

УДК 620.179.14
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ОСТАТОЧНОГО МАГНИТНОГО ПОТОКА ИЗДЕЛИЙ МАССОВОГО
ПРОИЗВОДСТВА

С. Г. САНДОМИРСКИЙ
ГНУ «ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Важным разделом магнитной структуроскопии является разработка методов и средств магнитного контроля качества изделий массового производства. Их особенностью является необходимость бесконтактного намагничивания изделий в движении и бесконтактного измерения магнитного состояния изделий после намагничивания. Для контроля качества отпуски изделий из среднеуглеродистых сталей, используемых в машиностроении, необходимо дозированно размагнитить изделия после намагничивания. При этом остаточная намагниченность в изделии может оказаться небольшой и быть подверженной влиянию случайных магнитных полей и поля Земли. Измерение остаточной намагниченности в таких изделиях становится важной технической задачей.

В работе проанализированы преобразователи средств магнитного контроля изделий массового производства. Выявлены их основные недостатки: невысокие точность и достоверность измерения остаточного магнитного потока в движущемся изделии, связанные со смещениями изделий в процессе движения, влиянием внешних переменных и постоянных магнитных полей на намагниченное изделие при измерении.

Недостатки устранены в разработанном преобразователе (рис. 1).

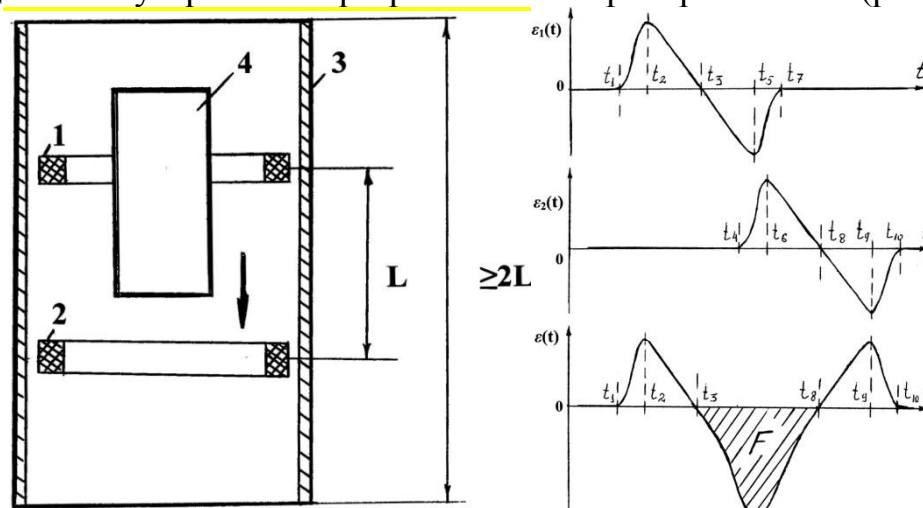


Рис. 1. Схема расположения индукционных катушек и кожуха в преобразователе, сигналы $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$ на выходах индукционных катушек преобразователя и сигнал $\varepsilon(t)$ преобразователя при движении сквозь него намагниченного изделия

Преобразователь состоит из первой 1 и второй 2 индукционных катушек, расположенных соосно и включенных встречно, и кожуха 3 из магнетомягкого материала, охватывающего катушки и соосного с ними. При этом катушки содержат одинаковые количества витков, расположены на расстоянии L друг от друга симметрично относительно кожуха, длина которого вдоль оси катушек составляет не менее $2L$.

Намагниченное изделие 4 (оптимальные параметры преобразователя будут получены при контроле изделий, имеющих длину l , при $L < l < 2L$) при движении сквозь преобразователь вызывает в плоскостях расположения катушек 1 и 2 изменение магнитного потока, сцепленного с катушками. На выходах катушек 1 и 2 индуцируются ЭДС $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$, амплитудно-временные диаграммы которых приведены на рис. 1.

