



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01N 25/72 (2006.01); G01J 2005/0081 (2006.01); G01J 5/60 (2006.01); G01J 5/601 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017110153, 27.03.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.03.2017Дата регистрации:
30.03.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.03.2017

(45) Опубликовано: 30.03.2018 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

249031, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское
ш., 15, АО "ОНПП "Технология" им. А.Г.
Ромашина"

(72) Автор(ы):

Русаков Дмитрий Юрьевич (RU),
Скоморохов Александр Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

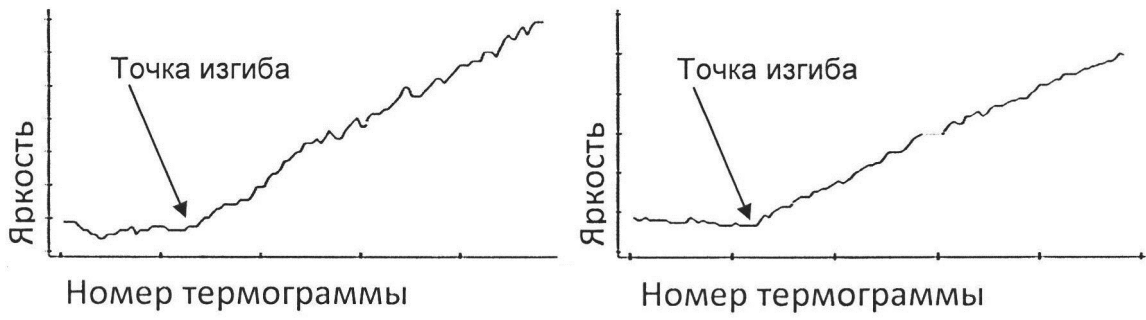
Акционерное общество "Обнинское
научно-производственное предприятие
"Технология" им. А.Г. Ромашина" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Вавилов В.П. и др. "Применение
Фурье-анализа и метода анализа главных
компонент для обработки данных
динамического теплового контроля".
Известия Томского политехнического
университета, 2008 г., т. 312, номер 2, с. 279-
285. RU 2578260 C1, 27.03.2016. US
20030137318 A1, 24.07.2003. SU 1712852 A1,
15.02.1992. RU 2420730 C2, 10.06.2011. JP
2014211340 (см. прод.)

(54) Способ анализа результатов активного теплового неразрушающего контроля изделий из полимерных композиционных материалов

(57) Реферат:

Изобретение относится к области неразрушающего контроля материалов и изделий методом теплового контроля и может быть использовано для повышения надежности диагностики при ручном и автоматизированном активном тепловом контроле изделий из полимерных композиционных материалов. Способ включает проведение тепловизионной съемки поверхности изделия под внешней стимуляцией, измерение интенсивности излучения изделия в инфракрасном спектре, получение массива термограмм. Термограммы преобразуют в числовые матрицы, элементами которых

являются значения яркости каждого из пикселей, получают трехмерный числовой массив введением номера термограммы в качестве третьего измерения, применяют робастный метод оценки, основанный на вычислении медианы всевозможных частных углов наклона, получают матрицы скоростей нагрева, затем генерируют искусственную термограмму скоростей нагрева. Технический результат - обеспечение достоверной интерпретации результатов контроля, повышение температурного сигнала дефекта и удаление ложных дефектных областей. 3 ил.



Изменение яркости двух случайно выбранных пикселей в процессе нагрева

Фиг. 2

(56) (продолжение):
А, 13.11.2014.

RU 2649247 C1

RU 2649247 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 25/72 (2006.01)
G01J 5/60 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01N 25/72 (2006.01); *G01J 2005/0081* (2006.01); *G01J 5/60* (2006.01); *G01J 5/601* (2006.01)(21)(22) Application: **2017110153, 27.03.2017**(24) Effective date for property rights:
27.03.2017Registration date:
30.03.2018

Priority:

(22) Date of filing: **27.03.2017**(45) Date of publication: **30.03.2018** Bull. № 10

Mail address:

**249031, Kaluzhskaya obl., g. Obninsk, Kievskoe sh.,
15, AO "ONPP "Tekhnologiya" im. A.G. Romashina"**

(72) Inventor(s):

**Rusakov Dmitrij Yurevich (RU),
Skomorokhov Aleksandr Olegovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aktsionernoe obshchestvo "Obninskoe
nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie
"Tekhnologiya" im. A.G. Romashina" (RU)**(54) **METHOD OF THE ACTIVE THERMAL NON-DESTRUCTIVE CONTROL RESULTS ANALYSIS OF ARTICLES FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

(57) Abstract:

