

Лекция 24

ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ

Сущность и область применения вихретокового метода

Электромагнитный метод, называемый также *вихретоковым*, основан на регистрации изменений электромагнитного поля вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводном объекте контроля. Результат взаимодействия поля возбуждающей катушки и поля, возбуждаемого вихревыми токами, регистрируют либо отдельными катушками, в которых наводится ЭДС результирующего поля, либо той же возбуждающей катушкой, электрические параметры которой (составляющие комплексного импеданса) изменяются в результате взаимодействия полей.

Переменное магнитное поле индуцирует в испытуемом объеме вихревые токи. Эти вихревые токи в свою очередь создают дополнительное собственное магнитное поле вблизи испытуемого объекта.

Если испытуемый объект, например металлический пруток, помещен внутри катушки, то первичное переменное магнитное поле вызывает в нем вихревые токи. Испытуемый объект действует как короткозамкнутая обмотка трансформатора с воздушным сердечником. Вихревые токи в свою очередь создают магнитное поле, которое ослабляет первичное магнитное поле внутри испытуемого объекта. Это уменьшение напряженности поля снижает напряжение вторичной катушки.

В качестве регистратора (преобразователя) при вихретоковом контроле обычно используют индуктивные катушки. Электромагнитное поле вихревых токов, действуя на катушки, наводят в них ЭДС или изменяют их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на выходе катушки или сопротивление катушки, получают информацию о контролируемом объекте.

ЭДС и импеданс преобразователя зависят от множества параметров контролируемого объекта, поэтому контроль может быть многопараметровым, расширяя возможности метода, вместе с тем усложняя его, приводя к необходимости отстройки от влияющих факторов.

Существенно, что электромагнитный контроль может осуществляться без контакта преобразователя с объектом, что позволяет проводить контроль с высокой скоростью, в частности при высокой температуре. Возможно построение датчиков, обеспечивающих локализацию зоны взаимодействия полей и, следовательно, зоны контроля. На сигналы практиче-

ски не влияют влажность, давление, загрязнение окружающей среды, ионизирующие излучения, загрязненность поверхности объекта непроводящими средами, например маслами. Конструктивная простота преобразователей позволяет использовать вихретоковый метод в самых разнообразных условиях.

Метод применяется для контроля электропроводящих материалов — металлов, сплавов, графитов, полупроводниковых структур.

При одинаковой по сравнению с ультразвуковым методом чувствительностью к дефектам на наружной поверхности труб вихретоковый метод заметно уступает по чувствительности к дефектам на внутренней поверхности. Однако этот метод позволяет выявить дефекты, не обнаруживаемые ультразвуковым методом — шлаковые включения, углубления на поверхности, трещины с малым раскрытием и некоторые другие. Кроме того, возможно выявление неоднородности металла. Поэтому вихретоковый метод часто используется в дополнение к ультразвуковому методу.

С помощью вихретокового метода выявляют трещины, расслоения, закаты, раковины, неметаллические включения и т.д., определяют толщину и другие размеры изделий и покрытий, физические характеристики материала — электрические и магнитные свойства, определяемые составом и структурой материала и влияющими на нее параметрами технологии. Кроме того, возможна оценка напряженного состояния материала.

Такие физические свойства материалов, как электропроводность, проницаемость, коэрцитивная сила и магнитное насыщение, которые определяются этим методом со многих сторон, характеризуют качество контролируемых деталей. Вихретоковым методом можно также определить химический состав сплава, качество термической обработки, твердость, глубину покрытия, степень поверхностного обезуглероживания, величину дефектов, размеры.

Область применения электромагнитного метода:

1. Дефектоскопия.
2. Толщинометрия — контроль геометрии, размеров.
3. Контроль толщины покрытий.
4. Контроль зазоров, перемещений, вибрации в механизмах и машинах.
5. Контроль структуры металлов и сплавов — контроль марок сталей, химического состава.
6. Технологический контроль — контроль термообработки, механообработки, остаточных напряжений, фазового состава.

Достоинства, ограничения и предельная чувствительность вихретокового метода контроля

Достоинства:

1. Бесконтактный метод контроля: поэтому можно добиться высокой скорости контроля — высокая производительность, широкая возможность автоматизации.
2. Низкие требования к качеству поверхности контролируемого объекта и изменению параметров окружающей среды — влажность, давление, радиоактивное излучение.
3. Простота и надежность конструкции преобразователя, которые способны работать в неприхотливых условиях.

