

**Складановская Мария Игоревна**

аспирант

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой

университет «Горный»

г. Санкт-Петербург

## **ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

***Аннотация:** статья посвящена современным проблемам обеспечения точности измерения металлических покрытий с использованием вихретоковых методов неразрушающего контроля. Автором кратко рассмотрены факторы, влияющие на результаты измерений, а также затронут вопрос обеспечения единства измерений толщины покрытий.*

***Ключевые слова:** вихретоковые методы, неразрушающий контроль, точность измерений, толщина покрытий, мешающие параметры.*

В условиях современного развития энергетики, авиакосмической, оборонной, судостроительной промышленности и с учетом все возрастающих эксплуатационных требований к экономической эффективности возникает большая конкуренция. Она в свою очередь связана, в том числе с надежностью выпускаемой техники, которая напрямую зависит от обеспечения качества защитных покрытий и несущих элементов конструкции изделий. Это важный аспект в виду тяжелых условий эксплуатации, в ходе которых поверхности подвергаются, например, механическим воздействиям, коррозии под воздействием агрессивных сред. Применяются новые технологии многослойных как покрытий, так и самих изделий. В ходе процесса изготовления могут возникать расслоения, брак нанесения в виде утонения слоя. Все это может привести к катастрофическим последствиям.

Для придания поверхностям изделий необходимых свойств, будь то износостойкость, химическая стойкость, электроизоляционные, оптические и другие, в

промышленности применяется широкий спектр разнообразных покрытий: металлические, лакокрасочные и битумные, неметаллические органические, пластмассовые и композиционные. Наиболее широко на данный момент распространены металлические покрытия, которые в свою очередь имеют большую номенклатуру.

В целях обеспечения требуемых свойств покрытий, необходимо осуществлять их контроль, комплексно учитывая ряд механических, геометрических, физических и других параметров. Существует ГОСТ 9.302 который приводит классификацию параметров, характеризующих покрытия. На данный момент основным информативным параметром является толщина, которая для металлических покрытий зачастую бывает от долей микрона до нескольких миллиметров. От толщины покрытия зависит долговечность изделий, то, как долго будет истираться слой и сохраняться целостность конструкции. В другом случае она может повлиять на электропроводность, например, для цинкового покрытия, электропроводность которого меняется в зависимости от толщины нанесенного слоя. Исходя из этого, в процессе производства важную роль играет контроль толщины, как изделий, так и покрытий. Необходимо изучить и вывести зависимость различных параметров от толщины, для определения ее допустимых значений при нанесении покрытий.

Для определения толщины покрытия применяют различные виды и методы неразрушающего контроля. В дальнейшем будет рассматриваться применение вихретоковых методов контроля, которые основаны на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля этим полем.

В процессе измерений существует ряд параметров, влияющих на погрешность получаемых результатов. Их можно разделить в зависимости от их происхождения на:

- связанные с методом измерения, включающие в себя как геометрические параметры, так и физико-механические;

- связанные с конструктивными особенностями толщиномеров;
- связанные с характеристиками условий измерений.

Параметры, связанные с окружающей средой, наиболее простые с точки зрения контроля их влияния. Все производители приборов проводят испытания и определяют допустимые диапазоны температуры и влажности. Конструкция электронных блоков, первичных измерительных преобразователей и алгоритм обработки измерительной информации разрабатываются с учетом подавления влияния наклона и внешних помех.

Подавляющее количество мешающих параметров связано с объектом контроля. Основой влияния различных параметров на погрешность измерений является либо искажение электромагнитного поля, порождаемого вихревыми токами, либо изменение степени воздействия поля на чувствительный элемент, а соответственно и на ее информативный параметр.

Для измерений необходимо определить информативный параметр, а влияние остальных параметров должно быть исключено, либо нормировано. На данный момент часть параметров возможно нормировать, например, шероховатость, существует ГОСТ 2789–73, содержащий требования, и допустимые числовые значения. Остальные параметры, влияние которых невозможно исключить, и находящиеся не под управлением ГОСТ, необходимо изучить и разработать документацию, содержащую требования к качеству поверхностей и числовые значения этих параметров.

Все это поможет уменьшить расширенную неопределенность измерений информативного параметра, в данном рассмотрении толщины, повысив тем самым достоверность измерений и качество выпускаемой продукции.

Контроль толщины покрытий в условиях производств осуществляется, в том числе с помощью вихретоковых толщиномеров. Для дальнейшего рассмотрения величины погрешности измерений, необходимо обратиться к жизненному циклу толщиномеров, в частности к этапу градуировки.

Как известно, градуировка – метрологическая операция, заключающаяся в записи в память прибора или датчика градуировочной таблицы или кривой аппроксимации, которые отражают взаимосвязь изменения информативного параметра первичного измерительного преобразователя с толщиной покрытия. В случае вихретокового метода происходит придание значению толщины соответствующего ему значения изменения индуктивности или сдвига фазы, преобразованного в цифровой код. При этом цифровой код будет отражать не просто толщину покрытия, а толщину покрытия при определенных значениях других мешающих параметров. Для градуировки выбирается необходимое количество эталонов толщин покрытия со значениями, распределенными по всему диапазону измерения преобразователя, для которых замеряются цифровые коды, вычисляются коэффициенты для аппроксимации и записываются в память преобразователя. На их основе при измерениях производится интерполяция и вычисление значения толщины контролируемого образца.

