

Эволюция в области контроля деталей из композитных материалов для аэрокосмической промышленности

Мигель Торрес

Руководитель направления систем промышленного контроля
Компания Tecnatom. Avda.
Montes de Oca, 1. 28703
San Sebastián de los Reyes.
Мадрид, Испания

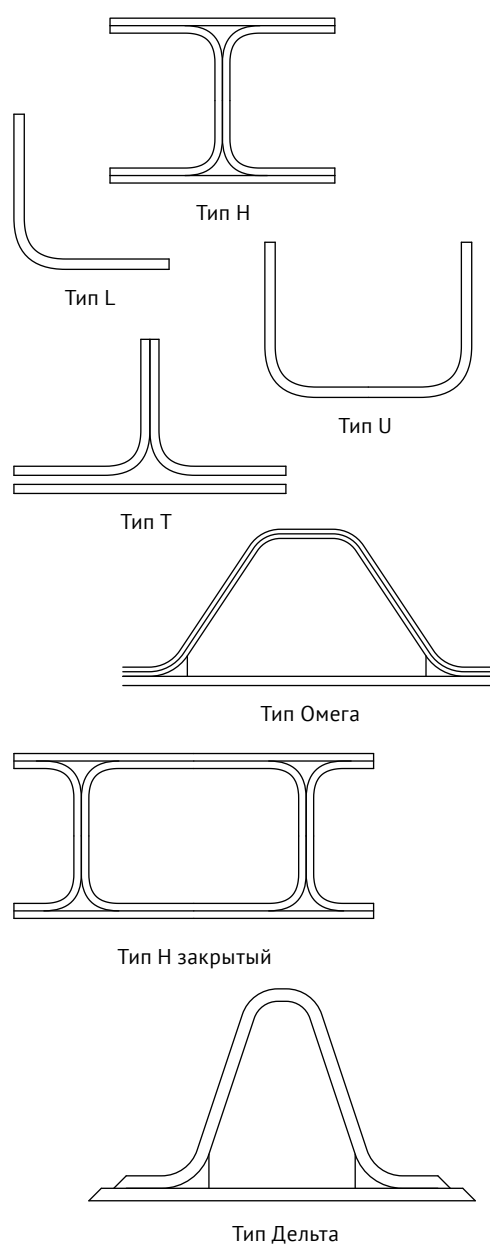


Рисунок 1. Принципиальные геометрические профили

ВВЕДЕНИЕ

Данная статья описывает эволюцию в области методов и систем неразрушающего контроля, которые следуют за развитием производства материалов для аэрокосмической промышленности. Статья опирается на практический опыт компании Tecnatom в этой области, чья деятельность в НК насчитывает более 50 лет.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Существенное влияние на неразрушающий контроль деталей в аэрокосмической области оказывает их геометрия. Ежедневно производители разрабатывают всё более сложные и интегрированные конструкции на основе композитных материалов. В результате этого, при ультразвуковом методе контроле приходится сталкиваться с деталями большего размера и сложным доступом к участкам, подлежащим контролю. При этом геометрические формы деталей можно описать как комбинацию определенных профилей типа L, T, U, H и закрытого H, а также наиболее развернутых форм типа Омега и Дельта. Комбинация всех этих профилей позволяет создавать сложные криволинейные поверхности. Рисунок 1 показывает примеры вышеупомянутых «основных» геометрических профилей.

С другой стороны, необходимость контролировать зоны перехода между основными элементами, специальные криволинейные участки (радиусы), а также трудность доступа к этим зонам, вызывает сложность при автоматизированном контроле. В результате, необходимо детально изучить каждый случай, прежде чем выбрать метод контроля.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Развитием новых методов неразрушающего контроля деталей в аэрокосмической области послужила не только сложная геометрическая форма деталей, но и различные комбинации материалов (сплавы + композитные материалы).

