УДК 621.372.5:004.94 **DOI:** https://doi.org/10.30837/IYF.ASCTREDB.2024.063

МОДЕЛЬ У ВИГЛЯДІ ТЕПЛОВИХ ЧОТИРИПОЛЮСНИКІВ ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПІЙ ФІЛАМЕНТА 3D ДРУКУ

Гапон Н.Я.
Науковий керівник – к.т.н., доц. Зайченко О.Б.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА
м. Харків, Україна
email: nataliia.zaichenko@nure.ua.

This work is devoted to thermal quadruple model for defectoscopy of filament. The advantage of using thermal quadrupoles to describe multilayer samples of dielectrics is that each layer in the model is described by a separate quadrupole, then in the model quadrupoles, that is, separate layers are connected in cascade, and the entire sample is provided as a product of matrices corresponding to the layers.

У галузі неруйнівного контроля використовуються такі методики: рентгенографічне, візуальне, ультразвукове, термографічне, інфрачервоне термографічне тестування, акустичне випромінювання, акустико-ультразвукове, електромагнітне, оптичне тестування, тестування на проникнення рідини та тестування магнітних частинок. Існує велика різноманітність неруйнівних прийомів або методів. Ці методи можна застосовувати на металах, пластмасах, кераміці, композитах, металокераміці та покриттях, щоб виявити тріщини, внутрішні порожнини, порожнини поверхні, розшарування, неповні дефекти зварних швів та будь-який дефект, який може призвести до передчасного руйнування.

Перевага використання теплових чотириполюсників для опису багатошарових зразків діелектриків полягає в тому, що кожен шар в моделі описується окремим чотириполюсником, потім в моделі чотириполюсники тобто окремі шари з'єднуються каскадно, а весь зразок надається як добуток матриць які відповідають шарам. Наприклад, нехай дефект представлений в моделі середнім шаром з трьох. На передній та задній поверхні зразка вимірюється температура та тепловий потік. Потрібно знайти температуру всередині зразка де розташований дефект, тоді можна визначити глибину залягання дефекту та товщину дефекту. Під час рішення використовується лінійної алгебра.

Коли одношаровий зразок опромінюється джерелом з одного боку температура на передній панелі зменшується на задній панелі навпаки збільшується, в певний час температура на обох поверхнях асімптотично наближається до середнього усталеного значення. Якщо шар плити визначається координатами x1 і x2 $(0 \le x_1 < x_2 \le e)$ розглядається, то ми можемо написати таке основне рівняння чотириполюсника [1,2]

$$\begin{bmatrix} \theta(x_1) \\ \phi(x_1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(w) & B(w) \\ C(w) & D(w) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta(x_2) \\ \phi(x2) \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} \theta_2 \\ \phi_2 \end{bmatrix} \tag{1}$$

де чотири коефіцієнти A, B, C і D визначаються рівнянням

$$A = D = \cosh(ke);\quad B = \frac{1}{\lambda kS}\sinh(ke), \tag{2}$$

$$C = \lambda kS\sinh(ke);\quad k = \sqrt{p/a}, \tag{3}$$

Записуючи це рівняння для x1=e/2 та x2=e можна розрахувати середню температуру та тепловий потік

$$\theta(e/2) = A(e/2)\theta(e) = \frac{Q}{2\lambda\sqrt{p/a}\sinh\left(\frac{e}{2}\sqrt{p/a}\right)}, \tag{4}$$

$$\phi(e/2) = C(e/2)\theta(e) = \frac{QS}{2}\frac{1}{\cosh\left(\frac{e}{2}\sqrt{p/a}\right)}, \tag{5}$$

Попередні три температури та середній потік можна обчислити в часовій області шляхом чисельної інверсії перетворень Лапласа. Чисельна інверсія цих перетворень виконується за допомогою алгоритму Stehfest. Є відомим перетворенням Лапласа функції f(t), тоді можна обчислити наближене значення цієї функції в момент часу *t*

$$f(t) \approx \frac{\ln(2)}{t}\sum_{i=1}^{n} v_i F\left(i\ln(2)/t\right) \tag{6}$$

Коефіцієнти Stehfest 1/12, -385/12, 1279, -46871/3, 505465/6, -473915/2, 1127735/3, -1020215/3, 328125/3, -65625/2А також товщина зразка e=0,01м, теплопровідність λ=2 Вт/м K, температуропровідність $a=10^{-6}$ $м^2/с$, площа S=1 $м^2$. На рис.1 показані температура та тепловий потік пластини.

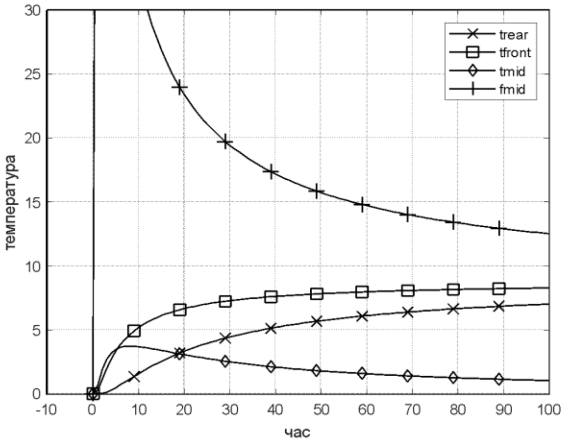

Рис.1 Температура та тепловий потік одношарової пластини яка збуджується фронтом імпульса Дірака.

Список використаних джерел:

1. Carslaw H. S., Jaeger J. C. Conduction of Heat in Solids Oxford University Press, Oxford, UK. 1959. 310 p.

2. Maillet, D. Thermal quadrupoles: solving the heat equation through integral transforms. 2000. 366 p.