Градуировочная характеристика, получаемая в ходе интерполяции, должна быть «гладкой» для получения наиболее точных показаний, но на данный момент получаемая характеристика имеет множество перегибов, что приводит к существенной погрешности. Такой эффект получается из-за различия мешающих параметров эталонов толщины покрытия, используемых при градуировке. В процессе изготовления мер в расчет берется их толщина и при этом никоим образом не нормируются другие параметры, такие как электропроводность, шероховатость, химический состав, диффузия металлов при нанесении покрытия и пр. Толщиномеры покрытий осуществляют косвенные измерения, поэтому для уменьшения влияния различных факторов, градуировка осуществляется по мерам толщины покрытий, которые должны быть идентичны характеристикам объекту контроля. Как сообщалось раньше, в промышленности используется широкий спектр покрытий с различными свойствами, поэтому градуировочная характеристика не всегда может обеспечить возможность измерения с заявленной погрешностью любых объектов контроля. Для решения таких задач, изготавлива-

ются образцы из реальных деталей, посредством микрошлифа или методом шарового истирания. Это несколько уменьшает погрешность измерения толщины покрытия, но не решает проблему в целом.

Еще один немаловажный вопрос, поверка преобразователей в составе толщиномеров. Тут существует схожая проблема, метрологические службы не обеспечены необходимыми средствами измерения в виде эталонов толщины покрытий, что в принципе делает невозможным поверку приборов.

На данный момент, даже если изготовить два комплекта образцов по одной методике и технологии, и по одному из них произвести градуировку прибора, то при поверке на втором комплекте эталонов, в лучшем случае показания прибора будут превышать предел допустимой погрешности.

Все вышесказанное напрямую связано с вопросами метрологического обеспечения и стандартизации. Метрологическое обеспечение заключается в утверждении и применении метрологических норм, правил и методик выполнения измерений, а также разработка, изготовление и применение технических средств для обеспечения единства и требуемой точности измерений.

Для полного метрологического обеспечения метода измерений необходимо иметь комплект документов по трем позициям:

- описание метода измерения, его сути и применения;
- описание средств измерения, в частности эталоны, требования к ним, методики изготовления, контроля, поверки;
- описание приборов для измерения, реализующих данный метод, требования к ним, методики градуировки, калибровки и поверки, а также рекомендации к использованию.

Существует ряд ГОСТов дающий полное описание вихретоковых методов неразрушающего контроля, их применения, рекомендации.

В соответствии с законом «Об обеспечении единства измерений», все толщиномеры должны проходить периодическую поверку, для установления соответствия метрологических характеристик указанным в паспорте. Для этого была разработана государственная поверочная схема для средств измерений толщины

покрытий, описывающая последовательность передачи единицы длины от установки высшей точности к рабочим эталонам, на которых впоследствии осуществляется градуировка, поверка и калибровка приборов. На основе схемы разработаны методики градуировки, калибровки, поверки вихретоковых толщиномеров.

Но что касается средств измерения, в том числе эталонов толщины, то для них не существует официальных государственных требований, методик изготовления, калибровки и поверки, комплексно учитывающих все параметры эталона.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для решения озвученных проблем, возникающих при измерении толщины покрытий, необходимо в первую очередь сформулировать требования к покрытиям, их параметрам, осуществить нормирование всех возможных параметров и разработать для них стандарты. Требования должны относиться к покрытиям, используемым во всех сферах промышленности, чтобы впоследствии обеспечить единство измерений и универсальность толщиномеров, это является важным аспектом, потому что на данный момент выпускаются единичные экземпляры гальванических толщиномеров, поставляющиеся с уникальными градуировочными характеристиками.

Далее необходимо выбрать или разработать новую технологию изготовления эталонов, с высокой воспроизводимостью, которая будет обеспечивать требуемые параметры, и, соответственно, будут необходимы ГОСТы по измерениям параметров покрытий. И, в конечном счете, составить методику калибровки и поверки эталонов толщины покрытий, учитывающую все параметры. Конечно, это повлечет изменения в уже существующих документах, в первую очередь государственной поверочной схемы, методиках градуировки, калибровки и поверки толщиномеров.

### ***Список литературы***

1. Бабаджанов Л.С. Метрологическое обеспечение измерений толщины покрытий / Л.С. Бабаджанов, М.Л. Бабаджанова. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 264 с.

2. Неразрушающий контроль. Вихретоковый контроль: Справочник / В.В. Ключев. – М.: Машиностроение, 2003. – 347 с.

3. Потапов А.И. Неразрушающие методы и средства контроля толщины покрытий и изделий: Научное, методическое и справочное пособие / А.И. Потапов, В.А. Сясько. – СПб.: Гуманистика, 2009. – 904 с.