

Изобретение относится к неразрушающему контролю методом вихревых токов и может быть использовано для дефектоскопии электропроводящих материалов.

Известен способ оценки нарушения сплошности материала методом вихревых токов с выделением и обработкой информации амплитудным, фазовым, амплитудно-фазовым и фазово-частотным методами [1]. Комплексный характер сигнала вихретокового преобразователя позволяет качественно оценить нарушение сплошности материала.

Однако недостатком этого метода является то, что воздействие электромагнитным полем на объект контроля осуществляется на одной рабочей частоте, т.е. является реализацией однопараметрового контроля и не позволяет определить предшествующие нарушению сплошности значения параметров, соответствующие физико-механическим характеристикам материала.

Также известен метод высших гармоник (МГВ), основанный на воздействии переменным магнитным полем на материал и последующем анализе МГВ [2]. Метод применяется для контроля параметров, оценивающих физико-механические характеристики и структуру ферромагнитных материалов.

Недостатком этого метода является невозможность его применения для контроля немагнитных материалов.

В основу изобретения поставлена задача повышения достоверности контроля параметров, которые характеризуют состояние немагнитных материалов, предшествующие нарушению их сплошности путем проведения анализа спектральной плотности высокочастотных гармонических составляющих сигнала двухконтурного автогенератора.

Поставленная задача достигается тем, что производят амплитудную обработку высокочастотного (ВЧ) спектра сигнала автогенератора, измеряют разность фаз ВЧ составляющих спектра и определяют структурное состояние материала, предшествующее нарушению его Сплошности.

Способ может быть продемонстрирован с помощью блок-схемы, представленной на чертеже, где вихретоковый преобразователь (ВТП) 1 связан с двухконтурным автогенератором 2, один выход которого соединен последовательно с детектором 3, усилителем низких частот 4 и индикатором 5. Второй выход автогенератора соединен последовательно с фильтром 6, после которого ВЧ сигнал поступает на анализатор спектра 7 и измеритель разности фаз 8, выходы которых связаны с индикатором амплитуд 9.

Сущность предлагаемого способа заключается в следующем: выходной сигнал ВЧ двухконтурного автогенератора может быть представлен рядом Фурье [3]:

$$U_{\text{вых}}(\tau) = U_{\text{вых}_0} + \sum_{n=1}^{\infty} U_{\text{вых}_n} \cos(n\tau + \varphi_{\text{вых}_n})$$

где  $U_{\text{вых}_0}$  - постоянная составляющая сигнала;

$U_{\text{вых}_n}$  и  $\varphi_{\text{вых}_n}$  - амплитуды и фазы n-гармоник, соответственно.

Сигнал  $U_{\text{вых}}(\tau)$  с ВТП (1), пройдя автогенератор (2), детектируется (3), усиливается (4) и поступает на индикатор (5). При этом модуль сигнала  $U_{\text{вых}}(\tau)$ , связанный с наличием дефекта, определяется в основном 1,2 и 3-й гармониками ВЧ спектра автогенератора. ВЧ составляющие сигнала отфильтровываются (6) от 1, 2, и 3-й гармоник и поступают на анализатор спектра (7) и измеритель фаз (8). Выходной сигнал анализатора будет иметь вид:

$$S'_n(\tau) = U'_{\text{вых}_n} \cos(n\tau + \varphi_{\text{вых}_n}) \cdot \Delta f_a,$$

где  $U'_{\text{вых}_n} \cos(n\tau + \varphi_{\text{вых}_n})$  - амплитуда выходного сигнала;

$\Delta f_a$  - полоса пропускания по частоте анализируемого спектра.

Выходной сигнал  $S'_n(\tau)$  поступает на индикатор (9), позволяющий регистрировать изменение амплитуды

При установке ВТП на поверхность материала сигнал  $U(\tau)$  зависит от электропроводности материала и частоты возбуждающего тока. ВЧ составляющие спектра также зависят от электропроводности и структуры приповерхностных слоев. При этом глубина проникновения вихревых токов превышает толщину анализируемого приповерхностного слоя.

Изменение ВЧ составляющих спектра при этом не связано с наличием дефектов типа трещин и определяется наличием структурных изменений в материале, предшествующих нарушению сплошности.

Пример реализации способа (некоторые технические данные).

Вихретоковый преобразователь (1);

сердечник из сплава 35НН, диаметром 1,2 мм;

оболочка из провода ПЭВ-2-0,06 16 витков;

отношение длины обмотки  $l$  и диаметра  $D$  сердечника должны отвечать условию:

$$\frac{l}{D} < \frac{1}{d} < 2.$$

Автогенератор (2):

диапазон частоты генерации -2,8-8,0 МГц;

глубина (расчетная) проникновения ВТ-25-250 мкм;

выходное напряжение - не < 1,5 В.

Фильтр ВЧ селекции (6):

частота среза  $f_{\text{ср}}$  выбирается из условия

$$f_{1,2,3} < f_{\text{нр}} < f_{\text{ср}}.$$

где  $f_{\text{нр}}$  - промежуточная частота анализатора спектра.

При рабочих частотах ВТП 2,8-8,0 МГц диапазон рабочих частот анализатора спектра (7) - 3-50 МГц.

Выходной сигнал ~2 В.

Измеритель разности фаз (8):  
 входной сигнал не менее 30 мВ;  
 частота входного сигнала 1-1000 МГц;  
 измеряемая величина фазы  $\pm 6^\circ$ ;  $\pm 30^\circ$ ;  $\pm 180^\circ$ .

На образец из сплава Д16Т, подвергнутому температурно-силовому воздействию устанавливается ВТП (1), включается автогенератор (2) с детектором (3) и усилителем (4); с индикатора (5) снимается информация о наличии дефекта.

С индикатора (9), также подключенному ко второму выходу автогенератора (2) через фильтр (6) и анализатор спектральной плотности (7), снимается информация после воздействий на материал.

В таблице приведены результаты испытаний образцов из сплава Д16 при различных вариантах нагружений до разрушения.

Вид воздействия (нагруж.)	Показания индикатора 5	Показания индикатора 9
Исходный образец	3	10
Нагрев до 600°C	7	80
Нагрев до 600°C с последующим разрушением	50	85

