

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛИЗИРОВАННОГО ТВЕРДОМЕРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ШОРА

**А. А. Донцов, Д. А. Прокопов, К. Н. Сальников,
Р. И. Петрицкий, С. Ф. Дмитриев, А. В. Ишков**

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Разработан действующий прототип виртуализированного прибора - ТШМ-1У, реализующий один из универсальных методов определения твердости материалов - метод Шора. Использование линейной зависимости декремента затухания вынужденных колебаний первичного датчика прибора – сверхминиатюрного вихретеокового преобразователя (СМВТП) на поверхности исследуемого материала от его твердости, позволило реализовать обработку измерительного сигнала в программной части комплекса. Ранее нами были разработаны виртуализированные измерительные приборы (ВИП) - современные измерительные программно-аппаратные (ПА) комплексы, базирующиеся на максимальной виртуализации функций измерительного устройства, не связанных с непосредственным получением информации от контролируемого объекта и среды [1], и предназначенные для решения частных задач электромагнитных измерений: измерения предельно-допустимого уровня электромагнитных излучений (по магнитной компоненте ЭМИ), измерения напряженности постоянного и переменного магнитного поля, исследование спектральной характеристики ЭМИ в звуковом диапазоне, измерение электропроводности неферромагнитных материалов, измерение электропроводности полупроводников и пр. [1, 2].

Используемый в этих ВИП метод вихревых токов (МВТ) основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Плотность вихревых токов в объекте зависит от геометрических и электромагнитных параметров объекта, а также от взаимного положения измерительного вихревого преобразователя, его конструкции и от объекта контроля. В качестве датчика в разработанных ВИП использован сверхминиатюрный вихретеоковый преобразователь (СМВТП) индуктивного типа [3]. Синусоидальный или импульсный ток с известными характеристиками, поступающий

на возбуждающую катушку СМВТП с аналогового выхода (ЦАП) звуковой карты ПК, создает электромагнитное поле, которое преобразуется и направляется к объекту контроля магнитопроводом-концентратором датчика и возбуждает в нем вихревые токи. Поле вихревых токов, воздействуя на приемную катушку СМВТП, наводит в ней ЭДС и изменяет ее полное электрическое сопротивление. Сигнал с приемной катушки подается на вход (АЦП) звуковой карты и после программной обработки рассчитываются его характеристики. Программная часть ВИП управляет входами-выходами АЦП/ЦАП ПК, в реальном времени регистрирует напряжение на выводах катушек СМВТП или их сопротивление, осуществляет обработку измерительных сигналов и позволяет получать информацию о свойствах объекта или положении преобразователя относительно него.

Используя зависимость измерительного сигнала от положения СМВТП относительно объекта контроля [4], которая восстанавливается программой ВИП и на основе вычисления логарифмического декремента затухания колебаний датчика над электропроводящей поверхностью, нами был разработан метод измерения твердости, результаты которого хорошо коррелируют со стандартизированным динамическим методом упругой отдачи (метод Шора) по ГОСТ 23273-78. Этот метод был реализован в новом ВИП - твердомере ТШМ-1У, предназначенном для измерения твердости металлических, полимерных и композиционных проводящих материалов.

Конструкция используемого в разрабатываемом приборе СМВТП, обеспечивает его работу в режиме самосравнения, однако типовой датчик изготовлен по принципу сравнения со стандартным образцом, т.е. рабочий и образцовый преобразователи не связаны индуктивно и имеют независимые измерительные и возбуждающие обмотки [5]. Такое оформление СМВТП обеспечивает измерение характеристик материалов с относительной погрешностью уже до 0,1-0,5 %, защищает рабочий ВТП от внешних наводок и позво-

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛИЗИРОВАННОГО ТВЕРДОМЕРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ШОРА

ляет использовать его для комплектования, например измерителя электропроводности неферромагнитных материалов ИЭНМ-20М, разработанного нами ранее.

Дифференциальное включение катушек и фокусировка возбуждающего поля сердечником позволяет с датчиком этого типа проводить высокочувствительные локальные исследования проводящих материалов на площади 50 - 80 мкм².

