

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
ПРИ МАГНИТОГРАФИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Скрябина Г.И., Сеница М.А., Сеница А.Н.

Могилевский машиностроительный институт

В настоящее время одной из актуальных проблем неразрушающего контроля (НК) является решение задач дефектометрии, т.е. определение параметров дефекта по характеристикам его магнитного поля. Решение

задач дефектометрии позволит подойти к оценке главного параметра контроля - степени опасности дефекта, что даст возможность принять своевременное решение о его устранении.

Широко применяющийся магнитографический метод контроля для изделий из ферромагнитных материалов по полученным в процессе контроля информативным параметрам не позволяет дать однозначную оценку величины дефекта и глубины его залегания. Так например при МГК амплитуда сигнала от дефекта величиной 5% от толщины изделия на глубине залегания, равной менее половины толщины изделия, может быть равна амплитуде сигнала от дефекта величиной 20% на глубине залегания вблизи нижней границы изделия относительно контролируемой поверхности.

В связи с этим представляет интерес разработка методик обработки информативных параметров получаемых в процессе контроля, т.к. в магнитной записи поля дефекта содержится информация о величине и глубине залегания дефекта. Такие методики могут быть созданы только на основе широкого применения ЭВМ методом последовательных приближений к данным экспериментальных исследований. Характеристики магнитографических дефектоскопов могут быть существенно усовершенствованы за счет применения микро-ЭВМ, позволяющих в процессе контроля решать сложные уравнения взаимосвязи между измеряемыми и неизменяемыми характеристиками дефекта, что приведет к повышению точности и достоверности магнитографического контроля.

В качестве датчика, регистрирующего магнитное поле дефекта, предлагается использовать двухслойную магнитную ленту, т.к. она позволяет записать поле одного и того же дефекта в двух параллельных плоскостях и тем самым получить больший объем информации, позволяющий в последствии составить два математических выражения для аналитического описания амплитуд сигналов в функции от величины и глубины залегания дефекта. Были проведены теоретические и экспериментальные исследования магнитостатических полей дефектов и амплитуд сигналов, считываемых с двухслойной магнитной ленты от глубины залегания и величины дефекта.

8. Современные проблемы электроники и автоматики

В качестве математической модели для расчета амплитуд сигналов была выбрана модель цилиндрического дефекта, залегающего в пластине ограниченных размеров, т.к. эта модель и ее исследование может дать наиболее ценные для практики результаты, поскольку подобные дефекты часто встречаются, а результаты исследований могут быть экстраполированы на дефекты с другой формой поперечного сечения. Учитывая, что магнитная лента регистрирует тангенциальную составляющую, производили расчет H_{td} для двух точек наблюдения. При считывании записи с ленты индукционной головкой амплитуда сигнала пропорциональна градиенту dH_{td}/dx , математическое выражение для которого (1) получено на базе дипольной теории [1,2] и метода зеркальных отображений.

Выражение (1) соответствует полю дефекта, считываемого с верхней ленты. Выражение для нижней ленты отличается от (1) количеством отображенных диполей, отсутствием коэффициента $2\mu/(1+\mu)$ и координатой точки наблюдения.