Ограничения:

1. Применяются, главным образом, для контроля электропроводящих материалов.
2. Вихревые токи сконцентрированы вблизи поверхности (скин-эффект), поэтому можно контролировать наружные дефекты или дефекты, залегающие на небольшой глубине от поверхности.

Предельная чувствительность вихретокового метода

С помощью вихретокового метода можно обнаружить трещины глубиной не менее 0,1-0,2 мм, протяженностью 1-2 мм на глубине 1-5% от толщины изделия.

Классификация вихретоковых методов контроля

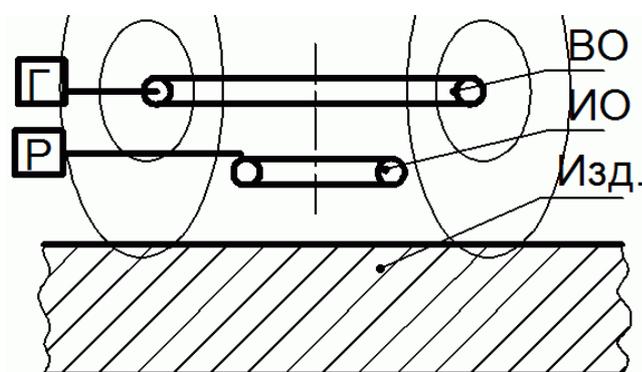
Согласно существующей классификации вихретоковые (электромагнитные) методы контроля разделяются по следующим признакам:

1. *По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом*
 - 1.1. Регистрация прошедшего электромагнитного излучения;
 - 1.2. Регистрация отраженного излучения.
2. *По регистрируемому информативному параметру*
 - 2.1. Амплитудный;
 - 2.2. Фазовый;
 - 2.3. Частотный;
 - 2.4. Спектральный;
 - 2.5. Многочастотный.
3. *По способу получения первичной информации*
 - 3.1. Трансформаторный;
 - 3.2. Параметрический.

Вихретоковые преобразователи (ВТП)

Основным элементом оборудования для вихретокового контроля являются вихретоковые преобразователи. Принцип действия их основан на возбуждении в контролируемом изделии вихревых токов и в преобразовании электромагнитного поля этих токов в электрический сигнал.

Возбуждение осуществляется *возбуждающей обмоткой (ВО)*, а регистрация – *измерительной (ИО)*, причем функции обмоток могут быть совмещены. Общая схема контроля показана на рисунке.



ЭДС, индуцируемая в обмотке, зависит от:

- 1) параметров контролируемого изделия;
- 2) взаимного расположения ИО и изделия;
- 3) параметров среды.

В настоящее время используется множество конструкций ВТП.

I. В зависимости от положения относительно объекта контроля ВТП делятся на:

- 1) накладные;
- 2) проходные;
- 3) комбинированные.

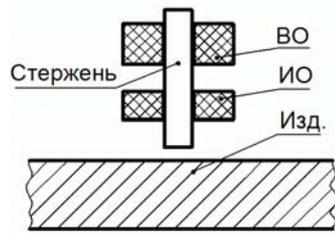
1). *Накладные* представляют собой одну или несколько катушек, устанавливаемых на поверхности изделия.

Накладные ВТП бывают:

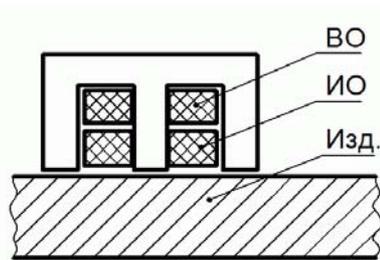
- 1.1. С сердечником (позволяют локализовать область контроля).
- 1.2. Без сердечника.