Исторически ультразвуковой метод контроля базировался на возбуждении ультразвуковых импульсов одноканальным пьезоэлектрическим преобразователем в двух возможных конфигурациях:

- Теневой метод ультразвукового контроля, который изначально использовался для контроля материалов с высоким затуханием. Его преимущество заключается в том, что импульс проходит через материал один раз, но требуется доступ к обеим сторонам объекта контроля. Другим недостатком данного метода является отсутствие информативности о глубине залегания дефекта в материале.
- Эхо-импульсный метод ультразвукового контроля появился позже и является более предпочтительным, т.к. предоставляет информацию о точном местонахождении дефекта, включая глубину залегания и об условных его размерах. Доступ к объекту контроля при этом необходим только с одной стороны.

Эволюция в эхо-импульсном методе контроля пришла с применением многоэлементных пьезоэлектрических преобразователей, которые позволяют производить контроль одновременно каждым преобразователем. Данный метод положил начало технологии с применением ФР. Усовершенствование электронных схем позволило конфигурировать и контролировать переключение многоэлементных преобразователей, обеспечивать управление ориентацией и фокусировкой ультразвукового луча, тем самым улучшая функциональность таких систем, и увеличивая их производительность. Стоимость производства и обслуживания систем на ФР гораздо ниже по сравнению с традиционными, в связи с упрощением электрических схем и уменьшением размеров.

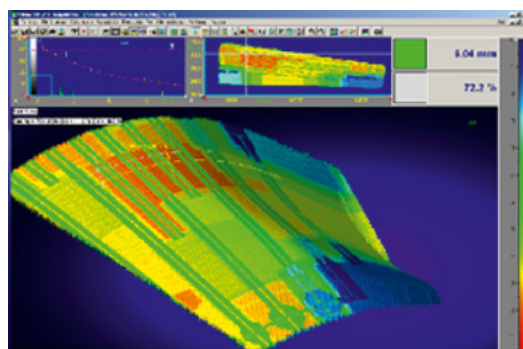


Рисунок 2–3. Рисунок 2 и 3 Контроль криволинейных деталей (завод Airbus Illescas, контроль ламинированных углепластиков, с применением технологии ФР)

В настоящее время Tescnatom разработал оборудование, которое позволяет размещать и управлять до 2.048 элементами ФР. Программное обеспечение визуализации CIVA помогает моделировать ультразвуковые лучи и их взаимодействия с дефектами, а также оптимизировать необходимые для конфигурации законы фокусировки.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НК

Параллельно развитию «классического» ультразвукового метода контроля, исследования и разработки в области НК привели к другим более инновационным методам, таким как лазерное возбуждение ультразвуковых импульсов, ультразвуковые колебания, распространяющиеся воздушным путем, термография.

Проект target

Tescnatom участвует в Европейском Проекте TARGET. Основной целью данного проекта является изучение и разработка новых интеллектуальных технологий, экологически сбалансированных для создания конструкций из композитных материалов. Исследование сосредоточено на хорошо известных и новых материалах, и процессах, позволяющих избежать использования больших автоклавных печей, и обеспечить необходимые базовые знания для разработки нового оборудования и автоматизации процессов. AIRBUS OPERATIONS возглавляет консорциум из 14 компаний партнёров-производителей, среди которых TECNATOM участвует в области неразрушающего контроля, разрабатывая новые технологии контроля, которые являются важными в процессе производства данных материалов.

Основные исследования направлены на:

- Ультразвуковые колебания, распространяющиеся по воздуху (без контактной жидкости) применяются до стадии формирования детали для гарантирования ее цельности и предотвращения дефектов, которые могут появиться на этой стадии производства.
- Разработка инновационных технологий НК и их комбинации, такие как лазерное возбуждение ультразвуковых импульсов, термография и контроль с применением технологии ФР.
- НК для новых материалов, созданных с помощью нанотехнологий.

ЛАЗЕРНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Данный метод является бесконтактным методом неразрушающего контроля, при котором лазер используется для генерирования и приема ультразвуковых волн в объекте контроля. Пока небольшое количество

Оптическая головка Подача луча Лазерный генератор



Позиционный робот Станина

Рисунок 4. Конфигурация оборудования для метода ультразвукового контроля композиционных материалов на базе лазерного возбуждения

ультразвуковых колебаний, её конфигурацию можно увидеть на Рисунке 2. Таким образом, можно сделать вывод, что метод лазерного возбуждения ультразвуковых колебаний применим для промышленного контроля композитных материалов, и является действительно новой альтернативой в области НК. Данная система носит название LUCIE и используется компанией EADS в Технопарке EADS в Нанте. Эта система стала победителем JEC Europe 2012 и получила награду в области инноваций. Следующей модификацией промышленной лазерной ультразвуковой установки Tecnatom является новая система TecnaLus, разработанная Tecnatom для контроля небольших изделий сложной формы. Сейчас данная система проходит испытания.

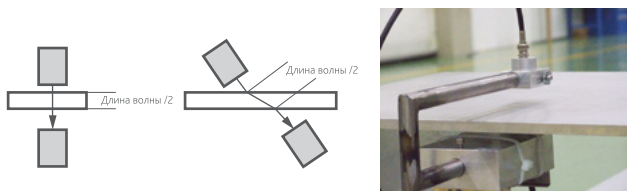


Рисунок 5. Прохождение сигнала

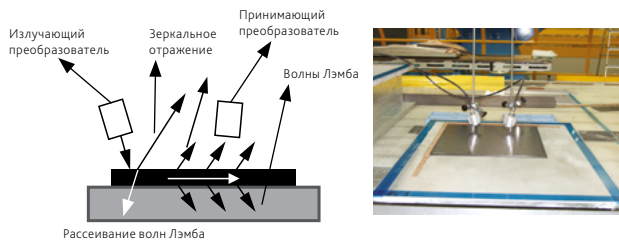


Рисунок 6. Отражение и регистрация

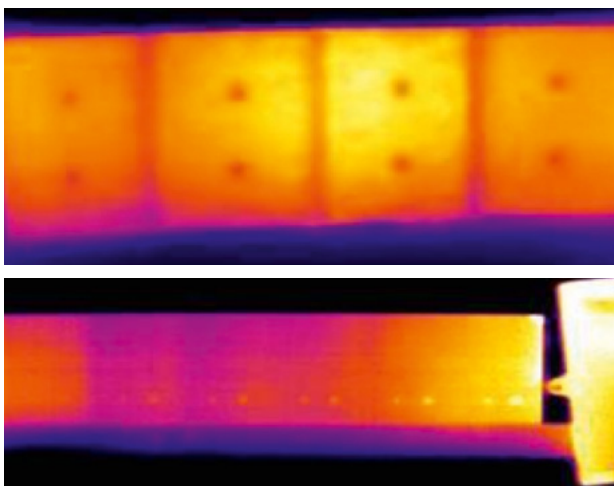


Рисунок 7. Термография: результаты

отраслей промышленности, включая аэрокосмическую, оценили преимущества данного метода. Основным преимуществом лазерного возбуждения является упрощение механической части системы. Также не нужно обеспечивать создание контактного слоя, что избавляет от использования воды во время проведения контроля. Были получены хорошие результаты при контроле наклонных поверхностей и краевых участков при значительном увеличении скорости контроля больших и малых деталей.

Tecnatom совместно со своим партнёром Iphoton прилагают серьёзные усилия для продвижения метода лазерного возбуждения ультразвуковых колебаний в промышленности. В мае 2011 года в EADS (European Aeronautic Defence and Space Company) была представлена система контроля на базе лазерного возбуждения

ПЕРЕДАЧА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПО ВОЗДУХУ (ВОЗДУШНЫЙ УЛЬТРАЗВУК)

При передаче ультразвуковых колебаний по воздуху для определения дефекта в композитных материалах используются волны Лэмба, а воздух используется в качестве контактного слоя, что так же позволяет отказаться от применения воды во время проведения контроля. Необходимо провести предварительное исследование для того, чтобы определить частоты, на которых может выполняться контроль, для получения резонансных колебаний волн Лэмба в детали. Так же необходимо определить оптимальный угол ввода для преобразователей с целью оптимизации ультразвукового сигнала. Передача ультразвуковых колебаний по воздуху обеспечивает важные преимущества при невозможности использования воды во время контроля (сотовые структуры).

