

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ (РОСТЕХРЕГУЛИРОВАНИЕ)

ФГУП “РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИИ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И ОЦЕНКЕ СООТВЕТСТВИЯ”
(ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ”)

Рег. № 2876

Группа МКС 87.040

ЛАКИ И КРАСКИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ

PAINTS AND VARNISHES – DETERMINATION OF FILM THICKNESS

11 февраля 2005 г. создан ФГУП “Российский научно-технический центр
информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия”
(ФГУП “Стандартинформ”).

ФГУП “Стандартинформ” является правопреемником ФГУП “ВНИИКИ” по
информации в области технического регулирования, метрологии и оценке
соответствия и выполняет все его уставные функции.

Страна, № стандарта

ISO 2808:2007

Переводчик: Копцов Ю.Ф.

Редактор: Лебедева Е.В.

Кол-во стр.: 51

Перевод аутентичен оригиналу

Кол-во рис.: 20

Кол-во табл.: 3

Перевод выполнен: 21.04.2007

Редактирование выполнено: 26.04.2007

**Москва
2007 г.**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

**ISO
2808**

Четвертое издание
2007-02-01

Лаки и краски. Определение толщины пленки

Paint and varnishes – Determination of film thickness

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО

**Федеральное агентство
по техническому регулированию
и метрологии**

ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ”

Номер регистрации: **2876/ISO**

Дата регистрации: **30.04.2007**



Ссылочный номер
ISO 2808:2007

© ISO 2007

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на интегрированные шрифты и они не будут установлены на компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe - торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованные для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

© ISO 2007

Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране заявителя.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright @ iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Стр.

Предисловие.....	v
Введение.....	vi
1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения.....	1
4 Определение толщины смоченной пленки.....	3
4.1 Общее.....	3
4.2 Механические методы.....	3
4.2.1 Принцип.....	3
4.2.2 Область применения.....	4
4.2.3 Общее.....	4
4.2.4 Метод 1А – Гребенчатый калибр.....	4
4.2.5 Метод 1В – Колесный калибр.....	5
4.2.6 Метод 1С – Индикатор с круговой шкалой.....	7
4.3 Гравиметрический метод.....	8
4.3.1 Принцип.....	8
4.3.2 Область применения.....	8
4.3.3 Общее.....	9
4.3.4 Метод 2 – По разности в массе.....	9
4.4 Фототермический метод.....	9
4.4.1 Принцип.....	9
4.4.2 Область применения.....	9
4.4.3 Общее.....	9
4.4.4 Метод 3 – Определение с использованием термических свойств.....	10
5 Определение толщины сухой пленки.....	11
5.1. Общее.....	11
5.2 Механические методы.....	11
5.2.1 Принцип.....	11
5.2.2 Область применения.....	12
5.2.3 Общее.....	12
5.2.4 Метод 4А – По разности в толщине.....	14
5.2.5 Метод 4В – Измерение глубины.....	15
5.2.6 Метод 4С – Сканирование профиля поверхности.....	17
5.3 Гравиметрический метод.....	18
5.3.1 Принцип.....	18
5.3.2 Область применения.....	19
5.3.3 Общее.....	19
5.3.4 Метод 5 – По разности в массе.....	19
5.4 Оптические методы.....	19
5.4.1 Принцип.....	19
5.4.2 Область применения.....	20
5.4.3 Общее.....	21
5.4.4 Метод :А – Поперечное сечение.....	21
5.4.5 Метод В – Клиновой вырез.....	22
5.5 Магнитные методы.....	23
5.5.1 Общее.....	23
5.5.2 Принцип.....	23
5.5.3 Область применения.....	23

5.5.4	Общее.....	23
5.5.5	Метод А – Магнитный вытяжной индикатор.....	24
5.5.6	Метод В – Индикатор магнитного потока.....	25
5.5.7	Метод С – Магнитно-индукционный индикатор.....	25
5.5.8	Метод D – Индикатор вихревых токов.....	26
5.6	Радиологический метод.....	27
5.6.1	Принцип.....	27
5.6.2	Область применения.....	27
5.6.3	Общее.....	27
5.6.4	Метод 8 – Метод обратного бета-рассеивания.....	28
5.7	Фототермический метод.....	29
5.7.1	Принцип.....	29
5.7.2	Область применения.....	30
5.7.3	Общее.....	30
5.7.4	Метод 9 – Определение с использованием термических свойств.....	30
5.8	Акустический метод.....	31
5.8.1	Принцип.....	31
5.8.2	Область применения.....	31
5.8.3	Общее.....	31
5.8.4	Метод 10 – Ультразвуковой толщиномер.....	31
6	Определение толщины неотвержденных порошковых слоев.....	32
6.1	Общее.....	32
6.2	Гравиметрический метод.....	32
6.2.1	Принцип.....	32
6.2.2	Область применения.....	32
6.2.3	Общее.....	32
6.2.4	Метод 11 – По разности в массе.....	32
6.3	Магнитные методы.....	33
6.3.1	Принцип.....	33
6.3.2	Область применения.....	33
6.3.3	Общее.....	33
6.3.4	Метод 12А – Магнитно-индукционный индикатор.....	33
6.3.5	Метод 12В – Индикатор вихревых токов.....	34
6.4	Фототермальный метод.....	35
6.4.1	Принцип.....	35
6.4.2	Область применения.....	35
6.4.3	Общее.....	35
6.4.4	Метод 13 – Определение с использованием термических свойств.....	35
7	Измерение толщины пленки на шероховатых поверхностях.....	36
7.1	Общее.....	36
7.2	Приборы и материалы).....	37
7.3	Методика.....	37
7.3.1	Поверка.....	37
7.3.2	Измерение.....	37
7.3.3	Число показаний.....	38
8	Протокол испытания.....	38
	Приложение А (нормативное) Обзор методов.....	40
	Библиография.....	43

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. Что касается стандартизации в области электротехники, ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC).

Проекты международных стандартов разрабатываются по правилам, указанным в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Главная задача технических комитетов состоит в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75% комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Обращается внимание на возможность патентования некоторых элементов данного международного стандарта. ISO не несет ответственность за идентификацию каких-либо или всех таких патентных прав.

ISO 2808 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 35, *Лаки и краски*, Подкомитет SC 9, *Общие методы испытания лаков и красок*.

Настоящее четвертое издание отменяет и заменяет третье издание (ISO 2808:1997), которое было пересмотрено в техническом отношении. Принципиальные изменения в основном касались следующего:

- a) Структура стандарта была разбита на четыре основных раздела:
 - 1) определение толщины мокрой пленки;
 - 2) определение толщины сухой пленки;
 - 3) определение толщины слоев неотвержденного порошка, и
 - 4) измерение толщины пленки на шероховатых поверхностях.
- b) Были добавлены методы, использующие фототермические, радиологические и акустические техники.
- c) Метод с расщеплением луча был аннулирован, поскольку подобные приборы больше не производятся.

Введение

Измерение толщины пленки зависит от следующих этапов:

- a) градуировка измерительного инструмента, типично осуществляемая изготовителем или любой квалифицированной лабораторией;
- b) поверка инструмента (проверка точности, осуществляемая пользователем в регулярные интервалы времени, типично перед каждой серией измерений);
- c) последующая регулировка, если необходимо, прибора таким образом, чтобы показания толщины, которые он приводит, совпадали с показаниями образца известной толщины. Для толщиномера сухой пленки это будет означать установку на нуль на непокрытой поверхности, используя изделия известной толщины, например, подкладки, или используя покрытый образец с пленкой известной толщины;
- d) измерения.

Лаки и краски. Определение толщины пленки

1 Область применения

Настоящий международный стандарт описывает ряд методов, которые применимы для измерения толщины покрытий, нанесенных на подложку. Приводится описание методов определения толщины мокрой пленки, толщины сухой пленки и толщины пленки слоев неотвержденного порошка. Ссылка дается на отдельные стандарты, где они существуют. В противном случае данный метод приводится детально.

Обзор методов дан в Приложении А, в котором область применения, существующие стандарты и прецизионность устанавливаются для отдельных методов.

Данный международный стандарт также определяет термины, относящиеся к определению толщины пленки.

2 Нормативные ссылки

Следующие документы, на которые приводятся ссылки, являются незаменимыми в плане применения настоящего стандарта. В отношении датированных ссылок действительными являются только указанные издания. В отношении недатированных ссылок применимо последнее издание ссылаемого документа (включая любые его изменения).

ISO 463, *Геометрические характеристики изделий (GPS). Приборы для измерения размеров. Конструкция и метрологические характеристики механических приборов с круговой шкалой*

ISO 3611, *Микрометры для наружных измерений*

ISO 4618-2006, *Лаки и краски. Термины и определения*

ISO 8503-1, *Обработка стальной основы перед нанесением краски и аналогичных продуктов. Шероховатость поверхности стальных основ после пескоструйной очистки. Часть 1. Технические условия и определения блоков сравнения профилей поверхностей после пескоструйной обработки*

3 Термины и определения

Исходя из назначения настоящего документа, применимы термины и определения, приведенные в ISO 4618, а также нижеследующие.

3.1

подложка

поверхность, на которую наносится покровный материал или которая подлежит нанесению покрытия

[ISO 4618:2006]

3.2**покрытие**

сплошной слой, образованный в результате однократного или многократного нанесения покровного материала на подложку

[ISO 4618:2006]

3.3**толщина пленки**

расстояние между поверхностью пленки и поверхностью подложки

3.4**толщина мокрой пленки**

толщина свеженанесенного покровного материала, измеренная сразу же после его нанесения

3.5**толщина сухой пленки**

толщина покрытия, оставшегося на поверхности после того, как данное покрытие затвердело

3.6

толщина свеженанесенного покровного материала в форме порошка, измеренная сразу же после его нанесения и до сушки

3.7**соответствующая площадь поверхности¹⁾**

часть изделия, охваченная или подлежащая охвату посредством покрытия, и для которого данное покрытие является существенным с целью эксплуатационной пригодности и/или внешнего вида

3.8**площадь испытания¹⁾**

репрезентативная часть соответствующей площади поверхности, в пределах которой согласованное число отдельных измерений проводится в качестве проверки в процессе эксплуатации

3.9**площадь измерения¹⁾**

площадь, на которой проводится отдельное измерение

3.10**минимальная локальная толщина пленки¹⁾**

наименьшее значение локальной толщины пленки, найденное на соответствующей площади поверхности данного образца для испытания

3.11**максимальная локальная толщина пленки¹⁾**

наибольшее значение локальной толщины пленки, найденное на соответствующей площади поверхности данного образца для испытания

¹⁾ Измерение данного свойства требуется только для расширенной оценки измерения толщины пленки; см. раздел 8 (протокол испытания), пункты k) и l)

3.12**средняя толщина пленки¹⁾**

среднеарифметическое всех отдельных толщин сухой пленки на площади испытания или результат гравиметрического определения толщины

3.13**градуировка**

контролируемый и документированный процесс измерения эталонов сравнения и поверки того, что полученные результаты находятся в пределах установленной точности измерительного прибора

ПРИМЕЧАНИЕ Первоначальная градуировка типично проводится изготовителем прибора или квалифицированной лабораторией в контролируемой среде, используя документированный процесс. Эта первоначальная градуировка обычно проверяется пользователем в регулярные интервалы времени. Стандарты, используемые при градуировке, должны быть такими, чтобы общие погрешности результирующего измерения оказались меньше, чем заданная точность прибора.

3.14**поверка**

проверка точности, проведенная пользователем с использованием вторичных эталонов

3.15**вторичный эталон**

образец известной толщины, относительно которого пользователь может проверять точность измерительного инструмента.

ПРИМЕЧАНИЕ Вторичными эталонами могут быть образцы с нанесенной толщиной покрытия или подкладки. По согласованию между заинтересованными сторонами может быть использована часть образца в качестве эталона толщины для отдельно взятой операции.

