

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ТЕПЛОВЫХ ВОЛН В АКТИВНОМ ТЕПЛОВОМ КОНТРОЛЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фоминцева Ю.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Нестерук Д.А., к. т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества

Задача существенного улучшения качества продукции, следовательно, повышения ее надежности и долговечности может быть успешно решена при условии совершенствования производства и методов контроля качества продукции.

В настоящее время для выполнения одного из указанных выше условий широко применяется неразрушающий контроль, позволяющий проверить качество продукции без нарушения ее целостности и пригодности к использованию по назначению.

На сегодняшний день, ТК активно применяется для мониторинга композиционных материалов, которые широко используются во всех областях науки и техники, а также промышленности, в том числе в металлургии, машиностроении, энергетике, химической промышленности, электронике и т.д.

Основными дефектами композитов являются следующие технологические и эксплуатационные нарушения в структуре и конструкциях материалов:

- возникновение коррозии под краской и между слоями;
- расслоения и непроклеи;
- ударные повреждения;
- наличия масла или воды в сотах обшивки самолета и т.д.

Наиболее распространенными способами активного ТК является импульсный метод и метод тепловых волн. В данной работе производилась реализация метода тепловых волн, который подразумевает гармонический нагрев. Этот метод предназначен для обнаружения глубинных дефектов.

Одной из разновидностей указанного метода является оптическая синхронная ИК – термография.

Исследуемое изделие подвергается тепловому воздействию посредством источника теплового нагружения на передней поверхности образца относительно источника. За счет процесса диффузии тепловая энергия внутри образца распространяется во всех направлениях. В присутствии скрытых дефектов тепловые потоки перераспределяются,

что приводит к появлению специфических температурных аномалий на передней и задней поверхности образца. Температурные аномалии регистрируются с помощью устройства для записи температуры с поверхности образца. Особенностью данного метода является то, что тепловое воздействие на образец происходит гармонически в течение определенного времени, при этом параллельно идет процесс снятия данных на ПК.

Исследования по реализации описанного выше метода производились на тонкой пластинке из углепластика размером 14 x 5 см и толщиной 1,8 мм, в которой дефекты в виде расслоения имитировались с помощью тефлоновой пластинки. Схема расположения дефектов приведена на рисунке 2.

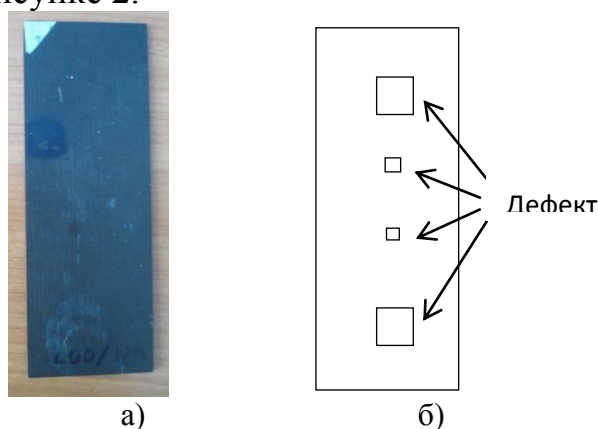


Рис. 2. Фотография образца (а) и схема расположения дефектов в образце (б).

Для нагрева тепловыми волнами использовалась обычная галогенная трубчатая лампа мощностью 1 кВт. Для регистрации термограмм использовался тепловизор NEC 9100. Управление нагревателем и тепловизором осуществлялась с помощью компьютерной программы ThermoLab, позволяющей управлять устройствами, вводить и обрабатывать данные с тепловизора, а также проводить обработку полученных термограмм.

В процессе экспериментов использовались различные периоды тепловых волн для тепловой стимуляции образца. Обычно использовалось от 5 до 10 периодов тепловой волны. Полученные температурные последовательности обрабатывались с помощью преобразования Фурье. Для каждой последовательности вычислялось преобразование Фурье во всем доступном частотном спектре, получались изображения амплитуд и фаз для полученных комплексных значений, и для частот, соответствующих лучшей видимости дефектов приводились изображения.

