

Литература

1. Астахов, В. И. К вопросу о диагностике пластины с трещиной вихретоковым методом / В. И. Астахов, Э. М. Данилина, Ю. К. Ершов // Дефектоскопия. – 2018. – № 3. – С. 39–49.
2. Лухвич, А. А. Толщинометрия покрытий на деталях сложной геометрии / А. А. Лухвич, А. Л. Лукьянов, Я. И. Шукевич, А. К. Шукевич, М. Н. Полякова, В. В. Мосякин // Дефектоскопия. – 2013. – № 7. – С. 13.
3. Павлюченко, В. В. Неразрушающий контроль объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. – 2010. – № 11. – С. 29–40.
4. Pavlyuchenko, V. V. Calculating Distributions of Pulsed Magnetic Fields under Hysteretic Interference / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich and V. L. Pivovarov // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2018. – Vol. 54, No. 2. – P. 121–127.
5. Павлюченко В. В. Гистерезисная интерференция магнитного поля перемещаемого линейного индуктора / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. 2020. – №1. – С. 51–60.

УДК 620.130-179

Контроль электропроводящих объектов с использованием гистерезисных свойств преобразователей магнитного поля

Дорошевич Е. С., Павлюченко В. В.
Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены оптические изображения распределений магнитных полей по координате, соответствующие параметрам суммарного магнитного поля вблизи поверхности объекта и характеризующие электрические свойства материала объекта и дефекта сплошности в нем. При этом задавали оптимальные последовательности изменения амплитуды напряженности магнитного поля для построения дискретных оптических изображений.

Контроль свойств объектов может быть осуществлен вихретоковым [1] и другими методами. Определение удельной электропроводности объектов, а также их толщины и параметров дефектов в них осуществлено в работах авторов в импульсных магнитных полях с применением разработанных гистерезисных методов контроля [2-5]. Целью работы является повышение точности контроля свойств электропроводящих объектов в импульсном магнитном поле путем штрих-кодовых форм записи, считывания и расшифровки информации об изделиях. Для этого используют магнитный носитель (МН)

с прямоугольной петлей гистерезиса. Определяют количество последовательных разнополярных импульсов магнитного поля, их амплитуды и длительности.

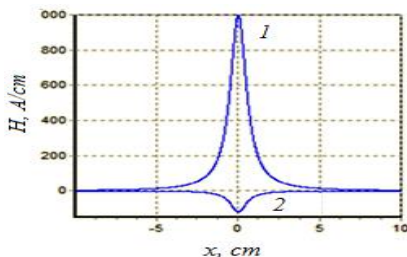


Рис. 1. Зависимость напряженности магнитного поля $H_t(x)$

Воздействуют на МН с контролируемым объектом указанными импульсами, после чего сканируют магнитный носитель индукционной магнитной головкой (МГ), получают осциллограммы $U(t)$ электрического напряжения МГ, которые преобразуют в распределения $U(x)$, где x —пространственная координата, а затем в штрих-кодовые изображения и сравнивают с эталонными изображениями объектов. Рассчитывают величину тангенциальной составляющей напряженности H_t магнитного поля по линии замера, перпендикулярной оси линейного индуктора, в направлении x от проекции его оси по формуле:

$$H_t = A / (x^2 + C^2), \quad (1)$$

где A — постоянная; C — расстояние от оси индуктора до МН. Здесь x измеряется в см, а H_t — в А/см. На рис. 1 показаны зависимости величины $H_t(x)$ до проекции оси линейного излучателя для импульса в прямом направлении магнитного поля 1 и в обратном 2.

Пусть величина U , для положительных прямоугольных участков $U = U(x)$ равна $U = 30$ мВ, отрицательных $U = -30$ мВ, а изменение амплитуды напряженности импульсов магнитного поля осуществляется в соответствии с последовательностью 1024, ...32, 16, 8 А/см при расстоянии от оси излучателя до МН 0,6 см. Если число импульсов равно 9, то амплитуда импульсов электрического напряжения u_i будет изменяться следующим образом: $u_1 = 30$, $u_2 = u_1 - 2 \cdot 30$, $u_3 = u_2 + 2 \cdot 30$, $u_9 = u_8 + 2 \cdot 30$. На рис. 2 изображена зависимость U , снимаемого с МГ, сканирующей МН от расстояния x до проекции оси линейного излучателя при указанном ограничении сигнала.

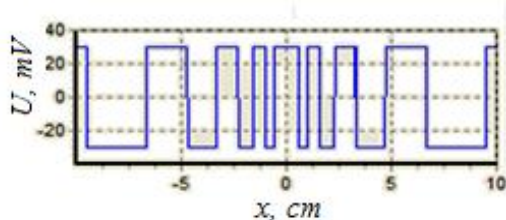


Рис. 2. Зависимость напряжения $U(x)$

Это распределение характеризуется координатами начала x_i и конца x_j каждого прямоугольного участка, его длиной a_i и расстоянием между соседними участками b_i . По указанным параметрам можно измерять напряженность магнитного поля и находить ее распределения по координате x . Оптические изображения полей формируют путем яркостного и цветового выделения прямоугольных участков, как это показано на рис. 3, ставя им в соответствие оттенки уровня цветности, которые позволяют оперативно обрабатывать информацию в автоматическом режиме путем сравнения с эталонными изображениями с проведением операций вычисления и формирования разностных оптических изображений.