3.16**регулировка**

акт выравнивания показаний измерения толщиномера для согласования с показаниями вторичного эталона

ПРИМЕЧАНИЕ Большинство электронных измерительных приборов могут быть отрегулированы по эталону толщины или по подкладке, когда толщина покрытия или прокладки известна.

3.17**точность**

совместимость между измеренным значением и истинным значением эталона толщины

4 Определение толщины смоченной пленки

4.1 Общее

В Приложении А рассмотрены методы, использованные для определения толщины смоченной пленки.

4.2 Механические методы

4.2.1 Принцип

Во всех механических методах поверхность подложки контактируется частью

измерительного инструмента сквозь покрытие, а поверхность покрытия контактируется одновременно (см. Рисунок 1) или последовательно (см. Рисунки 2 и 3) другой частью этого инструмента. Толщина смоченной пленки есть разность между этими двумя точками контакта, которую можно считать прямо.

4.2.2 Область применения

Механический принцип пригоден для всех сочетаний пленка-подложка. Подложка должна быть ровной, по крайней мере, в одном направлении на площади, где проводится измерение. Кривизна поверхности в отдельной плоскости является допустимой, например, внутренняя или наружная поверхность труб.

4.2.3 Общее

Классификация разрушающего или неразрушающего метода зависит:

- a) от реологических свойств покровного материала;
- b) от характера контакта смачивания между контактирующими поверхностями измерительного инструментом и покровным материалом;
- c) от того, окажется ли в результате измерений толщины данное покрытие неприемлемым для своего назначения.

Поскольку вероятность наличия пигментных частиц, оставшихся между измерительным инструментом и подложкой, нельзя исключить, все механические методы содержат систематическую погрешность: отображенная толщина пленки будет меньше, чем фактическая толщина смоченной пленки, по крайней мере, на средний диаметр пигментных частиц.

В случае с колесным калибром (метод 1B, см. 4.2.5) колесо подлежит смачиванию покровным материалом. В противном случае это послужит дополнительным источником систематической погрешности, которая приведет к завышенным показаниям и которая зависит от следующих факторов:

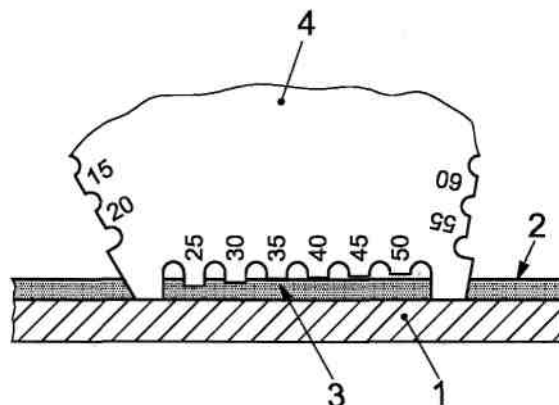
- поверхностное натяжение и реологических свойств покровного материала;
- материал колесного калибра;
- скорость, с которой вращается колесо.

4.2.4 Метод 1A – Гребенчатый калибр

4.2.4.1 Описание инструмента

Гребенчатый калибр представляет собой плоскую пластину, изготовленную из материала, стойкого к коррозии, с зубьями, расположенными вдоль кромок (см. Рисунок 1). Эталонные зубья в центре углов пластины определяют базовую линию, вдоль которой располагаются внутренние зубья, образуя градуированный ряд зазоров. Каждый зуб маркирован заданным значением зазора.

Для заводских гребенчатых калибров максимальная толщина, которая может быть измерена, составляет 2 000 мк и наименьшее приращение типично равняется 5 мк.



Обозначение

- 1 подложка
- 2 покрытие
- 3 точка контакта смачивания
- 4 гребенчатый калибр

Рисунок 1 – Пример гребенчатого калибра

4.2.4.2 Методика

Проверяют, чтобы зубья были чистыми и не были изношены или повреждены. Помещают гребенчатый калибр на плоскую поверхность образца таким образом, чтобы зубья располагать перпендикулярно плоскости поверхности. Выдерживают период времени, достаточный для того, чтобы покрытие смочило зубья, перед тем, как удалить калибр.

В случае с образцами, искривленными в одной плоскости, гребеночный калибр должен помещаться в положении, параллельном оси искривления.

Результат измерения толщины зависит от продолжительности измерения. Толщина, следовательно, должна измеряться как можно скорее после нанесения покрытия.

Отмечают показание наибольшего зазора зуба, смоченного покровным материалом в качестве толщины смоченной пленки.

4.2.5 Метод 1В – Колесный калибр

4.2.5.1 Описание инструмента

Колесный калибр состоит из колеса, изготовленного из закаленной и стойкой к коррозии стали, с тремя выступающими ободами (см. Рисунок 2).

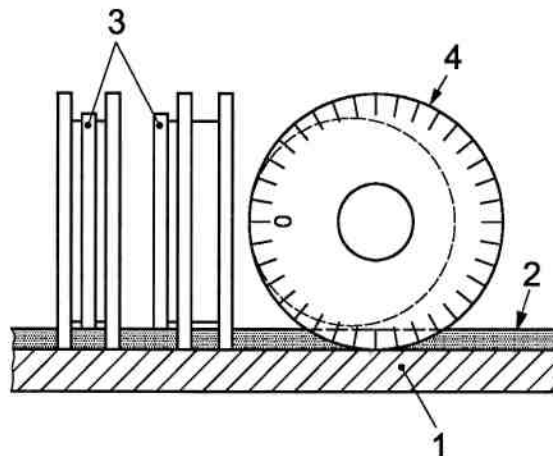
Два обода зашлифованы до одинакового диаметра и имеют концентричную конфигурацию относительно оси колеса. Третий обод имеет меньший диаметр и зашлифован эксцентрично. Один из внешних ободов имеет шкалу, с которой может быть считана соответствующая проекция концентрических ободов относительно эксцентричного обода.

Имеются два варианта:

- вариант 1 имеет эксцентричный обод, расположенный между концентричными ободами;
- вариант 2 имеет эксцентричный обод, расположенный вне концентричных ободов и близко сопряженный с одним из них.

ПРИМЕЧАНИЕ В отличие от варианта 1 конструкция варианта 2 допускает свободное от параллакса считывание толщины смоченной пленки.

Для заводских колесных калибров максимальная толщина, которая может быть измерена, составляет 1 500 мк, и наименьшее приращение типично равняется 2 мк.



Обозначение

- 1 подложка
- 2 покрытие
- 3 эксцентричный обод
- 4 колесный калибр

Рисунок 2 – Пример колесного калибра

4.2.5.2 Методика

Захватывают большим и указательным пальцами колесную ось и прижимают концентрические обода к поверхности в точке наибольшего считывания на шкале.

В случае с образцами, искривления в одной плоскости, ось искривления и ось колесного калибра должны располагаться параллельно.

Прокатывают колесный калибр в одном направлении, снимают его с поверхности и считывают по шкале наибольшее показание, при котором эксцентричный обод все еще остается смоченным покровным материалом. Чистят калибр и повторяют в другом направлении.

Вычисляют толщину смоченной пленки как среднее арифметическое этих показаний.

Результат измерения толщины зависит от продолжительности измерения. Толщина, следовательно, должна измеряться как можно скорее после нанесения покрытия.

Для минимизации влияния поверхностного натяжения на полученный результат отмечают, как краска смачивает эксцентричный обод, и регистрируют показание шкалы в первой точке контакта. Это условие выполнимо только для варианта 2 колесного калибра.

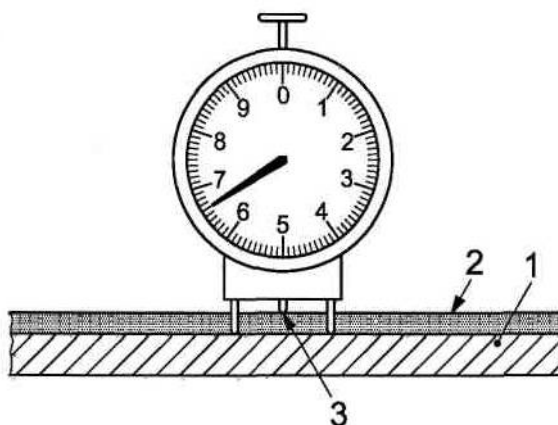
4.2.6 Метод 1С – Индикатор с круговой шкалой

4.2.6.1 Инструмент и вторичные эталоны

4.2.6.1.1 Индикатор с круговой шкалой (см. Рисунок 3)

Механические индикаторы с круговой шкалой, соответствующие требованиям ISO 463, и электронные индикаторы с круговой шкалой типично имеют точность измерения порядка 5 мк (механический индикатор с круговой шкалой) или 1 мк (электронный индикатор с круговой шкалой), или выше. Индикатор может иметь аналоговую или цифровую индикацию.

Нижняя сторона индикатора с круговой шкалой имеет два контактных штифта равной длины, расположенных на одинаковом расстоянии от подвижного плунжера и на прямой линии с ним. Регулировочный винт используется для точной регулировки положения плунжера по своей направляющей.



Обозначение

- 1 подложка
- 2 покрытие
- 3 плунжер

Рисунок 3 – Пример индикатора с круговой шкалой

4.2.6.1.2 Вторичный эталон для установки калибра на нуль

Плоская эталонная пластина требуется для установки калибра на нуль. Эталонная пластина должна состоять из плоской стеклянной пластины, допуск на плоскостность которой не должен превышать 1 мк (см. также ISO 1101^[1]).

4.2.6.2 Методика

Устанавливают индикатор с круговой шкалой на эталонной пластине с измерительным наконечником, отрегулированным таким образом, чтобы он едва касался пластины.

Свинчивают плунжер от положения установки на нуль. Устанавливают контактные штифты индикатора с круговой шкалой на образце таким образом, чтобы они располагались перпендикулярно поверхности подложки и осторожно закручивают плунжер до тех пор, пока измерительный штифт не соприкоснется с покровным материалом.

Результат измерения толщины зависит от продолжительности измерения. Толщина, следовательно, должна измеряться как можно скорее после нанесения покрытия.

Считывают толщину мокрой пленки непосредственно с прибора.

4.3 Гравиметрический метод

4.3.1 Принцип

Покрытие наносится и толщина определяется путем деления массы покрытия на его плотность и на покрытую площадь поверхности.

Толщина смоченной пленки, t_w , в микрометрах, вычисляется из уравнения:

$$t_w = \frac{m - m_0}{A \cdot \rho} \quad (1)$$

где

m_0 - масса непокрытого образца, в граммах;

m - масса покрытого образца, в граммах;

A - покрытая площадь поверхности, в квадратных метрах;

ρ - плотность нанесенного жидкого покровного материала, в граммах на миллилитр.

ПРИМЕЧАНИЕ Плотность нанесенного жидкого покровного материала может быть определена согласно ISO 2811-1, ISO 2811-2, ISO 2811-3 или ISO 2814-4.

4.3.2 Область применения

Гравиметрический принцип является общеприменимым при условии, что количество высоколетучих веществ в жидком покровном материале будет оставаться низким.

4.3.3 Общее

Определение с использованием гравиметрического принципа дает среднее значение толщины смоченной пленки для всей площади покрытой поверхности. В особенности при напылении обратная сторона образца должна маскироваться с целью предотвращения погрешностей измерения в результате частичного покрытия обратной стороны (красочный туман). Любая маскировка обратной стороны должна быть удалена перед взвешиванием покрытого образца.

4.3.4 Метод 2 – По разности в массе

4.3.4.1 Оборудование

Требуются весы, способные взвешивать до 500 г с точностью до 1 мг.

4.3.4.2 Методика

Взвешивают образец сначала непокрытый и затем покрытый и вычисляют толщину смоченной пленки, используя уравнение (1).

