

## **ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ИМПУЛЬСНЫЙ КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ТОЛЩИНОЙ ОТ 25 МКМ И БОЛЕЕ**

Сясько В.А.<sup>1</sup>, Мусихин А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Константа», Санкт-Петербург, Россия,

<sup>2</sup>ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербург, Россия

Электроискровой контроль функциональных диэлектрических покрытий электропроводящих изделий, широко применяемый практически во всех отраслях промышленности, и регламентирован отечественными и зарубежными стандартами. Однако в стандартах не уделяется должное внимание вопросам формирования контрольного напряжения (постоянное или импульсное), полярности его приложения, влиянию параметров окружающей среды и неоднородности электрического поля. До настоящего времени, применительно к электроискровому методу контроля, практически не исследовалась зависимость электрической прочности воздушного промежутка от полярности приложения контрольного напряжения, влияние ряда геометрических и электрофизических параметров электродов и объектов контроля на чувствительность контроля и его достоверность (вероятность выявления дефектов покрытия).

В работе проведен детальный анализ и моделирование процесса искрообразования с учетом полярности прилагаемого контрольного напряжения и конструктивных принципов создания сильнонеоднородного электрического поля в межэлектродном промежутке, показана возможность контроля диэлектрических покрытий толщиной от 25 мкм и более при уменьшении контрольного напряжения, без снижения достоверности результатов, что особенно актуально при контроле сплошности лакокрасочных покрытий протяженных систем (например, трубопроводов) и объектов большой площади.

## **КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ И ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ВИХРЕТОКОВЫХ ТОЛЩИНОМЕРОВ**

Брюховецкая Е.Б.<sup>1</sup>, Ивкин А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,

Санкт-Петербург, Россия. E-mail: e.b.bruhovetskay@vniim.ru,

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский горный университет,

Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ivkin@constanta.ru

Металлические покрытия широко используются во всех отраслях промышленности (для защиты от коррозии, для придания поверхностям специальных свойств, например, износостойких, оптических, для декора-

тивных целей и т.д.). Толщина покрытия во многом определяет функциональные свойства покрытия и считается одним из наиболее важных его параметров. Для измерения толщины покрытий в промышленности широко используются вихретоковые толщиномеры. Принцип действия вихретоковых толщиномеров основан на измерении определенных параметров электромагнитного поля, возбуждаемого преобразователем. Исходя из принципа действия, данными толщиномерами измеряют толщину покрытий, электромагнитные свойства которых отличаются от электромагнитных свойств оснований [1]. На результаты измерений толщины покрытий вихретоковым толщиномером большое влияние оказывает электропроводность, магнитная проницаемость покрытия и основания [2].

Для поверки, калибровки вихретоковых толщиномеров применяются меры толщины металлических покрытий, в процессе эксплуатации для настройки вихретоковых толщиномеров используются различные настроечные образцы. Конструктивно меры толщины металлических покрытий и настроечные образцы состоят из основания и покрытия, которые связаны между собой адгезией либо другим способом соединения. Тип меры или настроечного образца выбирается исходя из решаемой измерительной задачи и должен быть максимально приближен к химическому составу материала покрытия контролируемого изделия [3].

Существующая Государственная поверочная схема для средств измерений толщины покрытий содержит эталонные меры, нормированные только по толщине покрытия и не содержит требований к свойствам электропроводности и магнитной проницаемости материала основания и материала покрытия эталонных мер [4].

В тоже время известно, что электромагнитные параметры металлов и сплавов зависят не только от химического состава, но и от технологии изготовления изделий, способов нанесения покрытий и т.д. Таким образом, результаты измерений толщины металлических покрытий изделий с одинаковым химическим составом вихретоковым толщиномером могут существенно отличаться. Поэтому для обеспечения достоверности и повышения точности измерений толщины покрытий вихретоковыми толщиномерами необходимо нормировать и контролировать электромагнитные свойства мер толщины металлических покрытий и настроечных образцов [2].

