

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОЇ ТРІЩИНИ ВЗДОВЖ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОДА В П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОМУ БІМАТЕРІАЛІ

Говоруха В. Б., govorukhavb@yahoo.com,

Шевельова А. Є., shevelevaae@dnua.dp.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

П'єзoeлектричні матеріали широко використовуються в багатьох галузях сучасної інженерії. Зазвичай ці матеріали інтегровані в складні інтелектуальні композитні структури, які є складовими датчиків, перетворювачів та приводів. Ці композитні конструкції експлуатуються під високими електричними та механічними навантаженнями. Електричні навантаження часто реалізуються на приладах з багатопаровими електродами з металевої фольги, які вмонтовані в межі поділу матеріалів. Проте, через крихкість і низьку міцність п'єзoeлектричних матеріалів, високе електричне поле може призвести до розшарування між тонким електродом та п'єзoeлектричною матрицею [1, 2].

Досліджено електропровідну тріщину розташовану вздовж частини електрода на інтерфейсі п'єзoeлектричного біматеріалу під дією антиплоских механічних та плоских електричних навантажень. Електрод вважається набагато тоншим, ніж п'єзoeлектричний матеріал, і тому його механічні властивості нехтуються. Граничні умови мають вигляд:

$$\begin{aligned}\sigma_{23}^+(x_1, 0) = \sigma_{23}^-(x_1, 0) = 0, \quad E_1^+(x_1, 0) = E_1^-(x_1, 0) = 0, \quad x_1 \in (a_1, a_2), \\ \langle \sigma_{23}(x_1) \rangle = 0, \quad \langle \gamma_{13}(x_1) \rangle = 0, \quad E_1^+(x_1, 0) = E_1^-(x_1, 0) = 0, \quad x_1 \in (b_1, a_1) \cup (a_2, b_2), \\ \langle \gamma_{13}(x_1) \rangle = 0, \quad \langle \sigma_{23}(x_1) \rangle = 0, \quad \langle E_1(x_1) \rangle = 0, \quad \langle D_2(x_1) \rangle = 0, \quad x_1 \in (-\infty, b_1) \cup (b_2, \infty), \\ \text{де } a_1 \leq x_1 \leq a_2 \quad (b_1 \leq a_1, \quad a_2 \leq b_2).\end{aligned}$$

Отримані такі представлення механічних та електричних факторів через кусково-аналітичні функції комплексних змінних

$$\begin{aligned}\sigma_{23}(x_1, 0) - i m_k E_1(x_1, 0) = t_k [F_k^+(x_1) + \gamma_k F_k^-(x_1)], \\ \langle D_2(x_1) \rangle + i s_k \langle u_3'(x_1) \rangle = F_k^+(x_1) - F_k^-(x_1).\end{aligned}$$

На основі цих представлень задача зводиться до комбінованої граничної задачі Дирихле-Рімана

$$F_k^+(x_1) + \gamma_k F_k^-(x_1) = 0, \quad x_1 \in (a_1, a_2),$$

$$\operatorname{Im} F_k^\pm(x_1) = 0, \quad x_1 \in (b_1, a_1) \cup (a_2, b_2),$$

$$F_k(z)|_{z \rightarrow \infty} = \frac{\sigma_{23}^\infty - im_k E_1^\infty}{t_k(1 + \gamma_k)}.$$

Отримано аналітичний розв'язок цієї задачі. Це дало можливість записати явні вирази для зсувного напруження, електричного поля та переміщень берегів тріщини. Ці величини також представлені графічно уздовж відповідних частин інтерфейсу. Визначено коефіцієнти інтенсивності напруженості та електричного поля. Наведені залежності зазначених чинників від величини зовнішнього електричного навантаження та співвідношень довжини тріщини та електрода.

Дане дослідження показує, що вплив співвідношення довжин тріщини та електрода на механічні та електричні фактори практично відсутній при відносно невеликих значеннях електричного навантаження, але він стає досить істотним у протилежному випадку. Крім того, зростання зовнішнього електричного поля призводить до зменшення коефіцієнта інтенсивності напруження на тріщині та збільшення коефіцієнта інтенсивності електричного поля на кінцях електродів.

1. Govorukha V. Interface cracks in piezoelectric materials / V. Govorukha, M. Kamlah, V. Loboda, Y. Lapusta // *Smart Materials and Structures*. – 2016. – V. 25, N 2. – 023001.
2. Onopriienko O. Interaction of a conductive crack and of an electrode at a piezoelectric bimaterial interface / O. Onopriienko, V. Loboda, A. Sheveleva, Y. Lapusta // *Comptes Rendus Mécanique*. – 2018. – Vol. 346, Issue 6. – P. 449-459.