Для измерения же характеристик затухающего процесса в рабочем датчике обе части СМВТП были выполнены на общем бипирамидальном магнитопроводе а включение их катушек в цепь первичного преобразователя - полностью независимое. В качестве материала сердечников СМВТП использовался среднечастотный малодиссипативный феррит, выбранный из ферритов марки 2000 НМ3 по величине максимальной начальной магнитной проницаемости. Была разработана технология изготовления сигнальных и генераторных катушек с использованием оригинальной оснастки для микроминиатюрных намоточных работ. Катушки СМВТП пропитаны эпоксидным компаундом и обеспечивают устойчивую работу датчика при температурах до 200 °С, а сам датчик с системой распайки помещается в пластмассовый корпус держателя. Для реализации виртуализированного измерительного прибора МВТ, СМВТП подключается непосредственно к разъемам звукового адаптера ПК, а запуск специализированного программного обеспечения обеспечивает конфигурирование и работу всего измерительного ПА-комплекса.

В приборе ТШМ-1У реализованы два способа измерения твердости, основанные на прямой пропорциональной зависимости значения логарифмического декремента затухания колебаний СМВТП от твердости материалов по шкалам HSD, HV, HB, HRC и др. (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики разрабатываемого твердомера

1.	Число встроенных программ измерений	6
2.	Единицы измерения твердости	HV, HRC, HRN30, HB, HSD,
3.	Диапазон измерения твердости, HSD	от 30 до 97
4.	Перевод чисел твердости	автомат.
5.	Пределы допускаемой погрешности прибора, %	0,5 - 5,0
6.	Индикация значений твердости	буквенно-цифровая
7.	Питание внешнего датчика	автономное

Использование архитектуры специализированных измерительных программно-аппаратных комплексов [4] позволило в приборе ТШМ-1У легко реализовать многие сервисные функции: - автоматический пересчет твердости из шкалы HSD в шкалы HB, HRC, HRN30 и HV; - статистическая обработка, накопление и хранение полученных результатов; - выбор и корректировка параметров калибровочной кривой; - разбраковки изделий по твердости, и пр.

На данном этапе реализован действующий макет-прототип измерительного устройства, который представляет собой СМВТП-датчик первого типа, сопряженный с коммерческим беспроводным приемником-передатчиком F1, подключаемый к компьютеру по Bluetooth 2.0-каналу (рис. 1), и специализированное программное обеспечение, выполненное в виде самоисполняемого в ОС Windows *.exe файла, в котором реализованы все функции по измерению, преобразованию и обработке сигнала от ВТП.

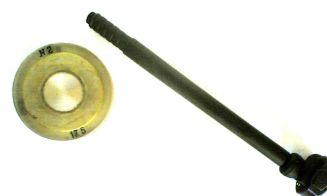


Рисунок 1 – Внешний датчик прототипа твердомера ТШМ-1У с ГСО

Отличительной особенностью ТШМ-1У является беспроводное исполнение внешнего датчика, возможность проведения измерений при любом его положении относительно поверхности образца и уменьшение массы образца с 0,1 до 0,001 г, что позволяет использовать прибор для оперативного контроля твердости изделий в цеховых и лабораторных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Лященко Д.Н., Новожинов А.В. // Научные исследования: информация, анализ, прогноз. – Воронеж: ВГПУ, 2010. С. 580-592.
2. Ишков А.В., Дмитриев С.Ф. // Мат. Междунар. научн.-техн. конф. «ИКИ-2007». -Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. С.3-6.
3. Дмитриев С.Ф., Панов С.Г., Ишков А.В. // Ползуновский альманах. № 2. 2008. С. 15-20.
4. Рябинин А.А., Маеренко А.А., Панов С.Г. и др. // Горизонты образования. Вып.10. 2008.
5. Ишков А.В., Дмитриев С.Ф., Новожинов А.В., Лященко Д.Н. // Труды VII-ой научн.-техн. конф. по НПО. – СПб.-М.: Изд-во Нестор, 2009. С. 82-89.