

В.В. ПАВЛЮЧЕНКО, Е.С. ДОРОШЕВИЧ
УО «БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Как показали исследования авторов по взаимодействию импульсного магнитного поля с электропроводящими объектами [1-4], пространственно-временные распределения напряженности магнитного поля вблизи объекта из электропроводящего материала позволяют определять размеры объекта в плоскости, удельную электропроводность его материала σ , ее распределение в объекте, толщину и разнотолщинность объекта, а также параметры дефектов сплошности в нем. При этом измерения напряженности магнитного поля проводили с помощью магнитного носителя, магнитооптической пленки и преобразователей Холла.

Для обеспечения высокой надежности контроля свойств объекта выводили преобразователи магнитного поля на рабочие участки зависимости величины их выходных параметров от величины напряженности магнитного поля H : на линейные участки зависимости величины остаточной намагниченности магнитного носителя, величины смещения доменных границ магнитооптической пленки и величины выходного напряжения преобразователей Холла от H . Кроме того, надежность контроля повышали за счет управления параметрами воздействующих магнитных полей. Так, при контроле в моменты времени $t_{i \max}$, соответствующие максимумам напряженности первичного магнитного поля $H_1(x, y, t_{i \max})$, обеспечивали одну и ту же величину напряженности суммарного магнитного поля $H(x, y, t_{i \max})$ вблизи поверхности объекта из однородного материала для всех времен $t_{i \max}$ нарастания импульсов поля. Эту задачу решали путем нахождения функций $H_1(x, y, t_{i \max})$ первичного источника с учетом зависимостей напряженности магнитного поля вторичного источника $H_2(x, y, t_{i \max})$ от $t_{i \max}$, σ и толщины объекта d .

Исследования [1, 3] показали, что зависимость величины максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля индукционных токов H_{itsm} от толщины объекта d на его поверхности носит на начальном участке линейный характер

$$H_{itsm} = k \cdot d, \quad (1)$$

где k – коэффициент, зависящий от σ и $t_{i \max}$. Предельная толщина объекта $d_{\text{пред}}$, при которой выполняется соотношение (1) равна

$$d_{\text{пред}} = p \cdot t_{i \max}, \quad (2)$$

где p – коэффициент, зависящий от σ .

Величина максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности объекта $H_{i\tau m}$ при величине напряженности воздействующего магнитного поля $H_{i\tau om}$ равна:

$$H_{i\tau m} = H_{i\tau om} + H_{i\tau sm}. \quad (3)$$

Из (1) и (3) находили величину напряженности воздействующего поля, обеспечивающую одну и ту же величину $H_{i\tau m} = const$ на поверхности объекта при $d \leq d_{пред}$:

$$H_{i\tau om} = H_{i\tau m} - k \cdot d. \quad (4)$$

При $d > d_{пред}$ зависимость величины $H_{i\tau sm}$ от d носит экспоненциальный характер и описывается найденной эмпирической формулой:

$$H_{i\tau sm} = k_{is} \cdot H_{i\tau om} (1 - e^{-bd}), \quad (5)$$

где b – коэффициент, зависящий от σ и $t_{i\ max}$, k_{is} – коэффициент, равный отношению величин максимальных тангенциальных составляющих магнитного поля индукционных токов $H_{i\tau sm}$ и воздействующего поля $H_{i\tau om}$ при толщине объекта d , стремящейся к бесконечности:

$$k_{is} = \frac{H_{i\tau smd \rightarrow \infty}}{H_{i\tau om}}. \quad (6)$$

Используя (5) и (3), находили напряженность воздействующего поля, обеспечивающего одинаковую $H_{i\tau m} = const$ на поверхности объекта из однородного материала при разных временах нарастания воздействующего поля $t_{i\ max}$:

$$H_{i\tau om} = H_{i\tau m} [1 + k_{is} (1 - e^{-bd})]^{-1}. \quad (7)$$

Условия применения формул (4) и (7) в исследованном диапазоне магнитных полей соответствует величинам полей:

$$H_{i\tau sm} \leq \frac{k_{is} \cdot H_{i\tau om}}{e}, \quad (8)$$

$$H_{i\tau sm} > \frac{k_{is} \cdot H_{i\tau om}}{e}. \quad (9)$$

Управление импульсными магнитными полями осуществлено в способе магнитооптического контроля магнитного электропроводящего материала [5]. На материал с приложенной к нему магнитооптической пленкой воздействовали импульсами магнитного поля с разными временами нарастания $t_{i\ max}$ и по изображениям доменной структуры пленки, соответствующим распространению магнитного поля на разные глубины в материал, находили распределение удельной электропроводности σ и параметры дефектов сплошности по слоям материала. Для обеспечения надежности контроля выводили доменную структуру магнитооптической пленки в моменты контроля в одно и то же состояние в рабочем диапазоне полей. Зна-

чит, в моменты времени $t = t_{i \max}$ для каждого импульса величина максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля вблизи поверхности однородного материала H_{itm} была одной и той же $H_{itm} = \text{const}$.

Таким образом, воздействуя на материал одиночными импульсами магнитного поля в полволны с разными временами нарастания импульсов $t_{i \max}$ и величинами полей H_{itm} , определяемыми из (4) и (7), находили соответствующие им изображения доменной структуры магнитооптической пленки в моменты времени $t_{i \max}$, накладывали изображения друг на друга и находили распределение удельной электропроводности σ материала и его дефектов по глубине. Для однородного материала изображение доменной структуры магнитооптической пленки для всех импульсов было одинаковым. Если же в материале имелись дефекты сплошности или участки с отличной величиной удельной электропроводности, то и величина поля H_{itm} над ними была другой, а, значит, и доменная структура имела другое распределение. Глубину залегания этих неоднородностей материала находили по времени $t_{i \max}$ импульса, при воздействии которым начинали проявляться неоднородности доменной структуры магнитооптической пленки. Наиболее точные результаты применения указанного способа были получены при использовании в качестве датчика преобразователя магнитного носителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Павлюченко, В. В.** Взаимодействие импульсных электромагнитных полей с поверхностями металлических образцов / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Вестник БНТУ. – 2006. – № 4. – С. 89–95.
2. **Павлюченко, В. В.** Зависимость величины максимальной напряженности импульсного магнитного поля на поверхности металлического образца от его толщины / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Материалы IV международной науч.-техн. конф. БНТУ. – Минск, 2006. – Т.2. – С. 346–349.
3. **Павлюченко, В. В.** Законы распределения напряженности импульсного магнитного поля вблизи электропроводящих материалов / В. В. Павлюченко // Вестник БНТУ. – 2007. – № 3. – С. 66–71.
4. **Павлюченко, В. В.** Зависимость результатов пространственно-временных измерений напряженности импульсов магнитного поля от геометрических размеров металлических образцов, их электропроводности и параметров импульсов поля / В. В. Павлюченко // Материалы II международной науч.-техн. конф. БНТУ. – Минск, 2004. – Т.2. – С. 338–340.
5. **Пат. 10440 Респ. Беларусь, МПК C2 ВУ, G 01 N 27/00.** Способ магнитооптического контроля магнитного электропроводящего материала / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич; заявитель БНТУ – № а 20060200; заявл. 09.03.06; опубл. 30.04.08 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 2. – С. 97.