

УДК 621.31

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ

Марченко А.Ю., аспирант

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко)*

Выполнен сравнительный анализ технических возможностей современного оборудования для измерения коэрцитивной силы, выпускаемого ведущими производствами СНГ

Вступление. Применение магнитного метода неразрушающего контроля предусматривает обязательное намагничивание изделия. При этом выбор первичного параметра обычно зависит от конкретно поставленной задачи контроля, марки стали контролируемого изделия, требуемой эффективности контроля. Наиболее информативными параметрами являются коэрцитивная сила, намагниченность, остаточная индукция, магнитная проницаемость, напряженность и эффект Баркгаузена.

Приборы, реализующие способ магнитного контроля по коэрцитивной силе, обычно называют коэрцитиметрами. Выходной сигнал этих приборов, хотя и пропорционален коэрцитивной силе материала, но зависит еще и от геометрических факторов. Поэтому на практике часто можно встретить более корректное название этого класса приборов – структуроскопы.

Целью анализа является рассмотрение особенностей выпускаемых приборов неразрушающего контроля качества по коэрцитивной силе (H_c) и выделение преимуществ их применения. В задачи исследования также входило провести анализ приборов неразрушающего контроля и представить их технические характеристики для эффективных областей использования.

Ниже приведена информация о принципах работы и основных технических характеристиках наиболее распространенных марок коэрцитиметров-структуроскопов, выпускаемых предприятиями СНГ.

Обзор оборудования. Коэрцитиметр "КМ-445" рис. 1. Коэрцитиметр производится ООО "Микроакустика" (РФ, г. Екатеринбург) и предназначается для измерения коэрцитивной силы изделий из ферромагнитных материалов в диапазоне 150...6000 А/м с относительной погрешностью $\pm 5\%$.

Особенности коэрцитиметра КМ-445: низкая чувствительность к изменению зазора между полюсами преобразователя и контролируемым изделием (до 0,5 мм); малые габариты и масса; по требованию заказчика возможна поставка полюсов преобразователя с профилем, адаптированным к конкретному контролируемому изделию.



Рисунок 1 - Внешний вид коэрцитиметра КМ-445

Коэрцитиметр КМ-445 позволяет: определять марки ферромагнитных материалов, из которых изготовлены изделия; определять качество термообработки изделий из ферромагнитных материалов; осуществлять оценку механических характеристик ферромагнитных материалов.

Выпускаются модификации коэрцитиметров для выполнения следующих операций: снятие петли гистерезиса; дистанционное управление коэрцитиметром через порт RS-232; уменьшение времени измерений; измерения максимального и остаточного магнитных потоков; измерения релаксационной коэрцитивной силы.

Коэрцитиметры состоят из измерительного преобразователя в виде приставного электромагнита с двумя полюсами; переносного электронного блока со встроенным жидкокристаллическим дисплеем.

Технические характеристики коэрцитиметра КМ-445:

Диапазон измерения коэрцитивной силы, А/м: 150—4500.

Относительная погрешность измерения коэрцитивной силы, %, не более: ± 5 .

Время измерений — не более 6 с.

Габаритные размеры каждого варианта исполнения, мм, не более:

преобразователя коэрцитиметра — 200x140x100;

блока электронного — 235x230x130.

Средний срок службы, лет: 8.

Потребляемая мощность, Вт, не более: 5—500.

Коэрцитиметр КМ-445.1 сетевой, с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц.

Коэрцитиметр КМ-445.2 батарейный, с питанием от встроенной аккумуляторной батареи напряжением 12 В, емкостью 7 000 мАч.

Масса, кг, не более:

преобразователя коэрцитиметра — 2,6;

блока электронного коэрцитиметра КМ-445.1 с кабелем — 2,9;

блока электронного коэрцитиметра КМ-445.2 с зарядным устройством - 4,7;

Средняя наработка на отказ, ч, не менее: 8000.

Коэрцитиметр КИМ-2М. Коэрцитиметр выпускает ООО "Кропус" (РФ, г. Екатеринбург) рис. 2. Прибор предназначен для локального неразрушающего контроля качества термической, термомеханической или химикотермической обработок, а так же определения твердости и механических свойств деталей из ферромагнитных материалов при наличии корреляционной связи между контролируемыми и измеряемыми параметрами. Коэрцитиметр может быть использован для разбраковки металлов по маркам стали и контроля поверхностных слоев ферромагнитных материалов.