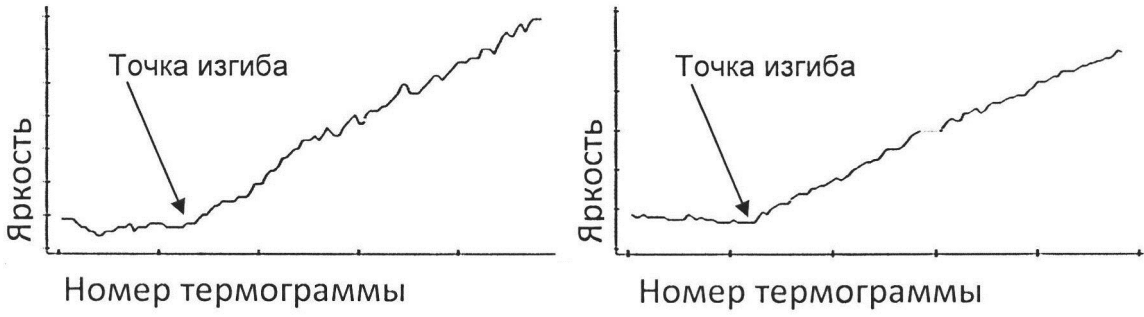
FIELD: defectoscopy.

SUBSTANCE: invention relates to the field of nondestructive testing of materials and articles by the thermal monitoring method and can be used to increase the reliability of diagnostics with manual and automated active thermal control of products made of polymer composite materials. Method includes performing a thermal imaging survey of the surface of the article under external stimulation, measuring of the article radiation intensity in the infrared spectrum, receiving an array of thermograms. Thermograms are converted into numerical matrices, which elements are the

brightness values of each of the pixels, obtaining a three-dimensional numeric array by inserting the thermogram number as the third dimension, using a robust estimation method, based on calculating of the median of all possible partial angles of inclination, obtaining heating rate matrices, and then generating an artificial thermogram of heating rates.

EFFECT: ensuring reliable interpretation of control results, increasing the defect temperature signal and removal of false defective areas.

1 cl, 3 dwg



Изменение яркости двух случайно выбранных пикселей в процессе нагрева

Фиг. 2

RU 2649247 C1

RU 2649247 C1

Изобретение относится к области неразрушающего контроля материалов и изделий методом теплового контроля и может быть использовано для повышения надежности диагностики при ручном и автоматизированном активном тепловом контроле изделий из полимерных композиционных материалов.

5 Изобретение предназначено для обеспечения достоверной интерпретации результатов контроля, повышения температурного сигнала от дефекта и исключения ложных дефектных областей.

Для анализа результатов теплового контроля широко применяется преобразование массива полученных в ходе контроля термограмм в искусственную термограмму, на
10 которой температурный сигнал дефекта максимален.

Известен способ активного одностороннего теплового контроля, основанный на нормализации последовательности термограмм, которая заключается в том, что все термограммы последовательности делят на опорную термограмму (одну из термограмм в начале нагрева), в которой присутствуют оптические помехи, но еще отсутствуют
15 температурные аномалии от дефектов (В.П. Вавилов. Инфракрасная термография и тепловой контроль. - Москва, ИД «Спектр», 2009. С. 570). Недостатком данного метода является то, что в результате его применения температурный сигнал от дефекта на искусственной термограмме не возрастает, что затрудняет процесс расшифровки полученной термограммы.

20 Наиболее близким к заявляемому изобретению является метод обработки результатов активного теплового контроля с применением анализа Фурье и метода главных компонент (Применение Фурье-анализа и метода анализа главных компонент для обработки данных динамического теплового контроля [В.П. Вавилов и др.] // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. - 2008. - Т. 312, № 2:
25 Математика и механика. Физика. Приложение: Неразрушающий контроль и диагностика. - С. 279-285). К недостаткам данного метода относятся высокая трудоемкость и невысокое быстродействие в силу сложности алгоритма обработки.

Задачей заявленного изобретения является упрощение процесса анализа результатов теплового контроля при сохранении достоверности выявления дефектов.

30 Задача решается следующим образом.

Способ анализа результатов активного теплового неразрушающего контроля изделий из полимерных композиционных материалов, включающий проведение тепловизионной съемки поверхности изделия под внешней стимуляцией, измерение интенсивности излучения изделия в инфракрасном спектре, получение массива термограмм,
35 отличающийся тем, что термограммы преобразуют в числовые матрицы, элементами которых являются значения яркости каждого из пикселей, получают трехмерный числовой массив введением номера термограммы в качестве третьего измерения, применяют робастный метод оценки, основанный на вычислении медианы всевозможных частных углов наклона, получают матрицу скоростей нагрева, затем генерируют
40 искусственную термограмму скоростей нагрева.

