ТЕРМОПРУЖНІСТЬ АНІЗОТРОПНОГО МАТЕРІАЛУ ІЗ НИТКОВОЮ НЕОДНОРІДНІСТЮ

Пастернак Ярослав Михайлович
Волинський національний університет імені Лесі Українки, iaroslav.pasternak@vnu.edu.ua
Корнійчук Андрій Володимирович
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Korniichuk.Andrii@vnu.edu.ua

Ниткові включення в твердих тілах можуть бути як природного, так і антропогенного походження. Зокрема, провідну роль на даний час відіграють текстильні композитні матеріали, у яких переплетені між собою волокна відіграють роль армування. У праці [1] започатковано метод на основі інтегральних рівнянь для аналізу термонапруженого стану та ефективних термомеханічних характеристик ізотропних матеріалів із деформівними нитковими включеннями.

У даному дослідженні запропоновані в [1] підходи переносяться на випадок анізотропних матеріалів, якими зазвичай, є більшість природних матеріалів. Для цього відповідно до [2] інтегральні рівняння теплопровідності та термопружності анізотропного матеріалу із нитковою неоднорідністю записані у такому регуляризованому вигляді [1]:

$$\begin{gathered}\int_L \Theta(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\left[\gamma(\mathbf{x})-\gamma(\mathbf{x}_0)\right]dL(\mathbf{x})+\\ +\gamma(\mathbf{x}_0)\left[\int_{L\setminus L_\varepsilon}\Theta(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\,dL(\mathbf{x})+B(\mathbf{x}_0)\right]=\theta(\mathbf{x}_0)-\theta^\infty(\mathbf{x}_0),\end{gathered} \tag{1}$$

$$\begin{gathered}u_i(\mathbf{x}_0)=\int_L U_{ij}(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\left(p_j(\mathbf{x})-p_j(\mathbf{x}_0)\right)dL+p_j(\mathbf{x}_0)\left[\int_{L\setminus L_\varepsilon}U_{ij}(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\,dL+A_{ij}(\mathbf{x}_0)\right]+\\ +\int_L V_i(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\gamma(\mathbf{x})\,dL+u_i^\infty(\mathbf{x}_0),\end{gathered} \tag{2}$$

де

$$B(\mathbf{x}_0)=\int_{L_\varepsilon}\Theta(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\,dL(\mathbf{x}), \tag{3}$$

$$A_{ij}(\mathbf{x}_0)=\int_{L_\varepsilon}U_{ij}(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)\,dL(\mathbf{x}). \tag{4}$$

Відповідно до [2] ядра інтегральних рівнянь для анізотропного матеріалу мають такий вигляд:

$$\Theta^*(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)=-\frac{1}{8\pi^2 r}\oint_{|\boldsymbol{\lambda}|=1}\left(k_{ij}\lambda_i\lambda_j\right)^{-1}dl(\boldsymbol{\lambda}),\quad U_{ij}(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)=\frac{1}{8\pi^2 r}\oint_{|\boldsymbol{\lambda}|=1}\Gamma_{ij}^{-1}(\boldsymbol{\lambda})\,dl(\boldsymbol{\lambda}) \tag{5}$$

$$V_i(\mathbf{x},\mathbf{x}_0)=\frac{1}{8\pi^2}\iint_{\substack{|\boldsymbol{\xi}|=1,\\ \boldsymbol{\xi}\cdot\mathbf{t}>0}}\frac{\Gamma_{ij}^{-1}(\boldsymbol{\xi})\tilde{\beta}_{jk}\xi_k}{k_{qr}\xi_q\xi_r}\,dS(\boldsymbol{\xi}). \tag{6}$$

де k_{ij} – коефіцієнти теплопровідності; $\Gamma_{ij}=C_{ikjm}\xi_k\xi_m$; C_{ijkm} – пружні модулі; β_{ij} – теплові модулі матеріалу. У випадку прямолінійної неоднорідності рівняння (1), (2) вдалося розв’язати за допомогою аналітично-числового підходу [1]. Отримано розподіли теплових та механічних полів поблизу ниткових включень залежно від їхніх теплових і пружних характеристик.

Список літератури

5. Pasternak Ia.M., Sulym H., Holii O. Thermoelasticity and effective properties of solids containing flexible and deformable thread-like inhomogeneities. *International Journal of Engineering Science*. 2022. 178. 103729. – 17 p. https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2022.103729
6. Pasternak Ia., Pasternak R., Pasternak V., Sulym H. Boundary element analysis of 3D cracks in anisotropic thermomagnetoelectroelastic solids. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. 2017. 74. P. 70–78. https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2016.10.009