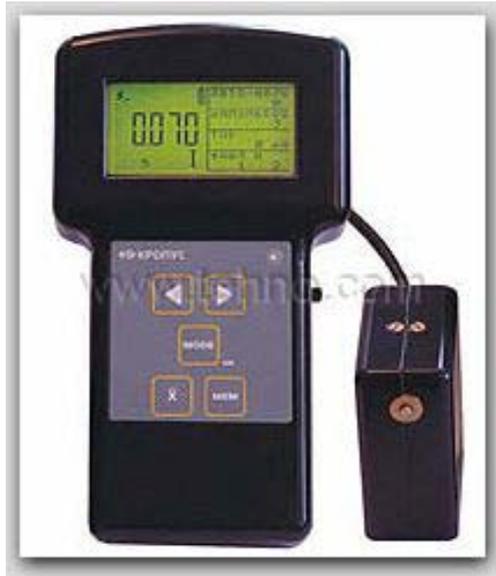


Рисунок 2 - Внешний вид коэрцитиметра КИМ-2М

Преобразователь представляет собой приставной электромагнит со съемными полюсными наконечниками и со встроенным в его магнитную цепь датчиком Холла.

Принцип работы прибора состоит в намагничивании контролируемого участка детали с последующим размагничиванием его нарастающим полем, фиксации напряженности поля, соответствующей коэрцитивной силе материала детали, и измерении амплитуды сигнала с датчика Холла.

Сертификат Госстандарта России RU.C.28.003.A №12287, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №22977-02 и рекомендован к применению в Российской Федерации.

Технические характеристики коэрцитиметра КИМ-2М:

Базовые режимы измерений: измерение коэрцитивной силы; измерение магнитной индукции, измерение остаточной магнитной; индукции при частичном размагничивании; измерение остаточной намагниченности.

Диапазон измерений коэрцитивной силы: от 150 А/м до 4500 А/м.

Намагничивание: импульсное, амплитуда импульса 250 В, число импульсов задается от 0 до 10. Размагничивание заданным током от 0 до 1000 мА, с шагом 1 мА. Время измерения: 5 сек. при 3-х импульсах намагничивания.

Шкалы: 10 программируемых с клавиатуры или с ПК, до 10 опорных точек для линейной аппроксимации.

Дискретность показаний: 1, 0.1, 0.01 или 0.001 – задается при программировании шкалы.

Питание: 8 аккумуляторов "АА" или внешний блок питания 220 В АС.

Время работы: 5 часов от 8 аккумуляторов 1.6 А/ч "АА".

Рабочее напряжение питания: 9 - 12 В.

Диапазон рабочих температур: от +5 С до +50 С.

Размер электронного блока (В x Ш x Д): 205 мм x 115 мм x 50 мм.

Размер преобразователя (В x Ш x Д): 60 мм x 75 мм x 35 мм.

Вес с элементами питания: 1.2 кг.

Коэрцитиметр КИПФ-1. Коэрцитиметр производится НПРУП "Диатех" (Республика Беларусь, г. Минск) рис. 3. Прибор используется для неразрушающего контроля качества термообработки, механических свойств и структуры изделий металлургии и машиностроения из углеродистых и легированных сталей по установленным корреляционным связям между измеряемой величиной коэрцитивной силы и контролируруемыми параметрами.

Принцип действия. Испытуемое изделие с помощью приставного П-образного электромагнита намагничивают, затем перемагничивают по нисходящей ветви петли магнитного гистерезиса и в момент равенства нулю магнитного потока в цепи приставной электромагнит - изделие измеряют величину тока перемагничивания, пропорционального коэрцитивной силе материала. Процесс намагничивания - перемагничивания - измерения автоматизирован. Градуировка КИПФ-1 осуществляется по эталонным образцам. Корреляционную связь между измеренной величиной коэрцитивной силы и контролируемыми параметрами устанавливают по ГОСТ 30415-96.



Рисунок 3 - Внешний вид коэрцитиметра КИПФ-1

Технические характеристики

Коэрцитиметр КИПФ-1 состоит из измерительного блока и преобразователя, включающего в себя П-образный электромагнит, соединенных жгутом длиной 1,5 м.

Диапазон измерения коэрцитивной силы: от 100 до 5000 А/м; относительная погрешность: не более 5 %; продолжительность одного измерения: не более 12 с; время непрерывной работы: не менее 8 часов; потребляемая мощность: не более 250 В·А; габаритные размеры: электронного блока: не более 385x265x140 мм; преобразователя: 122x75x85 мм; масса: электронного блока: не более 9 кг; преобразователя: не более 1,5 кг; цифровая индикация в А/м; имеется выход для информационной связи с ПЭВМ (через последовательный интерфейс RS232).

