

УДК 620.22:620.179

Захарченко В. В.

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М.К. Янгеля. Украина,
г. Днепр

МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ И НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье представлено масштабируемое решение совместного использования термографии и широкографии с применением модуля машинного зрения. Машинное зрение предполагает выявление наличия или отсутствия чего-либо на изображении. Сложность реализации данного подхода заключается в выборе общего формата представления данных. Используя определенные процедуры фильтрации можно преобразовать термограммы, широкограммы, голограммы к общему формату или представлению. Полученный подход дает возможность совместной обработки результатов дефектоскопии полученных разными методами (голография, широкография, термография и др.).

Ключевые слова: термография; широкография; машинное зрение.

Введение

В настоящее время ведущие мировые производители ракетокосмической техники используют до 20% ресурсов для подтверждения качества продукции. Очень важно на ранних стадиях найти и опре-

делить ошибку конструкции, технологии изготовления и качества сборки, что напрямую влияет на качество изделия. Исправление ошибки на поздних стадиях обходится дороже. Примерами может служить недавний массовый возврат Samsung Note 7 из-за самовозгорания аккумуляторной батареи.

Чем позже обнаружена ошибка, тем дороже обходится ее исправление. В самолетостроении и ракетостроении пропускание брака в продукцию грозит большими убытками, потерей управления проектом, катастрофическими последствиями.

Постановка задачи

Традиционно для дефектоскопии применялись контактные методы неразрушающего контроля. Основной недостаток контактных методов присутствие человеческого фактора. Оператор должен следить за положением и контактом датчика, перемещать датчик по поверхности, не допуская пропущенных мест. Построение сканирующих систем позволяет уменьшить и даже исключить человеческий фактор при условии полной автоматизации сканирования, развертки и обработки результатов сканирования. При этом изменение геометрии объекта контроля влечет за собой изготовление новой сканирующей системы и новой программы обхода и развертки. Разработка универсальной роботизированной системы весьма дорогостоящая работа.

В мире широко распространены и отработаны бесконтактные методы неразрушающего контроля. Применение термографии и широгрaфии для дефектоскопии полимерных композиционных материалов (ПКМ) позволяют строить на их основе скрининговые системы, так как зона контроля для этих методов масштабируется и позволяет захватить объект контроля целиком. Таким образом, задача сканирования переходит из пространственной области в программную область. Современные информационных технологий позволяют реализовать такой сканер программно, причем такой сканер может быть полностью автоматизирован.

Исследования

Термография и широгрaфия позволяют максимально снизить человеческий фактор. Единственная сложность – это автоматизация обработки результатов контроля (термограмм и широгрaмм), распознавание границ дефектов и определение размеров дефектов. В данный момент широкое распространение приобрели системы машинного зрения таких производителей National Instruments, Teledyne Dalsa. Основная задача машинного зрения определить на изображении присутствие дефектов на изображений и выделить его границы. В данной статье приводится проект системы, которая позволит снизить человеческий фактор и облегчить работу оператору.

В общем виде структурная схема системы «Сканера» приведена на рисунке 1. Условно по решаемым задачам Система делится на два программных и один инструментальный блок. Каждый блок независим и может существовать отдельно.

Общая схема контроля методом широгрaфии

В инструментальный блок входят средства контроля термография и широгрaфия, которыми обладает ГП «КБ «Южное». Основная задача блока произвести регистрацию термограмм и широгрaмм. Выходные данные термограммы и широгрaммы представлены на рисунке 2. На рисунке представлены термограмма и широгрaмма с обнаруженным дефектом в каркасе солнечной батареи (БС). В результате контроля накапливается большой набор термограмм и широгрaмм, так как Ик-камера и CCD камера ведут регистрацию с периодичностью 30Гц и 60Гц соответственно. Ниже приводится краткое описание методов контроля термографии и широгрaфии.