4.4. Фототермический метод

4.4.1 Принцип

Толщина пленки определяется из разности между временем испускания тепловой волны по направлению к покрытию и временем детектирования повторно излученной волны (тепловой или ультразвуковой) (см. Рисунок 4).

Независимо от типа используемого возбуждения или метода детектирования все фототермические методы основаны на одном и том же принципе: периодическое или импульсное введение энергии в форме теплоты в образец и последующее обнаружение локального увеличения температуры.

Измеренная разность по времени сравнивается с полученными прибором значениями для пленок известной толщины при фиксированных условиях (энергия возбуждения, продолжительность импульса, частота возбуждения и т.д.) (см. 4.4.4.2).

4.4.2 Область применения

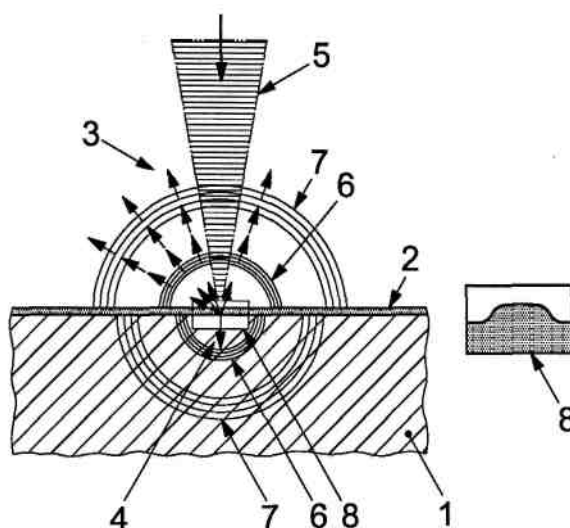
Фотометрический принцип, в основном, пригоден для всех сочетаний пленки и подложки. Он может также использоваться для определения толщин отдельных слоев в многослойном покрытии при условии, что данные слои достаточно четко отличаются один от другого в отношении своих свойств удельной теплопроводности и отражения.

Требуемая минимальная толщина подложки зависит от используемой системы измерения (см. 4.4.4.1.1) и сочетания пленка-подложка.

4.4.3 Общее

Классификация метода как разрушающего или неразрушающего зависит от назначения

покрытия. Тепловая энергия, поглощенная покрытием, может оказывать влияние на покрытие вследствие производимого локального теплового эффекта (см. пункт 8 на Рисунке 4).



Обозначение

- 1 подложка
- 2 покрытие
- 3 повторно излученная тепловая радиация
- 4 поглощение радиации покрытием (зависит от толщины покрытия и покровного материала)
- 5 тепловая радиация
- 6 тепловые волны
- 7 ультразвуковые волны
- 8 деформация поверхности

Рисунок 4 – Взаимодействие радиации с образцом при фотометрическом измерении толщины с демонстрацией поверхностной деформации

4.4.4 Метод 3 – Определение с использованием термических свойств

4.4.4.1 Прибор и вторичные эталоны

4.4.4.1.1 Система измерения

Существуют различные методы продуцирования тепловых волн в материале покрытия и детектирования тепловых эффектов, индуцированных в тепловом участке образца (см. EN 15042-2^[18]). Источники тепловой радиации, например, лазерные источники, светоизлучающие диоды, источники ламп накаливания, применяются, главным образом, в качестве возбуждающей системы для лакокрасочных покрытий.

Используются следующие методы детектирования:

- детектирование повторно излученной тепловой радиации (фототермическая радиометрия);
- детектирование изменения в показателе преломления (в нагретом воздухе над площадью измерения);
- пирозлектрическое детектирование (измерение теплового потока).

4.4.4.1.2 Вторичные эталоны

Вторичные эталоны с различными свойствами поглощения и ряд толщин пленки требуются для целей градуировки (см. EN 15042-2^[18]).

4.4.4.2 Градуировка

Поверяют систему измерения с помощью эталонных образцов (см. 4.4.4.1.2) для каждого сочетания пленка-подложка (в особенности, для каждого покровного материала)

4.4.4.3 Методика

Задействует аппарат и измеряют толщину пленки в соответствии с инструкциями изготовителя.

5 Определение толщины сухой пленки

5.1 Общее

В приложении А приводится общее описание методов, использованных для определения толщины сухой пленки.

5.2 Механические методы

5.2.1 Принцип

Микрометр или индикатор с круговой шкалой (метод 4А, см. 5.2.4) используется для измерения толщины пленки как разности между суммарной толщиной (подложка + пленка) и толщиной подложки.

Существуют два способа определения толщины пленки:

- a) Измерения проводятся до и после удаления покрытия (разрушающие)

Суммарная толщина сначала измеряется на определенной площади измерения и затем, после того, как покрытие было удалено из данной площади, измеряется толщина подложки.

- b) Измерения проводятся до и после удаления покрытия (неразрушающие)

Толщина подложки сначала измеряется и затем измеряется суммарная толщина на той

же площади измерения после нанесения покрытия.

Толщина пленки вычисляется из разности двух показаний.

Глубиномер (метод 4В, см. 5.2.5) или профилометр (метод 4С, см. 5.2.6), способный определять толщину пленки непосредственно из разности по высоте между поверхностью пленки и поверхностью экспонированной подложки.

ПРИМЕЧАНИЕ Только вариант «удаление покрытия» возможен для глубиномера или профилометра (методы 4В и 4С).

5.2.2 Область применения

Механический принцип, в основном, пригоден для всех сочетаний пленка-подложка. Где используется механическое измерение, подложка и покрытие должны быть достаточно твердыми для исключения ошибочного показания в результате создания измерительным штифтом вдавливания.

Микрометр или индикатор с круговой шкалой (метод 4А) также пригоден для измерения толщины пленки цилиндрических образцов круглого поперечного сечения, например, проволока, трубы.

Профилометр (метод 4С) признается в качестве эталонного метода в спорных случаях.

5.2.3 Общее

В варианте «нанесения покрытия» шаблон с маркированными отверстиями используется для гарантии того, что измерение толщины подложки и суммарной толщины проводится в одних и тех же точках.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Вариант «нанесения покрытия» является предпочтительным в отношении пластических подложек, поскольку в большинстве случаев подложку нельзя экспонировать, не вызывая ее разрушения.

В варианте «удаления покрытия» площади измерения должны маркироваться и окружаться. Покрытие должно быть осторожно и полностью удалено на площадях измерения без механического или химического разрушения подложки. Подложка может быть частично маскирована путем использования липкой ленты перед нанесением покрытия с целью получения четко определенных ступеней перехода с одного слоя на другой.

В случае глубиномера или профилометра (методы 4В и 4С) покрытие, которое не было удалено в области площади измерения, должно оставаться неповрежденным.

В случае профилометра (метод 4С) уступ между подложкой и пленкой должен быть определен достаточно хорошо.

В отношении твердых подложек, например, стеклянных, покрытие может быть удалено механическим путем, но в отношении менее твердых подложек, например, стали, покрытие должен удаляться химическим способом, используя растворитель или состав для удаления краски.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В случае менее твердых материалов подложек, например, стали, пленку можно прорезать с помощью полого сверла диаметром 10 мм, и диск покрытия, полученный таким образом, удаляют растворителем или составом для удаления краски.

Все поверхности (покрытие, подложка, обратная сторона образца), которые контактируют или измеряются должны быть чистыми и свободными от остатков пленки.

5.2.4 Метод 4А – По разности в толщине

5.2.4.1 Описание инструмента

5.2.4.1.1 Микрометр

Микрометр должен обладать способностью к измерению с точностью до 5 мк. Он должен быть оснащен храповым механизмом для ограничения усилия, оказываемого шпинделем на поверхность испытания.

Вариант 1 – Фиксированный на стойке

Головка микрометра с плоской измерительной поверхностью крепится на жесткой подставке с плоской опорной плитой таким образом, чтобы можно было регулировать ее высоту. Измерительная поверхность должна располагаться параллельно верхней части опорной плиты.

Вариант 2 – Ручной (см. Рисунок 5)

Обычным термином для этого типа прибора является микрометр для измерения наружных размеров, хотя он также известен как микрометрический штихмас. Микрометр должен соответствовать требованиям ISO 3611. Измерительные поверхности шпинделя и упор должны быть плоскими и располагаться параллельно друг друга.

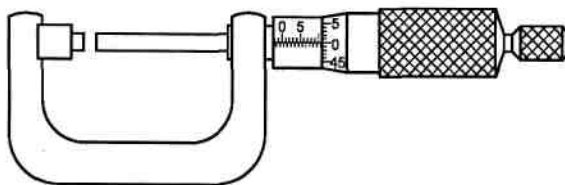


Рисунок 5 – Микрометр для измерения наружных размеров

5.2.4.1.2 Индикатор с круговой шкалой

Механические индикаторы с круговой шкалой, соответствующие требованиям ISO 463, и электронные индикаторы с круговой шкалой типично обладают способностью измерения с точностью до 5 мк (механические индикаторы с круговой шкалой) или 1 мк (электронные индикаторы с круговой шкалой), или выше. Индикатор должен быть оснащен устройством подъема измерительного наконечника. Конфигурация измерительного наконечника должна выбираться в зависимости от твердости покровного материала, толщина которого подлежит измерению (сферическая для твердых материалов, плоская для мягких материалов).

Вариант 1- Фиксированный на стойке

Индикатор с круговой шкалой крепится к стойке согласно рисунку 6. Если используется плоский щуп, поверхность измерения должна располагаться параллельно верхней части опорной плиты.

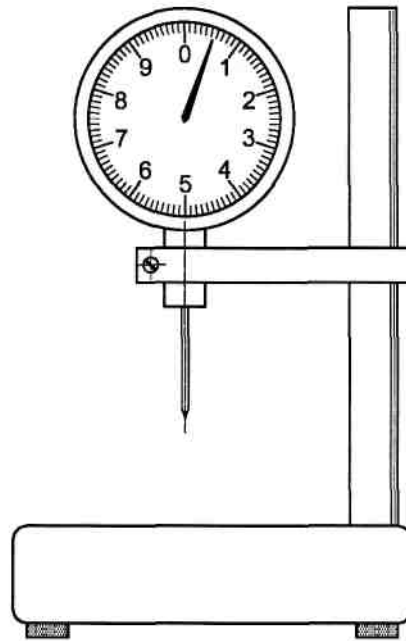
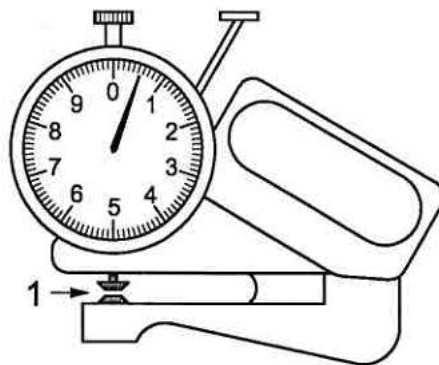


Рисунок 6 – Индикатор с круговой шкалой, фиксированный на стойке

Вариант 2 – Ручной

Этот индикатор с круговой шкалой имеет ручной захват. Устройство для подъема плунжера должно иметь такую конфигурацию, которая допускала бы манипулирование толщиномером одной рукой. Сменный наконечник упора должен располагаться напротив подвижного измерительного наконечника. Конфигурация измерительного наконечника должна зависеть от твердости испытываемого материала (сферическая для твердых материалов, плоская для мягких материалов).



Обозначение

1 апертура индикатора

Рисунок 7 – Толщиномер для фольги

5.2.4.2 Методика

Приготавливают образец согласно 5.2.3 для вариантов «удаления покрытия» и «нанесение покрытия» (см. 5.2.1).

