



Promises for Non-destructive Testing of Complex-shaped Steel Products with Low Coercive Force

Yuriy Ya. REUTOV, Vladimir I. PUDOV, Tatyana D. BEL'KOVA

M.N. Miheev Institute of Metal Physics, UB RAS Ekaterinburg, Russia,
e-mail: pudov@imp.uran.ru

Abstract

The equipment for non-destructive testing of the coercive force of steel products of complex configuration has been developed. The device operates with two types of sensors and allows one to control the coercive force of both flat and cylindrical products in the range from several A/m to hundreds of A/m. It has a digital display and demonstrates a linear dependence of the readings on the parameter under control. The use of this model in the production can improve the quality of products, as well as the technological process of its control.

Keywords: ferromagnetic materials, non-destructive testing, coercive force, control, sensor

Перспективы неразрушающего контроля стальных изделий сложной формы с малой коэрцитивной силой

Юрий Я. РЕУТОВ, Владимир И. ПУДОВ, Татьяна Д. БЕЛЬКОВА

1. Введение

Разработка методов контроля на стадии производства ферромагнитных изделий, применяемых в релейных или в других электротехнических устройствах является актуальной задачей. Контроль ферромагнитных изделий с коэрцитивной силой (КС) более 100 А/м, осуществляют путем оценки остаточного внутреннего поля изделия. Для этого его намагничивают до насыщения с помощью обычного П-образного магнитопровода, а после его удаления с поверхности образца, измеряют его остаточное внутреннее поле. Это существенно усложняет процесс неразрушающего контроля, а применительно к изделиям с технологическими отверстиями или сложных форм с изгибами достоверность результатов оценки существенно снижается.

Если же речь идет о контроле ферромагнитные изделия с коэрцитивной силой менее 100 А/м, то использовать известных модели коэрцитиметров достаточно проблематично.

Подходящим решением для рассматриваемых в работе задач, могло бы быть применение устройств с точечным намагничиванием изделия импульсным полем [1,2]. Или же решение, связанное с контролем по внутреннему полю остаточного намагниченного изделия [3].

Исходя из вышеизложенного, в данной работе рассматриваются возможности разработки универсальной аппаратуры для контроля коэрцитивной силы ферромагнитных изделий с величинами менее 100 А/м и исследование её функциональных возможностей применительно к образцам сложных конфигураций.

2. Конструкции датчиков для контроля ферромагнитных изделий сложной формы

Для контроля коэрцитивной силы ферромагнитных изделий разработана малогабаритная конструкция накладного и цилиндрического датчиков (рис.1 а, б). Они функционируют следующим образом.

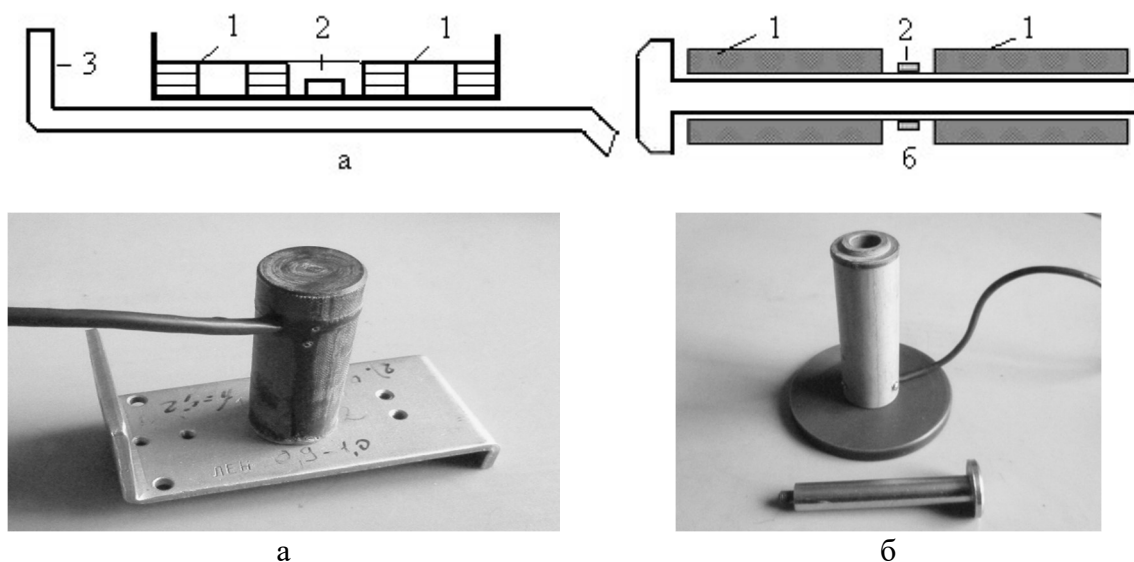


Рис. 1. Датчики для контроля изделий плоской и цилиндрической форм.
1–намагничивающие катушки, 2–преобразователь Холла, 3–изделие сложной конфигурации.

