

УДК 539.3

ТЕРМОПРУЖНА ПОВЕДІНКА БІМАТЕРІАЛУ З МІЖФАЗНОЮ ТРІЩИНОЮ ЗА ПОЗДОВЖНЬОЇ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ЇЇ БЕРЕГІВ

Христина Середницька

*Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

ser.kristina@gmail.com

У сучасних технологіях важливим є врахування неоднорідностей та фізико-хімічних процесів між поверхнями спряження елементів конструкцій. Найвність дефектів типу тріщин зумовлюють додатковий розподіл напружень, який істотно залежить від термічних деформацій. Дана доповідь стосується дослідження впливу поздовжньої теплопровідності міжфазної тріщини на термопружну поведінку біматеріалу.

Розглянемо біматеріальну площину, компоненти якої наділені різними термомеханічними властивостями і характеризуються коефіцієнтами теплопровідності λ_1 , λ_2 і лінійного теплового розширення α_1 , α_2 , коефіцієнтами Пуассона ν_1 , ν_2 і модулями зсуву G_1 , G_2 . На лінії з'єднання півплощин розташована міжфазна тріщина завдовжки $2a$. Береги тріщини наділені тонкими плівками з коефіцієнтом поздовжньої теплопровідності λ_s . Вважаємо, що порожнина тріщини заповнена речовиною, що не проводить тепло, а плівки мають сталу товщину і проводять тепло лише в поздовжньому напрямі.

На нескінченності у напрямку, перпендикулярному до міжфазної лінії, площина піддана дії стаціонарного однорідного теплового потоку з густиною q і рівномірно розподілених розтягувальних зусиль інтенсивності p .

Вважаємо, що плівки не чинять опору деформуванню біматеріалу і береги тріщини вільні від напружень.

Вплив плівок на теплопередачу між берегами тріщини враховуємо їх поздовжньою теплопровідністю, використовуючи умову неідеального теплового контакту [2].

Використовуючи методику розв'язування задач термопружності для біматеріалів з тріщинами [1], сформульовану задачу зведено до системи сингулярних інтегро-диференціальних рівнянь відносно стрибка температури $\gamma(x)$ та розкриття тріщини $h(x)$:

$$\lambda_s \gamma''(x) + \frac{6\lambda}{\pi} \int_{-a}^a \frac{\gamma'(t) dt}{t-x} = -12q, \quad |x| < a,$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-a}^a \frac{h'(t) dt}{t-x} + \frac{\beta^2}{\pi \sqrt{a^2 - x^2}} \int_{-a}^a \frac{\sqrt{a^2 - t^2} h'(t) dt}{t-x} =$$

$$= -\lambda(\eta_4 \beta + \eta_3) \gamma(x) + \frac{\lambda \beta \eta_4}{\pi \sqrt{a^2 - x^2}} \int_{-a}^a \gamma(t) dt - G^* p, \quad |x| < a,$$

де $\gamma(\pm a) = 0$; $h(\pm a) = 0$; $\lambda = \frac{2\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$; $\beta = \frac{G_2(1 - \kappa_1) - G_1(1 - \kappa_2)}{G_2(1 + \kappa_1) + G_1(1 + \kappa_2)}$;

$$\eta_1 = \frac{\alpha_1(1 + \nu_1)}{\lambda_1}; \quad \eta_2 = \frac{\alpha_2(1 + \nu_2)}{\lambda_2}; \quad \eta_3 = \frac{(G_2 + G_1 \kappa_2) \eta_2 - (G_1 + G_2 \kappa_1) \eta_1}{G_2(1 + \kappa_1) + G_1(1 + \kappa_2)}$$

$$\eta_4 = \frac{(G_2 + G_1 \kappa_2) \eta_2 + (G_1 + G_2 \kappa_1) \eta_1}{G_2(1 + \kappa_1) + G_1(1 + \kappa_2)}; \quad G^* = \frac{(G_2 + G_1 \kappa_2)(G_1 + G_2 \kappa_1)}{G_1 G_2 (G_2(1 + \kappa_1) + G_1(1 + \kappa_2))}$$

$\kappa_n = 3 - 4\nu_n, \quad n = 1, 2.$

Розв'язок отриманої системи побудовано на основі методу колокацій [1] за допомогою числових розрахунків.

Проаналізовано зміну розкриття тріщини та стрибка температури між її берегами залежно від інтенсивності розтягувальних зусиль, густини і напрямку теплового потоку та коефіцієнта поздовжньої теплопровідності. Визначено коефіцієнти інтенсивності міжфазних напружень.

1. *Мартиняк Р.М., Середницька Х.І.* Контактні задачі термопружності для міжфазних тріщин в біматеріальних тілах. – Львів: Растр-7, 2017. – 168 с.
2. *Середницька Х.І.* Математична модель термопружної поведінки тіла з урахуванням поздовжньої теплопровідності берегів тріщини // Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми термомеханіки – 2021»: Матеріали конференції (Львів, 15–17 вересня 2021 р.). – Львів. – 2021. – С. 137–138.

THERMO-ELASTIC BEHAVIOR OF THE BI-MATERIAL WITH AN INTERFACE CRACK DUE TO LONGITUDINAL THERMAL CONDUCTIVITY OF ITS FACES

The thermo-elastic behavior of the bimaterial body with an interface crack, the faces of which are covered with films and conduct heat only in the longitudinal direction with a given coefficient of thermal conductivity, was investigated. The problem of thermoelasticity was reduced to a system of singular integro-differential equations with respect to temperature jump and crack opening. The temperature change between the cracks faces and its opening for different values of the coefficient of longitudinal thermal conductivity were analyzed. The interface stress intensity coefficients were determined.