

В результате работы были обнаружены условия, при которых наблюдается эффект слабой локализации, найдены соотношения между параметрами для наблюдения антилокализации при разной температуре.

Литература

1. Rosenbaum, R. Superconducting fluctuations and magnetoconductance measurements of thin films in parallel magnetic fields/ R. Rosenbaum // Physical Review B. – 1985. – Vol. 32, № 4. – P. 2190–2199. DOI: 10.1103/physrevb.32.2190.

2. Hikami, S. Spin-Orbit Interaction and Magnetoresistance in the Two Dimensional Random System / S. Hikami, A. I. Larkin, Y. Nagaoka // Prog. Theor. Phys. – 1980. – Vol. 63, № 2. – P. 707–710.

3. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах / В. Ф. Гантмахер. – М.: Физматлит, 2013. – 288 С.

УДК 620.130

Контроль объектов в импульсных магнитных полях

Павлюченко В. В., Дорошевич Е. С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Представлены распределения суммарных магнитных полей на поверхности объектов, содержащих внутренние дефекты сплошности. Расчеты проведены для объектов, магнитные свойства которых описаны найденными авторами арктангенсными характеристиками. Полученные распределения используются для построения картин гистерезисной интерференции, позволяющих повысить точность контроля свойств объектов.

Контролю качества объектов с использованием магнитных и электромагнитных методов посвящено большое количество экспериментальных и теоретических работ. Особо следует отметить такой тип контроля, как вихревой контроль [1–2].

Несмотря на значительные успехи указанных методов, они обладают рядом серьезных недостатков. Так, использование точечных датчиков не позволяет получать мгновенные распределения магнитных полей одновременно на больших площадях поверхности объекта, а применение макроскопических датчиков значительных размеров ухудшает пространственное разрешение поступающей информации.

Устранить указанные недостатки позволяют разрабатываемые авторами методы гистерезисной интерференции (HI) [3–7], позволяющие записывать

мгновенные распределения магнитных полей, а при использовании пленочных визуализаторов производить контроль свойств объектов на больших площадях с высоким разрешением в режиме, близком к режиму реального времени.

Таким образом, целью настоящей работы является повышение качества контроля объектов. Поставленная цель достигается путем разработки методов *НИ* для контроля дефектов сплошности объектов.

Теоретическим расчетам полей дефектов в объектах из ферромагнитных материалов и экспериментальным исследованием этих полей посвящены многие работы [8–11]. Отметим, что контроль дефектов с помощью магнитной ленты [8–9] не позволяет получать мгновенные распределения полей дефектов.

Авторы разрабатывают методы *НИ*, в которых могут быть использованы любые теоретические и экспериментальные модели полей дефектов.

Пусть моделью поля дефекта является поле линейного индуктора, соответствующее полю протяженного дефекта, залегающего на заданной глубине. Напряженность суммарного магнитного поля на поверхности объекта состоит из напряженности приложенного поля и поля дефекта. Естественно положить, что напряженность поля дефекта пропорциональна намагниченности материала объекта. Согласно нашим исследованиям [3] зависимость величины сигнала U_1 на выходе магнитной головки (МГ), сканирующей магнитный носитель (МН) от напряженности приложенного магнитного поля для начальной ветви намагничивания используемого МН описывается формулой:

$$U_1 = 23,5 + 24,3 \arctg(0,011H_1 - 1,45), \quad (1)$$

где H_1 – напряженность магнитного поля первого импульса.

Пусть начальная ветвь остаточного намагничивания используемого материала описывается (1). Полагая, что величина U_1 прямо пропорциональна величине остаточной намагниченности материала объекта, получаем величину суммарной напряженности поля первого воздействующего на объект импульса:

$$H_{11} = H_1 + k_1 \cdot U_1 / (x^2 + b^2),$$

где x – расстояние до проекции оси дефекта на поверхности объекта; b – расстояние от источника поля до поверхности объекта; k_1 – постоянный коэффициент.

Находим зависимость величины сигнала U_2 от напряженности магнитного поля второго импульса H_2 для нисходящей гистерезисной ветви [3] материала объекта:

$$U_2 = -23,5 + 0,61 U_{11} + (24,5 + 0,40 U_1) \arctg((0,011 + 0,000087 U_1) \times H_2 + 1,45 - 0,0016 U_1). \quad (2)$$

Тогда суммарная напряженность магнитного поля второго импульса равна

$$H_{22} = H_2 + k_2 \cdot U_2 / (x^2 + b^2),$$

где k_2 – постоянный коэффициент.

Аналогичным образом находим суммарную напряженность приложенного поля и поля дефекта на поверхности объекта в результате действия третьего импульса магнитного поля.

При этом движение осуществляют по восходящей гистерезисной ветви характеристики материала объекта.

