

УДК 539.3

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУЙНУВАННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО БІМАТЕРІАЛУ ПРИ НАЯВНОСТІ ІНТЕРФЕЙСНОЇ ТРІЩИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МСЕ

Віктор Адлуцький, Максим Левченко, Володимир Лобода

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

adluckiiyv_kkt@dnu.dp.ua, levchenko.maks2010@gmail.com, lobvv@ua.fm

Розглядається плоска деформація біматеріалу, складеного з півпросторів $x_3 > 0$ та $x_3 < 0$, зчеплених по інтерфейсу $x_3 = 0$ і заповнених п'єзоматеріалами 1 та 2 відповідно, поляризованими вздовж осі x_3 . На відрізку AB $x_1 \in (-l, l)$ інтерфейсу розташована міжфазна тріщина (рис. 1). На нескінченності задані рівномірні розтягувальні механічні навантаження та електричне поле, паралельне тріщині. На берегах тріщини розглядаються наступні типи електричних граничних умов: проникність, ізолюваність, електродованість. Припускається можливість контактної взаємодії берегів тріщини без тертя внаслідок деформування біматеріалу. Механічні навантаження додатково задовольняють умову неперервності деформацій на інтерфейсі. Досліджуються такі параметри руйнування, як розкриття тріщини та швидкість вивільнення енергії.

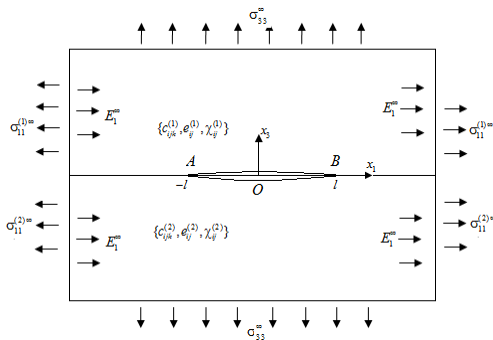


Рис. 1

Моделювання п'єзоелектричного біматеріалу з міжфазною тріщиною здійснюється за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Нескінченна область апроксимується скінченною областю $|x_1| \leq b$, $|x_3| \leq b$, де $b = 20l$, що,

як показали числові експерименти, забезпечує достатню збіжність з наявними аналітичними результатами. Електричне поле виражається через різницю потенціалів на протилежних сторонах скінченної області. Для дискретизації використовуються чотирикутні 8-вузлові елементи з поліноміальною апроксимацією другого порядку. Неоднорідні сітки скінченних елементів згущуються біля тріщини й розріджуються в міру наближення до зовнішньої границі біматеріалу. Для моделювання сингулярностей розв'язків в околах вершин тріщини будуються концентричні сітки сингулярних елементів. Визначення значень інтенсивностей вивільнення енергії у вершинах тріщини реалізується за допомогою інтегрального методу віртуального закриття тріщини.

З'ясовано, що у випадках електропроникної або електроізолюваної тріщин під впливом електричного поля має місце безконтактне деформування з відсутністю асиметрії, характерної для електродованої тріщини.

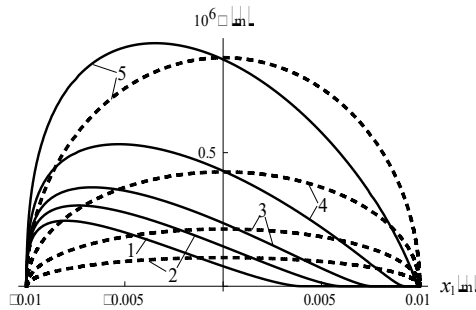


Рис. 2

На рис. 2 наведені графіки розкриття Δ електродованої тріщини ($l=0,01\text{m}$) в біматеріалі PZT-4/PZT-5H при $E_1^\infty = -2 \times 10^6 \text{ V/m}$ (суцільні лінії) та $E_1^\infty = 0$ (пунктирні лінії) для різних рівнів механічного навантаження: 1 – $\sigma_{33}^\infty = 0 \text{ MPa}$; 2 – $\sigma_{33}^\infty = 0,25 \text{ MPa}$; 3 – $\sigma_{33}^\infty = 0,5 \text{ MPa}$; 4 – $\sigma_{33}^\infty = 1,0 \text{ MPa}$; 5 – $\sigma_{33}^\infty = 2,0 \text{ MPa}$.

DETERMINATION OF PIEZOELECTRIC BIMATERIAL FRACTURE PARAMETERS IN THE PRESENCE OF INTERFACIAL CRACK WITH USE OF FEM

The stress-strain state of an interfacial crack in piezoelectric bimaterial polarized in the direction perpendicular to the crack faces and loaded by remote electrical field parallel to the crack faces and tension parallel to the polarization axis are investigated by finite element method. Several variants of electrostatic boundary conditions are considered at the crack faces. Existence of mechanical contact zones between the faces of the crack is allowed. The problem is considered on the base of plane strain formulation. Determination of the energy release rate is realized using the virtual crack closure integral method. It is shown that the type of boundary conditions has a significant influence on the fracture parameters.