

УДК 621.646:620.179.1

Потапов А. М., Романюк М. Ф., Тихий В. Г., Хомченко М. В.

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

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВОГО КОКОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Изложены результаты отработки и внедрения методов неразрушающего контроля качества углепластикового кокона – вихретокового метода измерения толщины манжеты и теплозащитного покрытия (ТЗП) днищ; ультразвукового теневого амплитудного метода определения сплошности ТЗП днищ; акустического (свободных колебаний) метода определения сплошности цилиндрической части кокона. Определены способы улучшения методов определения сплошности и характеристик, обнаруживаемых дефектов в плане определения глубины их залегания и величины раскрытия.

Ключевые слова: сплошность материала; расслоение; неприклеи; размеры дефектов; величина раскрытия дефектов; ультразвуковые колебания; ультразвуковой амплитудный теневой метод; метод свободных колебаний; вихретоковый метод анизотропия.

Введение

Углепластиковый кокон при эксплуатации работает в жестких температурных и прочностных условиях (при рабочем давлении более 100 ати). На способность изделия выдерживать давление влияет наличие либо отсутствие дефектов (нарушение сплошности материала), а именно: расслоение в намотанной углепластикой силовой оболочке и неприклеи силовой оболочки к внутреннему теплозащитному покрытию (ТЗП). Суммарная площадь дефектов влияет на способность кокона выдерживать прочностные нагрузки.

Постановка задачи

При применении методов неразрушающего контроля (НМК) при контроле сплошности

изделия из углепластиков необходимо учитывать следующие особенности изделий из мотанных полимерных композиционных материалов (ПКМ):

- наличие большого затухания ультразвуковых колебаний (УЗК) в материале углепластика (пропорционально пятой степени частоты);

- невозможность применения контактной жидкости (машинное масло или вода) для ввода УЗК в материал;

- анизотропия свойств углепластика от точки к точке (скорость продольных УЗК отличается от точки к точке на величину до 80%).

Наличие вышеуказанных особенностей приводит к невозможности применения эхо-импульсного метода контроля (широко распространенного для контроля металлов). Большое затухание приводит к применению ультразвуковых (УЗ) дат-

чиков с пониженными частотами — 200 кГц (лучше 100 кГц или 50 кГц), что приводит к увеличению размера минимально выявляемого дефекта (обычно для углепластиковых конструкций таких размеров — 30 × 30 мм.)

Невозможность применения контактных жидкостей при вводе в углепластик УЗК приводит к необходимости применения ультразвуковых датчиков с полиэфируретановыми протекторами или использованием специальных воздушных УЗ преобразователей и приборов с повышенной амплитудой зондирующего импульса.

Объектом контроля являлся кокон длиной около 3000 мм, диаметром около 1000 мм, с величинами отверстий в переднем и заднем днищах порядка 200 мм и 300 мм соответственно (рис. 1).

Кокон изготовливался по следующей технологии:

- на разборную металлическую оправку выкладывалось резиновое ТЗП с размерами по цилиндру от 3 мм до 14 мм;

- далее проводилась намотка углепластиковыми лентами цилиндрической части и днищ кольцевыми и спиральными слоями. Толщина углепластиковой оболочки составляла 7–8 мм.

Для отработки методик контроля сплошности были изготовлены плоские настроечные образцы размерами 250 × 250 мм с заложенными имитаторами дефектов размерами 30 × 30 × 0,1 мм в силовой оболочке (на глубинах 2, 4, 6 мм) и не приклеены между силовой оболочкой и резиной.

Для проверки отработанной методики контроля был изготовлен технологический узел с

заложенными имитаторами дефектов тех же размеров и на тех же глубинах, что и в настроечных образцах.

Результаты

Для обеспечения качества изготовления кокона были применены следующие методы неразрушающего контроля: вихретоковый для измерения толщины манжеты и ТЗП днищ; ультразвукового теневое амплитудного метода определения сплошности ТЗП днищ; акустического (свободных колебаний) метода определения сплошности цилиндрической части кокона и материала днищ.

Для измерения толщины использовался вихретоковый толщиномер ВТ-12Н-5, который позволяет измерять толщину материала в диапазоне 0–10 мм с погрешностью не хуже ±0,5 мм. Для контроля необходимо применение закладных элементов. В качестве закладных элементов использовались гибкие металлические пластины из Стали 10 толщиной 1 мм.

Для контроля сплошности материала ТЗП днищ использовался ультразвуковой дефектоскоп УД22-УМ с датчиками с полиэфируретановым протектором на частоте 200 кГц при двустороннем доступе к ТЗП.

Для контроля сплошности материала силовой оболочки цилиндрической части и днищ, качество его приклея к ТЗП использовался акустический дефектоскоп АД-60С с датчиком ПДУ-2 (метод свободных колебаний). Настройка прибора осуществлялась на настроечном образце с

заложенным имитаторами дефектов. Особенность метода свободных колебаний — зоной контроля является объем материала до глубины 0,6 суммарной толщины узла.

Поскольку с внутренней стороны контроль невозможен, зона части силовой оболочки, приклея силовой оболочки к ТЗП и ТЗП являются неконтролируемыми зонами. Результаты исследований показали, что были выявлены дефекты на глубинах 2 мм и 5 мм с наружной стороны. Остальные дефекты в связи с особенностью метода не были выявлены.

