

Оптимизация технологии измерения толщины резиноподобного покрытия на разнородной подложке с применением вихретокового вида контроля



**Будадин
Олег
Николаевич**
Генеральный
конструктор и ди-
ректор по науке
Технологического
института энерге-
тических обследо-
ваний, diagnosti-
ки и НК «ВЕМО»,
г. Москва, д. т. н.,
профессор, ака-
демик Россий-
ской академии
космонавтики
им. К. Э. Циол-
ковского, лауреат
Гос. премии РФ.
III уровень по те-
пловому виду НК.

Сотрудники
ОАО «ЦНИИ
Специального
машинострое-
ния», г. Хотьково,
Московской обл.



**Кутюрин
Юрий
Григорьевич**
Отдел НК, к. т. н.



**Юхацкова
Ольга
Валентиновна**
Сотрудник отдела
НК. Аспирант.

**Муханов
Евгений
Евгеньевич**
Инженер отдела
НК. Аспирант.

Измерение толщины покрытий — важная часть НК

Для придания изделиям свойств, которые они заведомо не имеют, широко распространено применение различного рода покрытий. Функции, которые выполняют покрытия, крайне разнообразны: электроизоляционные, антикоррозионные, теплозащитные, жаропрочные, ударопрочные и др. Где бы ни применялись покрытия, одним из важнейшим показателей качества является их толщина. В ряде случаев специального применения покрытия должны изготавливаться с достаточно малым допуском на их размер при большом абсолютном значении толщины — до 20 мм и более. Измерениям толщины — толщинометрии — отведено значительное внимание в области НК.

В настоящее время существует большое число приборов — толщиномеров, осуществляющих неразрушающие измерения толщины покрытий. Вариантов их реализации много: от простейших автономных ручных до автоматизированных систем контроля толщины покры-

тий в поточном производстве. Чтобы правильно выбрать вид НК, метод и аппаратуру для измерения, нужно знать материал основания, материал покрытия, диапазон измерений и требуемую погрешность. Наиболее распространенные виды НК для измерения толщины покрытий — это ультразвуковой, магнитный и вихретоковый.

Ультразвуковой эхо-метод применим в ряде случаев измерения толщины покрытий, чаще всего многослойных на диэлектрических основаниях, но для его осуществления необходимо знать скорость распространения ультразвука в материалах измеряемых слоев. В эхо-импульсных толщиномерах пьезоэлектрический преобразователь излучает короткие импульсы ($3 \div 5$ полупериодов) частотой 0,5–100 МГц. Ультразвуковой импульс отражается от каждой границы раздела материалов и возвращается в пьезопреобразователь. Измеряется время между началом излучения и последующими возвращениями импульсов, и, зная скорость распространения ультразвука в каждом из слоев покрытия, вычисляется суммарная толщина покрытия и его слоев.

Недостатком ультразвукового эхо-метода является зависимость показаний от скорости ультразвука в материале, что в случае его неоднородности может вызвать недопустимую величину погрешности измерения. Метод также характеризуется высокой стоимостью оборудования и сложностью применения.

В случае, когда покрытие нанесено на металлическую поверхность (рис. 1), чаще всего применяют магнитный или вихретоковый виды НК. Толщина неферромагнитных покрытий на ферромагнитной стали может быть измерена магнитными толщиномерами. Их можно разделить на пондеромоторные и магнитоиндукционные. Работа пондеромоторных толщиномеров основана на измерении силы отрыва постоянного магнита от объекта контроля. Такие толщиномеры просты и не требуют источника питания. Измеряются толщины до 10 мм при относительной погрешности измерения от 5 до 10%.

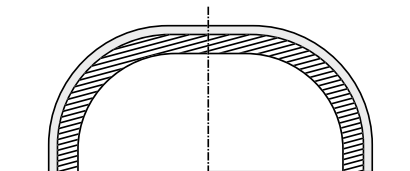


Рис. 1. Схема расположения резиноподобного покрытия на металлической подложке

Магнитоиндукционный метод измерения толщины покрытий основан на определении изменения магнитного сопротивления участка цепи (первичный измерительный преобразователь — ферромагнитная

контролируемая деталь), зависящего от толщины покрытия. Достоинства магнитоиндукционных толщиномеров — широкий диапазон измерений (до 50 мм) и низкая относительная погрешность измерений (1 – 3 %).

Методики измерения толщины покрытий вихретокового метода НК предполагают анализ взаимодействия внешнего электромагнитного поля, возбуждаемого первичным измерительным преобразователем, с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в электропроводящем слое, на который нанесено измеряемое диэлектрическое покрытие. Синусоидальный (или импульсный) ток в обмотках чувствительного элемента создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем основании. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на обмотки преобразователя, наводя в них ЭДС или изменяя их полное комплексное сопротивление. Регистрируя напряжение на катушках или их комплексное сопротивление, получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно него.