Эксплуатируют приборы таким образом, чтобы покрытая сторона образца или покрываемая сторона были обращены к шпинделю (микрометр, см. 5.2.4.1.1) или контактному элементу (индикатор с круговой шкалой, см. 5.2.4.1.2) в вариантах «удаление покрытия» и «нанесение покрытия» соответственно.

При использовании прибора, закрепленного на стойке (5.2.4.1.1 и 5.2.4.1.2, вариант 1 в каждом случае) помещают образец на опорную плиту.

При использовании ручного типа (5.2.4.1.1 и 5.2.4.1.2, вариант 2 в каждом случае) удерживают образец напротив фиксированного измерительного наконечника.

ПРИМЕЧАНИЕ Захват приборов, рассмотренный в 5.2.4.1.1 и 5.2.4.1.2, вариант 2 в каждом случае, может быть закреплен на стойке для облегчения его эксплуатации.

Повторяют методику для второго измерения после удаления пленки («удаление покрытия») или нанесения пленки («нанесение покрытия»).

Проводят каждое измерение таким образом, чтобы:

- при использовании микрометра согласно описанию в 5.2.4.1.1 шпиндель перемещается относительно исследуемой поверхности до тех пор, пока не будет активирован храповой механизм;
- при использовании индикатора с круговой шкалой согласно описанию в 5.2.4.1.2 поверхность осторожно контактируют наконечником пружинно-нагружаемого контактного элемента.

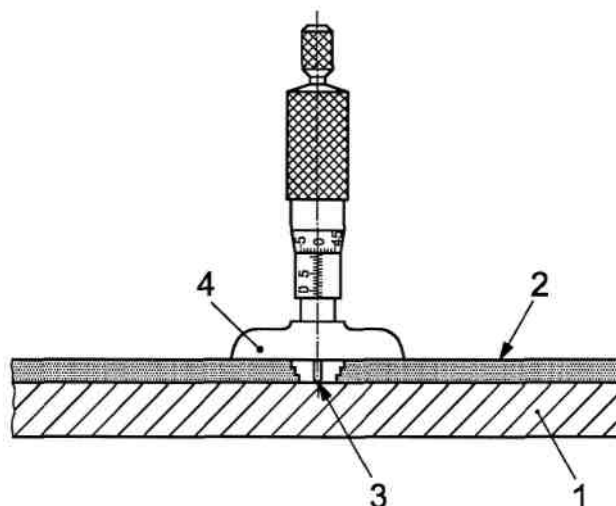
Толщина пленки представляет собой разность между показанием, полученным для суммарной толщины, и показанием, полученным для толщины подложки.

5.2.5 Метод 4В – Измерение глубины

5.2.5.1 Инструменты и вторичные эталоны

5.2.5.1.1 Вариант 1 – Микрометр (см. Рисунок 8)

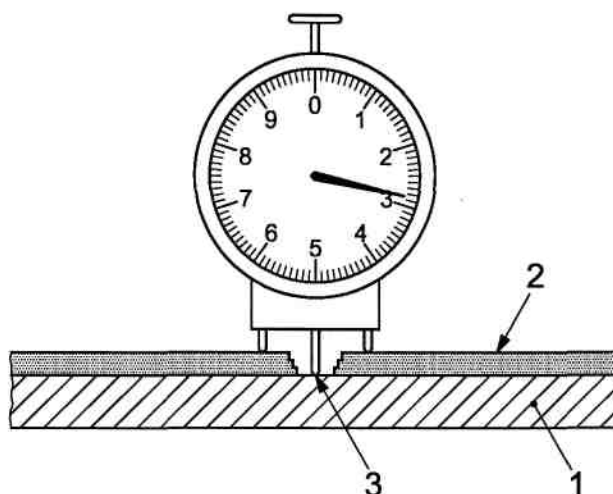
Микрометры данного типа типично обладают способностью измерения с точностью до 5 мк, или выше. Микрометр должен быть оснащен храповиком для ограничения усилия, оказываемого контактным элементом на подложку. Он имеет плоское основание или пята, которая помещается на поверхность покрытия и действует в качестве образцовой плоской поверхности.

**Обозначение**

- 1 подложка
- 2 покрытие
- 3 контактный элемент
- 4 плоское основание или пята

Рисунок 8 - Микрометр**5.2.5.1.2 Вариант 2 – Глубиномер с круговой шкалой (см. Рисунок 9)**

Механические индикаторы с круговой шкалой, соответствующие требованиям ISO 463, и электронные индикаторы с круговой шкалой типично обладают способностью измерения с точностью до 5 мк (механические индикаторы с круговой шкалой) или 1 мк (электронные индикаторы с круговой шкалой), или выше. Прибор может иметь плоское основание или пята, которая помещается на поверхность покрытия и действует в качестве образцовой плоской поверхности.

**Обозначение**

- 1 подложка
- 2 покрытие
- 3 контактный элемент

Рисунок 9 – Глубиномер с круговой шкалой

5.2.5.1.3 Вторичные эталоны для установки прибора на нуль

Плоская эталонная пластина требуется для установки индикатора на нуль. Эталонная пластина должна состоять из плоской стеклянной пластины, допуск на плоскостность которой не превышает 1 мк (см. также ISO 1101^[1]).

5.2.5.2 Методика

Удаляют покрытие из площади измерения. Устанавливают прибор на нуль путем проверки нулевой точки с эталонной пластиной (5.2.5.1.3) и затем:

- a) при использовании индикатора типа микрометр помещают пяту на поверхность покрытия таким образом, чтобы шпиндель располагался над экспонированной поверхностью, и закручивают шпиндель до тех пор, пока он не коснется подложки и не сработает храповой механизм;
- b) при использовании индикатора с круговой шкалой помещают контактный элемент на экспонированную площадь и пяту (или контактные штифты) на покрытие (если индикатор относится к типу с контактными штифтами следует соблюдать осторожность в плане обеспечения их перпендикулярности к поверхности образца).

Толщина пленки может считываться непосредственно как показание глубины (с коррекцией, если необходимо, на любую погрешность нуля).

5.2.6 Метод 4С – Сканирование профиля поверхности

5.2.6.1 Описание прибора

Этот инструмент включает подвижной щуп, соединенный с соответствующим усилительным и регистрирующим оборудованием. Для измерения толщины пленки инструмент используется с целью регистрации профиля заплечика, образованного между подложкой и покрытием во время удаления части покрытия (см. Рисунок 10). Индикаторы шероховатости или профиля со свободно перемещающимся щупом, в которых радиус наконечника щупа выбирается сообразно шероховатости подложки и поверхности пленки, являются наиболее целесообразными.

ПРИМЕЧАНИЕ Измерения могут проводиться оптическим или акустическим способом, т.е. без какого-либо контакта с образцом.

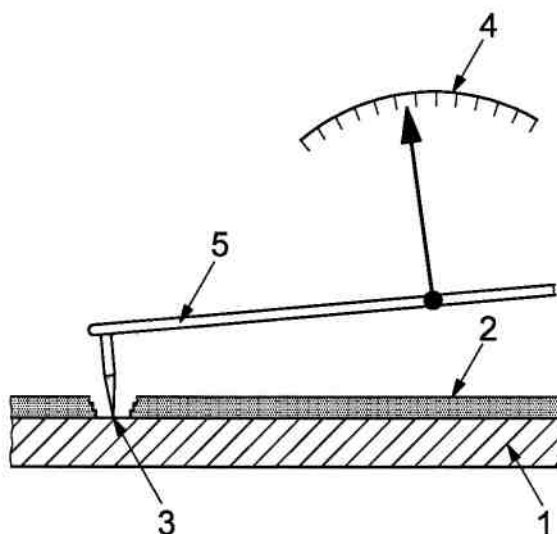
5.2.6.2 Методика

Приготавливают образец в соответствии с описанием в 5.2.3. Сканируют и регистрируют профиль поверхности на площади измерения, используя соответствующий монитор и графопостроитель.

На показания отрицательно могут влиять следующие факторы:

- неадекватно зачищенные поверхности;
- вибрации в системе измерения;

- использование непригодного наконечника щупа.



Обозначение

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | наконечник щупа |
| 4 | шкала |
| 5 | рычаг |

Рисунок 10 – Сканер профиля поверхности

Проводят базовые линии через среднюю высоту кривой, полученной для поверхности пленки (верхняя линия), и через кривую, полученную для подложки (нижняя линия). Измеряют толщину пленки как расстояние между базовыми линиями в средней точки заплечика.

5.3 Гравиметрический метод

5.3.1 Принцип

Толщина сухой пленки, t_d , в микрометрах, вычисляется из разности между массой непокрытого образца и массой покрытого образца, используя следующую формулу:

$$t_d = \frac{m - m_0}{A \cdot \rho_0} \quad (2)$$

где

- | | |
|----------|---|
| ρ_0 | - плотность нанесенного сухого материала, в граммах на миллилитр. |
| m_0 | - масса непокрытого образца, в граммах; |
| m | - масса покрытого образца, в граммах; |
| A | - покрытая площадь поверхности, в квадратных метрах; |

ПРИМЕЧАНИЕ
с ISO 3233.

Плотность сухой пленки покровного материала может быть определена в соответствии

5.3.2 Область применения

Гравиметрический принцип является общеприменимым.

5.3.3 Общее

Применение гравиметрического метода дает среднее значение толщины сухой пленки для всей площади покрытой поверхности. В особенности при напылении обратная сторона образца должна маскироваться с целью предотвращения погрешностей измерения в результате частичного покрытия обратной стороны (красочный туман).

5.3.4 Метод 2 – По разности в массе

5.3.4.1 Аппаратура

Требуются весы, способные взвешивать до 500 г с точностью до 1 мг.

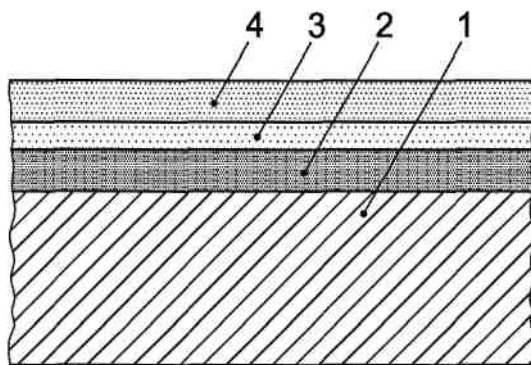
5.3.4.2 Методика

Сначала взвешивают чистый непокрытый образец, покрывают его и повторно взвешивают. Вычисляют толщину сухой пленки, используя уравнение (2).

5.4 Оптические метод

5.4.1 Принцип

В методе поперечного сечения (метод 6А, см. 5.4.4) образец шлифуют/разрезают вдоль плоскости, перпендикулярной покрытию таким образом, чтобы пленку можно было измерить непосредственно, используя микроскоп (см. Рисунок 11).



Обозначение

- | | |
|---|------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие 1 |
| 3 | покрытие 2 |
| 4 | покрытие 3 |

Рисунок 11 – Поперечный разрез образца

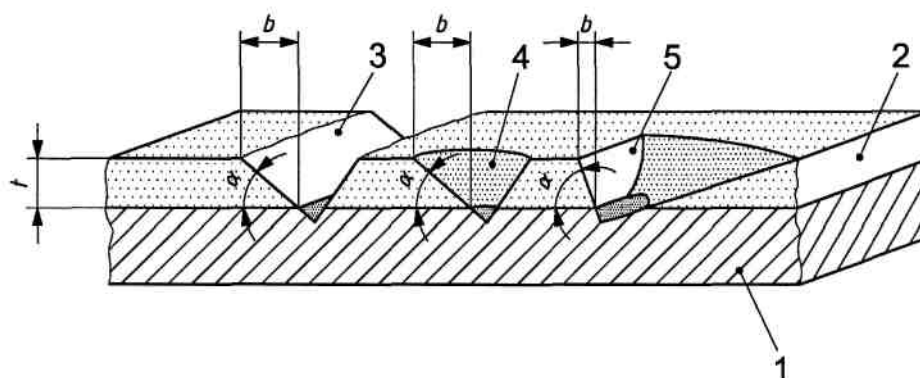
При применении клиновидного метода (метод 6В, см. 5.4.5) вырез определенных размеров производится в покрытии, используя режущий инструмент под заданным углом к поверхности (см. Рисунок 12). Толщина пленки, t , вычисляется с помощью уравнения:

$$t = b \cdot \tan \alpha \quad (3)$$

где

b - спроектированная половина ширины выреза (от края до подложки), определенная посредством микроскопа;

α - угол выреза.



