

**И.В. ТЮПА**, к-т техн. наук, докторант, НТУ «ХПИ»;  
**Б.М. ГОРКУНОВ**, к-т техн. наук, проф., НТУ "ХПИ";  
**А.А. АВРАМЕНКО**, к-т техн. наук, доц., НТУ "ХПИ";  
**В.В. СКОПЕНКО**, соискатель, НТУ "ХПИ";

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ В ПОПЕРЕЧНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

У роботі проведено експериментальні дослідження контролю дефектів циліндричних виробів у перпендикулярному до об'єкту контролю електромагнітному полі, яке створюється за допомогою котушок Гельмгольца. Вимірювання сигналу від дефекту здійснюється за допомогою двох взаємоперпендикулярних обмоток прохідного і накладного типу.

Experimental researches of control of defects of cylinder wares are in-process conducted in to perpendicular to the object control the electromagnetic field which is created by the spools of Helmholtz. Measuring of signal from a defect is carried out by two perpendicular coils of communicating and superimposed type.

**Введение.** В настоящее время для оценки структурного состояния и косвенного измерения механических напряжений и дефектов в изделиях из ферромагнитных материалов широко применяются магнитные и электромагнитные методы контроля, которые основанные на взаимосвязи магнитных и механических характеристик со структурными параметрами. Однако проблема контроля осложняется тем, что зачастую остается неизвестным состояние металла, химический состав и магнитная предыстория элементов конструкций. Поэтому возникает потребность экспериментальных исследований с привлечением широкого круга материалов и различным исходным состоянием [1].

Как показано в работе [2], при проведении исследований, на малоуглеродистых сталях Ст.20, СТ3 и низколегированных сталях 09Г2С и 10ХСНД. Выбор обусловлен тем, что эти стали:

широко применяются в различных отраслях промышленности;

относятся к разным категориям прочности, обладают хорошими характеристиками пластичности, характеризуются обычными и повышенными антикоррозионными свойствами и разной склонностью к циклическому упрочнению и разупрочнению, что имеет существенное значение при интерпретации результатов со сталями подобного класса;

позволяют описать поведение разных классов материалов и распространить полученные закономерности на все материалы, близкие к ним по составу и свойствам;

являются хорошим материалом для изучения физики магнитоупругих явлений вследствие низкого содержания углерода.

Набор сталей, а также получение на них путем применения различных видов обработки широкого спектра структурных состояний позволяют оценить их преимущества и недостатки при определении связи между структурой, механическими и магнитными свойствами. Для получения различной исходной структуры стали использовали образцы в следующих состояниях: состояние заводской поставки; поставка + отжиг при 900 и 1050 °С; поставка + прокатка на степень деформации  $\varepsilon = 50$  %. Мелкозернистую структуру стали получали термоциклической обработкой в состоянии поставки и рекристаллизационным отжигом после дробной прокатки на  $\varepsilon = 50$  %.

Следует отметить, что в зависимости от исходного состояния, магнитной и механической предыстории образцов начальные условия  $H_p$  (до приложения внешней нагрузки) на поверхности образца в разных зонах могут значительно различаться. Однако качественно характер зависимости напряженности магнитного поля рассеяния  $H_p$  от действующих внутренних напряжений  $\sigma$  при этом не меняется. Поэтому представляло интерес исследовать зависимость электромагнитных параметров в зоне максимальных внутренних напряжений, которая моделировалась уменьшением площади поперечного сечения в центральной части образца путем создания боковых радиусных проточек, а также определения дефектов различной ориентации относительно возбуждающего поля с использованием взаимоперпендикулярно расположенных относительно оси изделия измерительных катушек накладного и проходного типа. Для этого было использовано несколько образцов и создан макет установки для проведения экспериментальных исследований по выявлению поверхностных дефектов различной ориентации.

**Основная часть.** На рис. 1 приведена функциональная схема установки, реализующая амплитудный и фазовый методы вихретокового контроля дефектов различной ориентации в поперечном однородном магнитном поле. Установка содержит рабочий вихретоковый преобразователь ВТПР и опорный вихретоковый преобразователь ВТПО (построенные на основе катушек Гельмгольца), преобразователи, исследуемый образец  $O$ , вольтметр  $V_1$  и образцовое сопротивление  $R_0$ , предназначенные для контроля намагничивающего тока, опорное сопротивление  $R_\phi$  для измерения фазового угла фазометром  $\Phi$ , вольтметр  $V_2$  и  $V_3$  для измерения разностной ЭДС выходного сигнала проходного и накладного преобразователей соответственно, источник синусоидального напряжения  $G$  и частотомер  $f$ . В однородное электромагнитное поле, которое создается с помощью двух идентичных намагничивающих обмоток НК (катушки Гельмгольца), помещается объект контроля  $O$  с дефектом  $D$  (левая часть схемы) и с бездефектной областью (правая часть схемы). Контроль дефектного состояния осуществляется с помощью измерительной катушки накладного типа ИК1 и проходного ИК2. Для реализации данных методов вначале с помощью генератора  $G$

устанавливают значение намагничивающего тока по показаниям вольтметра  $V_1$  и по частотомеру  $f$  устанавливают значение частоты зондирующего поля при которой для данного исследуемого образца  $O$  значение глубина проникновения будет рациональным с точки зрения максимальной чувствительности ВТП.

