

УДК 621.317.79

**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ  
НА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ  
(MEASURING THE THICKNESS OF COATINGS ON FERROMAGNETIC MATERIALS)**

Е.С. Жевтун, Е.И. Уразбеков  
E.S. Zhevtun, E.I. Urazbekov

Томский политехнический университет  
E-mail: [aity579@qip.ru](mailto:aity579@qip.ru)

Толщиномеры являются достаточно распространенными средствами проведения неразрушающего контроля, нашедшими широкое применение во многих областях промышленности РФ. Цель данной работы заключается в определении оптимального метода измерения толщины лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах. В статье рассмотрены самые распространенные методы измерения толщины лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах. Рассматривая достоинства и недостатки принципа работы каждого метода, можно сделать вывод, что магнитный метод контроля наиболее оптимальный для измерения толщины лакокрасочного покрытия на ферромагнитных материалах.

(Thickness gages is a common means of non-destructive testing, which are widely used in many areas of the industry of the Russian Federation. The purpose of this work is to determine the optimal method of controlling thickness measurement of coatings on ferromagnetic materials. The article describes the most common methods for measuring the thickness of coatings on ferromagnetic materials. Upon consideration of advantages, disadvantages, and the principle of operation of each method, it can be concluded that the eddy current inspection method most suitable for measuring the thickness of paint coating on ferromagnetic materials.)

**Ключевые слова:**

Толщинометрия, толщиномер, лакокрасочное покрытие, ферромагнитные материалы, ультразвуковой метод, магнитный метод, вихретоковый метод, метод мокрого слоя, радиационный метод.

(Measuring of thickness, feeler gauge, paintwork, ferromagnetic materials, ultrasonic method, magnetic method, eddy current method, method of wet layer, radiation method)

Во многих случаях самая распространенная причина разрушения ферромагнитных материалов является их электрохимическое или химическое взаимодействия с коррозионной средой. То есть, долговечность изделия зависит от ее коррозионной стойкости, поэтому для защиты от коррозии применяются металлические и неметаллические покрытия. Лакокрасочные материалы, являются неметаллическими антикоррозийными покрытиями. Они представляют собой пленку, которая нанесена на поверхность. Лакокрасочные материалы самые распространенные антикоррозийные покрытия. Так как они имеют малый расход на единицу площади, могут защитить любые конструкции, также данный вид является дешевым по сравнению с остальными видами антикоррозийными покрытиями. Но слишком большая толщина лакокрасочного покрытия приводит к увеличению расхода краски, а при малой толщине, покрытие не обеспечивает достаточную защиту. Поэтому возникает проблема измерения толщины защитного покрытия. Толщиномер- это измерительный прибор, позволяющий с высокой точностью измерить толщину материала или слоя покрытия материала (такого как краска, лак, грунт, шпатлёвка, ржавчина, толщину основной стенки металла, пластмасс, стекла, а также других неметаллических соединений, покрывающих металл) [1]. Современные толщиномеры позволяют осуществить измерение толщины без нарушения целостности покрытия.

Целью данной работы является определение оптимального метода измерения толщины лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах. Толщиномеры являются достаточно распространенными средствами проведения неразрушающего контроля, нашедшими широкое применение во многих областях промышленности РФ. В качестве примера можно привести

автомобильную промышленность, судостроительную, судоремонтную, а также машиностроение. Толщинометры активно используются при проведении ремонтных работ и контроле качества нанесенных покрытий. Наверно, именно с этим можно связать тот факт, что толщинометры просто незаменимы в работе многих специалистов. В частности, оценщиков, полировщиков, страховщиков.

Самыми распространенными методами измерения толщины покрытия являются :

- Ультразвуковой;
- Магнитный;
- Вихретоковый;
- Радиационный;
- Мокрого слоя.

Ультразвуковая толщинометрия является акустическим методом контроля. Диапазон частот для данного вида толщинометрии и дефектоскопии составляет от 20 кГц до 100 кГц.

Толщина покрытия контролируемого изделия определяется по времени, за которое ультразвуковая волна проходит до границы сред с разными упругими свойствами.

Ультразвуковой толщиномер основан на том, что датчик прибора посылает импульс на контролируемую поверхность, далее он проходит через это покрытие и отражается от границы сред. Потом отраженный сигнал преобразуется датчиком в электрический. После чего можно сказать о толщине лакокрасочного покрытия изделия.

