

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1609-3178

В МИРЕ ННК



В МИРЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

2017. Том 20. № 4



Тема номера:
**Автоматизированный
ультразвуковой контроль**



Автоматизированные системы ультразвукового контроля элементов каркаса аэрокосмических изделий из композиционных материалов

Submitted 23.10.17
Accepted 05.12.17

Сотрудники фирмы
ScanMaster Systems, Ltd.,
Кфар-Савá, Израиль

Использование композиционных материалов в авиакосмической промышленности продолжает постоянно возрастать, растёт и потребность в проведении надёжного неразрушающего контроля. Ультразвуковой метод с использованием автоматизированного сканирования используется в качестве основного для контроля композиционных материалов. Для контроля областей детали с плоской поверхностью используются прямые ФР, а углы проверяются с помощью радиальных ФР. Гибкая конструкция механики очень хорошо подходит для проведения контроля углов. Компенсация неровностей и изменений толщины проверяемой детали достигается за счёт использования специального тактильного блока.

I. Buchmeier-Hevroni¹, M. Bron¹, A. Brainin¹, A. Suris¹

Automated Ultrasonic Inspection Systems for Composite Reinforcing Elements of Aerospace Structures

The use of composite materials in the aerospace industry constantly continues to grow. It requires new approaches for inspection of the parts, which will allow keeping up the high productivity inspection without compromising its quality. Ultrasonic technique has been established as the primary inspection method for composite materials. The self-adaptive PA methods allow changing of focal laws in real time as per acquired profile of the inspected part by measuring distance from the probe to the surface. The tactile mechanical solution is mostly suitable for inspection of corner. The compensation of inaccuracy and changes of the thickness of the inspected part is achieved by using special tactile head.

Keywords: composite materials, phased array probes, self adaptive PA methods, tactile mechanical follower

Введение

Использование композиционных материалов в авиакосмической промышленности для таких частей, как конструкции самолетов, вертолетов, космических аппаратов и компонентов двигателей, уже получило широкое распространение в течение более чем четырех десятилетий и продолжает постоянно возрастать.

С появлением Boeing 787 и Airbus 380 ситуация значительно изменилась, так как композиционные материалы в деталях этих новых моделей самолётов используются почти в каждой части конструкции (рис. 1, 2).

Основное развитие связано с изготовлением армирующих элементов каркаса, таких как стрингеры и лонжероны. Эти элементы присутствуют во всех частях самолёта, поэтому их количество достаточно велико.

Производство авиационных деталей из композиционного материала значительно снижает вес изделия что приводит к уменьшению расхода топлива без ущерба для его летных качеств и надёжности.

Поскольку использование композитов из стеклопластика и углепластика в производстве растёт, то возрастает и потребность в проведении надёжного НК.

На рис. 3 для наглядности представлена гистограмма ожидаемого выпуска новых моделей самолетов компанией Airbus в период с 2015 по 2020 гг., а именно A330ceo, A330neo, A380. Этот прогноз ставит новые задачи для всей технологической цепочки, в том числе и для НК. Как следствие, требуются новые подходы при выполнении контроля качества деталей, которые позволили бы поддерживать высокую производительность без ущерба для качества выпускаемой продукции.

Применение УЗК при контроле композиционных материалов

Традиционно УЗК деталей из композиционных материалов осуществляется тремя способами:

- струйный эхо-импульсный или теневой методы, когда струя воды обеспечивает контактную среду для введения ультразвука;

БУХМЕЙЕР-ХЕВРОНИ
Ирис

Директор по маркетингу



БРОН
Михаил

Вице-президент
по научно-исследовательским разработкам



БРАИНИН
Александр
УЗК эксперт



СУРИС
Александр
Руководитель отдела системных интеграций



- иммерсионный эхо-импульсный метод, когда объекты контроля погружены в воду;
- бесконтактный метод УЗК через воздушный зазор.

Конструкция автоматизированной УЗК системы позволяет проводить контроль струйным или иммерсионным методом с помощью специального резервуара для воды, как показано на рис. 4.

