

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОРТАТИВНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА

Светлана Глоба ¹⁾, Григорий Сучков ²⁾, Юрий Хомяк ³⁾, Антон Слободчук ⁴⁾

¹⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, e-mail: sngloba@kpi.kharkov.ua, sngloba@mail.ru,

²⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, e-mail: suchkov_gm@mail.ru,

³⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, e-mail: homyak-yv@mail.ru

⁴⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, e-mail: slobodchuk_ay@mail.ru

Резюме: Описана структурная схема вихретокового дефектоскопа, управление которой осуществляется с помощью микроконтроллера. В качестве управляющего устройства использован микроконтроллер ATmega32 фирмы Atmel Corporation. Разработан и изготовлен вихретоковый дефектоскоп. Испытания показали, что поверхностные дефекты в виде трещин обнаруживаются с минимальной чувствительностью к шероховатости поверхности объекта контроля и идентифицируются по глубине.

Ключевые слова: вихретоковый преобразователь, возбуждающая обмотка, измерительная обмотка, поверхностный дефект, трещина, микроконтроллер, вихретоковый дефектоскоп.

1. Введение.

Постоянное развитие современного энергетического, машиностроительного и металлургического производства неразрывно связано с созданием и усовершенствованием методов и средств неразрушающего контроля, позволяющих обеспечить высокую надежность и безопасность. Особое место среди большого количества методов и средств неразрушающего контроля металлических изделий занимают вихретоковые методы [1-4]. Для осуществления современной вихретоковой дефектоскопии применяют широкую номенклатуру серийных приборов. Но в каждом частном случае имеет место специфика (структура и свойства объекта контроля, его форма и конструкция и т.п.), которая обуславливает необходимость дополнительных исследований и разработку специализированных средств вихретокового контроля. Особенно это проявляется при дефектоскопии изделий, которые имеют сложную поверхность. В общем случае поверхность объекта контроля (ОК) может иметь шероховатость, которая может привести к появлению ложных сигналов о дефекте. При практическом применении вихретокового дефектоскопа важным параметром является величина отношения сигнал-шум. Следует учитывать, что на амплитуду полезного сигнала, принятого вихретоковым преобразователем (ВТП), могут влиять электромагнитные помехи, характеристики схем измерения, потери в кабеле, соединяющем датчик и прибор. Поэтому исследование и разработка методов и средств, позволяющим повышать соотношение

сигнал-шум при вихретоковой дефектоскопии, является актуальной задачей.

Целью работы является повышение выявляемости поверхностных дефектов и оценки их параметров при контроле изделий с шероховатой поверхностью.

Для этого необходимо разработать портативный вихретоковый дефектоскоп, позволяющий контролировать объекты с шероховатой поверхностью и оценить его возможности.

2. Основная часть.

Для разработки вихретокового дефектоскопа был проведен ряд работ по созданию макета и отработки схемотехнических решений [5, 6]. В дефектоскопе использован амплитудный метод определения дефектов. То есть, сигнал на выходе приемной катушки ВТП имеет амплитуду пропорциональную параметрам и наличию дефекта в контролируемом образце. Для обеспечения минимального энергопотребления было принято решение питать ВТП одиночным импульсом. При этом использован принцип, рассмотренный в [5], позволяющий максимально приблизить форму сигнала возбуждающей обмотки ВТП к синусоидальной, а так же уменьшить потери в кабеле, соединяющем ВТП и электронный модуль дефектоскопа. Как следует из [5] для получения максимального сигнала с ВТП необходима подстройка длительности возбуждающего импульса, которая должна соответствовать частоте резонанса колебательного контура возбуждающей обмотки ВТП.

На рис. 1 приведена структурная схема разработанного дефектоскопа.

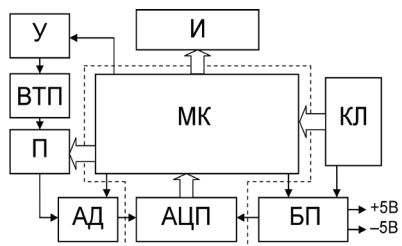
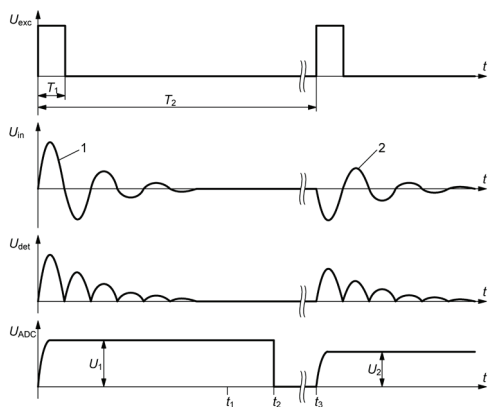


