

## ФИЛЬТРАЦИЯ ПОМЕХИ НЕОДНОРОДНОЙ РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ В ТЕПЛОВОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СОТОВЫХ СТРУКТУР

Стороженко В.А., Мягкий А.В.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Сотовые конструкции являются одним из наиболее распространенных конструкционных материалов в авиации, космической технике и других отраслях, где к надежности комплектующих предъявляются повышенные требования.

Известно, что для выявления дефектов перспективно применение активного метода теплового контроля [1, 2], который сочетает в себе высокую чувствительность к обнаружению подобных дефектов с высокой чувствительностью контроля.

Однако реализовать потенциальные возможности этого метода на практике не удастся, в следствии значительных помех [3], обусловленных неоднородностью излучательной способности поверхности сотовой структуры и помехи за счет проявления регулярной структуры образца.

Целью настоящих исследований являлся поиск путей подавления указанных помех за счет создания алгоритмов обработки термограмм полученных в результате проведения теплового неразрушающего контроля.

Для достижения цели использовался теоретико-экспериментальный подход, сочетающий в себе построение в себе построение и анализ теплофизической модели сотовой структуры [4] и проведения эксперимента на реальных образцах с дефектами.

Одной из наиболее влияющих на изображение помехой, является помеха, вызванной внутренней регулярной структурой образца контроля. Она не зависит от состояния (дефектности) образца и присутствует во всех изделиях сложной внутренней структуры.

Существует два наиболее простых и эффективных метода устранения этой помехи. Первый метод подразумевает точное знание регулярных неоднородностей объекта контроля и создание маски (изображение повторяющее неоднородности образца). С последующим его «вычитанием» из основного изображения.

Представленный метод значительно повышает вероятность выявления и качество определения параметров дефекта [3].

Недостатком такого метода является то, что в случае ошибки наложения изображений приводит не к уменьшению, а к увеличению помехи.

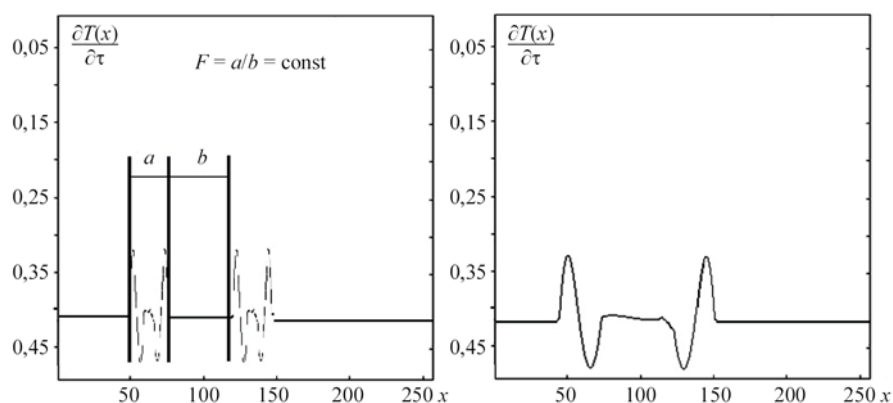


Рис. 1. Критерий фильтрации дефекта (справа) и помехи (слева)

В данной работе использовался второй метод значительно менее универсальный, но в данном случае более эффективный. Регулярная структура приводит к периодическим изменениям термического сопротивления ОК для которых выполняется условие  $F = a/b = \text{const}$ , которое приводит к появлению температурных контрастов на его поверхности, достигающих значений (как показывает эксперимент)  $2,1^\circ\text{C}$ , что сопоставимо с полезным сигналом  $\Delta T$ , вызванным наличием дефекта. Однако анализ полученных экспериментальных

данных показал, что эти контрасты отличаются от полезного сигнала пространственно-временной зависимостью  $\Delta T(\tau, x)$  (рис. 1). Этот факт лег в основу предложенного метода подавления этой помехи путем компьютерной обработки термограмм с использованием зависимости  $\partial T(x)/\partial x$  (рис. 2).

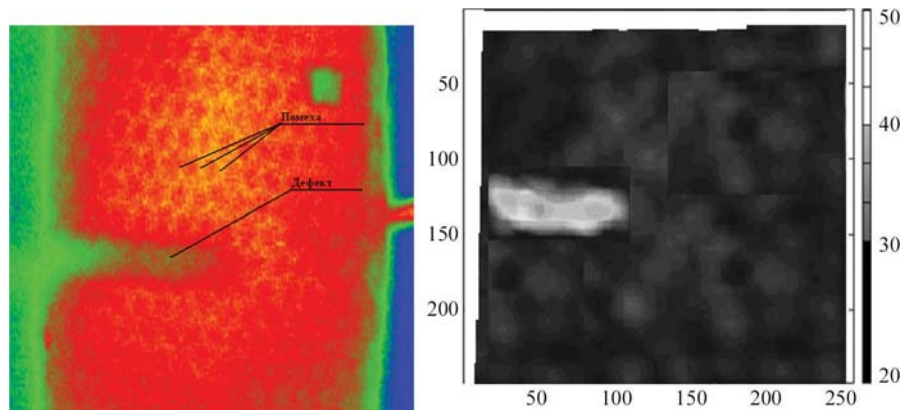


Рис. 2. Сотовая структура с дефектом и помехой (слева). Конечный вид термограммы после обработки (справа)

Суть данного метода заключается в вычислении двумерной матрицы, элементами которой являются соответствующие частные производные по времени:

$$F_{i,j} = \frac{\partial F'_{i,j}(x, y)}{\partial t},$$

где  $F'_{i,j}(x, y)$  — элемент матрицы скорректированных температур;  $i, j$  — целые числа, номера соответствующих пикселей по  $x$  и  $y$ ;  $F_{ij}$  — элемент характеристической матрицы.

Расшифровав  $F_{ij}$ , строим карту производных, которая косвенно характеризует положение дефектов (рис. 2).

Отфильтровав полученное изображение с использованием зависимостей приведенных на (рис. 1), получаем конечный вид термограммы после обработки (рис. 2). Сравнение этой термограммы с исходной подтверждает тот факт, что достоверность обнаружения дефектов существенно возросла после обработки в 1,3 раза.

Это создает все предпосылки для того, чтобы в условиях производства от визуального метода идентификации дефектов перейти к автоматизированному, основанному на соответствующих технических средствах.

### Список литературы

1. Стороженко В.А., Малик С.Б., Мякий А.В. (2008) Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования. *Вісник НТУ «ХПИ»*, **48**, 84–91.
2. Xavier P.V. (2001) Maldague. Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing. John Wiley & Sons, Inc.
3. Storozhenko V., Myagkiy A., Orel R. (2016) Optimization of the procedure of thermal flaw detection of the honeycomb constructions by improving the accuracy of interference function. *Східноєвропейський журнал передових технологій*, 5/5(**83**), 12–18.
4. Лазоренко О.В., Стороженко В.А., Мякий А.В. (2013) Обработка результатов тепловой дефектоскопии сотовых конструкций с целью понижения уровня шумов. *Вісник НТУ «ХПИ»*, **34**, 108–122.