К примеру, детали, производимые из армированного стекловолокна (рис. 5), обладают низкими способностями к поглощению воды. Поэтому

¹ ScanMaster Systems, Ltd.; Kfar Saba, Israel; misha@scanmaster-irt.com



Рис. 1. Использование композиционных материалов в Boeing 787



Рис. 2. Использование композиционных материалов в Airbus380

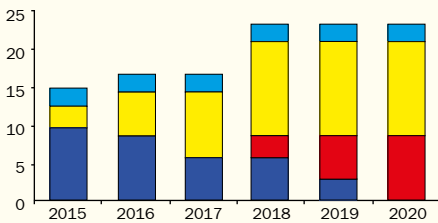


Рис. 3. Количество выпускаемых новых моделей компанией Airbus: ■ — A330neo; ■ — A330neo; ■ — A350; ■ — A380



Рис. 4. Объединённый струйный/иммерсионный метод в автоматизированной системе производства ScanMaster System (IRT) Ltd.

для проведения контроля таких изделий используется иммерсионный метод. Благодаря постоянной контактной среде между преобразователем и объектом контроля, этот метод показывает большую надёжность в обнаружении дефектов.

Ультразвуковой метод с использованием автоматизированного сканирования используется в качестве основного для контроля композиционных материалов.

Конструкционные ограничения в геометрии деталей и необходимость высокой производительности вынуждают использовать различные типы преобразователей с фазированной решеткой (ФР). Для контроля областей детали с плоской поверхностью используются прямые ФР, а углы проверяются с помощью радиальных ФР (рис. 6).

Точность позиционирования ФР, в частности с радиальной формой, по отношению

к поверхности детали очень важна для достоверности и повторяемости контроля.

Детали имеют трёхмерную геометрию, включающую в себя криволинейные, многогранные и неровные поверхности. Толщина может меняться, если присутствуют стыки внахлёстку или происходит выпадение слоёв.

При проведении сканирования требуется чётко отслеживать геометрию поверхности, принимая во внимание то, что деталь не всегда может быть одинаковой; в результате сложное строение композитов и ограничения по фиксации таких деталей являются одной из проблем проведения контроля.

К сожалению, для производителей авиационных деталей существуют полностью автоматизированных процессов контроля, такие как:

1. Гибкость и пластичность деталей не позволяют использовать геометрические данные из CAD-модели для создания траекторий сканирования. Реальная геометрия детали при контроле очень сильно зависит от того, как она фиксируется в автоматизированной системе, температуры воды и т. д.
2. Проведение контроля углов — это очень сложный процесс, поскольку для обеспечения правильного контроля криволинейной поверхности требуется очень точное позиционирование преобразователя над криволинейной поверхностью (рис. 7).

Все вышеперечисленные проблемы приводят к тому, что на сегодняшний день большая часть систем для контроля деталей самолётов (стрингеры и лонжероны) полуавтоматизирована. Оператору приходится одновременно вручную перемещать блок с преобразователем



Рис. 5. Детали из армированного угле- и стекловолокна



Рис. 6. Пример иммерсионной системы с линейной и радиальной ФР

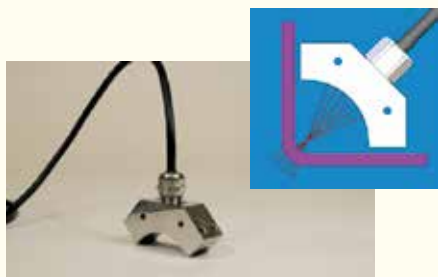


Рис. 7. Схема и ФР-преобразователь для контроля углов

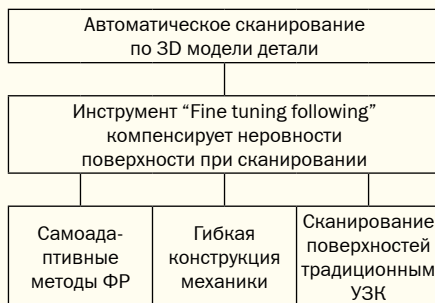


Рис. 8. Блок-схема АУЗК по 3D-модели детали

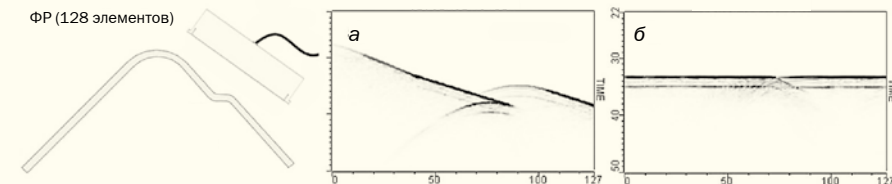


Рис. 10. Компенсация изменений геометрии в сечении с помощью самоадаптивного метода ФР

над деталью и следить за сигналом на экране дефектоскопа. Если сигнал начинает искажаться, оператор вручную выполняет настройку положения блока с преобразователем и только после этого продолжает сканирование.

