

# Автоматизированная система дефектоскопии ферромагнитных изделий

Орлов Андрей Андреевич  
e-mail: orlwork@inbox.ru

УДК 537.633.2+620.192

## Автоматизированная система дефектоскопии ферромагнитных изделий

Орлов А.А.

ФГБОУ ВПО «Волгоградский Государственный Университет»

Необходимость строительства и эксплуатации сооружений и машин повышенной надежности (авиация, системы высокого давления, тяжелое машиностроение) ставит задачу поднятия неразрушающей дефектоскопии на новый уровень. Требуется находить не только поверхностные, но и внутренние дефекты деталей. Большая часть используемых в настоящее время материалов (стали различных марок) обладает ярко выраженными магнитными свойствами (ферромагнетизм), искажая магнитное поле вокруг себя. Наличие неоднородностей и дефектов приводит к изменению топологии поля. Анализ распределения поля рассеяния вблизи поверхности позволяет, зная распределения магнитного поля для возможных типов дефектов, оценивать геометрию дефекта.

Применение деталей малого размера, использующихся в ответственных частях механизма, требует определение дефектов размерами на несколько порядков меньше характерного размера детали. К примеру, для стальных тросов диаметром порядка 10 мм требуется находить дефекты размером хотя бы 100 мкм. Для поиска подобных дефектов следует получать топологию магнитного поля с разрешением не хуже размеров дефекта, т.е. порядка 100 мкм и лучше.

В прошлом получение картины поля с такой точностью было невозможно. В настоящее время в связи с появлением пленочной технологии изготовления датчиков Холла, появилась возможность измерять топологию поля с разрешением до 10 мкм (размер активной зоны современных датчиков может достигать 6 x 6 мкм) [1]. Поэтому можно измерить топологию магнитного поля достаточно точно, чтобы определить характерные параметры дефектов.

Цифровой Холловский Магнитометр (далее ЦХМ), разработанный на кафедре Радиофизики ВолГУ [2, 3] является наиболее подходящим инструментом для исследования распределений магнитного поля. Он измеряет индукцию магнитного поля в пределах от  $10^{-8}$  –  $10^{-3}$  Тл, что позволяет производить магнитную дефектоскопию без намагничивания детали в магнитном поле Земли.

В рамках работы по Государственному контракту № 14.740.11.0830 от «1» декабря 2010 г. ведется разработка автоматизированной системы дефектоскопии ферромагнитных материалов. Разработанное устройство включает в себя аналоговую часть ЦХМ; цифровой блок управления на микроконтроллере фирмы Atmel Atmega16; систему связи с персональным компьютером (далее ПК) через USB – порт. Кроме того, для цифрового блока предусмотрено подключение системы управления и контроля перемещения. Синхронизацию работы системы контроля перемещения и

измерения магнитного поля осуществляет интерфейсная программа на ПК. Программа написана в среде разработки Microsoft Visual Studio 2008. Она позволяет, как строить график магнитного поля в режиме реального времени, так и записывать данные на жесткий диск компьютера для дальнейшей обработки.

Определение формы дефекта является математически некорректной обратной задачей магнитостатики, которая в общем случае не имеет единственного решения. Однако в узком классе задач, таких как решение обратной задачи индуцированного магнитного поля и задачи намагниченного тела такое решение может быть получено различными методами теории распознавания образов [4]. Для эффективной работы нейронных сетей, лежащих в основе системы распознавания образов необходимо накопление библиотек распределения поля. В качестве таких библиотек могут быть использованы как результаты численного моделирования полей рассеяния дефектов, так и физические модели поля.

Математические модели дефектов, как магнитных диполей разрабатывались Янусом Р. И [5]. Поля рассеяния, создаваемые дефектами в магнитных материалах, могут быть представлены в виде суперпозиции полей магнитных диполей. Наиболее просто физически воспроизвести магнитные диполи при помощи ленточных токовых диполей. Поле ленточного токового диполя представляет собой магнитное поле, создаваемое системой двух противоположно направленных токов. Таким образом, распределения магнитного поля ленточных диполей могут быть использованы в качестве кластеров системы распознавания образов.

Измерение распределения магнитного поля с высоким разрешением так же позволяет использовать различные математические методы определения расположения и геометрии дефектов: метод магнитной пеленгации, томографический метод, метод самосогласованного решения обратной задачи магнитостатики [4].

В ходе работы было показано, что созданная система дефектоскопии достоверно фиксирует наличие дефектов в ферромагнитных материалах. Это делает устройство привлекательным для внедрения в те производства, где основным материалом являются стали или другие ферромагнитные материалы.

#### Литература

1. Кучис Е.В. Гальваномагнитные эффекты и методы их исследования. М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.
2. Голубев А.А., Игнатъев В.К., Никитин А.В. Прецизионный магнитометр. // Приборы и техника эксперимента. – 2008. – № 5. С. 123 – 128.
3. Перченко С.В. Станкевич Д.А. Прецизионный широкодиапазонный холловский магнитометр. // XIII Региональная конференция молодых исследователей волгоградской области: Тезисы докладов. Под ред. В.И. Лысака. Волгоград: 2010. – 304 с.
4. Игнатъев В.К. Отчет о выполнении НИОКР «Разработка автоматизированного комплекса магнитометрической дефектоскопии на основе метода тензорной магнитной микротопологии» по Государственному контракту № 14.740.11.0830. Рег. № 01201150201. Инв. № 02201157227. – 2011. – 188 с.
5. Янус Р.И. Магнитная дефектоскопия. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы – 1946. – 171с.