

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Р. Г. Тупицкий, А. П. Гавриленко, В. А. Протопопов, З. Д. Черный

Відкрите акціонерне товариство «Український науково-дослідний інститут технології машинобудування»

Наводяться результати експериментальних досліджень універсального приладу та установки неруйнівного контролю вузлів і деталей виробів ракетно-космічної техніки, виконаних з композиційних матеріалів.

Известно, что полимерные композиционные материалы (ПКМ) благодаря своим уникальным свойствам (высокой прочности и жесткости, термостойкости, низкой плотности, влаго- и химостойкости, коррозионной устойчивости) находят все большее применение в различных областях промышленности, и зачастую их использование не имеет альтернативы. Особенно это актуально для специальной техники (ракетно-космической, авиационной), т. е. там, где просто невозможно было достичь тактико-технических характеристик, не применив материалы с более высокими прочностными и другими характеристиками, и где необходимо обеспечить в первую очередь высокую прочность при минимальном весе. Благодаря этому ПКМ постепенно вытесняют традиционные материалы во многих узлах авиационной и космической техники. Наметилось расширение их применения в других отраслях, например в автомобилестроении, транспорте, в том числе в трубопроводном и др. Поэтому на сегодняшний день объем применения ПКМ в указанных отраслях достиг впечатляющих величин: например, в ракетостроении он составляет уже 40 % от сухого веса. Более широкому их использованию во многом препятствует присущая ПКМ неоднородность их физико-механических свойств, из-за чего становится весьма актуальной разработка неразрушающих методов и средств контроля. По отношению к методам неразрушающего контроля ПКМ и изделия из них занимают особую позицию. Для них не годятся такие хорошо отработанные и проверенные для металлов методы контроля, как магнитные, вихревые, рентгеновские. В настоящее время для их контроля качества используются в основном ультразвуковые методы контроля. Наряду с пре-

имуществами (чувствительность, возможность автоматизации, записи, визуализации результатов контроля и др.) при использовании ультразвукового контроля (УЗК) имеется ряд своих, присущих в основном только этому методу трудностей неразрушающего контроля (НК) конструкций из ПКМ, связанных с неповторимостью каждой конструкции, с трудностью в изготовлении эталонов, адекватно описывающих реальные изделия, а также с искажением сигнала помехами, сильным ослаблением ультразвуковых колебаний и со многим другим.

В связи с последним обстоятельством в аэрокосмических отраслях для контроля узлов и деталей из ПКМ, как правило, применяются специализированные средства УЗК, отрабатываемые под НК определенной номенклатуры.

Очень заманчивым было разработать к широкому использованию универсальные средства УЗК, которые могли бы охватывать неразрушающим контролем не только основную номенклатуру композиционных материалов, но и металлы, которые могут применяться как самостоятельно в качестве узла и детали изделия ракетно-космической техники (РКТ), так и в сочетании с ПКМ в качестве несущей конструкции, например, в головных частях, спускаемых аппаратах, некоторых видах двигательных установок и другом.

Универсальность создаваемых средств также можно оценить по возможности проведения учета (записи) и хранения применяемой информации о дефекте, ее обработке при различных задаваемых параметрах НК, а также по возможности проведения автоматизации процесса измерения, т. е. исключения использования руки оператора для скани-

Таблица

Прибор	Диапазон частот, МГц	Яркость экрана, кд/м ²	Габариты, мм	Масса, кг
Унизонд УТ-55 (г. Днепропетровск)	0.05—10.0	до 300 (регулируется)	250×150×100	3.0
УД2-70 (г. Киев)	1.25—10.0	60	400×350×200	8.7
USN-52 (ФРГ)	0.4—10.2	60	250×146×133	2.7
ЕРОСН-2300 (США)	0.4—16.5	60	289×177×95	3.3

рования датчика по поверхности контролируемого узла или детали. В связи с последним обстоятельством задача УЗК разнообразной номенклатуры изделий, изготовленных из ПКМ, была разделена на два независимых направления:

1. Разработка универсального ультразвукового импульсного дефектоскопа «Унизонд» (УТ-55), предназначенного для НК как металлов, так и композитов, включая их сочетания в деталях и узлах любой конфигурации, особенно тех, в которых автоматизировать УЗК невозможно, а доступ для проведения НК имеется только в определенных точках или площадках датчиком, сканируемым оператором по выбранной им программе. Как правило, производительность такого контроля не лимитируется технологическим процессом изготовления изделия и не влияет особо на цикл производства изделия в целом.

2. Последнее обстоятельство становится определяющим, когда вопрос касается НК крупногабаритных узлов. В этом случае, кроме огромной трудоемкости проведения такого НК ручным сканированием операторами, включая предварительную разметку, а затем фиксацию и запись вручную текущих результатов НК, добавляется также опасность влияния на результаты контроля субъективного фактора, т. е. особенностей самих операторов в процессе проведения НК. В связи с этим для контроля крупногабаритных узлов типа цилиндров, конусов и др. проведена разработка автоматизированной установки типа УКК.

Главной разработчик — ОАО УкрНИИТМ, соисполнители — ООО «Аналоговые и цифровые проекты и услуги», ООО «Пульсар», ОАО «Констар».

Кроме того, следует отметить, что требования к НК как по п. 1, так и по п. 2 были сформулированы с участием представителей НПП «Ресурс» и Китая.