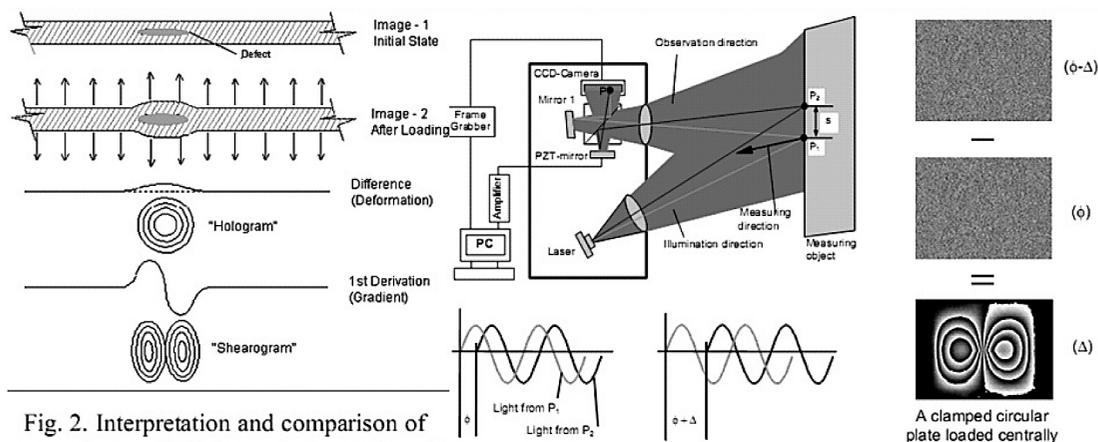


Fig. 2. Interpretation and comparison of measuring results between holography and shearography

Fig. 1. Fundamental of digital shearography

Рис. 1. Механическая интерпретация широгрaмм

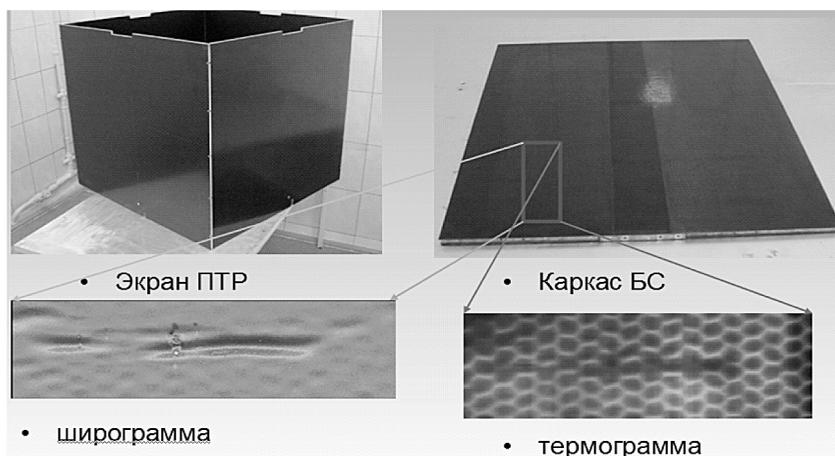


Рис. 2. Результаты дефектоскопии методом термографии и широкографии

Термография позволяет выявлять широкий спектр дефектов [1] в ПКМ: неприклеи, расслоение, включения, ударные повреждения и другие. Физическая суть термографии показана на рисунке 3 структурные однородности напрямую влияют на процесс распространения тепловой энергии [2] и формируют распределение температур, которое фиксирует Ик-камера в виде набора матриц температур. Процедура термографического контроля стандартизирована американским сообществом ASTM E2582-07 и отечественным сообществом ГОСТ 25483-79.

Ширография позволяет выявлять широкий спектр дефектов в ПКМ: неприклеи, расслоение, включения, ударные повреждения [4] и другие. Ширография изучает градиент деформации на поверхности объекта с целью выявления концентраторов напряжений, механическая интерпретация приведена на рисунке 1. Процедура широкографиче-

ского контроля и виды воздействия для композиционных материалов определены в ASTM E 2581-07.

Следующий программный блок проводит предварительную обработку набора данных, полученных от инструментального блока. Основная задача предварительной обработки сжать набор данных, повысить относительный контраст неоднородностей, убрать шумы, создать базу данных с изображениями. Функции обработки широко известны процедуры [1], [3] такие как Фурье преобразование, сингулярное преобразование, статистики высокого порядка [5] и другие. Выходные данные этого блока база данных изображений некоторых параметров, которые несут полезную информацию. [2] Рисунок 5. На рисунке 5 видно, что из набор термограмм (изображение 1) был сжат до одного (изображения 2) на котором улучшен контраст, резкость, удалены шумы.

