

УДК 621.396.6

Д.А. Беденко

Харьковский национальный университет радиотехники, Харьков

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ПОМЕХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Статья посвящена борьбе с помехами вида неоднородности нагрева, неоднородности излучательной способности поверхности изделия, а также помехой, вызванной разнотолщи́нностью клеевого слоя, при обнаружении методом тепловой дефектоскопии дефектов типа непроклей в сотовых конструкциях. Методы снижения указанных типов помех основаны как на выборе соответствующего режима контроля, так и на обработке результатов термографирования (термограмм и термофильмов) с учетом природы соответствующих помех.

Ключевые слова: тепловая дефектоскопия, сотовая конструкция, помехи.

Введение

Целью исследований данной работы являлось повышение достоверности выявления дефектов путем тепловой дефектоскопии сотовых конструкций.

Для достижения указанной цели использовался теоретический подход, основанный на построении и анализе теплофизической модели сотовой конструкции, с последующей проверкой теоретических выводов экспериментальным путем.

Для достоверного выявления сигнала от дефекта необходимо уменьшить (устранить) помехи от шумового сигнала, вызванного суперпозицией ряда тепловых контрастов, вызванных такими причинами, как: неоднородность нагрева, неоднородность излучательной способности поверхности образца и разнотолщи́нность клеевого слоя.

В ходе обработки результатов ТДС для подавления помех используется ряд методов, предложенных авторами, которые поочередно устраняют вышеизложенные помехи.

Основной материал

1. Подавление помехи, вызванной неоднородностью нагрева. Для компенсации неоднородности нагрева предложено использовать нормировку обратной функции распределения $q(x,y)$ по площади кадра. Для этого функцию необходимо получить экспериментально (авторами использовался измеритель мощности ИМО-2), а далее использовать компьютерную обработку термограмм по заданному алгоритму: значение температуры в каждом пикселе исходной термограммы (рис. 1) (матрица) компенсировалось по уравнению (1), в результате чего неравномерность нагрева снижается до 4 – 6 % (рис. 2).

$$F' = \frac{q_{\max}}{q} F, \quad (1)$$

где F – матрица значений температур термограммы; F' – матрица скорректированных значений T ; Q – матрица значений мощности нагрева; q_{\max} – максимальный элемент q .

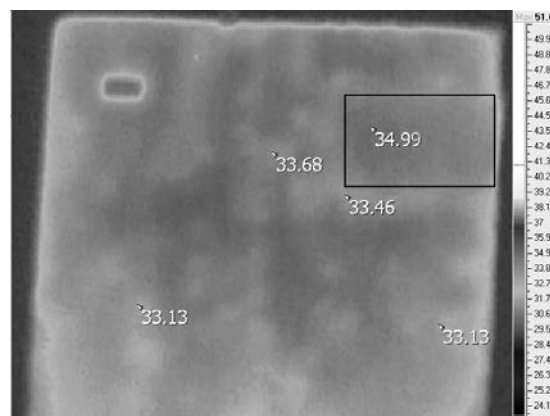


Рис. 1. Исходная термограмма сотовой пластины

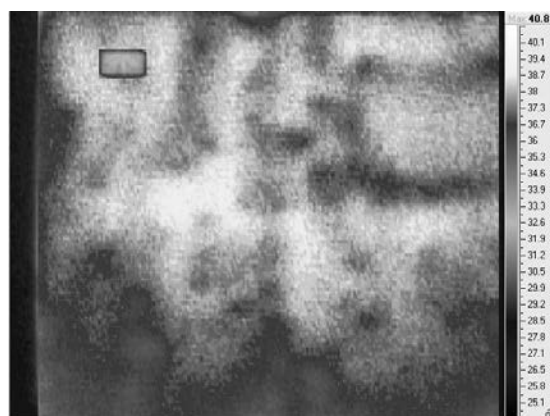


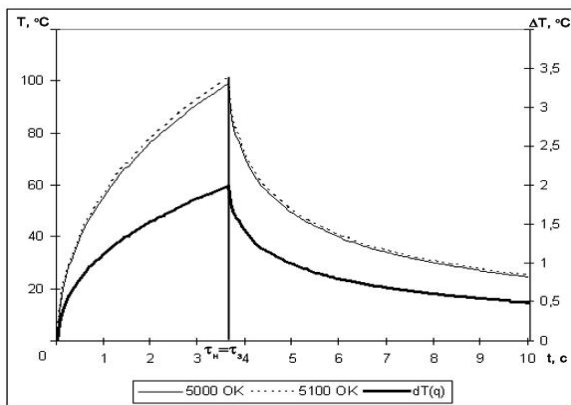
Рис. 2. Термограмма после компенсации неравномерности нагрева

2. Снижение неоднородности излучательной способности поверхности образца. Основной задачей этой части исследований является анализ влия-