В результате активного теплового контроля изделий из ПКМ получают массив термограмм, разрешение которых соответствует разрешению матрицы тепловизора. Количество термограмм в массиве зависит от времени нагревания и частоты регистрации тепловизором. Пример термограмм в начале измерения и при нагреве приведен на фиг.
45 1.

На первом этапе анализа результатов термограммы преобразовывают в числовые матрицы, элементами которых являются значения яркости каждого из пикселей. Затем из полученных числовых матриц получают трехмерный числовой массив, вводя номер

термограммы в качестве третьего измерения. На фиг. 2 представлена зависимость яркости двух случайно выбранных пикселей от времени нагревания образца.

Наклон касательной к графику после точки изгиба (фиг. 2) определяется скоростью нагрева соответствующего участка образца. Для дальнейшего преобразования
5 применяют робастный метод оценки, основанный на вычислении медианы всевозможных частных углов наклона:

$$\frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}, \text{ при } i < j,$$

10 где y_j, y_i - значения яркости пикселя на термограммах с номерами i, j ,
 x_j, x_i - порядковые номера термограмм i, j .

Такой подход избавляет от необходимости определять точку начала нагрева (точка изгиба). В результате применения алгоритма получают матрицу скоростей нагрева (углов наклона).

15 На последнем этапе полученная числовая матрица скоростей нагрева (углов наклона) визуализируется (по значениям матрицы генерируется искусственная термограмма) с использованием различных фильтров (числа градаций по яркости). Примеры такой визуализации приведены на фиг. 3.

В результате применения описанного способа анализа существенно повышается
20 температурный сигнал от дефектов, уменьшаются шумы, облегчается процесс поиска дефектных областей. Описанный способ имеет существенно меньшую трудоемкость, чем имеющиеся аналоги, и вследствие простоты алгоритма обладает большим быстродействием.

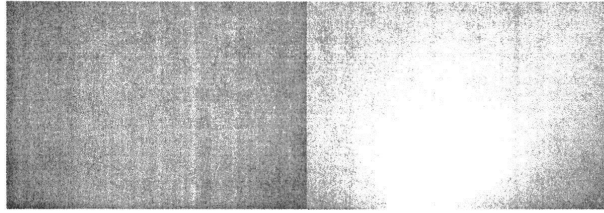
(57) Формула изобретения

25 Способ анализа результатов активного теплового неразрушающего контроля изделий из полимерных композиционных материалов, включающий проведение тепловизионной съемки поверхности изделия под внешней стимуляцией, измерение интенсивности излучения изделия в инфракрасном спектре, получение массива термограмм,
30 отличающийся тем, что термограммы преобразуют в числовые матрицы, элементами которых являются значения яркости каждого из пикселей, получают трехмерный числовой массив введением номера термограммы в качестве третьего измерения, применяют робастный метод оценки, основанный на вычислении медианы всевозможных частных углов наклона, получают матрицу скоростей нагрева, затем генерируют
35 искусственную термограмму скоростей нагрева.

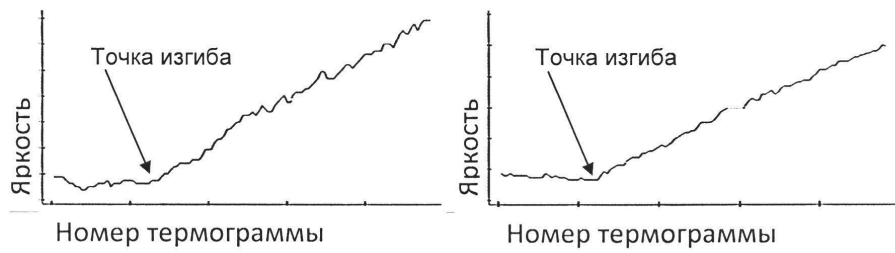
40

45

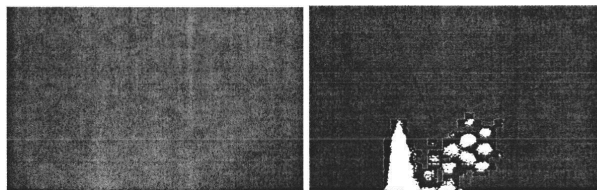
**СПОСОБ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ АКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**



Фиг. 1. Примеры термограмм



Фиг. 2. Изменение яркости двух случайно выбранных пикселей в процессе нагрева



Фиг. 3. Визуализация скоростей нагрева при различных уровнях фильтра