На рисунке 3 представлены изображения амплитуд для различных периодов T стимуляции тепловыми волнами, полученные после преобразования Фурье для исходных последовательностей. Термограммы представлены в различных диапазонах представления D , но с одинаковой «серой» палитрой. Выбор диапазонов D определялся максимальным контрастом изображения.

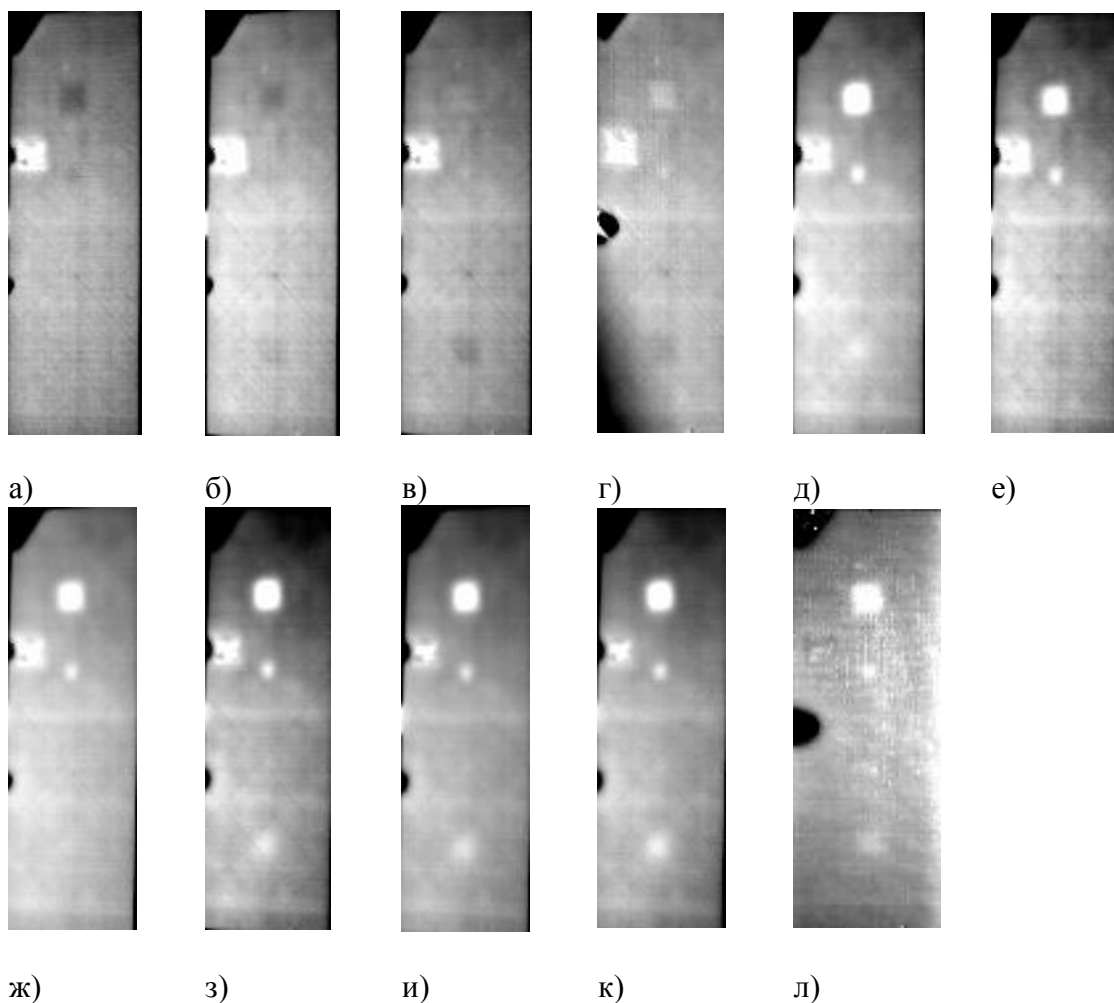


Рис. 3. Изображения амплитуд после преобразования Фурье.