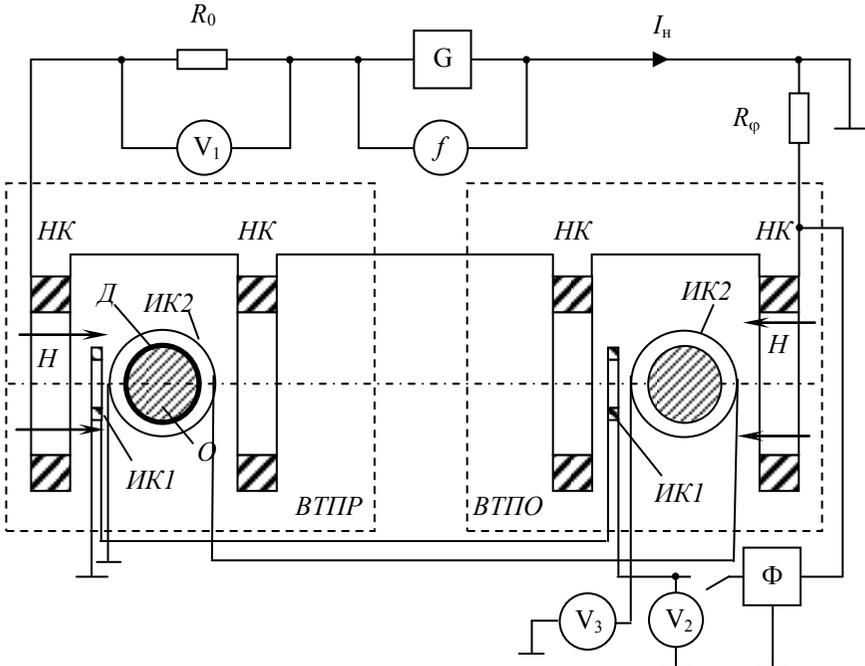


Рис. 1. Схема установки, реализующая дифференциальный амплитудный и фазовый метод контроля дефектов в поперечном поле

На рис 2 *а, б* показано графические зависимости чувствительности амплитуды выходного сигнала дифференциального вихретокового преобразователя к дефектам, которые выполнены в виде радиальной проточки шириной 1 мм и глубинами: 0,5 мм; 1 мм; 1,5 мм в цилиндрическом образце Ст.20 соответственно. Описанные выше методы являются разностными. Из графиков видно, что для случая накладного преобразователя ИК1 рис. 2*а*, чувствительность к дефекту существенно выше, по сравнению с проходной катушкой ИК2 рис. 2*б*. При этом, для случая катушки ИК2 наблюдается размытость характеристики границы дефекта. На рис. 3 приведены графические зависимости фазы выходного сигнала для случая накладного преобразователя. Из графиков видно, что наблюдается четкий переход фазы сигнала в месте дефекта, что с учетом высокой чувствительности использованного фазометра Ф2-34 существенно облегчает контроль дефектов данным способом.

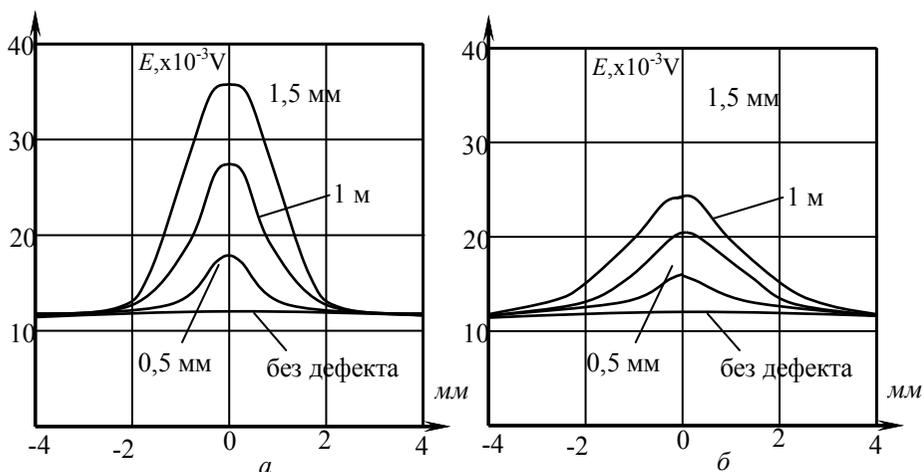


Рис. 2. Графические зависимости амплитуды сигнала накладного *а* и проходного измерительного преобразователя.

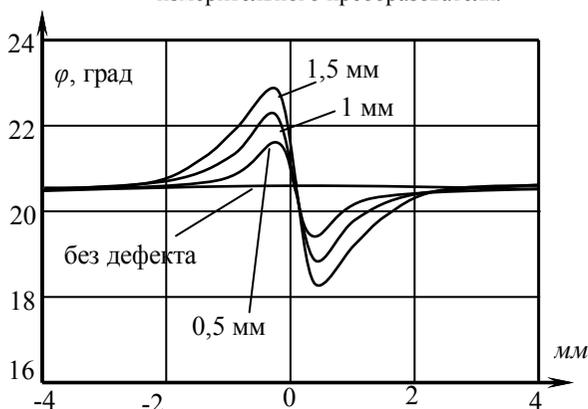


Рис. 3. Графические зависимости фазы сигнала накладного измерительного преобразователя.

В данной работе экспериментально исследован метод контроля дефектов в поперечном однородном магнитном поле катушек Гельмгольца с взаимноперпендикулярными измерительными обмотками, полученные экспериментальные зависимости позволяют сделать вывод о перспективности использования данного метода для создания средств вихретокового неразрушающего контроля и определения не только самого дефекта, но и его местоположения.

**Список литературы:** 1. Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т. Т. 2 / Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, – 2003. – 688 с. 2. В.Е. Гордиенко, Н.В. Овчинников, А.О. Бакиев. Контроль. Диагностика, №2. 2007. С. 60-69.