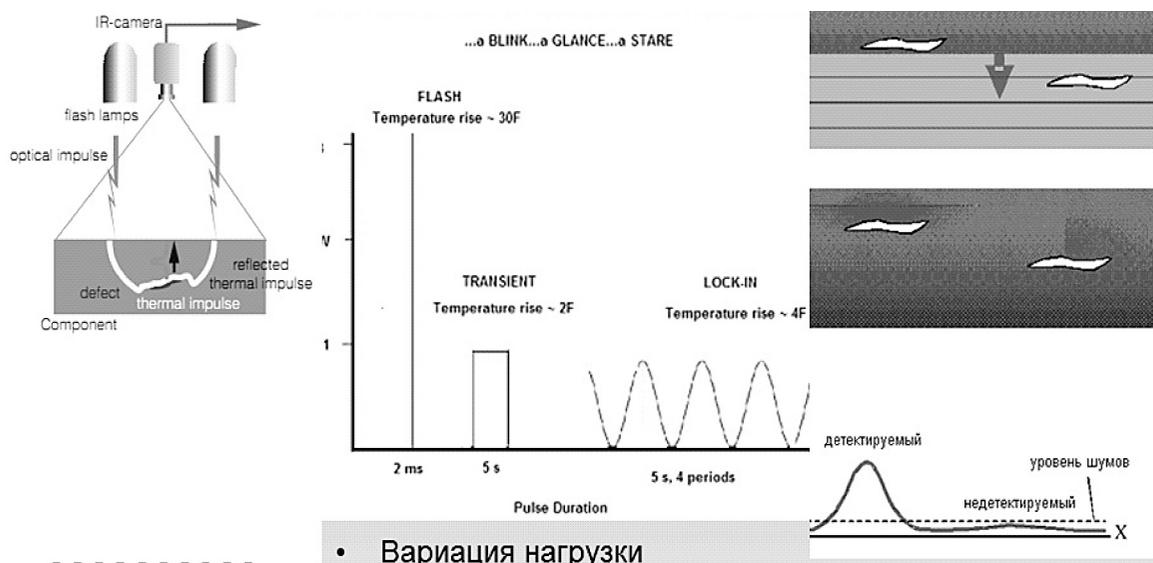


Рис. 3. Схема контроля. Параметры тепловой нагрузки

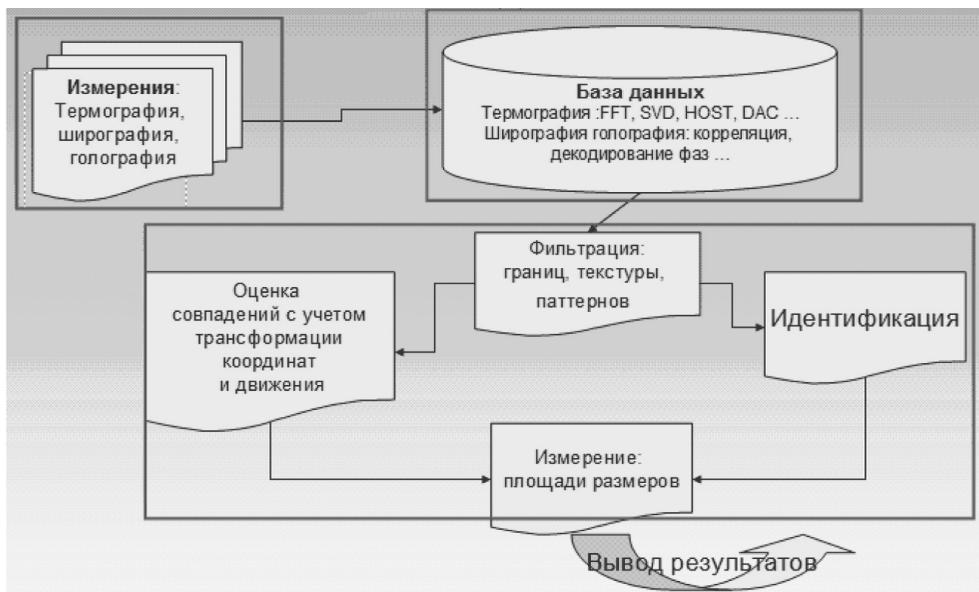


Рис. 4. Структурная схема применения машинного зрения в НК

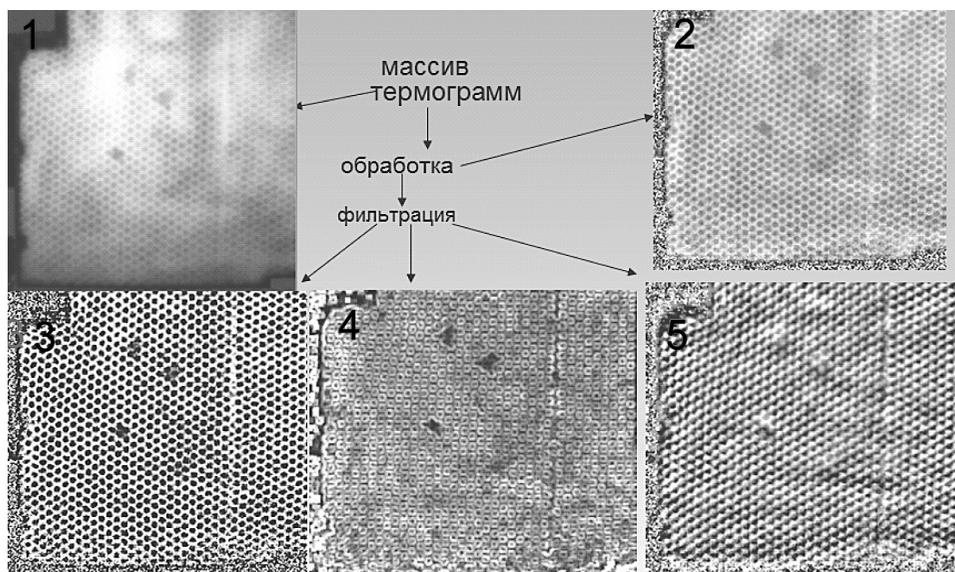


Рис. 5. Результаты работы программных блоков

Следующий программный блок функций машинного зрения: выявляет присутствие или отсутствие неоднородности и последующее определение размерности неоднородности. Вся работа происходит в несколько этапов:

