

Исследование схемы измерения толщины немагнитного слоя

Целью работы является исследование схемы измерителя толщины немагнитного слоя, принцип работы которой основан на вихретоковом методе, практическое применение данной схемы, как средства неразрушающего контроля.

Краткие теоретические сведения

Неразрушающий контроль осуществляют с помощью СНК (средств неразрушающего контроля): приборов (дефектоскопов, толщиномеров, структуроскопов и т.д.) и установок, а также дефектоскопических веществ и материалов (проникающих и проявляющих жидкостей, магнитных порошков и суспензий, паст и т.д.), стандартных образцов, вспомогательного оборудования. Дефектоскопы представляют собой приборы и установки, предназначенные для обнаружения дефектов типа сплошности.

Практически все дефектоскопы не только выявляют дефекты в изделии, но и определяют с установленной погрешностью его размеры и местонахождение. Некоторые дефектоскопы способны обнаруживать дефекты, определять глубину их и координаты относительно плоскостей изделия.

Структуроскопы в зависимости от их принципа действия могут определять физико-химические свойства материала, оценивать твердость и прочность материалов, глубину и качество термической обработки, обнаруживать отклонение содержания углерода от номинального значения, рассортировывать изделия по твердости, выявлять неоднородные по структуре области.

Толщиномеры, принцип работы которых основан на одном из методов неразрушающего контроля, позволяют быстро и без повреждения объекта контроля получить информацию о толщине изделия при одностороннем к нему доступе и о толщине лакокрасочных, гальванических, специальных покрытий, нанесенных на металлическую основу.

Вихретоковый метод контроля основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля этим полем. Плотность вихревых токов в объекте зависит от геометрических электромагнитных параметров объекта, а также от взаимного положения измерительного вихревого преобразователя (ВТП) и объекта. В качестве источника электромагнитного поля чаще всего используется индуктивная катушка (одна или несколько), называемая *вихретоковым преобразователем*. Синусоидальный (или импульсный) ток, действующий в катушках ВТП, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в

электромагнитном объекте. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них ЭДС или изменяя их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на катушках или их сопротивление, получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно его. Особенность вихретокового контроля в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит на расстояниях, достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметров до нескольких миллиметров). Поэтому этими методами можно получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов.

ЭДС (или сопротивление) преобразователя зависит от многих параметров объекта контроля, т.е. информация, даваемая преобразователем, многопараметровая. Это определяет как преимущество, так и трудности реализации вихретоковых методов (ВТМ). С одной стороны, ВТМ позволяют осуществить многопараметровый контроль; с другой стороны, требуются специальные приемы для разделения информации об отдельных параметрах объекта. При контроле одного из параметров влияние остальных на сигнал преобразователя становится мешающим, тому это влияние необходимо уменьшать.

Особенность вихретокового контроля в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит обычно на расстояниях, достаточных свободного движения преобразователя относительно объекта долей миллиметра до нескольких миллиметров). Поэтому ми методами можно получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов.

Получение первичной информации в виде электрических сигналов, безконтактность и высокая производительность определяют широкие возможности автоматизации вихретокового контроля.

Одна из особенностей ВТМ состоит в том, что на сигналы преобразователя практически не влияют влажность, давление и загрязненность газовой среды, радиоактивные излучения, загрязнение поверхности объекта контроля непроводящими веществами.

Простота конструкции преобразователя — еще одно преимущество ВТМ. В большинстве случаев катушки помещают предохранительный корпус и заливают компаундами. благодаря этому они устойчивы к механическим и атмосферным воздействиям, могут работать в агрессивных средах в широком интервале температур и давлений.

ВТМ основаны на возбуждении вихревых токов, а поэтому применяются в основном для контроля качества электропроводящих объектов: металлов, сплавов графита

полупроводников в благоприятных условиях контроля и малом влиянии мешающих факторов удается выявить трещины глубиной 0,10,2 мм, протяженностью 12 мм (при использовании накладного преобразователя) или протяженностью около 1 мм и глубиной 15% от диаметра контролируемой проволоки или прутка (при использовании проходного преобразователя).