В свою очередь ВТП с сердечником разделяются:

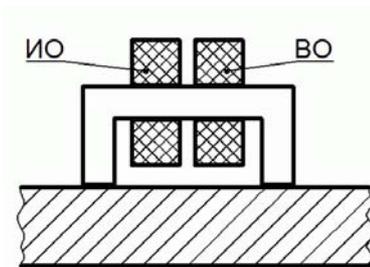
- 1.1.1. Стержневые;



1.1.2. Т-образные;

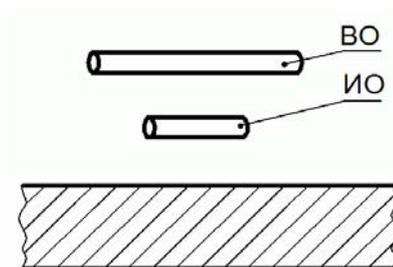


1.1.3. П-образные.

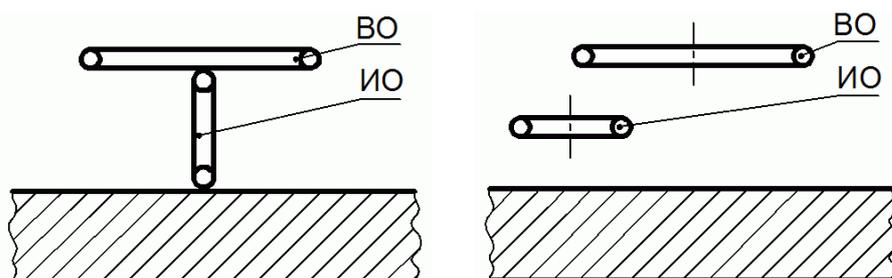


ВТП без сердечника подразделяются на:

1.2.1. Соосные;

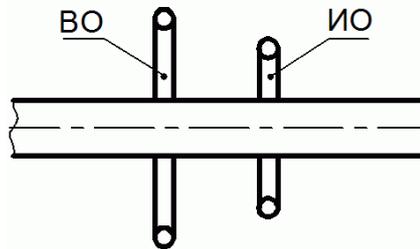


1.2.2. Несоосные.

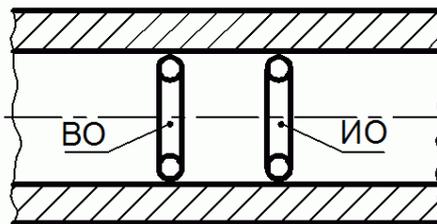


2). *Прходные ВТП* в зависимости от расположения относительно изделия делятся на:

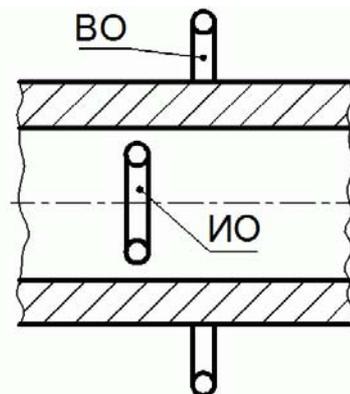
2.1. Наружные, используемые для контроля проволоки, прутков, труб.



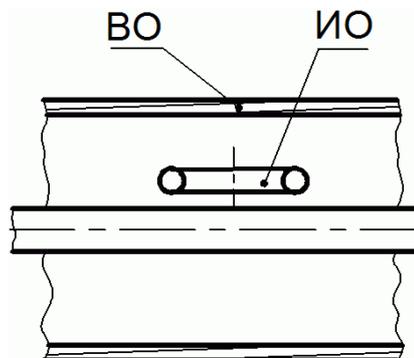
2.2. Внутренние, используемые для контроля труб.



2.3. Экранные, используемые для контроля труб.



3). *Комбинированные ВТП* — содержат обмотки, как накладные, так и проходного типа, и используются с целью снижения влияния помех.



II. В зависимости от способа преобразования информации ВТП делятся на:

1. *Параметрические* — функции ВО и ИО совмещены в одной обмотке и выходным параметром является *импеданс* этой обмотки.

2. *Трансформаторные* — имеются как минимум две обмотки, одна ВО, другая ИО, выходным параметром является ЭДС ВО.

III. По способу определения контролируемых параметров различают ВТП:

1. *Абсолютные* — определяются абсолютные значения информативных параметров.

2. *Дифференциальные* — определяются изменение информативных параметров. В дифференциальных ВТП выходной сигнал представляет собой разность сигналов двух абсолютных преобразователей, расположенных рядом, а поэтому реагирующих на физические характеристики соседних участков объекта.