Отработка методики измерения толщины резиноподобного покрытия

Для ряда изделий, изготавливаемых на нашем предприятии, стоит задача разработки методики измерения толщины резиноподобного покрытия на металлической неферромагнитной разнородной подложке из нержавеющей стали, имеющей по поверхности отличающиеся электропроводность и радиус (мешающие параметры). Электропроводность материала подложки может изменяться в диапазоне от 1 до 3 МСм/м, а радиус — от 200 до 1000 мм. Измерения толщины должны проводиться вихретоковым методом на стадии изготовления покрытия.

При разработке технологии измерения толщины резиноподобного покрытия стоят две противоречивые задачи. С одной стороны, необходимо провести контроль с высокой производительностью и минимальной трудоемкостью. С другой — обеспечить требуемую погрешность измерений при условии, что толщина резины и свойства металлической подложки конструктивно изменяются. В этом случае, для обеспечения требуемой погрешности измерений необходимо многократно перенастраивать применяемый прибор.

Поэтому одной из главных задач, решаемых в настоящей работе, является выбор тех кластеров поверхности, которые обеспечивают за-

данную погрешность измерения на максимально возможной площади оснастки без необходимости перенастройки прибора.

Для определения влияния электропроводящих свойств подложки применяются эталонные меры толщины покрытия, с использованием которых производятся измерения на поверхности оснастки в строго определенных точках. Этих точек может быть от семидесяти до двухсот в зависимости от площади покрытия. Производится двадцать один замер в разное время разными исполнителями для получения статистических данных о погрешности прибора, обусловленной изменением электропроводности и радиуса оснастки в заданных точках. Из рис. 2 видно, что электропроводящие свойства металла в различных местах меняются. На основе анализа полученных статистических данных точки со схожими показаниями на эталонных мерах толщины объединяют в группы (формируются кластеры), условно показанные на рис. 3.

Для каждой объединенной группы с использованием набора эталонных мер толщины строится градуировочная характеристика, пример которой представлен на рис. 4.

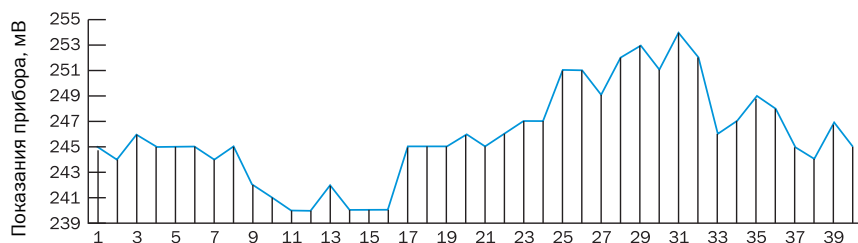


Рис. 2. Показания прибора внутри кластера на эталонных мерах толщины

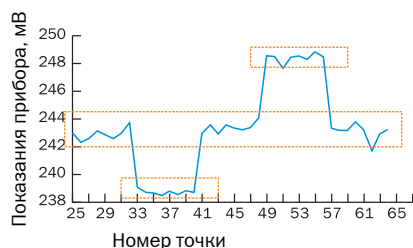


Рис. 3. Объединение точек в группы по признаку единства показаний на эталонных мерах толщины

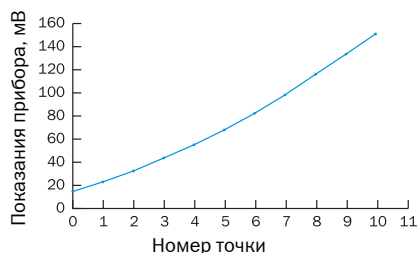


Рис. 4. Пример построения градуировочной характеристики

После изготовления резиноподобного покрытия на его наружную поверхность наносится разметка точек измерения толщины, записываются показания прибора, мВ, в этих точках, затем высчитывается толщина по градуировочной характеристике. В случае несоответствия толщины покрытия документации изделие отправляется на доработку.

Затем покрытие устанавливается на диэлектрическую конструкцию изделия с предварительно установленными в заданных точках тонкими металлическими кольцами, относительно которых по предварительно снимаемой градуировочной характеристике измеряется значение толщины покрытия в этих точках для контроля соответствия параметров защитного покрытия заданным. Характеристики колец не сказываются на параметрах изделия в эксплуатации

Выводы

Применение разработанной методики контроля резиноподобного покрытия на этапах его изготовления на металлической оснастке и установки на диэлектрическое изделие с использованием вихретокового метода НК позволило обеспечить требуемую достоверность измерения толщины в диапазоне до 20 мм и отстроиться от влияния мешающих параметров.