Полярность первой полуволны ЭДС $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$ определяется направлением (знаком) остаточной намагниченности в изделии 4 относительно направления его движения. ЭДС $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$, индуцируемые на выходах катушек 1 и 2 изделием 4, имеют одинаковую полярность. Включены измерительные катушки встречно. Но за счет того, что катушки 1 и 2 расположены на расстоянии L друг от друга, для прохождения которого изделия необходимо затратить время $[t_1, t_4]$ (рис. 1), ЭДС $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$ не компенсируют друг друга, а формируют сигнал $\varepsilon(t)$. Информационным параметром сигнала $\varepsilon(t)$ преобразователя является интеграл F от однополярного импульса сигнала $\varepsilon(t)$, соответствующего интервалу времени $[t_3, t_8]$. По закону электромагнитной индукции величина F не зависит от скорости движения изделия сквозь преобразователь, а определяется только суммарным магнитным потокосцеплением изделия с обмотками 1 и 2 в моменты времени t_3 и t_8 , то есть величиной Φ_0 остаточного магнитного потока в изделии и чувствительностью S преобразователя к величине Φ_0 . При этом моменты времени t_3 и t_8 начала и конца интегрирования более строго локализованы во времени чем моменты времени t_1 , t_4 , t_7 и t_{10} , в которые намагниченное изделие начинает и заканчивает взаимодействие с индукционными катушками 1 и 2 преобразователя. Это обеспечивает высокую точность преобразователя. Чувствительность S преобразователя к величине Φ_0 повышается не только за счет суммирования сигналов $\varepsilon_1(t)$ и $\varepsilon_2(t)$ первой и второй катушек 1 и 2 в сигнале $\varepsilon(t)$ преобразователя в интервале времени $[t_3, t_8]$ его интегрирования. Одновременно кожух 3 препятствует распространению поля от намагниченного изделия 4 в окружающее пространство и создает внутри себя подмагничивающее поле, пропорциональное остаточной намагниченности изделия. Магнитный поток в малогабаритном изделии 4 в подмагничивающем поле кожуха 3 увеличивается пропорционально величине Φ_0 . Также увеличивается и информационный сигнал $\varepsilon(t)$ преобразователя в интервале времени $[t_3, t_8]$ его интегрирования. Это увеличение сигнала $\varepsilon(t)$, происходящее без увеличения сигнала от электромагнитной помехи, повышает отношение сигнал/шум и точность преобразователя.

Влияние поля помехи на сигнал преобразователя в значительной мере ослабляется и потому, что катушки преобразователя имеют одинаковые магнитные моменты и включены встречно. Кроме этого увеличение отношения сигнал/шум и точность преобразователя повышаются благодаря существенному экранированию индукционных катушек преобразователя и намагниченного изделия 4 от влияния поля магнитной помехи кожухом 3. Кожух 3 существенно ограничивает и влияние внешнего стационарного магнитного поля на намагниченное изделие 4 при измерении остаточного магнитного потока в нем.

Преобразователь реализован для измерения остаточного магнитного потока в болтах длиной 50 мм диаметром 6 мм из стали 30ХГСА. Катушки преобразователя имели внутренний диаметр 20 мм, длину 5 мм, содержали по 1000 витков провода диаметром 0,14 мм и были расположены на расстоянии 40 мм друг от друга. Кожух внутренним диаметром 38 мм был изготовлен из листового электротехнического железа толщиной 0,5 мм и имел длину 10 см. Намагниченные болты свободно падали сквозь преобразователь вдоль направляющей с внутренним диаметром 1 см. Интегрирование однополярного импульса сигнала преобразователя и индикация результата измерения производились измерительным каналом прибора МАКСИ (АНБ-692) [1]. Результаты сопоставительного анализа предложенного преобразователя с преобразователем прибора МАКСИ (АНБ-692) показали увеличение чувствительности предложенного преобразователя к величине остаточного магнитного потока в болтах в 2,5 раза, в том числе за счет использования кожуха из магнитомягкого материала в 1,16 раза (при коэрцитивной силе H_c изделия 700 А/м площадь однополярного импульса сигнала преобразователя по изобретению составила 1,75 мкВ·с, а у преобразователя прибора МАКСИ (АНБ-692) – 0,7 мкВ·с). Влияние электромагнитной помехи от близко расположенного источника (катушки, включенной в сеть 50 Гц) на сигнал предложенного преобразователя при прочих равных условиях снижено в 2–4 раза (в зависимости от расположения источника помехи). Влияние направления вертикальной составляющей поля Земли относительно направления остаточной намагниченности изделия на результат измерения остаточного магнитного потока в изделии снижено при использовании предложенного преобразователя в 7 раз (при H_c изделия 700 А/м – с ± 8 до $\pm 1,2$ %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сандомирский, С. Г.** Магнитный контроль физико-механических свойств изделий массового производства в движении (Обзор) / С. Г. Сандомирский // Дефектоскопия. – 1996. – № 7. – С. 24–46.

E-mail: sand@iaph.bas-net.by