Преимущества ультразвукового метода:

- метод является неразрушающим;
- подходит для большинства типов покрытий материалов;
- имеет большой диапазон измерения;
- возможность проведения измерений при наличии одностороннего доступа;
- обладает малым временем измерения;
- обладает высокой точностью и надежностью измерения;
- универсальность (все стандартные конструкционные материалы, могут быть измерены с соответствующими установками, в том числе металлы, пластмассы, композиты, стекловолокна, керамика и резина).

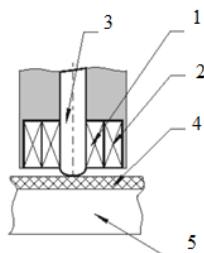
Также в ультразвуковом методе есть и недостатки:

- для точности измерения необходимо равномерно прижимать датчик к объекту контроля;
- при неровной и непараллельной поверхности изделия и при структурной неоднородности металла затрудняется процесс измерения;
- данные толщинометры дорогостоящие;
- трудность выделения сигнала на фоне шумовых помех;
- необходимость применения контактной жидкости.

Магнитный метод основан на зависимости параметров магнитного поля от толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях. Различают 3 вида магнитных преобразователей: пондеромоторный, индукционный и магнитостатический.

Пондеромоторный контроль является оперативным методом. Он основан на зависимости силы притяжения двух ферромагнитных материалов. Сила притяжения пропорциональна квадрату индукции, а индукция зависит от величины зазора между ферромагнитным изделием и магнитом.

Индукционный метод определяет изменение магнитного сопротивления. Преобразователь толщиномера фиксирует изменение магнитной индукции, которая обусловлена изменением магнитной проводимости среды.



**Рис.1.** Индукционный толщиномер

На рис.1 представлен индукционный толщиномер (1- обмотка возбуждения, 2- измерительная обмотка, 3- сердечник, 4- исследуемое покрытие, 5- основание).

Магнитоэлектрический метод основан на определении изменения напряженности магнитного поля в цепи постоянного магнита или электромагнита при изменении расстояния между магнитным полем и ферромагнитным изделием. С помощью магниточувствительных элементов(рамки с током, феррозонды, магнитные стрелки и т.д.) фиксируется информация о толщине покрытия.

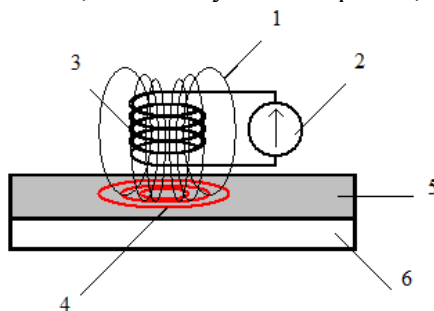
Преимущества данного метода толщинометрии:

- широкий диапазон измерений;
- низкая погрешность измерения (2-3%);
- обладает малым временем измерения;
- приборы просты по конструкции.

Недостатки:

- высокое энергопотребление по сравнению с ультразвуковым методом.

Вихретоковый метод основан на изменении уплотнения поле вихревых токов в зависимости от изменения толщины контролируемой поверхности изделия. На рисунке 2 представлен вихретоковый метод контроля (1- электромагнитные силовые линии, 2- индикатор, 3- обмотка индуктивности, 4- поле вихревых токов, 5- исследуемое покрытие, 6- основание изделия).



**Рис.2.** Вихретоковый метод контроля

Преимущества данного метода:

- малое влияние шероховатости объекта контроля на измерение;
- способность производить измерения на изделиях малых размеров без дополнительных приспособлений;
- проведение измерения на изделиях с переменной и высокой намагниченностью;
- высокая точность измерения;
- слабо подвержен влиянию геометрии объекта контроля при измерении.

Недостатки:

- зависимость получения результатов измерений от электропроводности покрытия(необходимо хранить несколько градуировочных характеристик);
- невозможно контролировать толщину проводящих покрытий на проводящем основании.

Радиационный вид толщинометрии классифицируется на 2 метода: обратного рассеяния бета- излучения, рентгенофлюоресцентный.

Метод обратного рассеяния бета-излучения основан на измерении интенсивности отраженного потока бета-частиц от толщины объекта контроля.