Выводы

1. Отработана и выпущена методика вихретокового контроля толщины манжеты и ТЗП

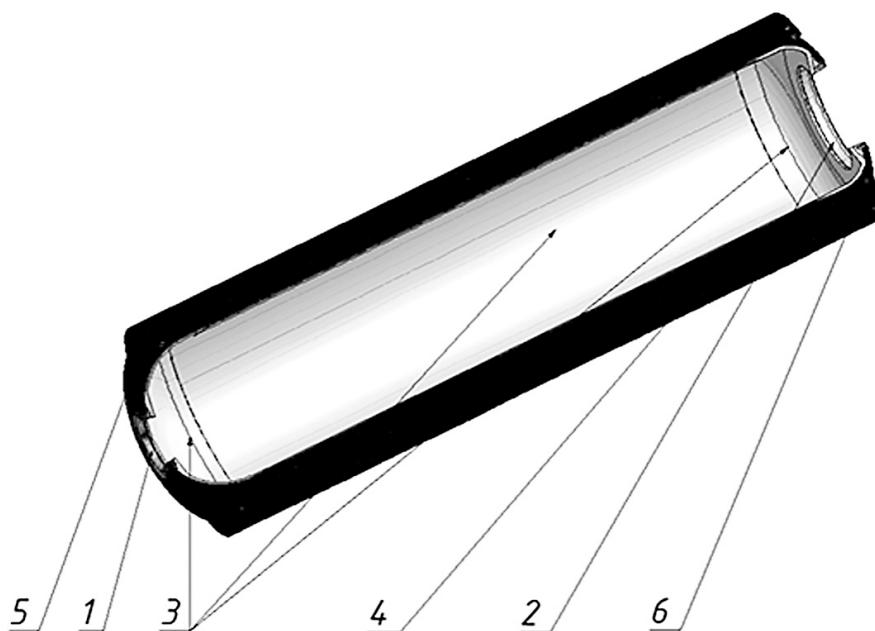


Рис. 1. Общий вид кокона

(1 — фланец передний; 2 — фланец задний; 3 — внутреннее теплозащитное покрытие; 4 — силовая оболочка; 5 — передний узел стыка; 6 — задний узел стыка)

днищ кокона, позволяющая измерять толщину в диапазоне 0–10 мм с погрешностью не хуже $\pm 0,5$ мм.

2. Отработана и выпущена методика ультразвукового контроля сплошности материала ТЗП днищ, позволяющую выявлять дефекты размерами 30×30 мм и более, с раскрытием 0,1 мм и более.

3. Отработана и выпущена методика акустического контроля сплошности материала силовой оболочки кокона, позволяющую выявлять дефекты размерами 30 × 30 мм и более, с раскрытием 0,1 мм и более.

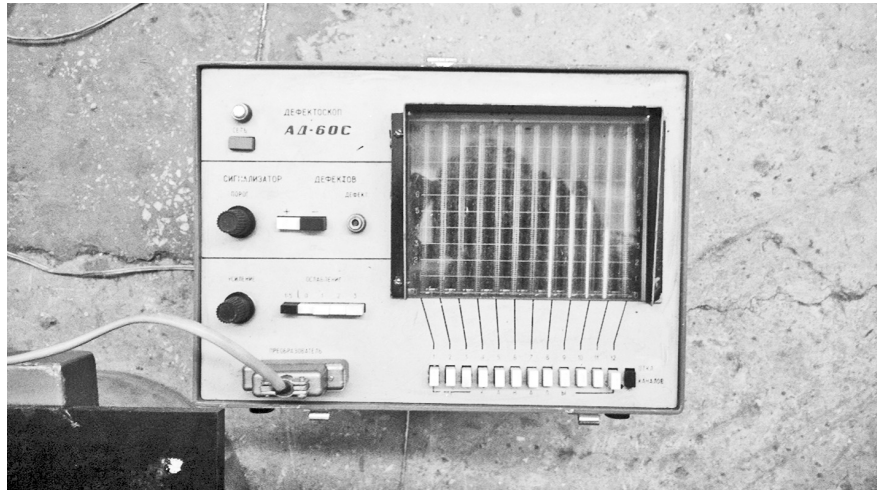


Рис. 2. Акустический дефектоскоп АД-60С

Литература

[1] Ланге Ю.В. Акустический контроль многослойных конструкций и изделий из полимерных композиционных материалов / Ю.В. Ланге, И.Н. Ермолов // РОНКТД. – 1998. – С. 139.

[2] Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; Под ред. В.В. Клюева // Машиностроение. – 1995. – С. 448.

Potapov A. M., Romanjuk M. F., Tyhyu V. G., Khomchenko M. V.

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

EXPERIENCE OF NONDESTRUCTIVE INSPECTION TO ENSURE QUALITY CARBON FIBER COCOONS PRODUCING HIGH PRESSURE

The results of processing and the introduction of non-destructive methods of quality carbon-fiber cocoon – eddy current method for measuring the thickness of the sleeve, and a thermal barrier coating (HRC) ends; shadow amplitude of the ultrasonic method for determining the continuity of the HRC bottoms; Acoustic (free oscillations) the method for determining the continuity of the cylindrical portion of the cocoon. Ways of improving the methods for determining the characteristics and continuity of detected defects in terms of determining the depth of their occurrence and the magnitude of the disclosure.

Keywords: continuity of the material; bundle; size defects; the value of disclosing defects; ultrasonic vibrations; ultrasonic amplitude shadow method; method of free oscillations; anisotropy of eddy current technique.

References

- [1] Lange Y.V. Acoustic control of multilayer structures and products from polymeric composite materials / J.V. Lange, I.N. Yermolov // RSNTTD. – 1998. – P. 139.
- [2] Klyuyev V.V. Nondestructive testing and diagnostics / V.V. Klyuyev, E.R. Sosnin, V.N. Owls, etc.; Ed. V.V. Klyuyev // Engineering. – 1995. – P. 448.