

ОЦІНЮВАННЯ МІЦНОСТІ КОНТАКТНИХ БІМЕТАЛЕВИХ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО І КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Тетяна Бардин

Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України, tetyana.v@i.ua

Розроблено математичну модель для кількісного опису термомеханічних процесів у пружних структурно-неоднорідних твердих тілах за температурного й силового навантаження. Приведено загальні вихідні співвідношення для дослідження процесів теплопровідності й деформування в пружному тілі за дії комплексного навантаження. За основу прийнято просторово тривимірний підхід, що дає змогу достатньо адекватно кількісно описати напружено-деформований стан пружного тіла складної геометричної форми і структури. Температурне поле в тілі описує нестационарне рівняння теплопровідності, а процеси деформування – співвідношення квазістатичної теорії термопружності [1]. За таких обставин механічна і теплова взаємодія тіла із зовнішнім середовищем відбувається таким чином, що процес навантаження розглядається без врахування зв'язаності полів температури та деформацій, а переміщення, деформації та їхні швидкості в тілі приймаються такими, що виконуються лінійні залежності між деформаціями та переміщеннями. У такому наближенні задачу сформульовано за два етапи. На першому етапі записано рівняння теплопровідності й відповідні умови теплообміну між тілом та довкіллям, а також між окремими структурними складовими тіла. На другому етапі для визначення компонент вектора переміщень і тензорів деформацій та напружень у тілі записуємо вихідні співвідношення квазістатичної теорії термопружності, температурні поля для яких є вхідними.

Запропонована математична модель опису термомеханічних процесів у кусково-однорідних тілах орієнтована на розробку числової методики її розв'язування і створення відповідного програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання температурних і механічних полів у таких тілах за термосилових навантажень. Відповідно до прийнятої розрахункової схеми наведено процедуру розв'язування задачі термопружності. На першому етапі, внаслідок проведення стандартної процедури скінчено-елементної <http://www.iapmm.lviv.ua/chyt2025>

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2025», 27–29 травня 2025 р., Львів

дискретизації тіла у варіанті методу зважених залишків, нестационарну задачу теплопровідності зведено до системи звичайних диференціальних рівнянь відносно невідомих значень температури у вузлах скінченно-елементного поділу. Розв'язок отриманих задач Коші побудовано з використанням простих однокрокових багатопараметричних різницевих алгоритмів. Отримані на першому етапі із розв'язків цієї задачі розподіли температури є вхідними для задачі другого етапу – визначення термонапруженого стану тіла у скінченно-елементному формулюванні. Наведено обчислювальні аспекти реалізації методу скінченних елементів і формування ключових скінченно-елементних рівнянь для задачі теплопровідності та термопружності. Описано алгоритми формування матричних характеристик для різних типів скінченних елементів, їх підсумовування та врахування крайових умов.

Досліджено напружено-деформований стан контактних біметалевих термоперетворювачів різних типів за умов експлуатації на основі розробленої математичної і числової методики. Запропоновано нову версію біметалевого термоперетворювача зі суттєво вищою надійністю та роботоздатністю за довготривалого циклічного теплового навантаження. Завдяки запропонованому оригінальному конструкційному рішенням усунуто причину виходу з ладу основного елемента, що забезпечує процес термометрії. Отримано оцінки температурних діапазонів і швидкостей зміни температури довкілля, за яких забезпечується надійна робота запропонованих конструкцій термоперетворювача.

1. Бардин Т.П., Дробенко Б.Д. Температурні напруження в біметалевих контактних термоперетворювачах під час їхньої експлуатації // Прикладні проблеми механіки і математики. – 2023. – Вип. 21. – С. 30–42.

ASSESSMENT OF THE STRENGTH OF CONTACT BIMETALLIC THERMOCONVERTERS USING MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING

A mathematical model for the description of thermomechanical processes in elastic structurally inhomogeneous solids under temperature and force loading is developed. A 3D approach is adopted as a basis. The temperature field in the body is described by the heat conduction equation, and the deformation processes are described by the relations of the quasi-static theory of thermoelasticity. A procedure for solving the problem using the finite element method and one-step multiparameter difference algorithms is presented. The stress-strain state of contact bimetallic thermal converters of various types under operating conditions is researched.