Ниже приведены результаты проведенных исследований указанных разработок.

Ультразвуковой дефектоскоп общего применения обеспечивает контроль дефектов в диапазоне частот 0.05:10.0 МГц, (частота пьезопреобразователя из ряда ГОСТ5 или DIN), реализует эхо-метод, тене-

вой и зеркально-теневой методы контроля и объемно-реверберационный метод. По техническим, эксплуатационным, массово-габаритным характеристикам он подобен передовым дефектоскопам ведущих фирм в мире (см. сравнительную таблицу).

Он, в частности, обеспечивает:

- полноэкранный и полиэкранный режимы изображения; вывод основных параметров настройки одновременно с изображением эхо-сигналов в полиэкранном изображении на ярком плоском матричном экране;

- изменение энергии зондирующего импульса;

- демпфирование пьезопреобразователя различными электрическими нагрузками;

- форма представления сигналов: двух— или однополупериодное детектирование на экране по положительной или отрицательной полуволне, а также ВУ-представление в виде недетектированного сигнала;

- два независимых строба для реализации четырех способов привязки к измеряемому сигналу;

- количество запоминаемых А-Скан изображения с памятью параметров настроек-400;

- количество запоминаемых значений глубиномера или толщиномера — 4000;

- интерфейс связи с принтером или компьютером — последовательный типа RS-232;

- дискретность показаний глубиномера (толщиномера) — 0.07 или 0.01 в зависимости от типа привязки к эхо-импульсу;

- дискретность задания или измерения скорости ультразвука — 0.1 м/с;

- возможность подстройки значения шага регулирования для каждого измеряемого параметра;

- размер рабочей части экрана 105×79 мм;

- масса дефектоскопа с аккумуляторной батареей на 8 часов работы — 2.5 кг;

- габаритные размеры электронного блока дефектоскопа без ручки для переноса 157×260×52 мм.

Для контроля дефектов типа неприклея или расслоения крупногабаритных цилиндрических изделий из стали толщиной до 3.5 мм и резинового внутреннего покрытия толщиной до 15 мм разработана установка УКК. Она реализует ультразвуко-

вой импульсный теневой метод контроля на основе излучающего катящегося пьезопреобразователя (ПЭП) с полиуретановым покрытием и приемного бесконтактного ПЭП на основе высокочувствительных пьезоматериалов. Пьезопреобразователи работают на частоте 400 кГц, что позволило при скорости сканирования до 200 мм/с обеспечить регистрацию дефектов с минимальными размерами 5×10 мм в продольном и поперечном направлении с расстоянием между искусственными дефектами 5 мм. Результаты контроля фиксируются при автоматизированном сканировании по винтовой линии при горизонтальном расположении детали в системе обработки информации (СОИ) на основе ПЭВМ с привязкой к координатам детали (минимальный шаг винтовой траектории сканирования — 1 мм). Управление сканером осуществляется системой управления (СУ) на основе программируемого контроллера, который связан с СОИ. В СОИ хранится банк данных по геометрическим особенностям (типоразмерам) изделий, из которого производится загрузка режимов сканирования в СУ, а также осуществляется управление ее от СОИ в процессе контроля.

В процессе выполнения операций по подготовке установки к контролю состояние всех систем СУ, состояние и положение всех узлов сканера и его датчиков отображаются на пульте управления СУ и мнемосхеме, отображаемой СОИ.

В начале контроля осуществляется сканирование изделия по одному сечению на протяжении нескольких витков. При этом СОИ осуществляет автоматическую адаптацию автоматического канала дефектоскопа под изделие и режимы работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и программы обработки сигнала.

В процессе контроля в реальном масштабе времени на экране монитора СОИ отображается дефектограмма изделия. После контроля можно дополнительно обработать полученное изображение с целью лучшей визуальной наглядности изображе-

ния и «отсева» ненужной информации по задаваемым критериям при обязательном сохранении исходной информации. При этом возможно точно определять границы дефектов, фиксировать их площадь для принятия решения по регистрации информации или повторного контроля фрагмента изделия с другими параметрами контроля.

Для настройки акустического тракта СОИ переводится в режим «ОСЦИЛЛОГРАФ» и при этом обеспечивает соответствующую работу канала автоматического дефектоскопа.

Информация в виде развернутой дефектограммы и протокола контроля фиксируется на бумажном носителе. В электронном диске информация записывается на CD-диск, так как ее объем может превышать 4 МБт.

Отработанные технические решения по созданию установки УКК могут применяться при создании установок контроля крупногабаритных изделий из полимерных композиционных материалов, труб и трубных заготовок из ПКМ как одно-, так и многослойных и другой номенклатуры изделий типа тел вращения.

В заключение авторы статьи выражают глубокую благодарность и признательность принимавшим участие в разработке и доработке исследованных средств А. В. Михуткину, В. Н. Грищенко, А. Ф. Шадову, В. М. Максименко, Д. А. Любимову.

ULTRASONIC MEANS OF NONDESTRUCTIVE TESTING OF DEFECTS IN ARTICLES FROM COMPOSITE MATERIALS

R. G. Tupytskyi, A. P. Gavrylenko,
V. A. Protopopov, Z. D. Chornyi

The results of experimental researches of the universal device and equipment of the nondestructive testing of units and details of articles for space-rocket engineering manufactured from composite materials are given.