

УДК 620.179.14

Идентификация дефектов при вихретоковом контроле протяженных объектов

Мирошников Вадим Владимирович^(*)

prorectormvv@mail.ru

Гречишкина Наталья Владимировна

natalisha.grech@mail.ru

Неделько Александр Андреевич

aleksandernedelko@yandex.ru

ЛГУ им. В. Даля, Луганск, Россия

Аннотация. Предложен способ имитации дефекта на цилиндрическом объекте контроля, и на его основе разработана методика расчета выходного сигнала вихретокового преобразователя (ВТП). Многокатушечная конструкция ВТП обеспечивает идентификацию дефекта по месту его залегания, а трехчастотный метод возбуждения ВТП позволяет оценить параметры выявляемого дефекта.

Ключевые слова: преобразователь, вихретоковый контроль, измерительные обмотки, дефект, цилиндрическое изделие

Введение. В процессе производства протяженных изделий (прутков, труб, проволоки) методом прокатки все они подвергаются вихретоковому контролю, который позволяет выявлять дефекты в соответствии с DI EN 10246-3. Современные дефектоскопы позволяют различать только локальные и протяженные дефекты, которые выявляются соответственно дифференциальным и абсолютным преобразователем [1]. Для оперативного управления технологическим процессом данной информации недостаточно, необходимо еще определить и размер локального дефекта. Данная задача до настоящего времени не имеет решения, а тем более с использованием проходного вихретокового преобразователя [2]. Для ее решения необходимо разработать модель, которая бы физически точно отражала процесс изменения величины вихревых токов при наличии дефекта.

Методы и материалы; результаты. Авторами предлагается расчетная модель для определения выходного сигнала проходного вихретокового преобразователя отражающая физическую природу изменения вихревых токов в объекте контроля при наличии в нем дефекта.

Дефект в объекте контроля характеризуется удалением определенного объема металла из данного объекта (контрольное отверстие, раковина, непроводящее включение и т. д.). Такое удаление металла для цилиндрического изделия будем рассматривать как изменение его наружного радиуса на величину пропорциональную объему вынутого металла дефекта.

Для достижения высокой точности определения параметра дефекта будем использовать три дифференциальные обмотки, расположенные друг относительно друга с шагом.

Выбор расстояния между обмотками производится из условия минимального взаимного влияния друг на друга. Разница по высоте расположения

обмоток примерно равна толщине стенки объекта контроля, и определяется из условия компенсации влияния на выходной сигнал изменения внутреннего радиуса объекта контроля.

Для расчета выходного напряжения измерительных обмоток предварительно найдем поле на поверхности объекта контроля создаваемое обмоткой возбуждения.

Решая совместно уравнения Максвелла для напряженности электрического и магнитного поля, получим дифференциальное уравнение для напряженности поля возбуждения на поверхность контролируемого ферромагнитного цилиндра [3]:

$$\frac{d^2 \underline{H}_M}{d(qr)^2} + \frac{1}{gr} \cdot \frac{d\underline{H}_M}{d(qr)} + \left(1 - \frac{1}{q^2 r^2}\right) \underline{H}_M = 0.$$

Данное уравнение является уравнением Бесселя первого ряда первого порядка и напряженность магнитного поля:

$$\underline{H}_M = \frac{\gamma c}{q} I_1(qr),$$

где $c = \frac{q \underline{E}_M}{\omega l \gamma I_1(qr)}$; $q = \sqrt{-j \omega \mu \mu_0 \gamma}$.

Зная напряженность магнитного поля, создаваемого на поверхности трубы, найдем значение ЭДС в измерительной обмотке. При расчете будем считать, что материал трубы характеризуется $\gamma = \text{const}$; $\mu = \text{const}$.

Заключение. Результаты расчета ΔE от параметра x_2 для стали 20 при $\mu = 50$ позволяют оценить величину изменения внешнего радиуса трубы по значениям выходного сигнала измерительных обмоток и далее перейти к величине выявленного дефекта. Аппроксимация полученной зависимости аналитическим выражением позволяет автоматизировать процесс расчета параметра дефекта. Увеличение числа опорных точек на аппроксимируемой прямой в виде разностей амплитуды ЭДС от трех измерительных обмоток повышает точность расчета.

Список источников

- [1] Поливанов К.М. *Теоретические основы электротехники*. Москва, Энергия, 1972.
- [2] Соколов Д.Ю. *Синтез высокооднородного постоянного поля постоянного магнита МР-томографа и задача реконструкции плотности объекта*. Дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2007.
- [3] Петушков С.М. О вихретоковом контроле стальных труб в процессе производства. *В мире неразрушающего контроля*, 2010, № 4 (50), с. 60–63.