Рисунок 1 – Структурная схема вихретокового дефектоскопа

Управление работой прибора осуществляется с помощью микроконтроллера МК имеющего в своем составе аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Клавиатура КЛ служит для включения-выключения и управления параметрами работы дефектоскопа. Жидкокристаллический индикатор И служит для отображения режимов работы, осуществляет отображение текущей информации об амплитуде сигнала ВТП в графическом (шкала) и в численном виде, а также выдает информацию о состоянии батареи питания. Источник питания (БП) вырабатывает ± 5 В и состоит из гальванической батареи, преобразователя постоянного напряжения и схемы управления включением-выключением дефектоскопа. На рис. 2 показаны эпюры основных сигналов вихретокового дефектоскопа поясняющие принцип его работы.



$U_{\text{вых}}$ – напряжение на выходе усилителя мощности;
 $U_{\text{ин}}$ – напряжение на измерительной обмотке ВТП;
 $U_{\text{дет}}$ – сигнал на выходе выпрямителя;
 $U_{\text{АДЦ}}$ – напряжение на входе АЦП

Рисунок 2 – Эпюры сигналов вихретокового дефектоскопа

Микроконтроллер вырабатывает импульс заданной длительности (T_1), который поступает на усилитель мощности У. Усилитель через кабель питает возбуждающую обмотку ВТП и формирует импульс U_{exc} . Сигнал с измерительной обмотки ВТП $U_{\text{ин}}$ подается через цифровой потенциометр П на амплитудный детектор АД. Потенциометр служит для регулировки и подстройки амплитуды сигнала ВТП при различных режимах работы дефектоскопа и при использовании различных преобразователей. Амплитудный детектор выпрямляет ($U_{\text{дет}}$), детектирует ($U_{\text{АДЦ}}$) сигнал и после аналого-цифрового преобразования (t_1) сбрасывается (t_2) по команде микроконтроллера до следующего рабочего цикла (t_3). Различным сигналам 1 и 2 будут соответствовать U_1 и U_2 , рис. 2.

В качестве управляющего микроконтроллера использована микросхема ATmega32 фирмы Atmel Corporation. Это 8-и разрядный микроконтроллер AVR архитектуры с 32 Кбайт внутрисистемно программируемой FLASH памятью программ, допускающей чтение во время записи, 1024 байт EEPROM, 2 Кбайт SRAM, 32 рабочих регистра, три гибких таймера-счётчика с модулем сравнения, внутренние и внешние прерывания, последовательный программируемый интерфейс USART, байт-ориентированный двухпроводный последовательный интерфейс, 8-и каналный, 10-и битный АЦП с дифференциальным программируемым усилителем, порт SPI и шесть режимами сбережения энергии. В Atmega32 существует специальный режим подавления шума АЦП, при этом в целом в спящем режиме функционирует только АЦП и асинхронный таймер для уменьшения цифровых шумов преобразования. Построение основных узлов разработанного прибора описано в [6].

На рис. 3 показан внешний вид разработанного вихретокового дефектоскопа. Прибор состоит из электронного блока и подключенного к нему ВТП. Электронный блок дефектоскопа выполнен в виде прибора переносного типа. Питание дефектоскопа осуществляется от двух гальванических элементов типа АА суммарным напряжением 3 В. На лицевой панели электронного блока расположены: жидкокристаллический индикатор, 5 кнопок, светодиод сигнализации о дефекте. Включение дефектоскопа осуществляется нажатием на кнопку «ВКЛ», а при длительном нажатии (более 3 с) – выключение. Также кнопкой «ВКЛ» производится включение и отключение подсветки жидкокристаллического индикатора.

В процессе работы на экране дефектоскопа отображается значение эквивалентной глубины дефекта в миллиметрах и в виде горизонтальной амплитудной шкалы. Также отображается порог срабатывания сигнализации дефекта и состояние батареи питания. Кнопками «◀» и «▶» осуществляется изменение порога сигнализации дефекта и значений параметров в сервисном меню.