- | | |
|---|---|
| а) $T = 1\text{с}$, $D = 0,2 \dots 0,3^{\circ}\text{C}$; | б) $T = 2\text{с}$, $D = 0,3 \dots 0,5^{\circ}\text{C}$; |
| в) $T = 3\text{с}$, $D = 0,5 \dots 0,6^{\circ}\text{C}$; | г) $T = 4\text{с}$, $D = 0,5 \dots 0,7^{\circ}\text{C}$; |
| д) $T = 5\text{с}$, $D = 0,9 \dots 1,1^{\circ}\text{C}$; | е) $T = 6\text{с}$, $D = 0,7 \dots 0,9^{\circ}\text{C}$; |
| ж) $T = 8\text{с}$, $D = 0,7 \dots 1,1^{\circ}\text{C}$; | з) $T = 12\text{с}$, $D = 1,0 \dots 1,3^{\circ}\text{C}$; |
| и) $T = 14\text{с}$, $D = 1,0 \dots 1,4^{\circ}\text{C}$; | к) $T = 16\text{с}$, $D = 1,1 \dots 1,5^{\circ}\text{C}$; |
| л) $T = 20\text{с}$, $D = 0,5 \dots 0,8^{\circ}\text{C}$ | |

На рисунке 4 представлены термограммы фаз, полученных после преобразования Фурье для исходных температурных последовательностей.