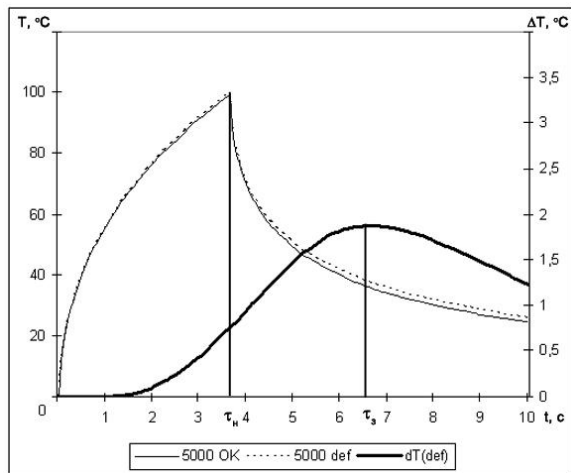
ния неоднородности излучательной способности ϵ на выявление дефектов.

Для решения этой задачи использовалось эквивалентное изменению ϵ изменение мощности нагрева q . Действительно, если, например, на каком-то участке поверхности объекта контроля ϵ отклоняется в большую сторону, то и нагрев этого участка, т.е. T_{\max} , будет больше [3].

Результаты такого моделирования приведены на рис. 3, где представлено развитие во времени поверхностной температуры для двух случаев: а) бездефектный образец с отклонением по ϵ ; б) образец с дефектом.



а



б

Рис. 3. Развитие во времени поверхностной температуры для: а – бездефектного образца с отклонением по ϵ ; б – образца с дефектом

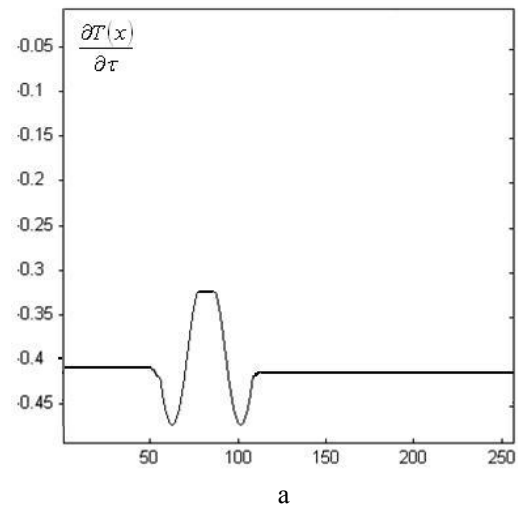
Сравнение представленных зависимостей показывает, что моменты времени, соответствующие максимальным значениям помехи ΔT_{ϵ} и полезного сигнала ΔT_{def} не совпадают: сигнал от помехи достигает максимума сразу по окончании нагрева, а полезный сигнал – с определенным временем запаздывания τ_{ϵ} .

Этот факт открывает возможность максимизировать отношение сигнал/шум (т.е. $\Delta T_{\text{def}} / \Delta T_{\epsilon}$)

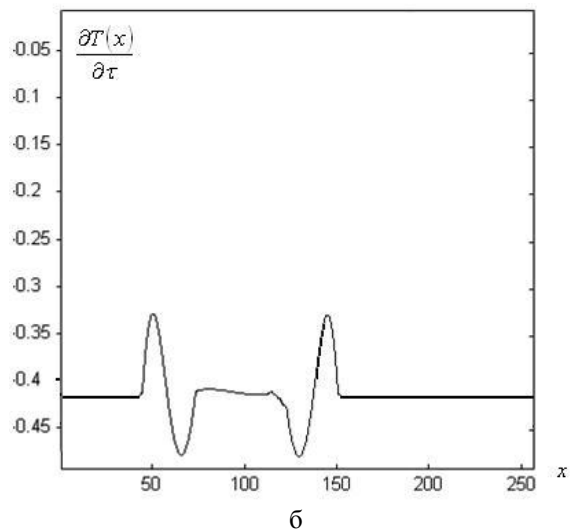
путем выбора соответствующего момента регистрации температурного поля на поверхности объекта контроля [4].

В частности, согласно данным рис. 3, б при выборе времени запаздывания $\tau_{\epsilon} = 3,65$ с отношение сигнал/шум равно 0,4, а при $\tau_{\epsilon} = 6,65$ с это отношение составляет 2,6, т.е. в 6,5 раз больше.

3. Устранение помехи вызванной разнотолщиной клеевого слоя. Разнотолщинность клеевого слоя эквивалентна изменению термического сопротивления и приводит к появлению температурных контрастов на поверхности ОК. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что эти контрасты отличаются от полезного сигнала (ΔT , вызванного дефектом) временной зависимостью $\Delta T(\tau)$. Этот факт был использован для построения метода подавления этой помехи путем компьютерной обработки термограмм с помощью построения $\frac{\partial T(x)}{\partial \tau}$ от x рис. 4.