Обозначение

- | | |
|---|----------------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | симметричный вырез |
| 4 | коническое отверстие |
| 5 | наклонный вырез |

Рисунок 12 – Симметричный вырез, коническое отверстие и наклонный вырез

Симметричный клиновидный вырез (№ 3 на Рисунке 12) можно проделать в покрытии с помощью специального ножа, коническое отверстие (№ 4 на Рисунке 12) с помощью специального сверла и наклонный вырез (№ 5 на Рисунке 12) с помощью фрезы.

5.4.2 Область применения

Оптический принцип в основном применим для всех сочетаний пленка-подложка. Толщина отдельных слоев в многослойном покрытии может быть также измерена при условии, что эти слои достаточно четко отличаются друг от друга.

Если используется метод поперечного сечения или клина, подложка должна иметь свойства, необходимые для его сечения, расточки или вырезания.

В спорных случаях метод поперечного сечения (метод 6А, см. 5.4.4) признается в качестве эталонного.

5.4.3 Общее

Для метода клинового выреза образец должен быть плоским (смотрите, вместе с тем, примечание к 5.4.5.2).

Если покрытие материала является упругим, поперечное сечение/клиновой вырез может быть деформирован настолько, что измерение даст недействительные результаты. Этот эффект можно уменьшить путем охлаждения образца перед вырезанием.

В случае хрупкого и/или неадекватно сцепленного покрытия расслоение пленки может затруднить определение истинной границы раздела между покрытием и подложкой. Что, следовательно, приведет к искажению показаний.

5.4.4 Метод :А – Поперечное сечение

5.4.4.1 Вариант 1 – Путем шлифования

5.4.4.1.1 Оборудование и материалы

5.4.4.1.1.1 Шлифовально-полировальный станок

Оборудование, которое используется для проведения металлургической подготовки, является целесообразным.

5.4.4.1.1.2 Средство заливки

Используют смолу, отверждающуюся в естественных условиях, которая не оказывает отрицательного влияния на лакокрасочное покрытие и позволяет получить беззастывшую заливку.

5.4.4.1.1.3 Шлифовально-полировальное средство

Используют водостойкую абразивную бумагу, например, зернистостью 280, 400 и 600, или соответствующие сорта алмазной или аналогичной пасты.

5.4.4.1.1.4 Измерительный микроскоп

Требуется микроскоп с соответствующей системой освещения, позволяющий получить оптимальный контраст изображения. Увеличение должно быть выбрано таким образом, чтобы поле обзора соответствовало бы 1,5-3 кратному увеличению толщины пленки. Окуляр или оптоэлектронное измерительное устройство должно допускать проведение измерений с точностью не менее 1 мк.

5.4.4.1.2 Методика

Заливают образец или репрезентативную пробу образца в смоле (5.4.4.1.1.2). В смоченном состоянии полируют образец или пробу, используя шлифовально-полировальный станок

(5.4.4.1.1.1), вдоль плоскости, перпендикулярной поверхности покрытия. Повторяют процесс с помощью абразива наименьшего размера. Измеряют толщину (толщины) экспонированного слоя (слоев), используя микроскоп.

5.4.4.2 Вариант 2 – Путем резания

5.4.4.2.1 Оборудование

5.4.4.2.1.1 Режущий инструмент

Требуется подвижной или ротационный микротон с карбидными лезвиями соответствующей геометрии и державка для зажима образца.

5.4.4.2.1.2 Измерительный микроскоп

Требуется микроскоп с соответствующей системой освещения, позволяющий получить оптимальный контраст изображения. Увеличение должно быть выбрано таким образом, чтобы поле обзора соответствовало бы 1,5-3 кратному увеличению толщины пленки. Окуляр или оптоэлектронное измерительное устройство должно допускать проведение измерений с точностью не менее 1 мк.

5.4.4.2.2 Методика

Зажимают образец или репрезентативную пробу, взятую от образца, в державке микротона и разрезают вдоль плоскости, перпендикулярной поверхности покрытия. Измеряют толщины экспонированных слоев, используя микроскоп.

5.4.5 Метод 6В – Клиновой вырез

5.4.5.1 Оборудование

5.4.5.1.1 Общее

Режущий инструмент и измерительный микроскоп требуются для метода клинового выреза. Они могут быть скомпонованы в одном инструменте.

5.4.5.1.2 Режущий инструмент

Требуется специальный прибор со сменным режущим инструментом для получения точных разрезов под заданным углом.

Режущий инструмент (нож, специальное сверло для краски или фреза) должны

- изготавливаться из твердосплавного материала;
- иметь прецизионные отшлифованные задние грани;
- иметь соответствующую геометрию для обеспечения точных клиновых вырезов.

Стандартные углы резания находятся в диапазоне $\alpha = 5,7^\circ$ ($\tan \alpha = 0,1$) - $\alpha = 45^\circ$ ($\tan \alpha = 1$).

5.4.5.1.3 Измерительный микроскоп

Требуется микроскоп с приблизительно $\times 50$ увеличением и средство освещения. Окуляр должен допускать проведение измерений с точностью до 20 мк.

5.4.5.2 Методика

Отмечают образец, например, фломастером, контрастирующим цветом в площади измерения. Делают вырез или отверстие в этом месте. Вырез или отверстие должны проникнуть сквозь подложку. Используя отметку для локализации выреза или отверстия с микроскопом, измеряют спроектированную половину ширины, b , и вычисляют толщину пленки с помощью уравнения 3 (см. 5.4.1).

ПРИМЕЧАНИЕ Уравнение (3) не может быть использоваться для искривленных поверхностей. Вместе с тем, можно использовать модифицированную формулу расчета для конических отверстий или искривленных поверхностей.

5.5 Магнитные методы

5.5.1 Общее

В отношении большинства толщиномеров сухой пленки магнитного типа обязательным условием является то, что их необходимо поверять перед снятием показаний. Поверка в соответствии с инструкциями изготовителя должна проводиться в пределах диапазона толщин, ожидаемых для данного покрытия.

5.5.2 Принцип

Толщина пленки определяется из взаимодействия между магнитным полем и металлической подложкой. Толщина пленки выводится из усилия, требуемого для отвода магнита от покрытия (метод 7A, см. 5.5.5), или из изменений в магнитном поле (методы 7B, 7C и 7D, см. 5.5.6, 5.5.7 и 5.5.8).

5.5.3 Область применения

Магнитные методы пригодны для покрытий на металлических подложках.

В отношении методов 7A, 7B и 7C подложка должна быть из ферромагнитного материала, для метода 7D – из неферромагнитного.

Свойства покрытия должны быть такими, чтобы показание не оказалось недействительным, когда прибор касается поверхности покрытия.

5.5.4 Общее

На магнитное поле, продуцируемое прибором, могут влиять следующие факторы:

- геометрия подложки (размеры, кривизна и толщина);
- свойства материала подложки, например, проницаемость, проводимость и свойства, обусловленные какой-либо предварительной обработкой;

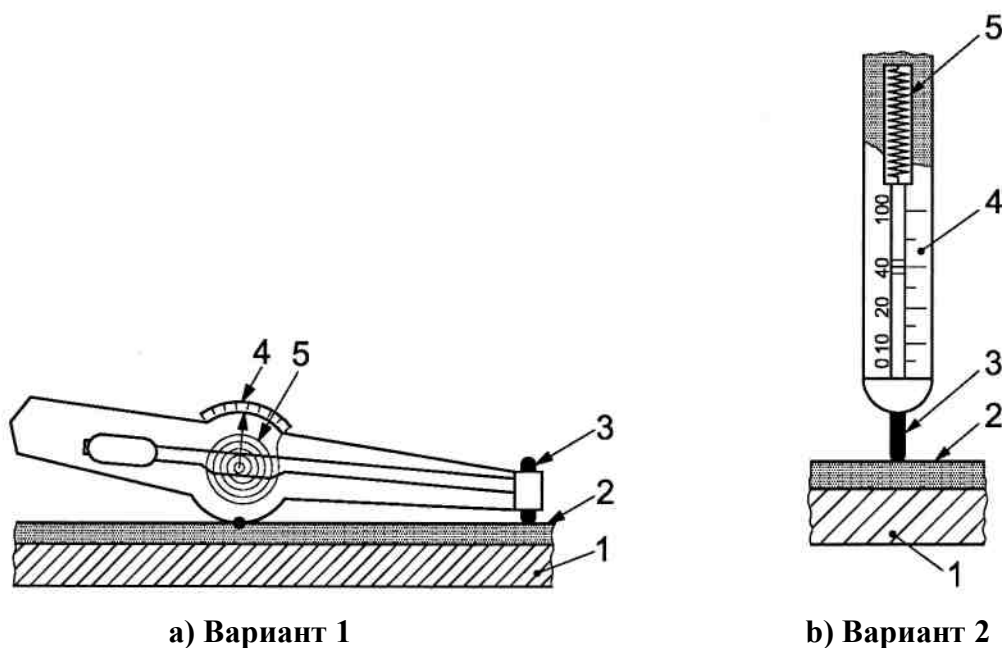
- шероховатость подложки;
- другие магнитные поля (остаточный магнетизм подложки и внешние магнитные поля).

5.5.5 Метод 7A – Магнитный вытяжной индикатор

5.5.5.1 Описание прибора

Прибор содержит магнит для определения толщины пленки из силы притяжения между магнитом и подложкой [(см. Рисунки 13a) и 13b)].

ПРИМЕЧАНИЕ Прибор, приведенный на Рисунке 13a), может использоваться в любом положении. Прибор, показанный на Рисунке 13b), предназначен для применения в одной ориентации вследствие эффекта силы тяжести.



Обозначение

- | | |
|---|----------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | магнит |
| 4 | шкала |
| 5 | пружина |

Рисунок 13 – Магнитный вытяжной индикатор

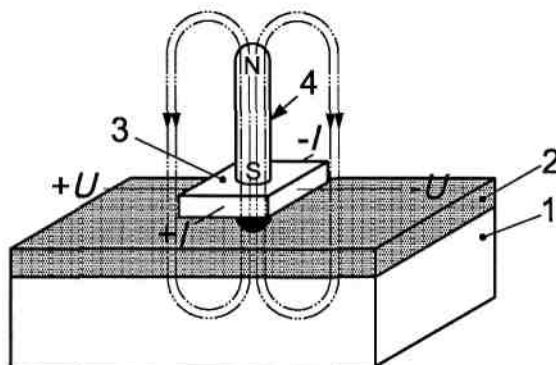
5.5.5.2 Методика

Помещают прибор магнитом к покрытию. Отводят магнит от покрытия в направлении, перпендикулярном поверхности покрытия. Толщина пленки выводится из силы, требуемой для отведения магнита от образца.

5.5.6 Метод 7В – Индикатор магнитного потока

5.5.6.1 Описание прибора

Этот прибор содержит магнит для определения толщины пленки из изменения, вызванного подложкой, в магнитном поле магнита. Магнитное поле измеряется преобразователем Холла (см. Рисунок 14).