ВТМ позволяют успешно решать задачи контроля размеров изделий. Этими методами измеряют диаметр проволоки, прутков и труб, толщину металлических листов и стенок труб при одностороннем доступе к объекту, толщину электропроводящих (например, гальванических) и диэлектрических (например, лакокрасочных) покрытий на электропроводящих основаниях, толщину слоев многослойных структур, содержащих электропроводящие слои. Измеряемые толщины могут изменяться в пределах от микрометров до десятков миллиметров. Для большинства приборов погрешность измерения 25%. Минимальная площадь зоны контроля может быть доведена до 1 мм², что позволяет измерить толщину покрытия на малых объектах сложной конфигурации. С помощью ВТМ измеряют зазоры, перемещения и вибрации в машина и механизмах.

Структурное состояние металлов и сплавов влияет на их электрические и магнитные характеристики. Благодаря этому оказывается возможным контролировать не только однородность химического состава, но и структуру металлов и сплавов, а также определять механические напряжения. Широко применяют вихретоковые измерители удельной электрической проводимости и другие приборы для сортировки металлических материалов и графитов по маркам (по химическому составу). С помощью вихретоковых приборов контролируют качество термической и химикотермической обработки деталей, состояние поверхностных слоев после механической обработки (шлифование, наклеп), обнаруживают остаточные механические напряжения, выявляют усталостные трещины в металлах на ранних стадиях их развития, обнаруживают наличие афазы и т.д.

По рабочему положению относительно объекта контроля преобразователи делят на проходные, накладные и комбинированные.

Накладные преобразователи выполняют с ферромагнитными сердечниками или без них. Благодаря ферромагнитному сердечнику (обычно ферритовому) несколько повышается абсолютная чувствительность преобразователя и уменьшается зона контроля за счет локализации магнитного потока.

Проходные ВТП делят на наружные, внутренние, погружные. Отличительная особенность проходных ВТП в том, что в процессе контроля они проходят либо снаружи объекта, охватывая его (наружные, рис. 3, а, в), либо внутри объекта (внутренние, рис. 3, г, д), либо погружаются в жидкий объект (погружные, рис. 3, е, ж). Обычно проходные ВТП

имеют однородное магнитное поле в зоне контроля, в результате чего радиальные смещения однородного объекта контроля не влияют на выходной сигнал преобразователя. Для этого длина L возбуждающей обмотки должна не менее чем в 34 раза превышать ее диаметр D , а длина L_u измерительной обмотки, размещенной в середине возбуждающей обмотки, должна быть значительно меньше длины последней.

Комбинированные преобразователи представляют собой комбинацию накладных и проходных ВТП.

По виду преобразования параметров объекта в выходной сигнал преобразователя ВТП делят на *трансформаторные* и *параметрические*. В трансформаторных ВТП, имеющих как минимум две обмотки (возбуждающую и измерительную), параметры объекта контроля преобразуются в напряжение измерительной обмотки, а в параметрических ВТП, имеющих, как правило, одну обмотку, — в комплексное сопротивление. Преимущество параметрических ВТП заключается в их простоте, а недостаток, который в трансформаторных ВТП выражен значительно слабее, — в зависимости выходного сигнала от температуры преобразователя.

Накладными ВТП контролируют в основном объекты с плоскими поверхностями и объекты сложной формы. Эти преобразователи применяют также, когда требуется обеспечить локальность и высокую чувствительность контроля. *Наружными проходными* ВТП контролируют линейнопротяженные объекты (проволоку, прутки, трубы и т.д.); применяют их и при массовом контроле мелких изделий. *Внутренними проходными* ВТП контролируют внутренние поверхности труб, а также стенки отверстий в различных деталях. Проходные ВТП дают оценку контролируемых параметров по периметру объекта, поэтому они обладают меньшей чувствительностью к локальным вариациям его свойств.

Погружные ВТП применяют для контроля жидких сред, экранные накладные — для контроля листов, фольги, тонких пленок, а экранные проходные — для контроля труб.

