

Список информационных источников

1. Способ управления траекторией бурения второй скважины с ее прохождением вблизи первой скважины : пат. 251930 Рос. Федерация: МПК E21B47/0228 E21B47/13 E21B7/04 / Уотерс Роберт Л, Мидор Эдвин; Заявитель и патентообладатель Дженерал Электрик Компани. - №2010100112/03; заявл. 11.01.2010; опубл. 20.05.2014

2. Определение расстояния магнитными средствами при бурении параллельных скважин : пат. 2436924 Рос. Федерация: МПК E21B7/04 E21B47/022 G01V3/00 / Кларк Брайан; заявитель и патентообладатель шлюмбергер технолоджи Б.В. - №2007131192/03; заявл. 15.08.2007; опубл. 20.12.2011

РАЗРАБОТКА ТОМОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ УУКМ

Иженбин И.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Капранов Б.И., д.т.н., ведущий эксперт
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Детали из композиционных материалов (КМ) применяются во многих ответственных конструкциях аэрокосмической техники. Необходим качественный и быстрый неразрушающий метод контроля таких деталей на наличие дефектов.

Существующий метод рентгеновской компьютерной томографии (КТ) применяется для изучения внутренней структуры исследуемого объекта во многих отраслях, например, таких как медицины и промышленная дефектоскопия.

Исследуемые образцы углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ), волокна и матрицы, которого созданы из одной и той же фазы, обладают рядом уникальных свойств [1]: довольно низкой плотностью, стойкостью к окислению (для обеспечения этого свойства используются защитные покрытия), высокой прочностью (которая способна сохраняться при температурах до 3000 °С), низкой теплопроводностью и теплоемкостью.

Требуемые свойства композиционных материалов достигаются только в случае реализации оптимальной структуры и соотношения матрицы и наполнителя. Возникновение дефектов в микроструктуре УУКМ возможно на всех этапах изготовления образца. Для изучения

структуры и возможных дефектов и для получения объемной 3D – модели следует воспользоваться методом рентгеновской компьютерной томографии.

Образцы, представленные для исследования, состоят из углерод-углеродного композиционного материала и имеют сложную внутреннюю структуру. Основные ее элементы: армирующий каркас и матричный наполнитель. Для армирования в УУКМ используют углеродные волокна (УВ) на основе которых формируется пространственная структура конечного материала. Роль матрицы (матричного наполнителя) – передача усилий на волокна, изоляции волокон друг от друга и от внешней среды. Чаще всего используется пироуглерод, как матричный наполнитель. Для изготовления изделия из УУКМ обычно требуется от 6 до 9 месяцев, при этом стоимость материала для производства составляет несколько тысяч долларов за килограмм [1].

Таким образом, неразрушающий контроль изделий из УУКМ актуален, с учетом сложной внутренней структуры материала, из которого образцы изготавливаются и их высокой стоимостью.

Один из образцов контроля (образец №1) представляет собой усеченный конус с размерами: диаметр – 115, высота – 55.

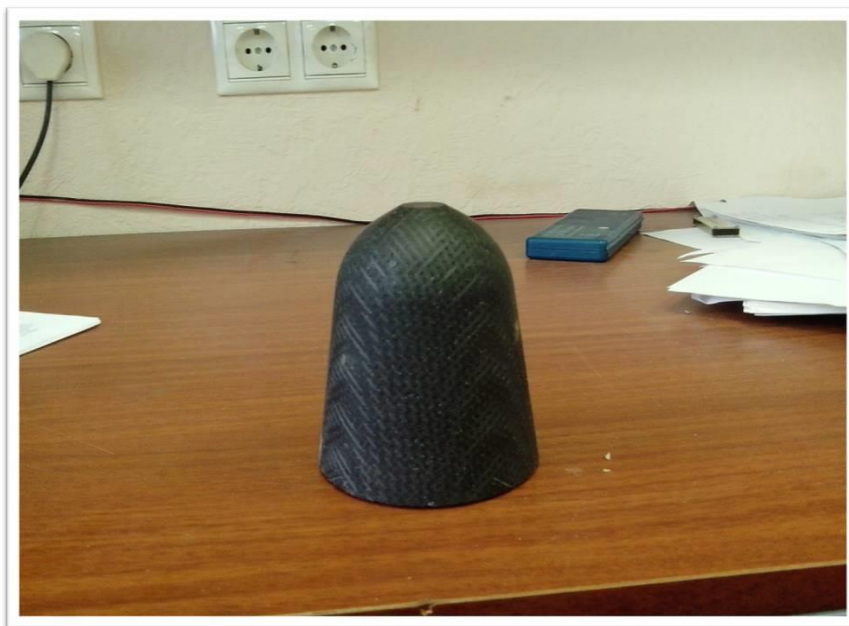


Рисунок 1. Образец контроля №1.

Требования к результатам эксперимента с образцом №1:

- Получить трехмерную модель с представлением результатов в виде срезов, проекций и видеофайлов для оценки внутренней структуры образцов;

- Должны быть хорошо различимы армирующие волокна (плотность $(\rho) - 1,75 \text{ г/см}^3$), кокс ($\rho - 1,55 \text{ г/см}^3$), пироуглерод ($\rho \sim 2,1 \text{ г/см}^3$), поры.