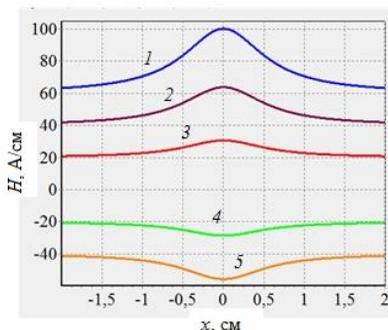


Рис. 1. Суммарное поле на поверхности объекта для напряженности поля:
 1 – 60 А/см; 2 – 40 А/см; 3 – 20 А/см;
 4 – –20 А/см; 5 – –40 А/см;
 один импульс

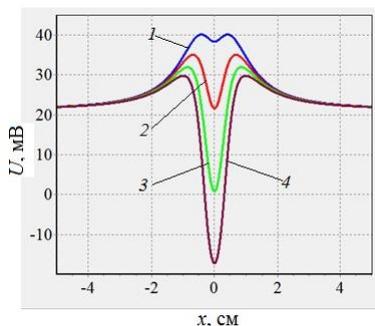


Рис. 2. Расчетные зависимости $U(x)$:
 1 – 4 для коэффициента k_2 :
 1 – 0,2; 2 – 0,4; 3 – 0,6; 4 – 0,8

Результаты расчетов магнитных полей для $b = 0,6$ см представлены на рис. 1–2. На рис. 1 показаны распределения суммарного магнитного

поля на поверхности объекта в результате воздействия на него одним импульсом магнитного поля с $k_1 = 2$ и напряженностью воздействующего поля H_1 : 1 (60 А/см), 2 (40 А/см), 3 (20 А/см), 4 (–20 А/см), 5 (–40 А/см).

На рис. 2 показаны зависимости $I-4$ сигнала $U(x)$, рассчитанные по (2), в которой значения H_2 заменены на значения H_{22} из (4) для коэффициента k_2 : 1 – 0,2; 2 – 0,4; 3 – 0,6; 4 – 0,8 при коэффициенте $k_1 = 4$ и величинах напряженности магнитного поля первого и второго импульсов $H_1 = 130$ А/см и $H_2 = -10$ А/см. Величина $U(x)$ пропорциональна остаточной намагниченности материала объекта. На основании графиков распределений на рис. 1–2 формируют оптические изображения гистерезисной интерференции, по которым определяют параметры дефектов сплошности в объекте. При этом находят оптимальные параметры первого и последующих импульсов магнитного поля, как для одинаковых, так и для разных величин коэффициентов k_1 и k_2 .

Полученные результаты позволяют повысить качество контроля объектов за счет использования гистерезисной интерференции полей дефектов при разных состояниях намагничивания объектов.

Литература

1. Печенков, А. Н. Вихревые токи и поля проводящих и намагничивающихся шаровых включений в немагнитную среду / А. Н. Печенков, В. Е. Щербинин // Дефектоскопия. – 2016. – № 4. – С. 48–55.
2. Астахов, В. И. К вопросу о диагностике пластины с трещиной вихревым методом / В. И. Астахов, Э. М. Данилина, Ю. К. Ершов // Дефектоскопия. – 2018. – № 3. – С. 39–49.
3. Pavlyuchenko, V. V. Hysteretic Interference of Time-Overlapping Magnetic Field Pulses / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2019. – Vol. 55, No. 12. – P. 949–956.
4. Pavlyuchenko V. V. Differential Background of Electric Signal Read from an Induction Magnetic Head / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2021. – Vol. 57, No. 8. – P. 706–716.
5. Pavlyuchenko, V. V. Pulsed Magnetic Field near Metal Surface / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2022. – Vol. 58, No. 11. – P. 983–991.
6. Pavlyuchenko, V. V. Testing for Discontinuities in Metals Using Film Flux / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2019. – Vol. 55, No. 1. – P. 48–58.
7. Pavlyuchenko, V. V. Nondestructive control of objects made of electroconductive materials in pulsed magnetic fields / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich, Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2010. – Vol. 46, No. 1. – P. 810–818.
8. Козлов, В. С. Техника магнитографической дефектоскопии / В. С. Козлов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1976. – 256 с.

9. Грузинцев, А. А. Самосогласованный расчет магнитного поля для задач магнитной дефектоскопии. I. Исходная модель для расчета поля магнитной ленты, намагниченной от проводника с током. / А. А. Грузинцев, С. П. Михайлов // Дефектоскопия. – 2011. – № 2. – С. 22–30.

10. Головин, Ю. И. Магнитное поле в трещине, обтекаемой током / Ю. И. Головин, В. М. Иванов, В. П. Иванов, В. М. Финкель // Дефектоскопия. – 1982. – № 3. – С. 43–45.

11. Михайлов, С. П. Физические основы магнитографической дефектоскопии / С. П. Михайлов, В. Е. Щербинин. – М.: Наука, 1992. – 238 с.

УДК 620.130

Расчеты распределений импульсных магнитных полей

Дорошевич Е. С., Павлюченко В. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены расчетные распределения величины электрического напряжения U на выходе магнитной головки (МГ), сканирующей магнитный носитель (МН), по координате x . На МН воздействовали импульсами магнитного поля линейного индуктора. Предложены расчеты с многократным использованием начальной и гистерезисных ветвей остаточного намагничивания МН при построении гистерезисной интерференции. Использование полученных результатов позволяет повысить качество контроля свойств материалов и объектов.

Для контроля свойств объектов из электропроводящих материалов используют вихретоковый метод [1–5], обладающий высокой чувствительностью и разрешающей способностью. Там описаны способы обработки сигналов, контроль внутренних диаметров труб, поля шаровых включений, способы контроля толщины покрытий и дефектов сплошности в объектах. Однако этот метод не позволяет производить контроль объектов на больших площадях одновременно и обладает рядом других недостатков. Отметим также фундаментальную работу по магнитографической дефектоскопии [6].

Использование полученной авторами гистерезисной интерференции (НИ) позволяет производить контроль объектов с записью мгновенных распределений магнитных полей на значительных площадях одновременно с высоким пространственным разрешением и тем самым повышать точность контроля толщины металлических объектов, их удельной электропроводности и дефектов сплошности в них [7–15].