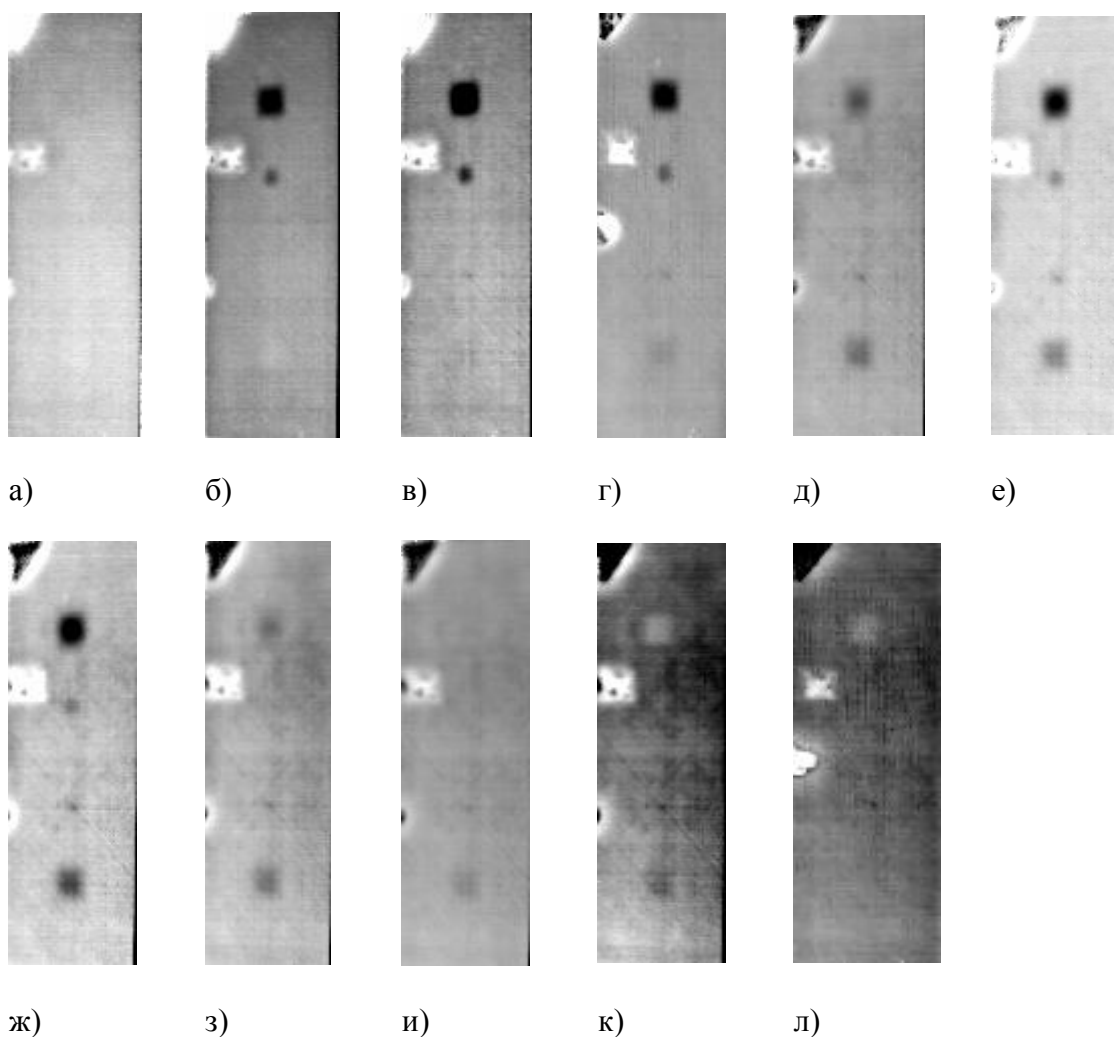


Рис. 4. Изображения фазы после преобразования Фурье.

- | | |
|--|--|
| а) $T = 1\text{с}$, $D = 0,3 \dots 0,6$ рад; | б) $T = 2\text{с}$, $D = 0,2 \dots 0,4$ рад; |
| в) $T = 3\text{с}$, $D = 0,4 \dots 0,6$ рад; | г) $T = 4\text{с}$, $D = 0,4 \dots 0,6$ рад; |
| д) $T = 5\text{с}$, $D = 0,5 \dots 0,7$ рад; | е) $T = 6\text{с}$, $D = 0,5 \dots 0,7$ рад; |
| ж) $T = 8\text{с}$, $D = 0,6 \dots 0,7$ рад; | з) $T = 12\text{с}$, $D = 0,5 \dots 0,7$ рад; |
| и) $T = 14\text{с}$, $D = 0,4 \dots 0,7$ рад; | к) $T = 16\text{с}$, $D = 0,6 \dots 0,7$ рад; |
| л) $T = 20\text{с}$, $D = 0,4 \dots 0,7$ рад | |

Как можно заметить, видимость дефектов зависит от периода тепловой волны, изображения фазы после преобразования Фурье обладают большим отношением сигнал-шум по сравнению с изображениями амплитуд. С точки зрения максимального отношения

сигнал-шум наиболее оптимальными являются изображения фазы, взятые для периода тепловой волны равной 8 секунд (см. Рисунок 4, ж). Для данной термограммы минимальное отношение сигнал-шум составило 6,9.

Список информационных источников

1.В. П. Вавилов. Инфракрасная термография и тепловой контроль. - М.: Спектр,2009 – 544с.;

2.В.П. Вавилов. Тепловые методы контроля композиционных структур и изделий радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1984 – 152с.;

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ОБРАТНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Хайдукова В.М.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Капранов Б.И., д. т.н., профессор кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Проблема исследования внутренней структуры объектов была всегда важна во многих областях науки и техники, в особенности в медицине и неразрушающем контроле (НРК). Среди различных методов, используемых, для таких исследований рентгеновская компьютерная томография (КТ) является одной из самых лучших, ввиду возможности исследования всех типов материалов [1].

Рентгеновская КТ основана на измерении ослабления рентгеновского излучения, проходящего сквозь объект исследования. Используя данные измерения, называемые проекциями, которые собраны с разных сторон объекта, возможно вычисление (реконструкция) распределения плотности в исходном объекте. Математически, исходная проекция это прямое преобразование Радона, а реконструкция — обратное преобразование [2, 3].

В зависимости от измерений, реконструкция может быть двух- или трехмерной, и реализуется в виде специального алгоритма с большим количеством вычислений. Большое количество данных и вычислительная сложность алгоритмов реконструкции являются причиной значительного времени реконструкции [1].

В настоящее время, наиболее значима в практике так называемая конусная томография (схема сканирования с расходящимся пучком),