Обозначение

1	подложка
2	покрытие
3	элемент Холла
4	магнит
U	напряжение Холла
I	управляющий ток

Рисунок 14 – Преобразователь Холла

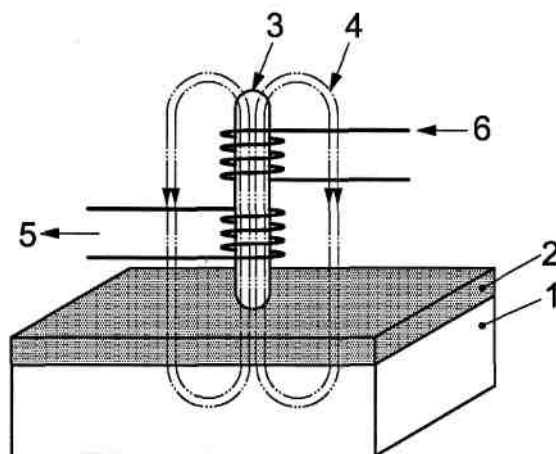
5.5.6.2 Методика

Помещают индикатор на покрытии таким образом, чтобы он располагался перпендикулярно к покрытию. Считывают толщину непосредственно с циферблата или вычисляют ее в соответствии с инструкциями изготовителя.

5.5.7 Метод 7С – Магнитно-индукционный индикатор

5.5.7.1 Описание прибора

Этот прибор содержит электромагнит для определения толщины пленки из изменения, вызванного в магнитном поле, во время его прохождения сквозь ферромагнитную подложку (см. Рисунок 15). Низкочастотное (НЧ, например, от 60 до 400 Гц), переменное электромагнитное поле генерируется электромагнитом (см. ISO 2178^[3]).



Обозначение

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | ферромагнитный сердечник |
| 4 | переменное магнитное поле (НЧ) |
| 5 | сигнал измерения |
| 6 | ток |

Рисунок 15 – Принцип индикатора магнитной индукции

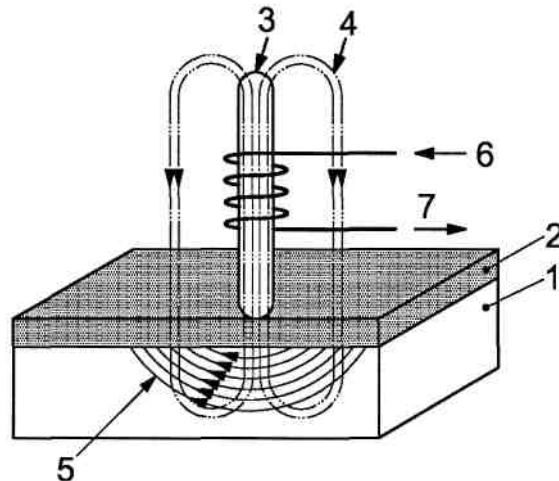
5.5.7.2 Методика

Помещают прибор на покрытие таким образом, чтобы он располагался перпендикулярно покрытию. Вычисляют толщину пленки из изменения в магнитном потоке.

5.5.8 Метод 7D – Индикатор вихревых токов

5.5.8.1 Описание прибора

Этот прибор содержит электромагнит для определения толщины пленки из изменения в магнитном поле, вызванного вихревыми токами в электропроводящей подложке (см. Рисунок 16). Высокочастотное (ВЧ, например, от 0,1 до 30 Гц), переменное электромагнитное поле генерируется электромагнитом (см. ISO 2360^[4]).



Обозначение

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | ферритный сердечник |
| 4 | переменное магнитное поле (ВЧ) |
| 5 | вихревые токи |
| 6 | ток |
| 7 | сигнал измерения |

Рисунок 16 – Принцип индикатора вихревых токов

5.5.8.2 Методика

Помещают прибор на покрытие таким образом, чтобы он располагался перпендикулярно покрытию.

5.6 Радиологический метод

5.6.1 Принцип

Толщина пленки выводится из взаимодействия между ионизирующим излучением и покрытием. Радиоизотоп используется в качестве источника радиации.

5.6.2 Область применения

Радиологический принцип является целесообразным для любого сочетания пленка-подложка при условии, что разность между атомным числом покровного материала и атомным числом подложки равна, по крайней мере, 5 (см. ISO 3543^[10]).

5.6.3 Общее

На измерение толщины пленки может влиять:

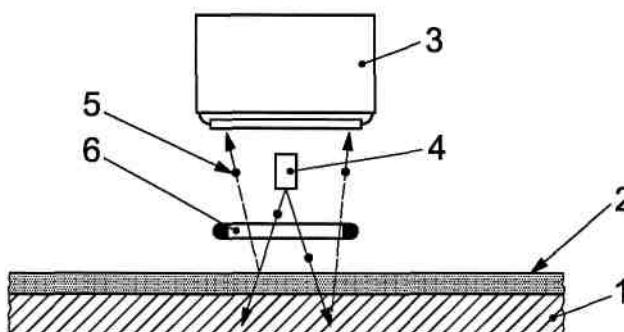
- геометрия подложки (размеры, кривизна);
- примеси на поверхности покрытия;
- вариации в плотности покрытия.

5.6.4 Метод 8 – Метод обратного бета-рассеивания

5.6.4.1 Описание прибора

Прибор обратного бета-рассеивания (см. Рисунок 17) включает в себя:

- источник радиации (радиоизотопный), который испускает главным образом бета-частицы, имеющие энергию, соответствующую толщине измеряемой пленки;
- индикатор или измерительную систему с рядом апертур и содержащий бета-детектор для подсчета количества бета-частиц обратного рассеивания, например, счетчик Гейгера;
- систему обработки и отображения данных.



Обозначение

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | счетчик |
| 4 | радиоизотоп |
| 5 | частицы обратного рассеивания |
| 6 | апертура |

Рисунок 17 – Метод обратного бета-рассеивания

5.6.4.2 Поверка

Поверяют и, если необходимо, регулируют прибор с помощью эталонов, имеющих, насколько это возможно, покрытие и подложку одинакового с исследуемым образцом химического состава.

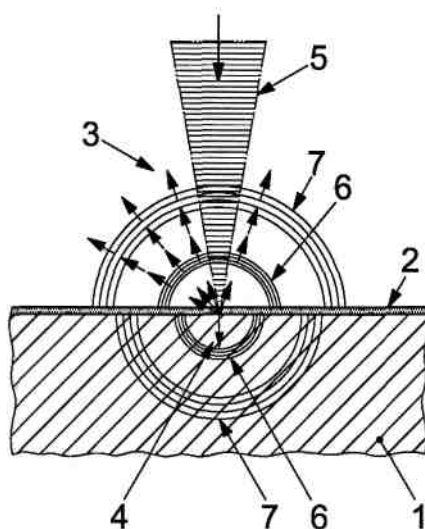
5.6.4.3 Методика

Эксплуатируют прибор в соответствии с инструкциями изготовителя.

5.7 Фототермический метод

5.7.1 Принцип

Толщина пленки определяется из разности между временем излучения тепловой волны к покрытию и временем обнаружения повторно излученной волны (тепловой или ультразвуковой) (см. Рисунок 18).



Обозначение

- | | |
|---|---|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие |
| 3 | повторно излученная тепловая радиация |
| 4 | поглощение излучения покрытием (зависит от толщины покрытия и покровного материала) |
| 5 | тепловое облучение |
| 6 | тепловые волны |

Рисунок 18 – Взаимодействие излучения с образцом в ходе фототермического измерения толщины

Независимо от типа используемого возбуждения или метода детектирования все фототермические методы основаны на одном и том же принципе: периодическое или импульсное введение энергии в форме теплоты в образец и последующее обнаружение локального увеличения температуры.

Измеренная разность по времени сравнивается с полученными прибором значениями для пленок известной толщины при фиксированных условиях (энергия возбуждения, продолжительность импульса, частота возбуждения и т.д.) (см. 5.7.4.2).

5.7.2 Область применения

Фотометрический принцип, в основном, пригоден для всех сочетаний пленки и подложки. Он может также использоваться для определения толщин отдельных слоев в многослойном покрытии при условии, что данные слои достаточно четко отличаются один от другого в отношении своих свойств удельной теплопроводности и отражения.

Требуемая минимальная толщина подложки зависит от используемой системы измерения (см. 5.7.4.1.1) и сочетания пленка-подложка.

5.7.3 Общее

Классификация метода как разрушающего или неразрушающего зависит от назначения покрытия. Тепловая энергия, поглощенная покрытием, может оказывать влияние на покрытие вследствие производимого локального теплового эффекта.

5.7.4 Метод 9 – Определение с использованием термических свойств

5.7.4.1 Прибор и вторичные эталоны

5.7.4.1.1 Система измерения

Существуют различные методы продуцирования тепловых волн в материале покрытия и детектирования тепловых эффектов, индуцированных на тепловом участке образца (см. EN 15042-2^[18]). Источники тепловой радиации, например, лазерные, светоизлучающие диоды, лампы накаливания, применяются, главным образом, в качестве возбуждающей системы для лакокрасочных покрытий.

Используются следующие методы детектирования:

- детектирование повторно излученной тепловой радиации (фототермическая радиометрия);
- детектирование изменения в показателе преломления (в нагретом воздухе над площадью измерения)
- пирозлектрическое детектирование (измерение теплового потока).

5.7.4.1.2 Вторичные эталоны

Эталонные образцы с различными свойствами поглощения и ряд толщин пленки требуются для целей поверки (см. EN 15042-2^[18]).

5.7.4.2 Поверка

Поверяют и, если необходимо, регулируют систему измерения с помощью эталонных образцов (см. 5.7.4.1.2) для каждого сочетания пленка-подложка (в особенности, для каждого покровного материала).

5.7.4.3 Методика

Эксплуатируют прибор в соответствии с инструкциями изготовителя. Считывают толщину непосредственно с отображающего устройства или вычисляют ее в соответствии с инструкциями изготовителя.

5.8 Акустический метод

5.8.1 Принцип

Для акустического метода толщина пленки определяется из продолжительности распространения ультразвукового импульса сквозь покрытие.

5.8.2 Область применения

Акустический принцип является целесообразным для любого сочетания пленка-подложка.

Скорость звука должна быть равномерной в отдельных слоях и должна заметно отличаться от скорости звука в смежном слое и в подложке.

ПРИМЕЧАНИЕ Неоднородности в покрытии, например, присутствие силиката алюминия, и в подложке, например, волокна в древесине, могут повлиять на полученный результат.

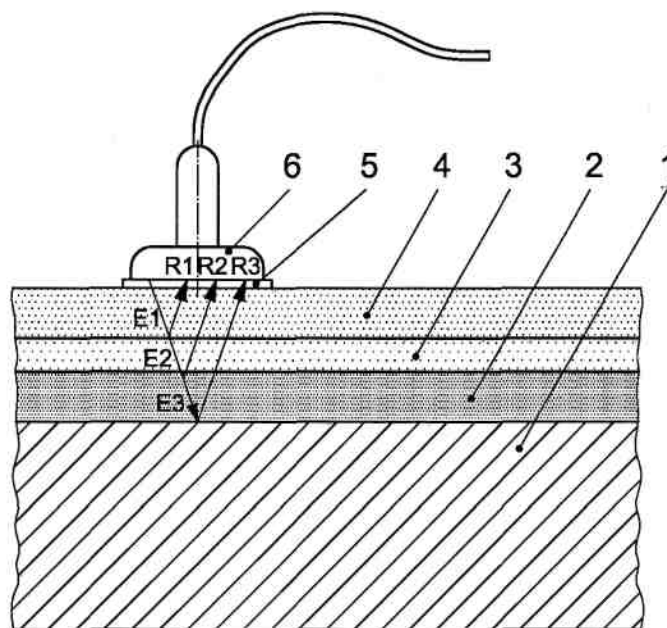
5.8.3 Общее

На акустическое поле может оказывать влияние геометрия подложки (размеры, кривизна и шероховатость).

