

УДК 539.3

ТЕРМОМАГНІТОЕЛЕКТРОПРУЖНІСТЬ СКІНЧЕННИХ КУСКОВО-ОДНОРІДНИХ ТІЛ ЗА НАЯВНОСТІ СПОЛУЧНОГО ПРОШАРКУ ТА ВНУТРІШНІХ ТОНКИХ ВКЛЮЧЕНЬ

Андрій Васишин, Ярослав Пастернак, Іван Звізло, Георгій Сулим

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
Волинський національний університет імені Лесі Українки,
Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

vasylyshyn.c.h@gmail.com, yaroslav.pasternak@gmail.com,
zvizloivan0@gmail.com, gtsulym@gmail.com

Бі- та мультиматеріальні структури широко використовують у сучасному інженерному проектуванні. Без них практично неможливе створення приладів точної механіки, перетворювачів енергії, пристроїв точного позиціонування тощо. Такі вироби дають можливість створювати давачі та цілі сенсорні системи, що в свою чергу здатні в режимі реального часу діагностувати відповідні конструкції.

Оскільки створення біматеріалів дуже часто відбувається за допомогою механічного поєднання сегнетоелектричних та магнітострикційних компонент, дуже важливим є глибоке вивчення впливу специфіки межі контакту (інтерфейсу) складових на фізико-механічні поля всередині такого кусково-однорідного тіла. Навіть за майже ідеального електромеханічного контакту цей інтерфест може істотно впливати на температурні та, як наслідок, магнітоелектромеханічні поля. В основному виділяють два типи таких інтерфейсів: інтерфейс низької (типу Капіци) та високої теплопровідності [2]. Особливістю інтерфейсу високої теплопровідності є те, що при переході через поверхню контакту складових тепловий потік має стрибок, а температуру все ще можна вважати неперервною функцією [1]. Незважаючи на те, що даний тип інтерфейсу істотно впливає на розподіл температур у смарт-матеріалах, публікацій, що стосуються вивчення його впливу у термомагнітоелектропружних кусково-однорідних тілах практично немає [3].

У даній роботі на основі використання формалізму Стро [1] та методів теорії функції комплексної змінної для математичного моделювання складеного тіла із інтерфейсом високої теплопровідності та системою замкнених і розімкнених контурів всередині кожної складової біматеріалу було отримано

систему (гіпер)сингулярних інтегральних рівнянь стосовно функцій розривів (стрибків) фізико-механічних полів на цих контурах. Для моделювання внутрішніх тонких неоднорідностей було використано принцип спряження континуумів різної вимірності, що полягає у заміні тонкого включення деякою поверхнею розриву теплофізичного та напружено-деформованого стану тіла.

Для прикладу розглянуто біматеріальне термоелектромагнітопружне призматичне тіло квадратного поперечного перерізу із інтерфейсом високої теплопровідності. Складові тіла вважалися виготовленими із титанату барію (BaTiO_3 – піроелектрик) та селеніду кадмію (CdSe – піромагнетик). Його верхня, нижня та бічні поверхні вважалися теплоізольованими та вільними від механічних, теплових і електромагнітних навантажень. Окрім інтерфейсу, тіло містило ще й тонке прямолінійне в плані електропровідне абсолютно жорстке чи механічно податне стрічкове включення, розташоване під кутом φ до межі поділу матеріалів. Властивості його теплопровідності варіювалися у повному спектрі можливих змін: від абсолютної теплопровідності до повної теплоізольованості. Зовнішнім температурним навантаженням були джерело та стік тепла однакової інтенсивності, розміщені антисиметрично у різних складових тіла.

Побудовано графічні залежності коефіцієнтів інтенсивності напружень та електричних зміщень від параметра теплопровідності інтерфейсу для різних значень кута φ та параметрів матеріалу включення. Вплив електричних параметрів матеріалів на усі фізико-механічні поля в тілі поблизу включення і, зокрема, на значення узагальнених коефіцієнтів напруження є значним, а тому їх обов'язково потрібно брати до відома при розв'язуванні даного класу задач.

1. *Hwu C.* Anisotropic elastic plates. – London: Springer, 2010. – 674 p.
2. *Kaessmair S., Javili A., Steinmann P.* Thermomechanics of solids with general imperfect coherent interfaces // Arch Appl Mech. – 2014. – **84**, No. 9–11. – P. 1409–1426.
3. *Quang H.L., Phan T.L., Bonnet G.* Effective thermal conductivity of periodic composites with highly conducting imperfect interfaces // International Journal of Thermal Sciences. – 2011. – **50**. – P. 1428–1444.

THERMO-MAGNETO-ELECTRO-ELASTICITY OF FINITE PIECE-HOMOGENEOUS SOLIDS IN THE PRESENCE OF A COUPLING LAYER AND INTERNAL THIN INCLUSIONS

The paper presents a method for solving plane problems of thermomagneto-electroelasticity for finite biomaterial solids bonded with a thin bonding layer (interface) of high thermal conductivity with thin inclusions sensitive to the influence of physical and mechanical fields. Due to the use of the extended Stroh formalism and the theory of complex variable functions, Somigliana-type integral equations are constructed. The calculation and analysis of the solutions of a number of problems for finite solids with inclusions that can interact with each other was carried out.