Очевидно, что такие системы имеют очень низкую производительность, слишком сильно зависят от «человеческого фактора» и могут показывать недостоверные данные при проведении контроля. Рассматривается несколько способов решения таких проблем, комбинация которых позволяет провести адекватный автоматизированный контроль (рис. 8).

Гибкая конструкция механики очень хорошо подходит для проведения контроля углов. Компенсация неровностей и изменений толщины проверяемой детали достигается за счёт использования специального тактильного блока (рис. 9). Конструкция блока обеспечивает правильное расположение преобразователя в центре радиуса контролируемого угла; при контроле поверхности, даже если есть изменения толщины (выступы, впадины), обеспечивается правильное позиционирование преобразователя по всей траектории сканирования.

В некоторых случаях тактильная часть блока может быть заменена обычными ультразвуковыми преобразователями. С помощью данных, полученных этими преобразователями в комбинации со специальным алгоритмом, учитывающим путь звука по воде, преобразователь позиционируется в соответствующее положение относительно контролируемой детали. Управляя двигателями манипулятора, можно изменять соответствующие углы блока с преобразователями.

Самоадаптивные методы ФР позволяют изменять законы фокусировки в реальном времени по сечению контролируемой детали с учётом измерения расстояния от преобразователя до поверхности. Несмотря на определённые ограничения, такой метод даёт очень хорошие результаты, как показано на рис. 10. На рис. 10а приведены результаты контроля (B-scan) без использования самоадаптивного метода ФР, а на рис. 10б — результаты контроля с помощью самоадаптивного метода ФР.

Самоадаптивный метод позволяет использовать единые настройки для контроля всех деталей без необходимости использования тактильного блока (рис. 11).

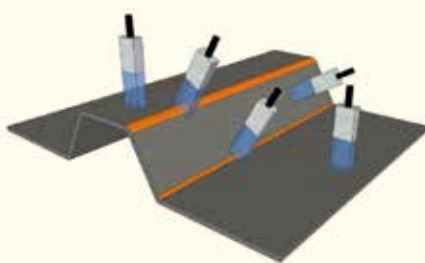


Рис. 11. Положения ПЭП при контроле авиационных деталей



Рис. 9. Тактильный блок

Несмотря на очевидные преимущества, самоадаптивный метод имеет некоторые ограничения, поскольку он хорошо работает только там, где можно получить относительно стабильный сигнал с поверхности. Поэтому он не может полностью заменить тактильные механические блоки.

Заключение

Комбинация использования современных механических устройств и самоадаптивных методов ФР позволяет проверять авиационные детали (составные стрингеры, балки и лонжероны) в полностью автоматизированном режиме с минимальным участием оператора. Автоматический ультразвуковой контроль решает проблемы «узких мест» в НК, повышает общее качество и надёжность контроля качества деталей.

Литература/References

1. Flight International Journal, 2006.
2. HEART OF EMPIRE, Boeing's Plastic Planes By Andrew Cockburn.
3. Robert S., Casula O., Roy O., Neau G. Real-Time Inspection of Complex Composite Structures with a Self-Adaptive Ultrasonic Technique. — In: 18th WCNDT, 16–20 April 2012, Durban, South Africa.
4. Surface-Adapting Ultrasound (SAUL). — www.M2M-NDT.com.

Статья получена 23 октября 2017 г.,
в окончательной редакции — 5 декабря

на правах рекламы



**АКТИВ
ТЕСТ ГРУП**

Эксклюзивный Представитель

SCANMASTER SYSTEMS

в России, Казахстане, Беларуси

ООО «АТГ», Санкт-Петербург,
пр. Непокорённых, д. 47, лит. А, пом. 3Н

тел./факс: +7 (812) 600-20-35 моб. тел.: +7 (911) 938-77-89

e-mail: cil@activetest.ru www.activetest.ru

Поставка оборудования, запчастей. Сервисное обслуживание