а



б

Рис. 4. Распределение частной производной от времени по координате для дефекта (б) и для помехи (а)

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

$$F_{i,j} = \frac{\partial F_{i,j}^{\cdot}(x,y)}{\partial t}, \quad (2)$$

где $F_{i,j}^{\cdot}$ – элемент матрицы скорректированных температур; i, j – целые числа, номера соответствующего пикселя по x и y ; $F_{i,j}$ – характеристическая матрица.

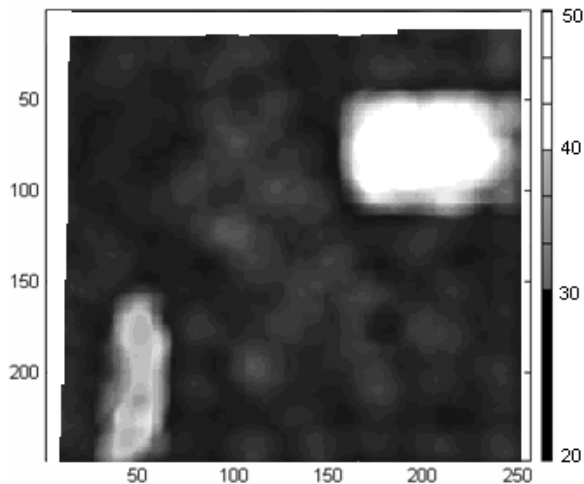


Рис. 5. Термограмма после снижения помехи типа разнотолщинности клеевого слоя.

Расшифровав $F_{i,j}$, используя зависимости, приведенные на рис. 3 получаем конечный вид термограммы после обработки рис. 4. Сравнение этой термограммы с исходной (рис. 4, а), подтверждает тот факт, что достоверность обнаружения дефектов существенно возросла, после обработки.

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

ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЗАВАД РІЗНИХ ТИПІВ ПРИ ТЕПЛОВІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ СТІЛЬНИКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Д.О. Беденко

Стаття присвячена боротьбі із завадами виду неоднорідності нагрівання, неоднорідності випромінювальної здатності поверхні виробу, а також завадою, що викликана різнотолщинністю клеевого шару, при виявленні методом теплової дефектоскопії дефектів типу непроклей в стільникових конструкціях. Методи зниження вказаних типів завад базуються як на виборі відповідного режиму контролю, так і на обробці результатів термографіювання (термограма та термофільмів) з урахуванням природи відповідних завад.

Ключові слова: тепла дефектоскопія, стільникова конструкція, завада.

DIFFERENT TYPES INTERFERENCES REDUCTION AT HONEYCOMB SANDWICH THERMAL TEST

D.A. Bedenko

The paper is devoted to heating nonuniformity, emissivity nonuniformity, and thickness variation of the adhesive layer interferences reduction techniques at starved spot detection in a honeycomb sandwich by the thermal test. Those techniques are based on corresponding testing mode selection, thermal test results (infrared images and sequences) processing taking into account those interferences nature.

Keywords: thermal test, honeycomb sandwich, interference.

Выводы

1. Предложена методика оптимизации режима проведения тепловой дефектоскопии, основанная на критерии максимизации не самого полезного сигнала, а соотношения сигнал/шум, что позволяет расширить границы применимости метода на ОК, имеющие неравномерность излучательной способности ϵ .

Предложены методы для борьбы с помехами вызванными: неоднородностью нагрева, неоднородностью излучательной способности поверхности образца и разнотолщинностью клеевого слоя, как за счет оптимизации метода контроля, так и за счет обработки полученных результатов.

В результате компьютерной обработки термограмм составляющие шумовой сигнал тепловые контрасты были уменьшены: зависящий от неоднородности коэффициента черноты поверхности ОК на 40%, от неоднородности поля нагревателя до 10%, от разнотолщинности клеевого слоя на 60%.

Список литературы

1. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В.П. Вавилов. – М.: ИД Спектр, 2009. – 544 с.: ил. и цветная вкладка 16 с.
2. Стороженко В.А. Оптимизация режимов тепловой дефектоскопии на основе теплофизического моделирования / В.А. Стороженко, С.Б. Малик, А.В. Мяжкий // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: зб. наук. пр. Тематичний випуск: Прилади і методи неруйнівного контролю. – Х.: НТУ «ХПІ», 2008. – № 48. – С. 84-91.
3. Теплофизическая модель процесса тепловой дефектоскопии сотовых конструкций, ее анализ и проверка / В.А. Стороженко, С.Б. Малик, А.В. Мяжкий, Д.А. Беденко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Х.: Технологический центр, 2011. – № 5/5 (53). – 56 с.
4. Xavier P.V. Maldague. Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing / Xavier P.V. Maldague. – John Wiley & Sons, Inc., 2001. – 684 p.

Поступила в редколлегию 3.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.О. Стороженко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.