- фильтрация. Изображения из базы данных (предыдущий блок) подвергаются фильтрации для выявления границ неоднородностей рисунок 5 изображения 3, 4, 5;

- идентификация. Распознавание неоднородностей;

- вычисление размеров. Определяется размер и площадь неоднородностей после предварительного определения масштаба изображения.

Для фильтрации применялись широко известные матричные функции (Канни, Лапласа, Робертса, Собеля, бинаризация) Результаты бинаризации, Канни и Собеля представлены на рисунке 5. Интересная особенность применяя разные способы фильтрации можно преобразовывать результаты термографии и ширографии к одному из видов изображения 4 и 5 на рисунке 5. Имея одно представление результаты от термографии и ширографии можно совместить и построить одно общее изображение.

Размер неоднородностей подсчитывался в программе ImageJ. Ошибка определения площади составляла 10 %.

Выводы

Проведенные исследования показали, что использование некоторых математических процедур позволяет переложить наиболее трудоемкую часть контроля на компьютер. Компьютер сможет без вмешательства оператора анализировать и проводить поиск неоднородностей.

Предложен ряд универсальных представлений данных, что позволяет совместно использовать результаты от разных методов термография, широгграфия, голография.

Исследована возможность построения Модуля машинного зрения в виде математических функций. Дальнейшее развитие данного решения позволит распознавать и обмерять дефекты в движении.

Выбраны независимые модули, из которых должен состоять сканер. Создание полноценной программы позволит отказаться от сканирования объекта контроля в пространстве и перейти к сканированию данных. Сканер становится универсальным так как не зависит от геометрии, скорость сканирования зависит от быстродействия компьютера.

Литература

- [1] C. Ibarra-Castanedo, N. P. Avdelidis, M. Grenier, X. Maldague and A. Bendada. Active thermography signal processing techniques for defect detection and characterization on composite materials. Proc. of SPIE Vol. 7661 76610O-1.
- [2] Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика. Томск, 2007.04 с.
- [3] Захарченко В.В., Кошулян А.В., Малайчук В.П., Тихий В.Г, Потапов А.М.. Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики. Сборник «Наука. Техника. Технология» 2012г.
- [4] L.X. Yang, Y.Y. Hung. Digital shearography for nondestructive evaluation and application in automotive and aerospace industries.
- [5] C. Ibarra-Castanedo, N. P. Avdelidis, M. Grenier, X. Maldague and A. Bendada. Active thermography signal processing techniques for defect detection and characterization on composite materials. Proc. of SPIE Vol. 7661 76610O-1.

Zakharchenko V. V.

Yuzhnoye, State-owned Design Office named after M. K. Yangel. Ukraine, Dnepr

MACHINE VISION AND NONDESTRUCTIVE EVALUATION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

This paper represents scalable decision that integrates thermography, shearography by machine vision module. Machine Vision detects presence or absence something flaws on images. The main complexity of the scalable decision is choice uniform data representation. Thermogram and shearogram could be transformed to general format by employing some filtration procedures. The decision lets to process thermogram, shearogram and hologram in one module.

Keywords: thermography; shearography; machine vision.

References

- [1] C. Ibarra-Castanedo, N. P. Avdelidis, M. Grenier, X. Maldague and A. Bendada. Active thermography signal processing techniques for defect detection and characterization on composite materials. Proc. of SPIE Vol. 7661 76610O-1.
- [2] Nesteruk D.A., Vavylov V.P. Thermography and diagnostic. 2007.
- [3] Zakharchenko V.V., Koshulyan A.V., Malaychuk V.P., Tykhyy V.G., Potapov A.M. Modern methods and equipment of nondestructive evaluation and technical diagnostic. "Science. Technique. Technology" 2012.
- [4] L.X. Yang, Y.Y. Hung. Digital shearography for nondestructive evaluation and application in automotive and aerospace industries.
- [5] C. Ibarra-Castanedo, N. P. Avdelidis, M. Grenier, X. Maldague and A. Bendada. Active thermography signal processing techniques for defect detection and characterization on composite materials. Proc. of SPIE Vol. 7661 76610O-1.