В настоящее время Tecnatom включает преобразователи для передачи ультразвуковых импульсов по воздуху в свои последние разработки. Рисунки, приведенные ниже, иллюстрируют две схемы из существующих ультразвуковых систем: прохождение сигнала, и отражение и регистрация.

ТЕРМОГРАФИЯ

Термография производит оценку инфракрасного излучения объектов, отслеживая их излучение с помощью различных методов (механический, термический и т.д.) с целью получения разности их температурных характеристик, позволяя выявлять дефекты в материале. Инородные тела или пористость, присутствующие в материале, при нагревании или охлаждении композитного материала, реагируют по-разному. Анализ результатов разности температурных характеристик обеспечивает информацию о наличии дефектов в детали.

Tecnatom вовлечен в исследования, направленные на создание систем контроля, которые комбинировали бы в себе термографию и ультразвуковой контроль. В данной области Tecnatom сотрудничает с такими исследовательскими институтами Испании как CATEC (Центр Развития Аэрокосмических технологий) и FIDAMC (Исследование Композитов, Центр Развития и Прикладных Исследований).

Можно сделать вывод, что использование инновационных методов контроля (лазерное возбуждение ультразвуковых импульсов, передача ультразвуковых импульсов по воздуху и термография) означает, что в зависимости от контролируемых деталей может быть предложен не один, а несколько методов контроля качества.

ЭВОЛЮЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ

Нарастающая тенденция полной автоматизации процесса производства аэрокосмических компонентов, включая и участок контроля, преследует цель сокращение времени производства. Современное ультразвуковое оборудование обеспечивает высокую скорость сканирования, быстрый, повторяемый и надёжный контроль, который так же позволяет контролировать гораздо большие поверхности за один проход.

Следовательно, пришло время для усовершенствования механических систем основанных на типовых платформах или мостовых конструкциях, новыми более скоростными и надёжными системами ультразвукового оборудования. Принимая во внимание промышленный опыт в автоматизации для увеличения производительности и управляемости систем, TECNATOM адаптировал и применил новые механические конструкции, позволяющие внедрять промышленных роботов в системы неразрушающего контроля.

Концепция использует механических роботов в системе контроля, объединяя необходимое оборудование и программное обеспечение, с целью планирования и настройки конфигураций ультразвукового контроля (выбор преобразователей, определение геометрии детали при помощи лазерного устройства, определение и формирование законов фокусировки, определение параметров контроля, ультразвуковая калибровка, создание траекторий контроля, автоматическая замена преобразователей, управление роботом/роботами и т.д.) в полностью интегрированной системе.

Конечным результатом является очень гибкая система, которая включает в себя один или два промышленных робота, установленных на линейных направляющих или на порталах и/или поворотные столы, обеспечивающих адаптацию к различным конфигурациям неразрушающего контроля: теневой метод контроля (2 робота), эхо-импульсный метод контроля (1 или 2 робота), использующий традиционную или ФР технологию. Возможность автоматического смены ультразвуковых модулей (с различными конфигурациями преобразователей) позволяет системе быть адаптированной к различным методам на одном участке контроля. На рисунке 9 показана конфигурация с использованием двух роботов.

Использование промышленных роботов снижает окончательную стоимость и сроки поставки системы. Техническое обслуживание также становится дешевле, так как основная механика является готовым продуктом, с утвержденной программой технического обслуживания и специализированными сервисными службами в любой точке мира. Кроме того, данная концепция системы контроля имеет значительно более низкие требования к размещению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все нововведения, описанные в данной статье, начиная с изучения авиационных материалов и их геометрии, приводят к оптимизации методов неразрушающего контроля (технология фазированных решеток, лазерное возбуждение ультразвуковых импульсов, термография, передача ультразвуковых колебаний по воздуху), улучшению механических систем и управления, а также развитию мощных аппаратно-программных технологий, которые позволяют интегрировать полный процесс контроля.