Рентгенофлуоресцентный метод основан на анализе возбужденного рентгеновского излучения с помощью радиоизотопного источника от толщины объекта контроля.

Преимущества радиационного метода:

- возможность измерения довольно больших толщин.

Недостатки:

- большая погрешность измерений ( $\pm 10\%$ );
- вредность для человека;
- большая трудоемкость при измерении.

Метод мокрого слоя предназначен для контроля толщины неотвердевших лакокрасочных покрытий.

У толщиномеров мокрого слоя есть механическое взаимодействие объекта контроля и средства измерения. Они изготавливаются из алюминия, пластмассы, либо из нержавеющей стали. Толщиномерами данного метода являются измерительные гребенки.

На рисунке 3а. изображен толщиномер-колесо. Данная конструкция толщиномера (колесо) является оптимальным для данного метода измерения. На опорных колесах нанесены отметками зазоры. Колесо прокатывается по исследуемому покрытию и по отметкам на шкале определяется толщина покрытия. На рисунке 3б. представлена гребенка. Для измерения толщины, необходимо вдавить ребром гребенку в покрытие до основания, далее через несколько секунд ее извлекают и по значениям зубцов определяют толщину покрытия.

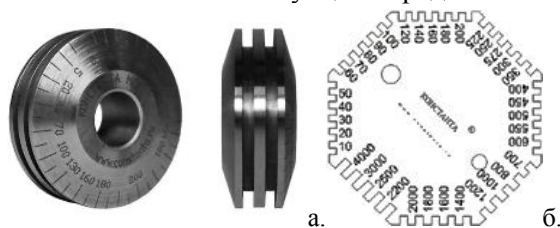


Рис.3 а.-толщиномер-колесо, б.- гребенка

Преимущества метода мокрого слоя:

- быстрота и простота проведения измерения;
- дешевизна.

Недостатки:

- механическое взаимодействие с покрытием изделия.

Рассмотрев самые распространенные методы толщинометрии, можно сделать вывод о том, что оптимальный метод для измерителя толщины лакокрасочного покрытия на ферромагнитных материалах является магнитный. Метод толщинометрии мокрого слоя применяется только для определения толщины неотвердевших лакокрасочных покрытий. Радиационный метод по сравнению с другими опасен для человека и трудоемкий. Для применения ультразвукового метода необходима контактная жидкость, также данные толщиномеры являются дорогостоящими, что является большим недостатком по сравнению с оставшимися методами (магнитным и вихретоковым). У вихретокового метода есть главный недостаток, это зависимость получения результатов измерений от электропроводности покрытия, что затрудняет процесс измерения. А магнитный контроль в отличие от вихретокового не зависит от электропроводности покрытия, также он имеет один важный недостаток, это высокое электропотребление, но по сравнению с остальными рассмотренными методами, этот недостаток становится незначительным. В заключении можно сказать, что магнитный метод лучше подходит для качественного и надежного измерения толщины лакокрасочного покрытия на ферромагнитном основании.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Википедия [Электронный ресурс] / Толщиномер – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E2%EB%F9%E8%ED%E2%EC%E5%F0>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.02.2015).
2. Estroyka [Электронный ресурс] / Антикоррозионные покрытия. – Режим доступа: <http://estroyka.com/story/antikorroziynoe-pokrytie>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 07.03.2015).
3. Techno-NDT [Электронный ресурс] / Толщинометрия, применение УЗ толщиномеров – Режим доступа: <http://t-ndt.ru/index.php?id=1296>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.03.2015).
4. Контроль Измерение Диагностика [Электронный ресурс] / Особенности использования толщиномеров покрытий – Режим доступа: <http://www.defectoscop.ru/page18.html>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.03.2015).
5. Дефектоскопист.ру [Электронный ресурс] / Вихретоковый фазовый метод измерения толщины гальванических покрытий – Режим доступа: <http://defektoskopist.ru/showthread.php?t=3195>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 19.04.2015)

**Сведения об авторах:**

**Жевтун Е.С.:** студент кафедры Информационно-измерительной техники Томского политехнического университета, сфера научных интересов – вихретоковая телщинометрия.

**Уразбеков Е.И.:** ассистент кафедры Информационно-измерительной техники Томского политехнического университета, сфера научных интересов – вихретоковая телщинометрия.