

ДЕФЕКТОМЕТРИЯ И СИНТЕЗ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОЙ ВИБРОМЕТРИИ И ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ

© 2022 г. **Виктор Юрьевич Шпильной^{1*}, Д.А. Дерусова^{1**}, В.П. Вавилов^{1***}**

¹ – НИИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

* - vshpilnoy@list.ru; ** - red@tpu.ru; *** - vavilov@tpu.ru

В настоящее время полимерные композиционные материалы находят широкое применение в автомобилестроении, а также в ракетно-космической и авиационной промышленности [1, 2]. В процессе производства и эксплуатации изделий из композитов могут возникать различные дефекты (ударные повреждения, расслоения, трещины, неполное отверждение связующего), а периодическое изменение температуры окружающей среды и влажности, в свою очередь, приводят к их прогрессирующему росту. Существующие методы неразрушающего контроля композитов обладают определенными преимуществами и недостатками. В связи с этим, разработка методик синтеза данных, полученных различными методами НК, позволит скомпенсировать недостатки отдельных методов, а также обеспечить длительную и безопасную эксплуатацию изделий авиационной и ракетно-космической промышленности.

В настоящем исследовании предлагается алгоритм (рис.1) автоматического анализа монохромных и градиентных графических изображений с целью определения площади дефектных областей, а также синтеза данных, полученных различными методами НК. На основе алгоритма для автоматического распознавания дефектов реализовано программное обеспечение DeFinder [3], позволяющее проводить анализ графических изображений в различных форматах (*.bmp, *.jpg, *.jpeg), получаемых при проведении НК материалов и изделий.

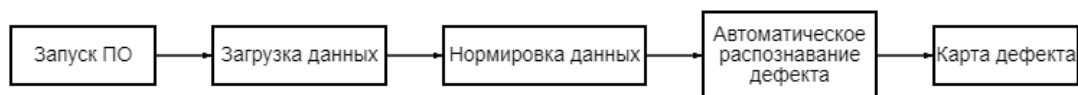


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма обработки данных в программе DeFinder.

Согласно алгоритму, представленному на рисунке 1, после загрузки графических изображений в программное обеспечение (ПО), производится нормировка данных и построение градиентной цветовой палитры. Каждой ячейке изображения задается вес в зависимости от насыщенности цвета. Далее оператор задаёт пороговое значение сигнал/шум, на основании которого производится автоматическое распознавание дефектных зон с построением карты дефектов. При подсчете итоговой площади дефекта рисунок анализируется программой в виде оттенков серого. Для этого осуществляется построение черно-белых изображений, не визуализированных для пользователя. Все пиксели со значением веса ниже порогового не отображаются на итоговом кадре и не используются при подсчете размеров дефекта. Результатом работы подпрограммы является синтезированное изображение контроля исследуемого объекта одним или несколькими методами. При необходимости, карты дефектов нескольких различных измерений могут быть синтезированы в одно изображение, а также совмещены с исходными данными.

Экспериментальная часть работы посвящена апробации разработанного программного обеспечения для автоматического распознавания дефектов на примере исследования ударного повреждения в углепластиковом композите размерами 155×175×1,5 мм с ударным повреждением энергией 18 Дж в центре. В частности, контроль композита проведен методами лазерной виброметрии с использованием бесконтактного магнитострикционного излучателя [4],

ультразвуковой вибротермографии [5], теплового контроля [6] и ультразвукового С-сканирования. Результаты синтеза данных указанных методов НК представлены на рисунке 2.

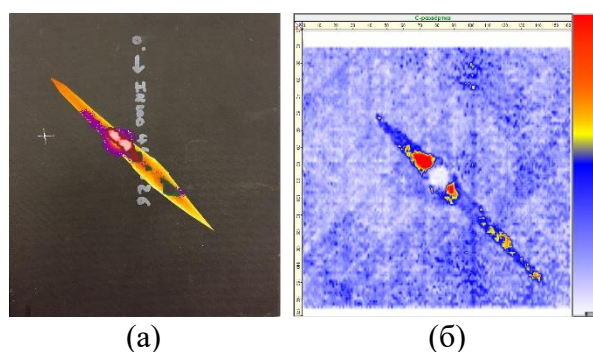


Рисунок 2 – Синтез методов лазерной виброметрии с использованием бесконтактного магнитострикционного излучателя, ультразвуковой вибротермографии, теплового контроля (а) и ультразвуковое С-сканирования (б)

Анализ экспериментальных данных НК углепластикового композита в программе DeFinder позволил определить размер, форму и расположение ударного повреждения, а также рассчитать его площадь. Результаты исследования показали, что проведение синтеза данных нескольких методов НК повышает достоверность дефектоскопии композиционных материалов в результате компенсации ограничений каждого отдельно используемого метода НК. Повышение достоверности обнаружения ударного повреждения подтверждается результатами ультразвукового С-сканирования, выбранного в качестве эталонного метода НК в настоящем исследовании.

Проведение синтеза данных нескольких методов НК позволяет минимизировать вероятность возникновения ошибок различного типа ввиду того, что способ физического воздействия и условия проведения эксперимента в данном случае будут отличаться для каждого конкретного метода контроля, а автоматизация процесса распознавания дефектов позволит повысить точность результатов, производительность контроля, а также исключить субъективный характер анализа данных в рамках дефектометрии.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук МК-1221.2021.4

ЛИТЕРАТУРА

1. *Rahammer M., Solodov I, Gulnizkij N, Kreutzbruck M.* Local defect resonance for efficient defect detection in composites // ECCM 2016 – Proc. of the 17th European Conf. on Comp. Materials, 2016. – article number 126913.
2. *Solodov I., Döring D., Busse G.* Air-coupled laser vibrometry: Analysis and applications// Applied Optics. V. 48. No.7. 2009. P.C33—C3
3. *Шпильной В.Ю.* Программа для ЭВМ: «Выявление дефектов и расчет их площади по предоставленному изображению в заданном диапазоне оттенков», номер регистрации (свидетельства) 2020612786. Дата регистрации: 03.03.2020
4. *Вавилов В.П.* Тепловой неразрушающий контроль материалов и изделий (обзор) // Дефектоскопия. 2017. № 10. С. 34-57.
5. *Derusova D.A., Vavilov V.P., Nekhoroshev V.O., Shpil'noi V.Y., Druzhinin N.V.* Features of Laser-Vibrometric Nondestructive Testing of Polymer Composite Materials Using Air-Coupled Ultrasonic Transducers // Rus. J. of NDT. 2021. V. 57. No 12. P. 1060-1071
6. *Balageas D, Maldague X.* Thermal (IR) and Other NDT Techniques for Improved Material Inspection // J. of Nond. Evaluation. V. 35. No 1. 2016. P. 1-17.