5.8.4. Метод 10 – Ультразвуковой толщиномер

5.8.4.1 Описание прибора

Данный прибор имеет ультразвуковой передатчик и приемник для определения толщины пленки на основании продолжительности распространения звука (см. Рисунок 19).



Обозначение

1	подложка
2	покрытие 1
3	покрытие 2
4	покрытие 3
5	связующее
6	зонд (передатчик и приемник)
E	импульс, проникающий в покрытие
R	отраженные импульсы

Рисунок 19 – Ультразвуковой толщиномер

5.8.4.2 Методика

Наносят связующее вещество на покрытие, толщина которого подлежит измерению. Помещают прибор таким образом, чтобы поверхность зонда располагалась горизонтально на покрытии. Задействуют прибор и определяют результаты в соответствии с инструкциями изготовителя.

6 Определение толщины неотвержденных порошковых слоев

6.1 Общее

В приложении А приводится обзор методов, используемых для определения толщины неотвержденных порошковых слоев.

6.2 Гравиметрический метод

6.2.1 Принцип

Толщина пленки неотвержденного порошкового слоя, t_p , в микронах, вычисляется из разности между массой непокрытого образца и массой покрытого образца с помощью следующей формулы:

$$t_p = \frac{m - m_0}{A \cdot \rho_p} \quad (4)$$

где

m_0 - масса непокрытого образца, в граммах;

m - масса покрытого образца, в граммах;

A - покрытая площадь поверхности, в квадратных метрах;

ρ_p - плотность нанесенного жидкого покровного материала, в граммах на миллилитр.

ПРИМЕЧАНИЕ Плотность порошкообразного покровного материала может быть определена согласно ISO 8130-2 или ISO 8130-3.

6.2.2 Область применения

Гравиметрический принцип является общеприменимым.

6.2.3 Общее

Использование гравиметрического метода позволяет получить среднее значение толщины пленки для всей площади покрытой поверхности. При нанесении порошка обратная сторона образца должна маскироваться с целью предупреждения погрешностей измерения вследствие частичного покрытия обратной стороны (красочный туман).

6.2.4 Метод 11 – По разности в массе

6.2.4.1 Аппаратура

Требуются весы, способные взвешивать до 500 г с точностью до 1 мг.

6.2.4.2 Методика

Взвешивают чистый непокрытый образец, покрывают его и взвешивают повторно. Вычисляют толщину пленки, используя уравнение (4).

Повторное взвешивание должно проводиться сразу же после нанесения порошка.

6.3 Магнитные методы

6.3.1 Принцип

Толщина пленки определяется из взаимодействия между магнитным полем и металлической подложкой. Толщина пленки выводится из изменения в магнитном поле.

6.3.2 Область применения

Магнитные методы целесообразны для покрытых металлических подложек.

В отношении метода 12А подложка должна быть ферромагнитной, и в отношении метода 12В – неферромагнитной.

6.3.3 Общее

На магнитное поле, продуцируемое прибором, могут влиять следующие факторы:

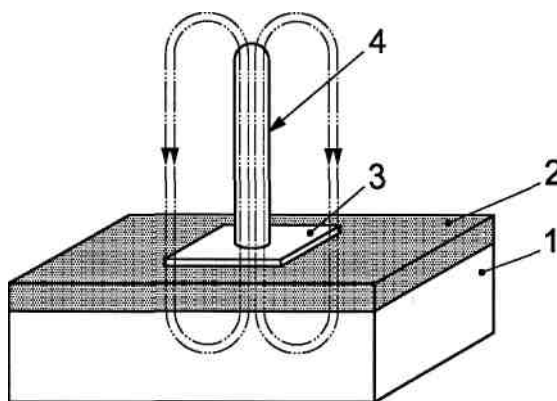
- геометрия подложки (размеры, толщина);
- свойства материала подложки, например, проницаемость, проводимость и свойства, обусловленные какой-либо предварительной обработкой;
- шероховатость подложки;
- другие магнитные поля (остаточный магнетизм подложки и внешние магнитные поля).

Допустимы только измерения на плоских поверхностях.

6.3.4 Метод 12А – Магнитно-индукционный индикатор

6.3.4.1 Описание прибора

Этот прибор содержит электромагнит для определения толщины пленки на основании изменения, вызванного в магнитном поле, во время его приближения к ферромагнитной подложке (см. Рисунок 20). Низкочастотное (НЧ, например, от 60 до 400 Гц) переменное электромагнитное поле генерируется электромагнитом (см. ISO 2178^[31]).



Обозначение

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 | подложка |
| 2 | покрытие 1 |
| 3 | опорная плита |
| 4 | магнит или зонд вихревых токов 3 |

Рисунок 20– Зонд магнитно-индукционного прибора для измерений толщины порошкового покрытия

Влияние зонда на толщину неотвержденного порошкового слоя должно быть сведено к минимуму при позиционировании зонда.

6.3.4.2 Методика

Помещают прибор на покрытие таким образом, чтобы он располагался перпендикулярно к нему. Считывают толщину непосредственно с отображающего устройства или вычисляют ее в соответствии с инструкциями изготовителя.

6.3.5 Метод 12В – Индикатор вихревых токов

6.3.5.1 Описание прибора

Этот прибор содержит электромагнит для определения толщины пленки на основании изменения в магнитном поле, вызванного вихревыми токами в электропроводящей подложке (см. Рисунок 16). Высокочастотное (ВЧ, например, от 0,1 до 30 Гц) переменное электромагнитное поле генерируется электромагнитом (см. ISO 2360^[4]).

Влияние зонда на толщину неотвержденного порошкового слоя должно быть сведено к минимуму при позиционировании зонда.

6.3.5.2 Методика

Помещают прибор на покрытие таким образом, чтобы он располагался перпендикулярно покрытию. Считывают показание непосредственно с отображающего устройства или вычисляют в соответствии с инструкциями изготовителя.

6.4 Фототермальный метод

6.4.1 Принцип

Толщина пленки определяется из разности между временем излучения тепловой волны к покрытию и временем обнаружения повторно излученной волны (тепловой или ультразвуковой) (см. Рисунок 18).

Независимо от типа используемого возбуждения или метода детектирования все фототермические методы основаны на одном и том же принципе: периодическое или импульсное введение энергии в форме теплоты в образец и последующее обнаружение локального увеличения температуры.

Измеренная разность по времени сравнивается с полученными прибором значениями для пленок известной толщины при фиксированных условиях (энергия возбуждения, продолжительность импульса, частота возбуждения и т.д.) (см. 6.4.4.2).

6.4.2 Область применения

Фотометрический принцип, в основном, пригоден для всех сочетаний пленки и подложки. Он может также использоваться для определения толщин отдельных слоев в многослойном покрытии при условии, что данные слои достаточно четко отличаются один от другого в отношении их свойств удельной теплопроводности и отражения.

Требуемая минимальная толщина подложки зависит от используемой системы измерения (см. 6.4.4.1.1) и сочетания пленка-подложка.

6.4.3 Общее

Классификация метода как разрушающего или неразрушающего зависит от назначения покрытия. Тепловая энергия, поглощенная покрытием, может оказывать влияние на покрытие вследствие производимого локального теплового эффекта.

6.4.4 Метод 13 – Определение с использованием термических свойств

6.4.4.1 Прибор и вторичные эталоны

6.4.4.1.1 Система измерения

Существуют различные методы продуцирования тепловых волн в материале покрытия и детектирования тепловых эффектов, индуцированных в тепловом участке образца (см. EN 15042-2^[18]). Источники тепловой радиации, например, лазерные, светоизлучающие диоды, лампы накаливания, применяются, главным образом, в качестве возбуждающей системы для лакокрасочных покрытий.

Используются следующие методы детектирования:

- детектирование повторно излученной тепловой радиации (фототермическая радиометрия);
- детектирование изменения в показателе преломления (в нагретом воздухе над площадью измерения)

- пирозлектрическое детектирование (измерение теплового потока).

6.4.4.1.2 Вторичные эталоны

Эталонные образцы с различными свойствами поглощения и ряд толщин пленки требуются для целей поверки (см. EN 15042-2^[18]).

6.4.4.2 Поверка

Поверяют и, если необходимо, регулируют систему измерения с помощью эталонных образцов (см. 6.4.4.1.2) для каждого сочетания пленка-подложка (в особенности, для каждого материала пленки)

6.4.4.3 Методика

Задействует прибор в соответствии с инструкциями изготовителя. Считывают толщину непосредственно с отображающего устройства или вычисляют ее в соответствии с инструкциями изготовителя.

7 Измерение толщины пленки на шероховатых поверхностях

7.1 Общее

Шероховатость поверхности подложки влияет на результат измерения толщины пленки. К стальным подложкам с поверхностью, зачищенной пескоструйной обработкой, следовательно, будут применимы специальные соображения. Если покрытие наносится на стальную подложку с поверхностью, зачищенной пескоструйной обработкой, измерение ее толщины окажется более трудным, чем для гладких поверхностей. На результаты влияют свойства подложки, которые изменяются от точки к точке, и конструкция измерительного оборудования. Методика, использованная для установки приборов и инструментов на зачищенных пескоструйной обработкой подложках, на практике привела к значительной изменчивости в показаниях толщины сухой пленки.

Помимо изменения результатов вследствие используемого типа инструмента установка инструмента на нуль на поверхности, зачищенной пескоструйной обработкой, также сопряжена с такими проблемами, как, например:

- плохая повторяемость;
- изменчивость в измеренной толщине подкладки, помещенной на такую поверхность (более толстая подкладка увеличивает кажущееся увеличение в толщине подкладки);
- погрешность, связанная с тем, когда не известна шероховатость поверхности стальной подложки.

Назначение метода, описанного в настоящем разделе, заключается в сведении к минимуму изменчивости и достижении единообразной практики измерения толщины покрытий на поверхностях, зачищенных пескоструйной обработкой. Данный метод сопряжен с

измерением толщины пленки с помощью инструмента магнитно-индукционного типа, предварительно настроенного на нуль на гладкой стальной поверхности.

Данный метод измеряет толщину покрытия от воображаемой плоскости, расположенной между пиками и впадинами шероховатой поверхности подложки, типично приблизительно на 25 мк ниже пиков (т.е. около половины шероховатости поверхности, выражаемой как высота от основания до вершины пика, поверхности, зачищенной пескоструйной обработкой), исключая поверхности, подготовленные для поверхностно-профильной оценки «высокого качества», которая определена в ISO 8503-1.

Метод описывает определение параметра, репрезентативного для толщины сухого покрытия на поверхности стальной подложки, зачищенной пескоструйной обработкой. Фактическая толщина пленки, измеренная эталонным методом, не должна быть меньше чем 25 мк и предпочтительно должна быть больше чем 50 мк для того, чтобы полученные результаты можно было бы признать действительными.

Другие методы определения толщин покрытий на шероховатых поверхностях рассмотрены в ISO 19840^[14].

7.2 Приборы и материалы

7.2.1 Прибор для измерения толщины пленки, магнитно-индукционного типа, используемый, например, в методе 7C (см. 5.5.7).

ПРИМЕЧАНИЕ Оборудование, которое оснащено средствами вычисления среднего стандартного отклонения измерений и других статистических параметров, должно использоваться с осторожностью и предпочтительно только теми, кто имеет подготовку в области статистических методов.

7.2.2 Поверочные подкладки, типа фольги, с приписанными значениями, с прослеживаемой связью с национальными стандартами, толщиной, приближающейся к ожидаемой толщине пленки.

ПРИМЕЧАНИЕ Использование несертифицированных подкладок допускается при условии, что они проверяются на месте.

7.2.3 Гладкая стальная плита, свободная от прокатной окалины и ржавчины, аналогичная по магнитному характеру покрытой стали, и толщиной не менее 1,2 мм, для использования при проверке инструмента.

