

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТОВ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНО-ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДЕФЕКТОМЕТРИИ

В. Ю. ГЛУХОВСКИЙ, О. С. БОРОДАЙ,

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Проблема дистанционной диагностики состояния потенциально опасных и недоступных объектов, определение координатных и геометрических параметров дефектов является наиболее актуальной. Для этих целей был разработан лазерно-термографический прибор и соответствующее программное обеспечение, что позволяет вывести тепловизионный контроль на новый уровень, а именно перейти с количественной оценки дефектов к качественной. Разработанный лазерно-термографический комплекс позволяет проводить диагностику состояния удаленных объектов, определять координаты и геометрические параметры выявленных дефектов, таких как площадь. В данной работе представлены краткое описание лазерно-термографического прибора, экспериментальной установки на его базе, а также термограммы и полученные предварительные результаты расчета площади дефекта в зависимости от дистанции контроля. Библиогр. 4, табл. 1, рис. 4.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, термография, лазерно-термографическая дефектометрия, лазерно-термографический прибор

Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины проводятся работы по разработке и внедрению лазерно-термографических измерительных систем для определения дистанционных, координатных и геометрических параметров дефектов потенциально опасных объектов. С этой целью разработан экспериментальный измерительный лазерно-термографический прибор и соответствующее программное обеспечение, что в совокупности позволяет решать проблему определения дистанционных, координатных и геометрических параметров дефектов с высокой точностью [1].

Конструкция разработанного лазерно-термографического прибора представлена на рис. 1 и состоит из тепловизионной камеры 1; лазерного дальномера 2; платформы 3, на которую монтируется тепловизор и дальномер; устройства пространственной ориентации 4, с помощью которого происходит наведение лазерно-термографического блока на объект контроля (ОК); штатива 5, на который устанавливаются указанные устройства [2].

В данном приборе используется тепловизор марки Testo 876 производства фирмы «TESTO» (Германия) и лазерный дальномер Disto-D3a производства фирмы «Leica» (Австрия).

Для проведения исследований в области лазерно-тепловизионной дефектометрии с применением данного прибора спроектировали экспериментальную установку, схематическое изображение которой представлено на рис. 2. Установка состоит из инфракрасного нагревательного прибора 1 мощностью 1 кВт; пластины с искусственными дефектами сложной геометрической формы 2;

устройства для неподвижной фиксации пластины с дефектами 3; источника холодного воздуха 4; лазерно-термографического прибора 5; персонального компьютера 6.

Эксперимент проходил следующим образом. Пластины нагревали инфракрасным нагревателем со стороны открытых дефектов. С помощью источника холодного воздуха происходило охлаждение бездефектной поверхности пластины для создания условий контроля, приближенных к реальным. Съемка с помощью лазерно-термографического прибора осуществлялась на дистанциях 1, 2, 3, 5 м. Таким образом обеспечивалась возможность сравнить площадь дефекта, которая отображалась на термограммах, на разных дистанциях контроля.



Рис. 1. Общий вид лазерно-термографического прибора (обозначения см. в тексте)



Рис. 2. Схематическое изображение экспериментальной установки для проведения лазерно-тепловизионной дефектометрии (обозначения см. в тексте)

Процесс термографирования проходил при динамичном нагревании пластины от комнатной температуры до T_{max} , а именно в условиях нестационарного температурного поля. Опираясь на предварительные экспериментальные данные, термографирование нестационарного температурного поля является наиболее оптимальным. При этом обеспечивается максимальная контрастность термограмм и соответственно, максимальное проявление дефектных участков на температурном фоне объекта контроля [3].

Информация с лазерного дальномера и тепловизионной камеры заносилась в персональный компьютер для дальнейшей обработки в соответствующих программах. С помощью графического редактора термограмм осуществлялось преобразование радиометрической информации непосредственно в термографические снимки и радиометрические таблицы. Радиометрические таблицы вместе с информацией о дистанции контроля вносили в программы подсчета площади дефектных участков [4].

С помощью данной установки были получены термограммы пластины с искусственными дефектами сложной геометрической формы на различ-

ных дистанциях термографирования (рис. 3).

Для каждой из приведенных на рис. 3 термограмм была рассчитана площадь дефектов, которые проступили в виде ярко желтого рисунка, геометрическая форма которых была предварительно рассчитана. Данные о рассчитанных площадях дефектов приведены в таблице.

Из таблицы видно, что при увеличении расстояния термографирования значение погрешности расчета площади дефекта увеличивается. При этом значение погрешности зависит от точности значения температуры дефектного участка, которое заносится в соответствующую расчетную программу.

Для определения дистанционных, координатных и геометрических параметров дефекта было разработано соответствующее программное обеспечение. На рис. 4 представлен общий вид программного интерфейса с построенными 2D и 3D координатными сетками дефекта, а также рассчитанными плоскостными параметрами дефекта.

