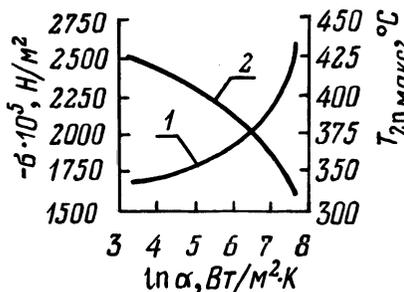


Рис. 1. Влияние условий охлаждения на термонапряженное состояние и максимальные температуры рабочей поверхности металлической формы: 1 -  $\sigma$ ; 2 -  $T_{2п \text{ макс}}$

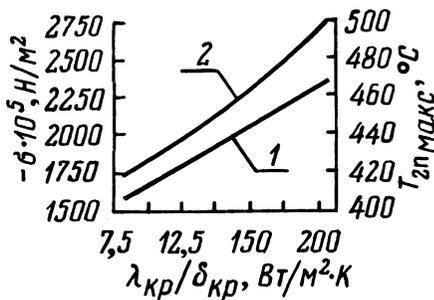


Рис. 2. Зависимость термических напряжений и максимальных температур рабочих поверхностей металлической формы от термической проводимости краски: 1 -  $T_{2п \text{ макс}}$ ; 2 -  $\sigma$ .

Значительное влияние на стойкость формы оказывает термическое сопротивление краски, наносимой на рабочую поверхность (рис. 2, кривая 1). Уменьшение проводимости способствует снижению уровня максимальных температур на рабочей поверхности формы и, при прочих равных условиях, уменьшению напряжений (рис. 2, кривая 2).

Таким образом, правильный выбор теплоизоляционного покрытия рабочей поверхности и интенсивности охлаждения внешней поверхности позволяет создать оптимальные условия для стойкости металлических литейных форм.

### Л и т е р а т у р а

1. Гейтвуд Б.Е. Температурные напряжения / Пер. с англ. - М.: Мир, 1959. - 187 с. 2. Есьман Р.И., Жмакин Н.П., Шуб Л.И. Расчеты процессов литья. - Минск: Вышэйшая школа, 1977. - 265 с.