

УДК 620.179
О ПОВЫШЕНИИ ДОСТОВЕРНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРОСКОПИИ

В. Н. КОСТИН, О. Н. ВАСИЛЕНКО
«ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ УРО РАН»
Екатеринбург, Россия

Экспериментально и моделированием пространственного распределения магнитного поля и потока в цепи "преобразователь-объект" было показано, что появление зазора приводит к ослаблению намагничивания контролируемого объекта не только в межполюсном пространстве П-образного электромагнита, но и вблизи полюсов. При проведении локальных измерений магнитных параметров контроля должны применяться намагничивающие устройства, обеспечивающие предварительное намагничивание контролируемой зоны объекта до технического насыщения, даже при наличии немагнитного зазора в цепи.

На рис. 1 приведены зависимости сигнала приставного преобразователя E_{Bhc} от величины индукции коэрцитивного возврата B_{Hc} образцов из стали 20Н2М, определенные при различных зазорах d в цепи (■ – 0 мм; ● – 0,1 мм; ▲ – 0,19 мм; ▼ – 0,4 мм; ★ – 0,6 мм). Как следует из приведенных данных, появление и рост зазора приводит к снижению измеряемых значений E_{Bhc} и уменьшению угла наклона линии $E_{Bhc}(B_{Hc})$.

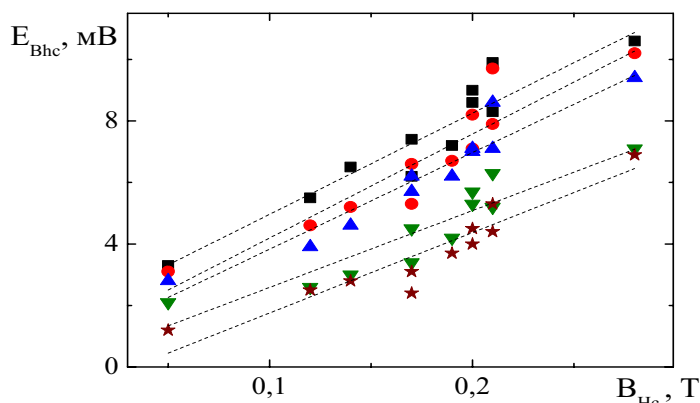


Рис. 1. Зависимость сигнала приставного преобразователя E_{Bhc} от величины индукции

Поскольку величина магнитного потока Φ_{max} , определяемая при фиксированной максимальной величине магнитодвижущей силы, зависит от наличия и величины немагнитного зазора в цепи "преобразователь-объект", то дополнительное измерение этого параметра позволяет существенно уменьшить влияние зазора на результаты измерений [1, 2]. Величина Φ_{max} может быть определена по полю в щели-преобразователе в магнитопроводе электромагнита, причем использование соответствующего параметра $E_{\Phi_{max}}$ возможно для электромагнитов различных типоразмеров.

Исследования показали, что в некоторых случаях для измерения индукции коэрцитивного возврата B_{Hc} необходимо дополнительно учитывать такие параметры, как значение тангенциальной составляющей поля (E_{Hi}^*) на поверхности контролируемого участка объекта, получающегося после выключения максимального намагничивающего тока, и определенное по внутреннему полю значение коэрцитивной силы (E_{Hc}). Например, для стали 20Н2М, заклеенных и отпущенных при различных температурах, учет указанных параметров с помощью регрессионного уравнения позволил повысить коэффициент линейной корреляции от 0,73 до 0,93 и в 2 раза снизить среднеквадратичное отклонение:

$$B_{Hc} = 0,35 + 0,029 E_{Bhc} - 0,00042 E_{Hc} - 0,0029 E_{\Phi_{max}} - 0,00038 E_{Hi}^* . \quad (1)$$

Типоразмеры контролируемых объектов и неконтролируемые вариации зазора в составной цепи преобразователь-объект оказывают значительное влияние на локальные измерения и других магнитных свойств. Одним из наиболее распространенных параметров магнитной структуроскопии, подверженных такому влиянию, является коэрцитивная сила.

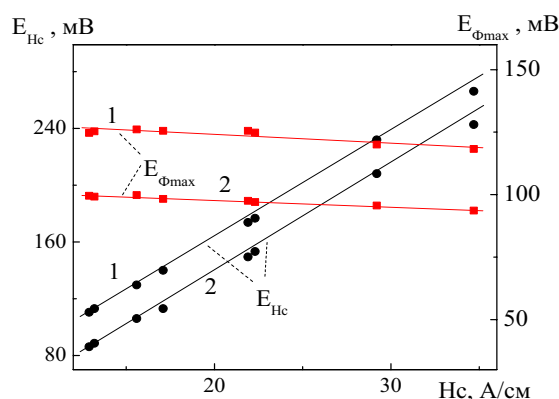


Рис. 2. Зависимость измеренных с помощью приставного преобразователя характеристик E_{Hc} и $E_{\Phi_{max}}$ от коэрцитивной силы закаленных и отпущенных при различных температурах образцов

На рис. 2 представлены зависимости измеренных с помощью приставного преобразователя характеристик E_{Hc} и $E_{\Phi_{max}}$ от коэрцитивной силы закаленных и отпущенных при различных температурах образцов из стали 7Х3. Линии 1 и 2 получены при $d=0$ и $d=0,5$ мм соответственно. Коэффициент множественной корреляции определения коэрцитивной силы с учетом параметра $E_{\Phi_{max}}$ составил $R=0,99$, при этом погрешность оказалась в 5 раз меньше, чем при однопараметровых измерениях.