Рисунок 3 – Внешний вид вихретокового дефектоскопа

Вход в сервисные настройки и выбор изменяемого параметра осуществляется кнопкой «меню». В сервисном режиме может производиться установка длительности импульса возбуждающего тока, выбор количества циклов измерения с усреднением и подстройка коэффициента усиления. Кнопкой «>0<» производится установка нуля при расположении ВТП на бездефектном участке контролируемого изделия.

На втором этапе были выполнены натурные испытания образца разработанного дефектоскопа в условиях ПАО «МК «Азовсталь» [7]. Испытания прибора на слябах текущего производства проводились в транспортно-отделочном отделении кислородно-конверторного цеха и на складе слябов толстолистового цеха. Для исследований были представлены слябы, имеющие поверхностные дефекты, выявленные отделом технического контроля при визуальном осмотре.

Испытания показали, что, невзирая на «сложную» поверхность непрерывно-литых слябов, трещины различной глубины уверенно обнаруживаются и идентифицируются по глубине.

3. Выводы.

Разработан портативный вихретоковый дефектоскоп, обладающий высокой чувствительностью, широким диапазоном оценки глубины дефектов, малым энергопотреблением, незначи-

тельной массой и низкой стоимостью. Прибор позволяет выполнять неразрушающий контроль по шероховатой поверхности.

4. Литература

- [1] Асташенков А.И. Измерения. Контроль. Качество. Неразрушающий контроль: справ. технического ком. по стандартизации / А.И. Асташенков, Л.С. Бабаджанов, В.С. Иванов и др. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 708 с.
- [2] Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Сошин, А.В. Ковалев и др.; Под ред. В.В. Клюева. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2005. - 656 с.
- [3] Metals handbook / Amer.soc.for metals. – 9th ed. – Metals Park(Oh): [s. n.]. Vol. 17: Nondestructive evaluation and quality control. – 9th. ed. – 1989. – XI, 795 p.p.
- [4] Сучков Г.М. Развитие возможностей вихретоковой дефектоскопии / Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. // Методи та прилади контролю якості. – 2006. – № 17. – с.3–7.
- [5] Сучков Г.М. Улучшение характеристик вихретокового преобразователя за счет включения его обмоток в колебательные контуры / Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – №35. – 2007. – с.41–44.
- [6] Сучков Г.М. Разработка элементов вихретокового дефектоскопа / Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – №14. – 2009. – с.124–128.
- [7] Сучков Г.М. Повышение возможностей вихретокового контроля поверхности непрерывно литых слябов из ферромагнитных сталей / Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. // Дефектоскопия. – Екатеринбург. – 2013. – №1. – с.78-83.

Данные об авторах:

Светлана Николаевна Глоба. Образование – высшее, специальность – информационно-измерительная техника (1996). Кандидат технических наук (2000), доцент (2005); доцент кафедры приборов и методов неразрушающего контроля, заместитель заведующего кафедры приборов и методов неразрушающего контроля, электромашиностроительный факультет; учёный секретарь специализированного учёного совета Д 64.050.09 по специальности 05.11.13 – приборы и методы контроля и определения состава веществ; Национальный технический университет; Харьковский политехнический

институт. Научные интересы: методы и средства капиллярного контроля, приборы и методы вихретокового контроля, методы и средства радиационного контроля.

Григорий Михайлович Сучков. Образование – высшее, специальность – физика (1977). Доктор технических наук (2006), профессор (2008); заведующий кафедрой приборов и методов неразрушающего контроля; Национальный технический университет; Харьковский политехнический институт. Научные интересы: приборы и методы неразрушающего контроля и измерительной техники.

Юрий Валентинович Хомяк. Образование – высшее, специальность – приборы и системы

неразрушающего контроля (2007). Кандидат технических наук (2013), доцент кафедры приборов и методов неразрушающего контроля, электромашино-строительный факультет, Национальный технический университет; Харьковский политехнический институт. Научные интересы: приборы и методы вихретокового контроля.

Антон Юрьевич Слободчук. Образование – высшее, специальность – информационные сети связи (2014). Аспирант кафедры приборов и методов неразрушающего контроля, электромашино-строительный факультет, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт". Научные интересы: приборы и методы неразрушающего контроля.

FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF PORTABLE EDDY CURRENT FLAW DETECTOR

*Svitlana Hloba*¹⁾, *Grigory Suchkov*²⁾, *Yurii Khomiak*³⁾, *Anton Slobodchuk*⁴⁾

¹⁾ NTU "KhPI" – NTU "KhPI", Frunze str., 21, Kharkiv, Ukraine, 61002,

e-mail: sngloba@kpi.kharkov.ua, sngloba@mail.ru

²⁾ NTU "KhPI", Frunze str., 21, Kharkiv, Ukraine, 61002, *e-mail: suchkov_gm@mail.ru*

³⁾ NTU "KhPI", Frunze str., 21, Kharkiv, Ukraine, 61002, *e-mail: homyak-yv@mail.ru*

⁴⁾ NTU "KhPI", Frunze str., 21, Kharkiv, Ukraine, 61002, *e-mail: slobodchuk_ay@mail.ru*

Abstract: A block diagram of an eddy current flaw detector, which is controlled by a microcontroller is described. The microcontroller is used as the control microcontroller ATmega32 company Atmel Corporation. Designed and manufactured eddy current layout. Tests have shown that surface defects such as cracks demonstrated a crucial with minimal sensitivity to roughness control object and are identified in depth.

Key-Words: eddy current transducer exciting winding, measuring winding, surface defect, crack, microcontroller, eddy current flaw detector.

References

[1] **Astashenkov A.I.** Dimension. Control. Quality. Non-destructive testing: Right. Technical com. Standardization / Astashenkov A.I., Babadjanov L.S., Ivanov V.S. et al. - M.: Publishing house PKI Standards, 2002. - 708 p.

[2] **Klyuyev V.V.** Nondestructive testing and diagnostics: a handbook / Klyuyev V.V., Sosnin F.R., Kovalev A.V., etc. ; Ed. Klyuyev V.V. - 3rd ed., Rev. and add. - M. : Engineering, 2005. - 656 p.

[3] Metals handbook / Amer.soc.for metals. - 9th ed. - Metals Park (Oh): [s. n.]. Vol. 17: Nondestructive evaluation and quality control. - 9th ed. - 1989. - XI, 795 p.

[4] **Suchkov G.M.** Development opportunities eddy current flaw detection / GM Suchkov, Y.

Hamster. // Method that adjusted the Control of Quality. - 2006. - № 17. - pp.3-7.

[5] **Suchkov G.M.** Improving the performance of eddy current transducer to include it in the resonant circuit winding / GM Suchkov, Y. Hamster. // News NTU "KhPI." - Kharkiv: NTU "KhPI." - №35. - 2007 - pp.41-44.

[6] **Suchkov G.M.** Development of elements of the eddy current flaw detector / Suchkov G.M., Hamster Y. // News NTU "KhPI." - Kharkiv: NTU "KhPI." - №14. - 2009. - pp.124-128.

[7] **Suchkov G.M.** Empowering eddy current surface continuously cast slabs of ferromagnetic steel / Suchkov G.M., Hamster Y. // Defectoscopy. - Ekaterinburg. - 2013. - №1. - pp.78-83.

ОСОБЕНОСТИ НА ИЗГРАЖДАНЕТО НА ПОРТАТИВЕН ВИХРОВОТОКОВ ДЕФЕКТОСКОП

Светлана Глоба ¹⁾, Григорий Сучков ²⁾, Юрий Хомяк ³⁾, Антон Слободчук ⁴⁾

¹⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харков, Украйна, 61002,

e-mail: sngloba@kpi.kharkov.ua, sngloba@mail.ru,

²⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харков, Украйна, 61002, e-mail: suchkov_gm@mail.ru,

³⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харков, Украйна, 61002, e-mail: homyak-yy@mail.ru

⁴⁾ НТУ "ХПИ", ул. Фрунзе, 21, Харков, Украйна, 61002, e-mail: slobodchuk_ay@mail.ru

Резюме: Описана е блокова схема на вихротоков дефектоскоп, който се управлява от микроконтролер. Като управляващо устройство е използван микроконтролер ATmega32 на фирмата Atmel Corporation. Разработен и произведен е вихротоков дефектоскоп. Изпитванията показват, че повърхностни дефекти като пукнатини се откриват с минимална чувствителност към грапаостта на повърхността на изпитвания обект и се идентифицират в дълбочина.

Ключови думи: вихротоков преобразувател, възбудителна намотка, измервателна намотка, повърхностен дефект, пукнатина, микроконтролер, вихротоков дефектоскоп.