$$\begin{aligned} \frac{\partial H_{\text{ид}}}{\partial x} = \frac{2\mu}{1+\mu} \cdot 2x & \left[D_0 \frac{x^2 - 3y^2}{(x^2 + y^2)^3} + D \frac{x^2 - 3 \cdot (y - a^2/2 \cdot l_1)^2}{\{x^2 + (y - a^2/2 \cdot l_1)^2\}^3} + \right. \\ + M \frac{x^2 - 3 \cdot (y + a^2/2 \cdot l_2)^2}{\{x^2 + (y + a^2/2 \cdot l_2)^2\}^3} & + M' \frac{x^2 - 3 \cdot (y + 2 \cdot l_2 - a^2/2 \cdot l_2)^2}{\{x^2 + (y + 2 \cdot l_2 - a^2/2 \cdot l_2)^2\}^3} + \\ + D' \frac{x^2 - 3(y + 2 \cdot l_2 + a^2/2 \cdot l_1)^2}{\{x^2 + (y + 2 \cdot l_2 + a^2/2 \cdot l_1)^2\}^3} & + m_1 \frac{x^2 - 3(y + 2 \cdot l_2)^2}{\{x^2 + (y + 2 \cdot l_2)^2\}^3} + \\ + d' \frac{x^2 - 3 \cdot (y + 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 - a^2/2 \cdot l_1)^2}{\{x^2 + (y + 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 - a^2/2 \cdot l_1)^2\}^3} & + m_2 \frac{x^2 - 3 \cdot (y + 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2)^2}{\{x^2 + (y + 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2)^2\}^3} + \\ + m' \frac{x^2 - 3 \cdot (y + 2 \cdot l_1 + a^2/2 \cdot l_2)^2}{\{x^2 + (y + 2 \cdot l_2 + 2 \cdot l_1 + a^2/2 \cdot l_1)^2\}^3} & \left. \right] \end{aligned} \quad (1)$$

где $D_0, D, M, M', D', m_1, d', m_2$ — диполи, многократно отображенные от границ раздела сред; X, Y — координаты рабочей точки.

Экспериментальные исследования проводили на образцах, размеры которых соответствуют параметрам дефектов, принятых для теоретических расчетов. Запись магнитного поля дефектов осуществляли на две магнитные ленты типа В-3806, одна из которых укладывалась непосредственно на поверхности изделия, а другая отстояла от поверхности изделия на расстоянии $\Delta = 0,5$ мм, которое являлось оптимальным для исследуемого диапазона размеров дефектов. Считывание магнитной записи с двух лент осуществлялось на магнитографическом дефектоскопе МД-11Г, по шкале ко-

8. Современные проблемы электроники и автоматики

торого определяли амплитуды сигналов, обусловленные дефектами, с нижней и верхней лент.

По данным экспериментальных исследований были построены графики зависимостей амплитуд сигналов, считанных с нижней и верхней лент от глубины залегания дефектов для различных величин дефектов и графики зависимостей амплитуд сигналов от величин дефектов для различных глубин залегания дефектов, которые сравнивались с графиками аналогичных зависимостей градиентов $dN_{\text{тд}}/dx$, полученных при теоретических исследованиях. Анализ графиков показал, что и теоретические и экспериментальные зависимости аналогичным образом зависят от величины и глубины залегания дефектов, причем характер этих зависимостей для нижней и верхней лент различный.

На основании математического метода аппроксимации полученных экспериментальных результатов элементарными функциями были получены математические выражения для описания амплитуд сигналов от параметров дефектов для нижней и верхней лент, которые в общем виде можно представить следующим образом:

$$A_{1,2}(l;a)=[(c_{01}+c_{11}\ln(a))\exp((c_{21}+c_{31})\ln(a))*l], \quad (2)$$

где l — глубина залегания дефекта; a — диаметр дефекта; c_{ji} — коэффициенты аппроксимации.

Выражение (2) можно представить в виде системы двух уравнений, решение которой с помощью численных методов и методов математического анализа позволяет получить универсальные выражения для расчета величины и глубины залегания дефектов.

Разработана методика и программное обеспечение для расчета параметров дефектов при магнитографическом контроле изделий из ферромагнитных материалов различной толщины с использованием микро-ЭВМ, которая подсоединена к магнитографическому дефектоскопу. Автоматизация контроля позволяет с высокой точностью и достоверностью производить обработку информативных параметров для определения величины и глубины залегания дефектов.

Литература

1. Щербинин В.Е., Шур М.Л. Учет границ изделия на поле цилиндрического дефекта // Дефектоскопия. — 1976. — № 7. — С. 30-36.
2. Шур М.Л., Щербинин В.Е. Магнитостатическое поле дефекта, расположенного в плоскопараллельной пластине // Дефектоскопия. — 1977. — № 3. — С. 92-96.