При пропускании по катушкам датчика импульса намагничивающего тока они создают магнитные поля, направленные вертикально, но в противоположных направлениях. В результате этого участок изделия, расположенный под катушками, намагничивается в горизонтальном направлении в плоскости (см. рис. 1а) до состояния, близкого к насыщению. После исчезновения намагничивающего поля вблизи поверхности изделия на измеритель магнитного поля будет действовать остаточное поле, направленное горизонтально вдоль плоскости изделия и пропорциональное КС объекта контроля. Для минимизации погрешностей от магнитной предыстории контролируемого изделия и влияния внешних магнитных полей замеры осуществляются при двух полярностях намагничивающего поля, а их результаты усредняются. Очевидно, что, поворачивая описываемый датчик вокруг вертикальной оси можно выявлять анизотропию КС.

Для контроля цилиндрических изделий предложена другая конструкция датчика рис. 1б. В датчике при внутреннем диаметре 20 мм, внешнем 28 мм и длине 20 мм отстоят друг от друга на 10 мм. секции катушек (1) соединены согласно и намагничивают участок цилиндрического изделия вдоль продольной оси до состояния, близкого к насыщению. Измерители остаточного поля (2) в количестве трёх штук, размещенные симметрично (120°) друг относительно друга вокруг изделия. Они преобразуют горизонтальную компоненту магнитного поля изделия (3) в электрическое напряжение. Сумма этих напряжений, пропорциональная коэрцитивной силе объекта контроля, поступает в электронный блок аппаратуры. Амплитуда импульса намагничивающего тока проходящего через обмотки датчика составляет 2,5 ампера, что соответствует амплитуде намагничивающего поля в центре датчика 27 кА/м.

На рис. 2 представлена конструкция накладного датчика для локального контроля коэрцитивной силы малых по размеру ферромагнитных изделий. Намагничивающая катушка имеет диаметр 16 мм. Её сопротивление постоянному току 4,9 Ом. Два преобразователя Холла отстоят друг от друга на 20 мм и включены градиентометрически [4]. Постоянное электрическое напряжение на их выходе пропорционально градиенту вертикальной компоненты магнитного поля, обусловленного остаточной намагниченностью контролируемого изделия.

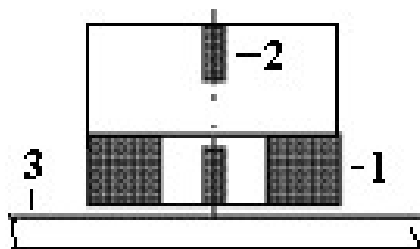


Рис. 2. Накладной датчик для локального контроля плоских изделий.
1 – намагничивающая катушка, 2 – преобразователи Холла, 3 – изделие.

При амплитуде импульса намагничивающего тока 6 А, амплитуда напряжённости магнитного поля на расстоянии 7,5 мм от торца катушки составляет 15 кА/м.



Рис. 3. Аппаратура для контроля электротехнических изделий с малой к коэрцитивной силы

Электронный блок аппаратуры разработан из условия совместимости со всеми конструкциями датчиков и функционирования по следующему алгоритму:

- намагничивание участка контролируемой детали до состояния, близкого к магнитному насыщению, импульсом магнитного поля одной полярности;
- выжидание прекращения переходных процессов в намагниченной детали;
- измерение параметра, пропорционального коэрцитивной силе детали после намагничивания полем данной полярности и запись цифрового значения этого параметра в оперативную память;
- намагничивание участка детали импульсом поля противоположной полярности;
- выжидание прекращения переходных процессов;
- измерение параметра, пропорционального коэрцитивной силе детали после намагничивания полем противоположной полярности и запись цифрового значения этого параметра в оперативную память;
- взаимное вычитание результатов преобразования, полученных после намагничивания полями одной и другой полярностей;
- выведение на цифровой индикатор прибора абсолютного значения полученной разности, пропорционального коэрцитивной силе объекта контроля;

– возврат к началу цикла контроля с его последующим бесконечным повторением.

Апробация аппаратуры проводилась на промышленных изделиях с известными значениями КС. Плоские изделия имели КС 22, 29, 38 и 80 А/м, а цилиндрические – 22, 29 и 38 А/м.

Заключение

Таким образом разработанная аппаратура позволяет с использованием разных конструкций датчиков, контролировать коэрцитивную силу промышленных изделий сложной формы в диапазоне от нескольких А/м до сотен А/м. Применение алгоритма работы электронного блока аппаратуры контроля с использованием результатов замеров при чередующейся полярности намагничивающего поля, позволяет устранить влияние магнитной предыстории объекта контроля на результаты диагностики и отстроиться от внешних магнитных помех.

Данная модель расширяет функциональные возможности коэрцитиметров и упрощает метрологическую аттестацию и поверку аппаратуры.

Благодарности

Работа выполнена по теме «Диагностика» № 01201463329. №АААА-А18-118020690196-3 и проекта Программы УрО РАН. 2019.

Литература

1. Мельгуй М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей. Минск, Наука и техника, 1980, 183 с.
2. Сандомирский С.Г. Применение полюсного намагничивания в магнитном структурном анализе. Дефектоскопия, 2006, № 9, с. 24 – 46.
3. Веденев М.А., Дрожжина В.И. Об измерении коэрцитивной силы накладным датчиком. Дефектоскопия, 1977, №5, с. 65 – 73.
4. Литвиненко А.А., Реутов Ю.Я., Пудов В.И. Применение однонаправленного градиентометра для селективного обнаружения намагниченных предметов. Дефектоскопия, 1989, № 8, с. 58–64.