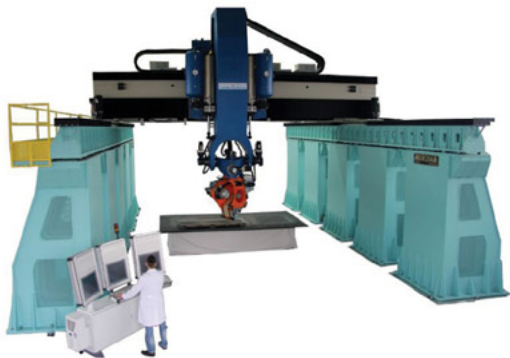
Несомненно, в данном документе приведены явные преимущества применения инновационных методов не-



Рисунок 8. Ультразвуковая система контроля с использованием двух роботов на направляющих, с применением УЗК электроники на ФР (КАПО-Композит)



Рисунок 9. Система контроля с использованием двух роботов для теневых методов контроля



**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВЫКЛАДКА
НИТЕЙ И ЛЕНТ(АФР/АТЛ)**



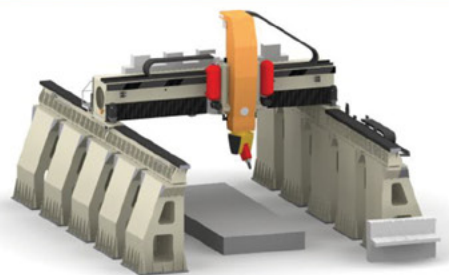
**СУХАЯ И МОКРАЯ НАМОТКА
ВОЛОКНАМИ И ЛЕНТОЙ**



ПРОПИТОЧНЫЕ ЛИНИИ



РАЗРЕЗКА/ПРЕМОТКА ПРЕПРЕГА



ОБРАБОТКА КОМПОЗИТОВ



Система лазерного узк контроля (Airbus)

разрушающего контроля. Например, лазерное возбуждение ультразвуковых импульсов имеет все преимущества обычного ультразвукового контроля, такие как точность и скорость, и, в дополнение, бесконтактность, гибкость и полную автоматизацию. Передача ультразвуковых колебаний по воздуху является основным методом, когда нет возможности использовать жидкости во время контроля деталей. Несмотря на то, что аэрокосмическая промышленность традиционно консервативна к применению новых технологий, специалисты в данном секторе постепенно понимают эффективность этих технологий. Наконец, использование дополнительных методов, таких как ультразвуковой контроль и термография, дает возможность «комплексной» проверки детали за один проход.

С точки зрения механики, нынешняя технология, используемая Tecnatom позволяет использовать различные конфигурации на основе 1 или 2 роботов на линейных направляющих и/или портальное исполнение, обеспечивающее одновременный контроль одной или нескольких деталей и с использованием эхо-импульсного или теневого метода контроля.

После многих лет исследований и на основе собственного опыта, Tecnatom полагает, что технологии НК сейчас в состоянии обеспечить авиационные требования заказчиков. Не существует никаких конкретных технологических барьеров для этих методов контроля, однако, для стандартизации этих технологий необходимо изменить менталитет промышленности и конечного пользователя. Следующие годы будут вызовом для всех инновационных технологий неразрушающего контроля для достижения своей важной стратегической позиции в аэрокосмической промышленности.

Компания ТЕСНАТОМ проводит регулярные учебные курсы по применению инновационных методов контроля композитных материалов для предприятий аэрокосмической отрасли. Курсы рассчитаны на технических специалистов и руководителей служб неразрушающего контроля. Во время обучения проводится контроль на образцах участников на оборудовании, находящемся в лабораториях и демонстрационном зале ТЕСНАТОМ.

В РФ автоматизированное роботизированное оборудование ТЕСНАТОМ работает на авиационных заводах «КАПО-Композит» и «Аэрокомпозит Ульяновск». Техническую поддержку и сервисное обслуживание оборудования осуществляют специалисты ООО «ЛОКУС».

По всем вопросам этой статьи можно обращаться к представителю ТЕСНАТОМ в РФ – ООО «ЛОКУС»
office@locus.spb.ru
www.locus.spb.ru