

І.В.Огірко, В.З.Маїк

ТЕМПЕРАТУРНІ НАПРУЖЕННЯ У ФОТОПОЛІМЕРНІЙ ПЛАСТИНІ (ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ)

У поліграфії широко застосовують фотополімерні пластини, які працюють при різних інтервалах температур і видах навантажень. Опис цих процесів за допомогою математичного апарату дозволяє прогнозувати їх поведінку та межі роботоздатності [1,2].

Розглянемо, для зручності математичного моделювання, круглу фотополімерну пластину із закріпленням контуром. Нехай температура пластини змінилась на $t^{\circ}\text{C}$. При рівномірному нагріванні всієї пластини на $t^{\circ}\text{C}$ у ній виникають напруження стиску, які визначають з рівняння [2, с.142]

$$b\beta_1 t - (1 - \mu) \frac{bq}{E} = 0, \quad (1)$$

де μ — коефіцієнт Пуассона; E — модуль пружності; β_1 — коефіцієнт розширення матеріалу фотополімерної пластини; b — радіус контуру пластини; q — інтенсивність сил тиску на зовнішню циліндричну поверхню пластини.

Перший член цього рівняння — радіальне переміщення контуру вільної пластини в результаті нагрівання; другий — радіальне переміщення контуру вільної пластини силами тиску.

Напруження [2] в довільній точці пластини є

$$\sigma_r = \sigma_\theta = -q = -\frac{\beta_1 E t}{1 - \mu}. \quad (2)$$

Коли дві плоскі поверхні фотополімерної пластини вільні від навантаження, то осьові напруження рівні нулю.

Осьові деформації [2] в довільній точці пластини є

$$\epsilon_r = 0, \quad \epsilon_\theta = 0, \quad \epsilon_z = \frac{\beta_1 (1 + \mu)}{1 - \mu}. \quad (3)$$

Наведені формули справедливі, якщо закріплення пластини допускає при нагріванні осьове розширення контуру. У протилежному разі біля контуру виникає вузька кільцева зона трьохосового напруженого стану, в якому напруження

$$\sigma_r = \sigma_\theta = \sigma_z = -\frac{\beta_1 E t}{1 - 2\mu}, \quad (4)$$

а відносні деформації

$$\epsilon_r = \epsilon_\theta = \epsilon_z = 0. \quad (5)$$

Інша частина пластини зберігає двохосовий напружений стан. Ці формули застосовують як при нагріванні, так і при охолодженні фотополімерної пластини, якщо не змінюються умови закріплення. При охолодженні змінюється тільки знак напружень.

У зв'язку з неоднорідністю фотополімерної пластини (фотополімер, підкладка, клей) розглянемо другу модель. Дві частини вільної пластини (кругла і кільцева) мають різні коефіцієнти лінійного розширення: $\beta_{ц}$ — центральної частини пластини, відмінний від коефіцієнта лінійного розширення; $\beta_{к}$ — кільцевої зовнішньої частини.

При рівномірному нагріванні (або охолодженні) всієї пластини на 1° С у ній виникає складний напружений стан.

Згідно з [2], питомий тиск на поверхні спраження двох частин пластини

$$q = \frac{t E (\beta_{1\text{ц}} - \beta_{1\text{к}}) (b^2 - C^2)}{2 \delta^2}, \quad (6)$$

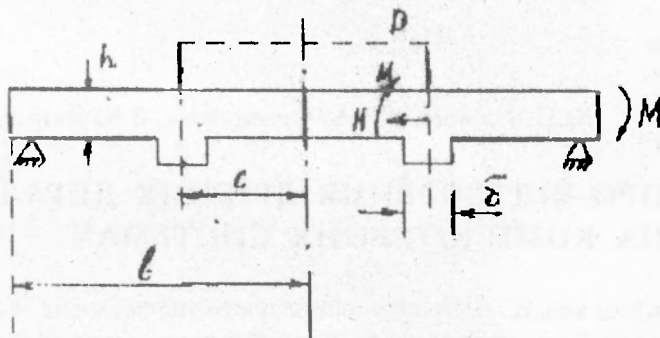
де C — радіус кола, концентричного до центрального круга радіуса.

При $\beta_{1\text{ц}} > \beta_{1\text{к}}$ сили тиску стискають центральну частину пластини і розтягають її зовнішню частину. При охолодженні розтягається її центральна частина і стискається внутрішня кільцева.

Місцеві осьові напруження [2] в спраженні двох частин пластини мають значення

$$\sigma_z = \pm 0,5 t E (1 + \mu) (\beta_{1\text{ц}} - \beta_{1\text{к}}). \quad (7)$$

Розглянемо третю модель — чисто силовий контакт. Зобразимо схему фотополімерної форми у вигляді круглої пластини радіусом b , товщиною h . Нехай рельєф напису буде концентричне коло радіусом C , товщиною δ (див. рисунок). Наявність рельєфу (кільцевого ребра) спричиняє в пластині реактивні моменти з додатним знаком і радіальні стискуючі сили, розподілені по спраженому кільцю.



Механічна схема навантаження фотополімерної пластини.

Згідно з [2, с.132], кут повороту спраженого перерізу пластини дорівнює

$$\varphi_C = \frac{2 C (1 - \mu) [K_0^{(1)} P + K_0^{(2)} M]}{E h^3}, \quad (8)$$

де μ — коефіцієнт Пуассона; C — радіус; p — загальне кільцеве навантаження, рівномірно розподілене по контуру; M — згинаючий момент.

Коефіцієнти кутів повороту дані в таблицях [2].

Радіальний згинаючий момент M_r і тангенціальний згинаючий момент M_θ в пластині визначаються рівняннями [2, с.8]

$$M_r = D \left(\frac{d\varphi}{dr} + \mu \frac{\varphi}{r} \right), \quad (9)$$

$$M_\theta = D \left(\frac{\varphi}{r} + \mu \frac{d\varphi}{dr} \right), \quad (10)$$

де циліндрична жорсткість пластини обчислюється за формулою

$$D = \frac{E h_3}{12 (1 - \mu_2)},$$

r — змінна координата радіуса пластини; φ — кут між нормаллю до серединної поверхні пластини і центральною віссю.

1. Дуб Я.І., Огірко І.В., Ясінький М.Ф. Математичне моделювання друкарських форм. Львів, 1994. 2. Чижевский К.Г. Расчет круглых и кольцевых пластин. Л., 1997.

Стаття надійшла до редколегії 16.01.95.