На рис. 3 приведены зависимости локально измеренных с помощью П-образного преобразователя сигналов E_{Hc} и E_{Hi}^* от коэрцитивной силы объектов различной ширины и высоты ($a \times b$, мм): \blacktriangle — 33,8x7,5 мм; \bullet — 8,9x8,9 мм; \blacksquare — 5x10 мм; \square — 3,9x10,1мм. Из рис. 3, а видно, что одно и то же значение измеряемой величины E_{Hc} может соответствовать различным значениям ко-

эрцитивной силы (разброс от 3 до 15 А/см). Обусловленная различием формы контролируемых объектов среднеквадратичная погрешность определения коэрцитивной силы по одному параметру E_{Hc} составляет 4,2 А/см.

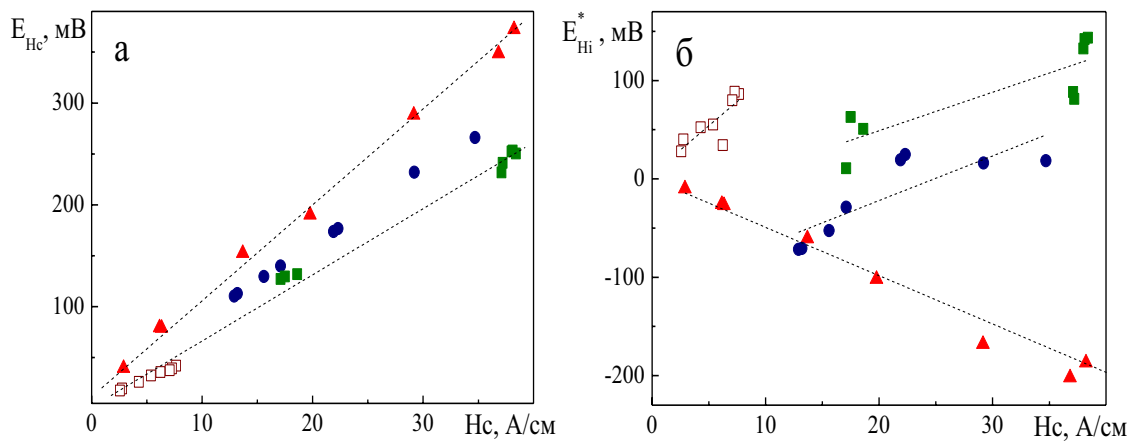


Рис. 3. Зависимость локально измеренных с помощью П-образного преобразователя сигналов E_{Hc} и $E_{H_i}^*$ от коэрцитивной силы объектов

Как видно из рис. 3, б, дополнительно измеряемый сигнал $E_{H_i}^*$ для каждого из типоразмеров образцов коррелирует с коэрцитивной силой, однако, значения сигнала и характер корреляции $E_{H_i}^*(H_c)$ зависят от формы и размеров образцов. Для показанной на рис. 3 выборки, учет величины $E_{H_i}^*$ уменьшает связанную с вариацией формы образцов среднеквадратичную погрешность определения коэрцитивной силы до 1,5 А/см, т. е. почти в 3 раза в сравнении с однопараметровыми измерениями.

Таким образом, установлено, что дополнительное измерение параметров Φ_{max} и H_i^* позволяют существенно снизить влияния зазора и формы контролируемых объектов на результаты локального измерения их коэрцитивной силы и индукции коэрцитивного возврата, обеспечивая возможность локального измерения абсолютной величины коэрцитивной силы и индукции коэрцитивного возврата ферромагнитных объектов [1, 2]. Установленные дополнительные параметры могут быть использованы для корректировки локальных измерений и других магнитных свойств.

Работа выполнена при поддержке грантов 11-2-02-СГ и 12-П-2-1031.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Костин, В. Н.** О некоторых новых возможностях локального измерения коэрцитивной силы ферромагнитных объектов / В. Н. Костин, О. Н. Василенко // Дефектоскопия. – 2012. – № 7.
2. **Костин, В. Н.** Локальное измерение индукции коэрцитивного возврата при наличии зазора в составной цепи «преобразователь-объект» / В. Н. Костин, О. Н. Василенко // Дефектоскопия – 2012. – № 7.

E-mail: kostin@imp.uran.ru