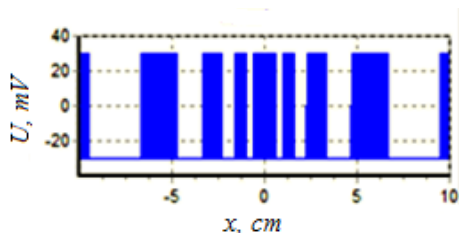


Рис. 3. Оптическое изображение распределения U

Теперь воздействуем на МН с объектом поочередно импульсами магнитного поля в прямом направлении 1, 3, 5, 7, 9 и в обратном 2,4, 6, 8, (рис. 4) и получаем распределение $U_1 = U_1(x)$ на рис. 5.

Если на локальных участках $0,6 \text{ см} < x < 0,7 \text{ см}$ и $-0,7 \text{ см} < x < -0,6 \text{ см}$ имеются локальные неоднородности объекта, то получают распределение $U_2 = U_2(x)$, отличающееся от указанного только залитыми полосами на этих участках (рис. 5). При этом может быть применен МН не только с прямоугольной петлей гистерезиса.

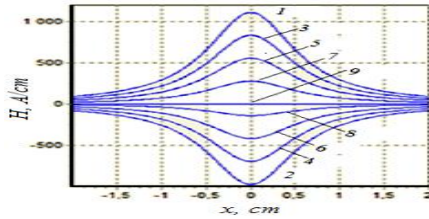


Рис. 4. Зависимость напряженности магнитного поля $H_A(x)$

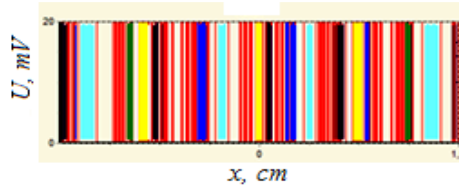


Рис. 5. Зависимость напряжения U

На рис. 6 показано штрих-кодовое распределение зависимости $U(x)$, полученное в результате наложения нескольких распределений импульсных магнитных полей.

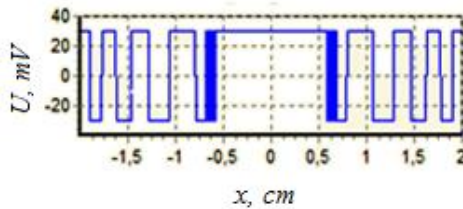


Рис. 6. Штрих-кодовое оптическое распределение U

Разработанные авторами полные штрих-кодовые распределения $U(x)$, соответствующие распределениям магнитных полей, имеют более сложную структуру и несут в себе массу дополнительной полезной информации. Параметры штрих-кодовых линий (ширина и координаты) характеризуют изменение величины напряженности магнитного поля и, следовательно, параметры неоднородностей объекта.

Полученные распределения могут быть считаны и проанализированы путем использования разработанных методов автоматической обработки штрих-кодовых оптических распределений.

Метод может быть использован при контроле трубопроводов, строительных и других конструкций из ферромагнитных, парамагнитных и диамагнитных металлов.

Литература

1. Атавин, В. Г. Отстройка от электропроводности основания при изменении толщины токопроводящих покрытий методом вихревых токов / В. Г. Атавин, А. А. Узких, Р. Р. Исхужин // Дефектоскопия. – 2018. – № 1. – С. 58–64.
2. Павлюченко, В. В. Неразрушающий контроль объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. – 2010. – № 11. – С. 29–40.
3. Pavlyuchenko, V. V., Calculation of residual magnetic-field distributions upon hysteretic interference of a pulsed magnetic field / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich, and V. L. Pivovarov // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2015. – Vol. 51, No. 1. – P. 8–16.
4. Павлюченко, В. В. Гистерезисная интерференция перекрывающихся во времени импульсов магнитного поля / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. – 2019. – № 12. – С. 56–63.
5. Pavlyuchenko, V. V. Testing for Discontinuities in Metals Using Film Flux Detectors / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2019. – Vol. 55, No. 1. – P. 48–58.

УДК 512.64

Использование блочно-модульной системы в преподавании основ физической теории

Бибик А. И., Журавкевич Е. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Работа посвящена использованию блочно-модульной образовательной системы как основы повышения эффективности высшего профессионального образования. Рассмотрены вопросы адаптации данной методики к преподаванию курса физики для инженерно-технических специальностей на примере раздела "Механика".

В современных условиях непрерывного возрастания конкуренции между мировыми экономическими системами как никогда ощущается необходимость в высококвалифицированных кадрах. Источником таких кадров в первую очередь являются высшие учебные заведения. Современный