Замена прямых измерений механических свойств массово изготавливаемых изделий неразрушающим контролем с помощью коэрцитиметра КИПФ-1 позволяет: экономить металл, повысить производительность труда на контрольных операциях, обеспечить качество изделий. Поверка приборов осуществляется по методике МП.МН 1195-2002.

Коэрцитиметр КИПФ-1 прошел Государственные испытания и внесен в Государственные реестры средств измерений Республики Беларусь (№ РБ 03 20 1764 02) и России (№ 25988-03). Сертификат Республики Беларусь № 2328. Сертификат России № 16443/1.

Коэрцитиметр "МА-412ММ". Коэрцитиметр (магнитный анализатор) выпускается НПП "Машпроект" (РФ, г.Санкт-Петербург) рис. 4. Используется для контроля качества термообработки, поверхностного упрочнения, механических свойств и структуры деталей из ферромагнитных материалов.

В основу принципа действия магнитного анализатора заложена объективно имеющаяся взаимосвязь между физико-механическими характеристиками испытуемого материала и их магнитными характеристиками.



Рисунок 4 - Внешний вид коэрцитиметра МА-412ММ

Используя эти взаимосвязи, коэрцитиметр МА-412ММ позволяет контролировать широкий спектр технологических параметров в лабораторных, производственных и полевых условиях. Прибор реализован на основе современного микропроцессора, что обеспечивает максимальную гибкость настроек для контроля различных типов изделий и технологических параметров (до 10 на каждый используемый датчик). Магнитный анализатор оснащен двумя индикаторными устройствами: ярким светодиодным и графическим дисплеями. Прибор обладает внутренней памятью для хранения и последующей обработки результатов контроля на ПК. В приборе реализовано измерение характеристик: остаточной магнитной индукции (B_r), коэрцитивной силы (H_c), магнитной индукции (B_s), остаточная индукция по коэрцитивной силе (B_r/H_c) и автоматический перевод в значение технологического параметра.

Коэрцитиметр МА-412ММ может быть использован для контроля качества термообработки (глубины закаленного ТВЧ слоя, низкотемпературного отпуска, объемной термообработки); контроля изменения и анизотропии объемно-напряженного состояния изделий после статических и динамических нагрузок по результатам испытаний и эксплуатации; контроля толщины упрочняющих покрытий; рассортировка материалов по маркам.

Особенности измерительного процесса коэрцитиметром МА-412ММ:

Оценка качества объемной термообработки деталей (невозможно прямыми измерениями); высокая разрешающая способность и стабильность измерений;

Результаты контроля - непосредственно в единицах измерения контролируемого параметра; возможность разбраковки изделий по сигналам прибора МЕНЬШЕ, НОРМА, БОЛЬШЕ при стопроцентном контроле в условиях серийного производства; возможность оперативной калибровки прибора по образцам изделий; возможность комплектования прибора датчиками различных габаритных размеров для конкретных условий контроля.

Прибор комплектуется различными датчиками и имеет большой объем памяти, что идеально для работы в лаборатории и цеху.

Возможность оперативной калибровки прибора по образцам изделий.

Технические характеристики коэрцитиметра МА-412ММ:

Максимальная напряженность магнитного поля: 50 кА/м.

Время одного цикла измерения: 4 с

Погрешность определения тока размагничивания: 1%

Режим «обучение»: 10 программ по датчику

Емкость памяти: 1000 измерений по программе

Выход на ПК: RS-232

Пороговая сигнализация: настраиваемая

Время непрерывной работы 8 ч.

Питание от аккумулятора: встроенный аккумулятор

Габаритные размеры измерительного блока: 140 x 180 x 200 мм.

Габаритные размеры стандартного датчика: 40 x 70 x 80 мм.

Масса прибора: 2 кг

Диапазон рабочих температур (в стандартном исполнении) -10 ... +40 С°.

Магнитный структуроскоп (коэрцитиметр) КРМ-Ц-К2М.

Прибор выпускается ООО "Специальные Научные Разработки" (Украина, г. Харьков) рис. 5.



Рисунок 5 - Внешний вид коэрцитиметра КРМ-Ц-К2М

Общее описание. Основное назначение прибора - неразрушающий контроль механических свойств, напряженно-деформированного состояния (НДС) и степени усталости по измерениям магнитной характеристики металла – коэрцитивной силы.