Трансформаторные ВТП обычно включают по дифференциальной схеме. При этом возможны схема сравнения со стандартным образцом и схема «самосравнения». В первом случае рабочий и образцовый ВТП не связаны индуктивно и имеют независимые измерительные и возбуждающие обмотки. Во втором случае возбуждающая обмотка часто служит общей для двух измерительных. При включении ВТП по дифференциальной схеме повышается стабильность работы прибора. Однако в ряде случаев измерительную обмотку включают последовательно с компенсатором, представляющим собой регулятор амплитуды и фазы напряжения. При этом компенсатор выполняет роль образцового ВТП: когда рабочий ВТП контролирует стандартный образец, то компенсатором

устанавливается требуемое напряжение компенсации. Такая схема позволяет устранить нестабильность, связанную с разогревом стандартного образца вихревыми токами.

Параметрические ВТП включают в схему, преобразующую изменение их комплексного сопротивления в изменение амплитуды и фазы (или частоты) напряжения. При включении параметрических ВТП в резонансные контуры, а также в контуры автогенераторов абсолютная чувствительность устройства повышается.

Описание лабораторной установки:

Схема измерения толщины немагнитного контроля (рис.1), представляющая собой автогенератор импульсов, собрана на логической микросхеме LM301N уровня КМОП, конденсатором $C1$ и дросселем $L1$ с количеством витков $w=1200$ (дроссель $L2$, $w=500$). Питание схемы осуществляется батарейкой с напряжением 9В. Частота выходного сигнала пропорциональна $1/\sqrt{LC}$. При изменении индуктивности дросселя изменяется и частота автогенератора.

- Измеритель толщины немагнитного контроля
- Образец исследования: металлическая пластина с отверстием
- Штангенциркуль
- Экран

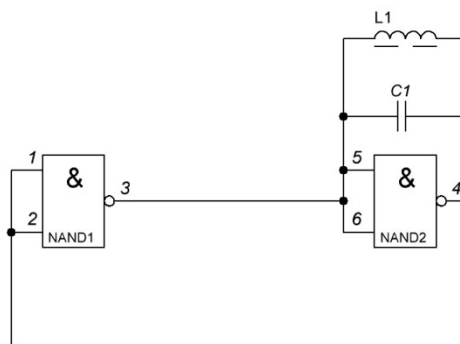


Рисунок 1. Схема измерения толщины немагнитного контроля

Программа работы

1. Подключить питание 9В ко входу схемы.
2. Произвести калибровку дросселей $L1$ и $L2$, заполнив таблицу №1. Снять зависимость выходной частоты от толщины листов $f(d)$.

Таблица 1

Количество листов	Толщина листов d , мм	Частота f , кГц
-------------------	-------------------------	-------------------

0		
1		
2		
...		
70		

3. Снять осциллограммы работы с 4 ножки микросхемы для дросселей $L1$ и $L2$.
4. Определить количество листов в пачке, измерив неизвестное количество листов (проделать тоже с дросселем $L2$).
5. Определить погрешность и точность каждого из дросселей.
6. Заэкранировать любой из дросселей, измерить частоту.
7. Найти дефект дросселем $L1$ через толщину немагнитного покрытия, равному 10 листам. Определить при каком количестве листов дефект не будет наблюдаться.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Описание лабораторной установки.
3. Программа работы.
4. Заполнить Таблицу №1 для дросселей $L1$ и $L2$ и построить зависимость выходной частоты от толщины листов $f(d)$.
6. Привести осциллограммы работы с 4 ножки микросхемы.
7. Привести и сравнить погрешность и точность каждого из дросселей.
8. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Объяснить полученное явление при выполнении пункта 6.
2. Объяснить принцип работы схемы
3. Объяснить причины различия в точности измерений дросселями $L1$ и $L2$.
4. Может ли уровень напряжения на выходе превысить питание? Объяснить почему.
5. Какими методами можно улучшить точность измерений?
6. За счет чего изменяется индуктивность схемы? Проиллюстрировать данный эффект.

inductance []

You must snuggle sensor to object

contact force must be constant when the number of sheets of paper

Какие внешние факторы влияют на точность измерения?

Как можно уменьшить влияние паразитной емкости человека на точность измерения?

Как можно уменьшить влияние температуры на точность измерения?

What external factors affect on the measurement accuracy?

How can you reduce the effects of strays capacitance of human on the measurement accuracy?

How can you reduce the effect of temperature on the measurement accuracy?