Для решения данных задач используется рентгеновский микротомограф “Орел-МТ” со следующими параметрами:

Для контроля распределения плотности необходимо разбить весь объем объекта контроля на некоторые элементарные объемы. Принимаем за элементарный (первичный) объем «столбик» с размерами: $V_i (r, \varphi) (0.2 \times 0.2 \times 8.0 \text{ мм}^3)$.

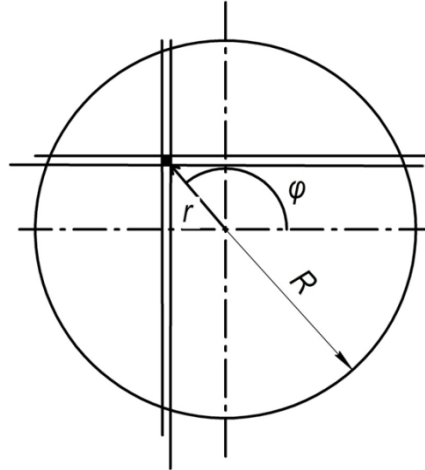


Рисунок 2 Координаты элементарного объема.

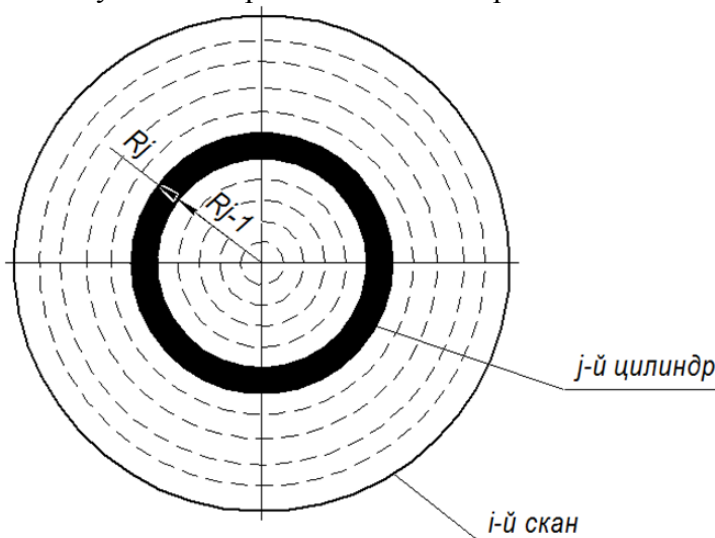


Рисунок 3. Осреднение в цилиндрическом объеме;

Далее, посчитать осреднение в цилиндрическом объеме:

$$\bar{\Psi}_{i,j}[\Psi(i, r, \varphi)] = \int_0^{2\pi} \int_{R_{j-1}}^{R_j} \Psi(i, r, \varphi) d\varphi dr \quad (1)$$

И далее, осреднение в угловых секторах:

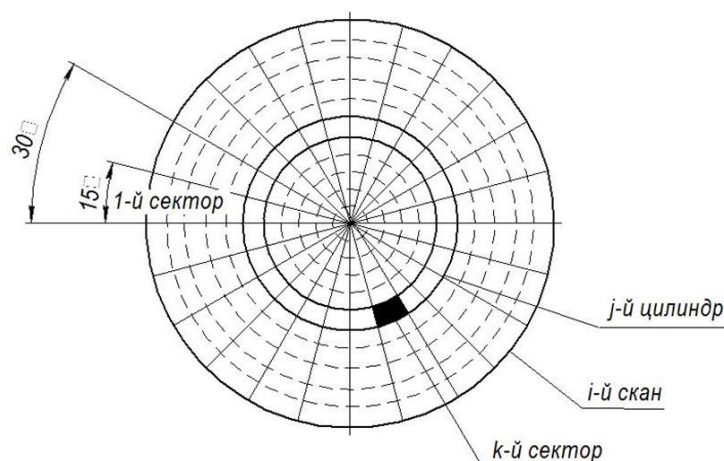


Рисунок 4. Осреднение в угловых секторах

Таблица 1 – Параметры микротомографа.

Основные технические характеристики:	
Простр. разрешение томограммы, мкм	до 5
толщина объекта, мм	0.5-150
масса объекта, кг	20
габариты рабочей области, мм	1150x600x550
Рентгеновский аппарат	XWT 160-TC (X-RAY WorX)
Анодное напряжение, кВ	20 - 255
Анодный ток, мкА	0.05 - 1.0
Фокусное пятно, мкм	0.9
Детектор - панель	PaxScan-2520V (Varian)
размер детектора, мкм	127
рабочая область детектора, мм	193x242
размер матрицы, пиксель	1900x1516

Действуя таким образом, получаем массив данных с распределением плотности в элементарном объеме, среднее значение в цилиндрическом объеме, и в угловых секторах.

Список информационных источников

1. Докучаев А.Г., Бушуев В.М. Выбор технологических параметров процесса уплотнения пироуглеродом вакуумным изотермическим методом карбонизованного углепластика при разработке углеродной основы под силицирование // Перспективные материалы. – 2010. – № 9а. – С. 58–64.