Методологической основой работы данного прибора является межгосударственный (СНГ) стандарт ГОСТ 30415-96 "СТАЛЬ. Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры магнитным методом". Также существует ряд утвержденных и не утвержденных методик для работы данным прибором на определенных видах объектов.

Важным потребительским достоинством прибора является его высокая зазороустойчивость, когда показания прибора зависят только от свойств металла и не зависят от таких факторов, как защитное покрытие (краска, пленка и т.д.) толщиной до 6 мм на контролируемом металле или эквивалентные такому зазору коррозия, шероховатость, кривизна поверхности и т.п.

Основная область применения - контроль НДС и остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных механизмов (кранов, подъемников и лифтов), трубопроводов, котлов, сосудов под давлением и т.д., а также традиционный неразрушающий контроль механических свойств металлопродукции и технологий в металлургии и машиностроении.

Автономное питание от портативных аккумуляторов. Можно использовать на строительных площадках, в полевых условиях, при работе на высотных сооружениях, где нет сетевого питания или оно запрещено правилами безопасной эксплуатации.

Технические характеристики:

Диапазон измерения коэрцитивной силы, А/см	1,0 до 50,0
Погрешность измерения коэрцитивной силы на контрольных образцах, %	5 до 2,5
Длительность цикла измерения, не более, сек	8
Габаритные размеры, мм: блок измерения преобразователь	200x60 140x80x110
Масса, кг:	
блок измерения	2,0
преобразователь	1,7
Питание от аккумулятора, В	12
Время непрерывной работы без подзаряда, час	8

Выводы. Анализ приборов, производимых в СНГ показал, что измерение коэрцитивной силы (H_c), выполняемое с помощью данного оборудования, характеризуется близкими метрологическими параметрами (погрешность измерений H_c не более 5%), выполняется в автономном режиме и в пределах установленного диапазона (измерение H_c в диапазоне 1 – 50 А/см).

Основные технические характеристики: время выполнения измерений, диапазон измеряемой величины, время автономной работы, вес приборов являются, главным образом, аналогичными и не имеют отличий, существенно значимых для результатов выполняемых измерений.

Основной технической характеристикой коэрцитиметров, обуславливающей преимущества практического применения этого класса приборов для оперативного неразрушающего контроля свойств является их зазороустойчивость, т.е. возможность выполнения измерений через немагнитный зазор. При сравнении по этому параметру было установлено, что коэрцитиметр КРМ-Ц-К2М, выпускаемый предприятием ООО «Специальные Научные Разработки» (Украина, г. Харьков) имеет отстройку от зазора до 6мм немагнитного покрытия. Такой уровень помехоустойчивости позволяет выполнять измерения коэрцитивной силы без подготовки поверхности, что предоставляет исключительные технологические возможности для неразрушающего контроля свойств этим прибором.

Примечательно также, что ни один другой из приведенных в обзоре приборов не обладает такой высокой зазороустойчивостью, что ограничивает возможности их применения для оперативной оценки свойств в полевых условиях без подготовки поверхности контроля.

Как было отмечено выше, широкую область эффективного применения измерений коэрцитивной силы и, соответственно, описанных в этом исследовании приборов, обеспечивает наличие устойчивых связей между H_c и основными технологическими (эксплуатационными) характеристиками ферромагнитных изделий. Кроме того, новейшие исследования зависимости напряженного состояния некоторых немагнитных материалов (титановых

сплавов, применяемых в авиастроении) от величины измеряемой коэрцитивной силы значительно расширяют сферу применения данного класса приборов при контроле качества металлических компонент и изделий.

В приборе МА-412ММ, который является магнитным анализатором, кроме измерений коэрцитивной силы, реализована также возможность измерений дополнительных параметров магнитного поля: остаточной магнитной индукции (B_r), магнитной индукции (B_s) и остаточной индукции по коэрцитивной силе (B_r/H_c). Детальное изучение технических возможностей и эксплуатационных характеристик такого класса приборов как магнитные анализаторы находится за рамками данного исследования.

Обзор подготовлен по информационным материалам, представленным на веб-страницах производителей приборов.

Анотація

Сучасне обладнання для вимірювання коерцитивної сили

Марченко А.Ю.

Виконано порівняльний аналіз технічних можливостей сучасного обладнання для вимірювання коерцитивної сили, що випускається провідними виробництвами СНД

Abstract

Modern equipment for measuring coercivity

Marchenko A.

A comparative analysis of the technical possibilities of modern equipment for measurement of coercive force, produced by leading to the LPG