7.3 Методика

7.3.1 Проверка

Перед использованием проверяют и, если необходимо, регулируют инструмент в соответствии с инструкциями изготовителя для стали, применяя гладкую стальную плиту, которая должна быть отполирована с помощью абразивной бумаги с номером зернистости 400 для удаления всех продуктов загрязнения и коррозии. Поверочные подкладки должны располагаться между зондом и гладкой стальной пластиной. Должны использоваться поверочные подкладки выше и ниже ожидаемой толщины пленки.

7.3.2 Измерение

Измерения на сухом покрытии должны проводиться в соответствии с инструкциями

изготовителя для гладкой стали. Относительно числа показаний см. 7.3.3.

7.3.3 Число показаний

Целесообразно снимать, по крайней мере, три показания, равномерно распределенных на каждой площади испытания.

Для руководства рекомендуется иметь две поверхности испытания на каждом квадратном метре для плоского толстого листа металла, четыре - на каждом метре длины для тонкого листа металла, две - на каждом метре длины для фланцев и две или более - на каждом метре длины для труб (в зависимости от диаметра трубы).

Общерекомендуемой практикой является снятие большего числа показаний для прибрежных и других работ на море.

8 Протокол испытания

Протокол испытания должен включать следующее:

- a) всю информацию, необходимую для идентификации испытанного продукта (изготовитель, обозначение продукта, номер партии и т.д.);
- b) ссылку на настоящий международный стандарт, т.н. ISO 2808:2007;
- c) используемый метод и инструмент;
- d) результаты испытания, включая результаты отдельных определений и их среднее;
- e) любое отклонение от установленной методики;
- f) любые необычные явления (аномалии), наблюдаемые во время испытания;
- g) дату проведения испытания.

Протокол испытания может также содержать, если необходимо, следующую дополнительную информацию:

- h) детали подложки (материал, толщина, предварительная обработка);
- i) метод, использованный для покрытия подложки, и относился ли он к однослойной или многослойной системе;
- j) продолжительность и условия, использованные для сушки/отверждения (включая сушку в печи) покрытия и, если необходимо, детали любого старения, осуществленного перед проведением измерений толщины;
- k) соответствующую площадь поверхности, площади испытания и число площадей измерения на единичную площадь испытания;

- l) среднюю толщину пленки и ее стандартное отклонение, локальную толщину пленки и ее стандартное отклонение и минимальную и максимальную локальную толщину пленки.

Приложение А (информативное)

Обзор методов

Обзор методов, описанных в настоящем международном стандарте, приводится в Таблицах А.1 – А.3. Область применения, существующие стандарты и прецизионность приводятся для отдельных методов. Где для отдельных методов существуют стандарты, на них дается ссылка.

Таблица А.1 – Определение толщины смоченной пленки

Принцип	Метод	Подложка ^a	Область применения ^b			Стандарт ^c	Точность/прецизионность ^d
Механический (4.2)	1А Гребенчатый калибр (4.2.4)	X	nd/d ^c	c	I/p/f	ASTM D 4414	Систематическая погрешность прецизионного гребенчатого калибра $\pm 10\%$ или ± 5 мк, какой бы высокой она ни была
	1В Колесный калибр (4.2.5)	X	nd/d ^c	c	I/p/f	ASTM D 1212	Систематическая погрешность $\pm 5\%$ или ± 5 мк, какой бы высокой она ни была
	1С Индикатор с круговой шкалой (4.2.6)	X	nd/d ^c	c	I/p/f		Систематическая погрешность $\pm 5\%$ или ± 3 мк, какой бы высокой она ни была
Гравиметрический (4.3)	2 По разности в массе (4.3.4)	X	nd	nc	I		Данные отсутствуют
Фотометрический (4.4)	3 Термические свойства (4.4.4)	X	nd	nc	I/p	EN 15042-2	Систематическая погрешность $\pm 2\%$ или ± 3 мк, какой бы высокой она ни была
<p>a X = любая подложка</p> <p>b d = разрушаемый nd = неразрушаемый c = контактный nc = неконтактный I/p/f = применим к лабораторной, производственной, полевой работе</p> <p>c Типичные международные (национальные) стандарты, в которых описаны данные методы.</p> <p>d Данные точности для этих методов имеются у изготовителей приборов и могут быть поверены с помощью прослеживаемой связи с поверочными эталонами. Приведенные цифры основаны на эмпирических значениях, которые указаны изготовителями инструмента и пользователями. Изменения возможны.</p> <p>e Зависит от покрытия и его назначения.</p>							

Таблица А.2 – Определение толщины сухой пленки

Принцип	Метод	Подложка ^a	Область Применения ^b			Стандарт ^c	Точность/прецизионность ^d
Механический (5.2)	4А Разность в толщине (микрометр/индикатор с круговой шкалой) (5.2.4)	X	nd/d ^e	c	I	ASTM D 1005 DIN 50933	Механический: нижний предел 5 мк Электронный: нижний предел 3 мк
	4В Измерение толщины (микрометр/индикатор с круговой шкалой) (5.2.5)	X	d	c	I		Механический: нижний предел 3 мк Электронный: нижний предел 2 мк
	4С Сканирование профиля поверхности (5.2.6)	X	d	nc	I	ISO 4518	Нижний предел: 2 мк
Гравиметрический (5.3)	5 По разности в массе (5.3.4)	X	d	c	l/p/f		Данные отсутствуют
Оптический (5.4)	6А Поперечное сечение (5.4.4)	X	d	c	l	ISO 1463	Систематическая погрешность: ± 2 мк Воспроизводимость: ± 5%
	6В Клиновой вырез (5.4.5)	X	d	c	l/p/f	DIN 50986	С верхним пределом 2 мк Воспроизводимость ± 10%
Магнитный (5.5)	7А Магнитный вытяжной индикатор (5.5.5)	Fe	nd	c	l/p/f	ISO 2178	Систематическая погрешность: ± 5 мк Воспроизводимость: ± 6%
	7В Зонд магнитного потока (5.5.6)	Fe	nd	c	l/p/f		Систематическая погрешность: ± 3 мк Воспроизводимость: ± 5%
	7С Измеритель магнитной индукции (5.5.7)	Fe	nd	c	l/p/f	ISO 2178	Систематическая погрешность: ± 2 мк Воспроизводимость: ± 3%
	7D Измеритель вихревых токов (5.5.8)	NFe	nd	c	l/p/f	ISO 2360	Систематическая погрешность: ± 2 мк Воспроизводимость: ± 3%
Радиологический (5.6)	8 Обратное бета-рассеивание (5.6.4)	X	nd	nc	l/p	ISO 3543	Систематическая погрешность: ± 2% или ± 0,5 мк, какой бы большой она ни была
Фототермический (5.7)	9 Термические свойства (5.7.4)	X	nd	nc	l/p	EN 15042-2	Данные отсутствуют
Акустический (5.8)	10 Ультразвуковой толщиномер (5.8.4)	X	nd	c	l/p/f		Систематическая погрешность: ± 2 мк Воспроизводимость: ± 5%
a	X/Fe/NFe = любой/ферромагнитный металл/неферромагнитный металл						
b	d = разрушаемый nd = неразрушаемый c = контактный nc = неконтактный l/p/f = применим к лабораторной, производственной, полевой работе						
c	Типичные международные (национальные) стандарты, в которых описаны данные методы.						
d	Данные точности для этих методов имеются у изготовителей приборов и могут быть поверены с помощью прослеживаемой связи с поверочными эталонами. Приведенные цифры основаны на эмпирических значениях, которые указаны изготовителями инструмента и пользователями. Изменения возможны.						
e	Зависит от методики.						

Таблица А.3 – Определение толщины пленки для порошков без поперечных связей

Принцип	Метод	Подложка ^a	Область применения ^b			Стандарт ^c	Точность/прецизионность ^d
Гравиметрический (6.2)	11 По разности в массе (6.2.4)	X	nd	c	I		Данные отсутствуют
Магнитный (6.3)	12А По разности в массе (6.3.4)	Fe	nd/d ^e	c	I/p	ISO 2178	Систематическая погрешность: ± 2 мк Воспроизводимость: $\pm 3\%$
	12 Индикатор вихревых токов (6.3.5)	NFe	nd/d ^e	c	I/p	ISO 2360	Систематическая погрешность: ± 2 мк Воспроизводимость: $\pm 5\%$
Фототермальный (6.4)	13 Термические свойства 6.4.4)	X	nd/d ^e	nc	I/p	EN 15042-2	Систематическая погрешность: $\pm 2\%$ или ± 3 мк, какой бы высокой она ни была
<p>a X = любой/ферромагнитный металл/неферромагнитный металл</p> <p>b d = разрушаемый nd = неразрушаемый c = контактный nc = неконтактный I/p/f = применим к лабораторной, производственной, полевой работе</p> <p>c Типичные международные (национальные) стандарты, в которых описаны данные методы.</p> <p>d Данные точности для этих методов имеются у изготовителей приборов и могут быть поверены с помощью прослеживаемой связи с поверочными эталонами. Приведенные цифры основаны на эмпирических значениях, которые указаны изготовителями инструмента и пользователями. Изменения возможны.</p> <p>e Зависит от методики.</p>							

Библиография

- [1] ISO 1101, *Геометрические технические условия на изготовление изделия (GPS). Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, расположения и сбега резьбы*
- [2] ISO 1463, *Металлические и оксидные покрытия. Измерение толщины покрытия. Микроскопический метод*
- [3] ISO 2178, *Неметаллические покрытия на магнитных подложках. Измерение толщины покрытия. Магнитный метод*
- [4] ISO 2360, *Непроводящие покрытия на немагнитных электропроводящих исходных материалах. Измерение толщины покрытия. Метод вихревых токов*
- [5] ISO 2811-1, *Краски и лаки. Определение плотности. Часть 1. Пиктометрический метод*
- [6] ISO 2811-2, *Краски и лаки. Определение плотности. Часть 2. Метод погруженного тела (отвеса)*
- [7] ISO 2811-3, *Краски и лаки. Определение плотности. Часть 3. Колебательный метод*
- [8] ISO 2811-4, *Краски и лаки. Определение плотности. Часть 4. Метод напорной чаши*
- [9] ISO 3233, *Краски и лаки. Определение процентного объема нелетучего вещества путем измерения плотности сухого покрытия*
- [10] ISO 3543, *Металлические и неметаллические покрытия. Измерение толщины. Метод обратного бета-рассеивания*
- [11] ISO 4518, *Металлические покрытия. Измерение толщины покрытия. Профилометрический метод*
- [12] ISO 8130-2, *Порошки для покрытия. Часть 2. Определение плотности с помощью пикнометра газового сравнения (эталонный метод)*
- [13] ISO 8130-3, *Порошки для покрытия. Часть 3. Определение плотности с помощью пикнометра жидкостного смещения*
- [14] ISO 19840, *Краски и лаки. Защита от коррозии стальных конструкций посредством лакокрасочных систем. Измерение и приемочные критерии для толщины сухих пленок на шероховатых поверхностях*
- [15] ASTM D 1005, *Стандартные методы испытания для измерения толщины сухой пленки органических покрытий, используя микрометры*
- [16] ASTM D 1212, *Стандартные методы испытания для измерения толщины влажной пленки*
- [17] ASTM D 4414, *Стандартная практика измерения толщины влажной пленки с помощью шаблонов для пазов*
- [18] EN 15042-2, *Измерение толщины покрытий и определение характеристик поверхностей посредством поверхностных волн. Часть 2. Руководства для измерения толщины покрытий посредством фототермического метода*
- [19] DIN 50986, *Измерение толщины покрытий путем дифференциального измерения, используя щуповой прибор*
- [20] DIN 50986, *Измерение толщины покрытий. Метод клинового выреза для измерения толщины лакокрасочных и родственных покрытий*

МКС 87.040