

РОЗРАХУНОК ТАБЛИЦЬ ЧУТЛИВОСТІ МЕТОДУ ТЕПЛОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ РІЗНИХ КЛАСІВ МАТЕРІАЛІВ

Котенко А.В.

e-mail: andrii.kotenko1@nure.ua

Науковий керівник – к. техн. н., доц. Мягкий О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,
м. Харків, Україна

This study optimizes active thermal non-destructive testing (TNDT) models to determine sensitivity thresholds. We analyze the minimum size and maximum depth of air-type defects across four material groups. Optimization maximizes the signal-to-noise ratio, accounting for surface emissivity non-uniformity. Numerical uniform search defines optimal heating and cooling modes under a 100°C safety limit. The methodology significantly enhances TNDT sensitivity and industrial applicability.

Сучасні теплофізичні моделі та програми дозволяють не тільки оптимізувати режим контролю за вказаним критерієм, а й визначати поріг чутливості методу. Тобто, знаючи характерну для даного ОК нерівномірність випромінювальної здатності $\Delta\epsilon/\epsilon$ можна визначити мінімальний поперечний розмір l дефекту або його максимальну глибину залягання h за необхідним значенням співвідношення сигналу.

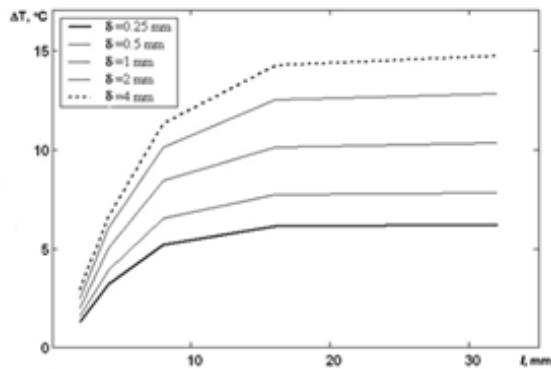
Оскільки чутливість та оптимальні режими теплового контролю для різних матеріалів ОК різні (залежать від ТФГ матеріалу), то для отримання більш повної інформації розрахунків відомі за теплофізичними довідниками [1,2] матеріали були розбиті на групи за величиною питомої теплопровідності наступним чином:

1. Ізолятори ($0 < \lambda < 0,35$).
2. Погані провідники тепла ($0,35 < \lambda < 7$).
3. Середні провідники тепла ($7 < \lambda < 35$).
4. Теплопровідні матеріали ($\lambda > 35$).

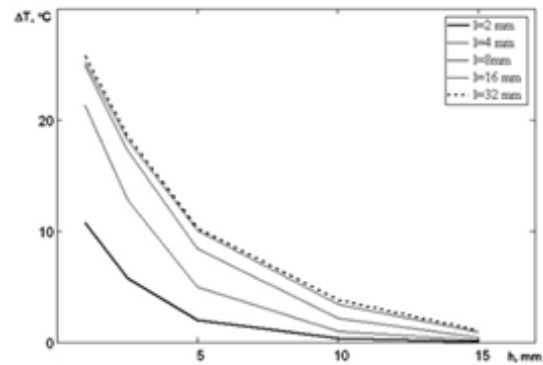
Для проведення розрахунків оптимальних режимів та чутливості за допомогою розробленої теплофізичної моделі використовувалися такі припущення та спрощення:

- тип дефекту – повітряне включення (найчастіше зустрічається практично у вигляді місць непростею, розшарування, тріщин тощо.);
- гранично допустима температура нагріву – 100°C (при вищій температурі в ряді матеріалів можуть відбуватися структурні зміни, а також при температурі вище 100°C проявляється залежність теплопровідності від температури матеріалу і модель стає нелінійною [3];
- розкриття (товщина дефекту) постійна – 1 мм, що відповідає реальним дефектам, що зустрічаються на практиці;

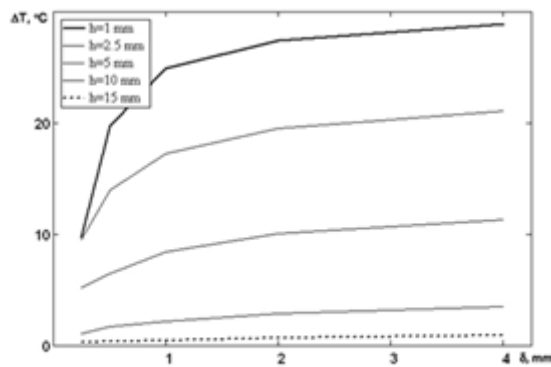
– товщина контрольованої пластини – 1 см (товщина більшості реальних ОК АТК близька до наведеного значення) (Рис.1).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Залежність величини температурного перепаду над дефектом в утеплювачах:

- а) від поперечного розміру дефекту при глибині залягання $h = 5$ мм;
- б) від глибини залягання дефекту при його розкритті $\delta = 1$ мм;
- в) величини розкриття дефекту при радіусі дефекту $l = 8$ мм

Пошук оптимального режиму проведення контролю проводився так: в якості цільової функції (критерію оптимізації) вибрано функцію розвитку в часі відношення сигнал/перешкода $\frac{\Delta T_{\partial}}{\Delta T_{\epsilon}}(\tau)$.

Отже, маємо умовну оптимізацію функції однієї змінної $(\tau \in (\tau_H; \tau_O))$ – обмеження за часом при односторонньому методі АТК, τ_O – час остигання, момент, коли $T_{\partial} = T_{\partial\partial}$. [4,5].

Аналіз результатів розрахунків чутливості та оптимальних режимів активного теплового методу контролю об'єктів із різних матеріалів, показує переваги запропонованого підходу до оптимізації.

Протестовано комп'ютерну методику для розрахунку режиму проведення теплової дефектоскопії та оцінки величини очікуваного сигналу від дефекту для виробів з внутрішніми неоднорідностями, яка дозволяє оцінити застосовність методу нових класів об'єктів і підвищити чутливість контролю.

Використано методику оптимізації процедури проведення АТК, засновану на критерії максимізації не найкориснішого сигналу, а відношення сигнал/шум, що дозволяє підвищити чутливість АТК і за рахунок цього розширити межі його застосування на ОК, що мають нерівномірність випромінювальної здатності по поверхні.

Таким чином можна стверджувати що:

1. Існує можливість розрахувати розмір мінімального дефекту, який можливо виявити за різних умов.
2. Уточнені параметри можливі при використанні додатних умов.
3. Наведені приклади такого розрахунку.

Список використаних джерел:

1. Guide for Examining Electrical and Mechanical Equipment with Infrared Thermography: ASTM E1934 - 99a(2005)e1
2. Orv Jay Utter. Inspections on Agricultural Aircraft / Orv Jay Utter // InfraMation Proceedings 2003
3. Стороженко В. О., Малік С.Б., Мягкий О.В. Оптимізація режимів теплової дефектоскопії на основі теплофізичного моделювання // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип.: Прилади та методи контролю та визначення складу речовин, Харків: НТУ "ХПІ", 2008. № 48. С. 50-54.
4. Норми випробування електрообладнання: ГKD 34.20.302-2002.
5. Natural Gas Leak Detection in Pipelines [Technology Status Report] / Yudaya Sivathanu – U.S. Department of Energy, 2003 – 8 p.