Для решения этой задачи ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» провел опытно-конструкторскую работу, в результате которой был создан опытный образец эталонного комплекса свойств покрытий. В состав эталонного комплекса свойств покрытий вошли установки для измерения:

- толщины покрытия;
- удельной электрической проводимости покрытия;
- удельной электрической проводимости основания;
- относительной магнитной проницаемости основания.

Разработаны основные методические подходы измерения электромагнитных свойств покрытий и оснований. Для опробования разработанных методик были изготовлены комплекты мер свойств покрытий на основаниях из разных материалов, представленные в табл. 1.

### 1. Материалы оснований, покрытия и толщина покрытий

Материал		Диапазон толщины покрытия, мкм
Покрытие	Основание	
Хром	Сталь конструкционная	от 10 до 100
Цинк	Сталь конструкционная	от 10 до 30
Медь	Латунь	от 10 до 30
Олово+висмут	Медь	от 10 до 30
Титан	Магнитное, немагнитное	от 1000 до 3000

Исследования, проведенные на данных мерах, подтвердили возможность измерения электромагнитных свойств покрытий и оснований. Основные технические и метрологические характеристики эталонного комплекса свойств покрытий представлены в табл. 2.

### 2. Основные технические и метрологические характеристики эталонного комплекса свойств покрытий

Наименование характеристики, единица измерений	Значение
Диапазон измерений толщины покрытий, мм	от 0,01 до 3
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины покрытий, мкм	0,1
Диапазон измерений удельной электрической проводимости покрытия, МСм/м	от 0,5 до 58
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений удельной электрической проводимости покрытия, %	10
Диапазон измерений удельной электрической проводимости основания, МСм/м	от 0,5 до 58
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений удельной электрической проводимости основания, %	1
Диапазон измерений относительной магнитной проницаемости основания	от 1 до 1000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений относительной магнитной проницаемости основания, %	10

## Выводы

Продолжение исследований в данной области с использованием уже имеющихся результатов обеспечат возможность измерения и нормирования электромагнитных свойств мер толщины металлических покрытий. Полученная информация об этих свойствах позволит изучать их влияние на результаты измерений вихретоковыми толщиномерами, выявлять, учитывать или компенсировать составляющие погрешностей. Таким образом представится возможность качественнее анализировать и сопоставлять результаты измерений, полученные с применением вихретоковых толщиномеров.

Перспективным развитием данного направления является разработка нормативной документации на меры свойств покрытий с нормированием метрологических и технических характеристик, разработка поверочной схемы, в которой будут занормированы параметры, оказывающие влияние на результаты измерений вихретоковых толщиномеров.

## Список литературы

1. Потапов А.И., Сясько В.А. Неразрушающие методы и средства контроля толщины покрытий и изделий: научное, методическое, справочное пособие. СПб.: Гуманистика, 2009. 904 с.
2. Сясько В.А., Ивкин А.Е. Обеспечение достоверности результатов измерений толщины металлических покрытий магнитными и вихретоковыми методами в условиях машиностроительных производств // Метрология. 2011. № 2. С. 3 – 12.
3. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л. Метрологическое обеспечение измерений толщины покрытий. М.: Издательство стандартов, 2004. 264 с.
4. Р 50.2.006-2001 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений толщины покрытия в диапазоне от 1 до 20000 мкм, введ. 01.01.2002. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. (В настоящее время пересматривается)

## ИМПУЛЬСНЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ДВУХСЛОЙНЫХ НЕМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ НАКЛАДНЫМ ВИХРЕТОКОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Терехин И.В., Славинская Е.А.  
НИУ «МЭИ», Москва, Россия

Контроль электропроводности – одна из основных задач вихретокового контроля – решена для наиболее распространенного случая однородного изотропного объекта контроля. Однако по мере совершенствования технологий все чаще появляются задачи, где необходим контроль не среднего значения электропроводности немагнитного объекта контроля, а ее распределения, или раздельного контроля электропроводности покрытия и основания. Например, при контроле свойств изделий после термообработки или