С помощью разработанной программы можно рассчитывать и соответственно строить плоскостные величины дефекта, а также в ней заложен потенциальный механизм расчета и построения объемных величин, таких как глубина залегания

Площадь заложенного дефекта и значения погрешности расчета для различных дистанций визирования

Дистанция визирования, м	Площадь, см ²	Погрешность, %
1 (эталон)	154	–
1	150	2,6
2	129	16,23
3	126	18,18
5	130	15,58

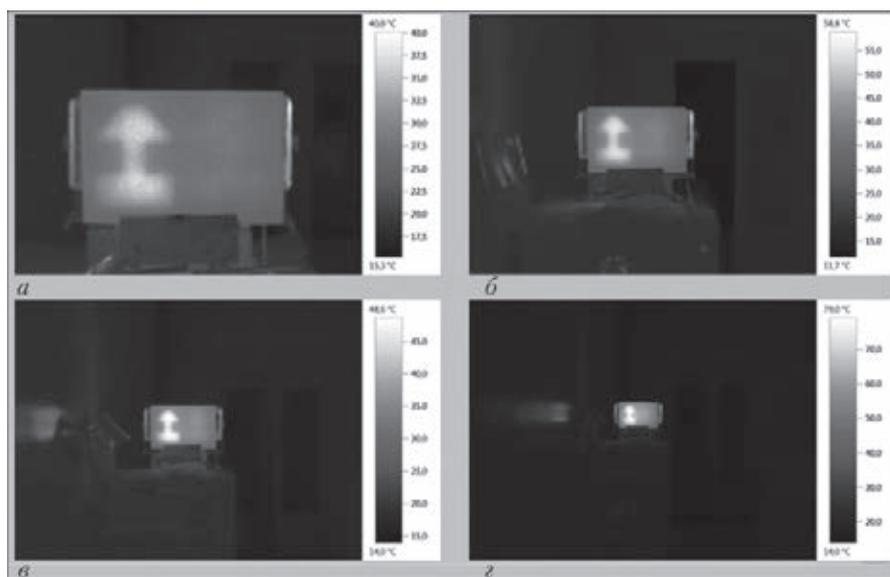


Рис. 3. Термограммы пластины с искусственными дефектами сложной геометрической формы на разных дистанциях термографирования: а – на расстоянии 1; б – 2; в – 3; г – 5 м

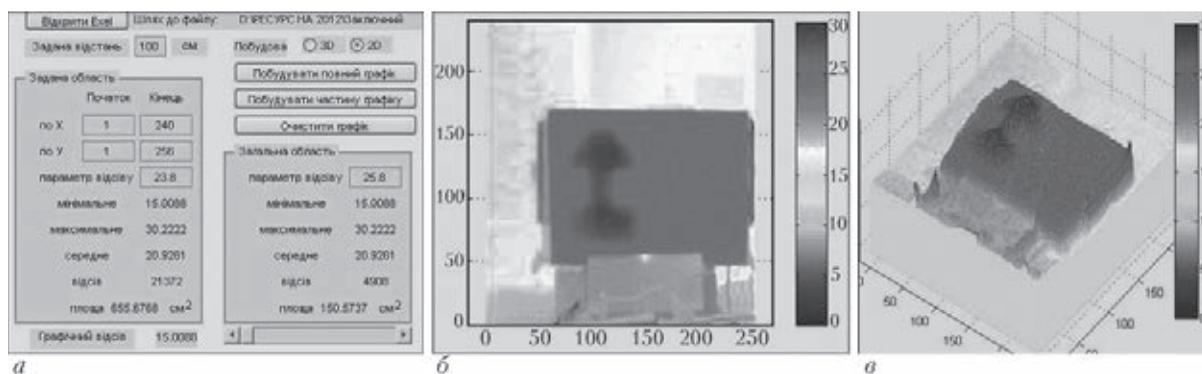


Рис. 4. Общий вид программного интерфейса (а) с рассчитанной площадью дефекта и построенными 2D (б) и 3D (в) координатными сетками

дефекта и объем дефектной полости. При построении 3D сетки (рис. 4, в) параметры третьей координаты были заданы условно. На данном этапе разработки программного продукта невозможно точно определить объемные параметры дефекта. Для расчета и построения объемных параметров необходимо провести ряд научно-исследовательских работ для определения и уточнения окончательной математической модели и соответствующих программных блоков.

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования термографирования температурных полей поверхности с заложенными искусственными дефектами контрольных образцов с использованием активного теплового контроля показал, что разработанная конструкция лазерно-термографического прибора позволяет получать необходимые

входные данные для расчета геометрических параметров дефектов.

Полученные результаты расчета площади дефекта в зависимости от дистанции контроля позволяют сделать вывод, что разработанное лазерно-термографическое устройство может быть использовано для получения данных для последующей оценки размеров и координат дефектов потенциально опасных и недоступных объектов.

1. *Стороженко В. О., Мельник С. И., Орел Р. П.* Новый алгоритм теплової томографії // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – № 4. – С. 26–30.
2. *Стороженко В. А., Мельник С. И.* Метод передаточных функций в тепловой дефектометрии // Дефектоскопия. – 1991. – № 12. – С. 78–83.
3. *Будадин О. Н., Рапопорт Д. А.* Метод тепловой дефектометрии // Там же. – 1984. – № 10. – С. 37–42.
4. *Вавилов В. П., Финкельштейн С.В.* Два подхода к решению одномерной обратной задачи активного теплового контроля // Там же. – 1989. – № 4. – С. 59–62.

Remote diagnostics of the condition of potentially hazardous and inaccessible objects, determination of coordinate and geometrical parameters of defects is an urgent task. In order to solve it, a laser-thermographic instrument and respective software were developed that allow taking heat monitoring to a new level, namely moving over from quantitative to qualitative assessment of defects. Developed laser-thermographic complex allows performance of diagnostics of the condition of remote objects, and determination of the coordinate and geometrical parameters of the detected defects. This paper gives a brief description of laser-thermographic instrument, experimental set-up based on it, as well as thermograms and obtained preliminary results of defect area calculation, depending on monitoring distance. 4 References, 1 Table, 4 Figures.

Keywords: heat monitoring, thermography, laser-thermographic flaw detection, laser-thermographic instrument

*Поступила в редакцию
20.05.2013*