

DIN EN ISO 2808

ICS 87.040

Einsprüche bis 2018-08-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 2808:2007-05

Entwurf

**Beschichtungsstoffe –
Bestimmung der Schichtdicke (ISO/DIS 2808:2018);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 2808:2018**

Paints and varnishes –
Determination of film thickness (ISO/DIS 2808:2018);
German and English version prEN ISO 2808:2018

Peintures et vernis –
Détermination de l'épaisseur du feuil (ISO/DIS 2808:2018);
Version allemande et anglaise prEN ISO 2808:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-06-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nab@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 112 Seiten

DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Das Dokument (prEN ISO 2808:2018) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 002-00-07-10 AK „Schichtdicke“ des Arbeitsausschusses NA 002-00-07 AA „Allgemeine Prüfverfahren für Beschichtungsstoffe und Beschichtungen“ im DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB).

Wird die Schichtdicke eines Beschichtungssystems bestehend aus einem Basislack und einem Klarlack gemessen, kann es durch Anquellen des Basislackes zu einer höheren Schichtdicke kommen, als wenn zunächst die Schichtdicke des eingebrannten Basislackes und nachfolgend die Schichtdicke des Klarlackes gemessen und beide Werte addiert werden. Wenn die Schichtdicke eines solchen Beschichtungssystems nach verschiedenen Verfahren gemessen wird, sollte darauf geachtet werden, dass die Probenpräparation gleich ist.

Die deutschen Übersetzungen der Begriffe Kalibrierung (3.13), Verifizierung (3.14), Referenzmaterial (3.15) Justierung eines Messsystems (3.16) und Messgenauigkeit (3.17) wurde übernommen aus: Burghart Brinkmann: Internationales Wörterbuch der Metrologie, Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) – Deutsch-englische Fassung ISO/IEC-Leitfaden 99:2007, Korrigierte Fassung 2012, 4. Auflage 2012, Beuth Verlag GmbH.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 463	siehe DIN EN ISO 463
ISO 1463	siehe DIN EN ISO 1463
ISO 2178	siehe DIN EN ISO 2178
ISO 2360	siehe DIN EN ISO 2360
ISO 2811-1	siehe DIN EN ISO 2811-1
ISO 2811-2	siehe DIN EN ISO 2811-2
ISO 2811-3	siehe DIN EN ISO 2811-3
ISO 2811-4	siehe DIN EN ISO 2811-4
ISO 3233-1	siehe DIN EN ISO 3233-1
ISO 3233-2	siehe DIN EN ISO 3233-2
ISO 3233-3	siehe DIN EN ISO 3233-3
ISO 3543	siehe DIN EN ISO 3543
ISO 3611	siehe DIN EN ISO 3611
ISO 4518	siehe DIN EN ISO 4518
ISO 4618	siehe DIN EN ISO 4618
ISO 8130-2	siehe DIN EN ISO 8130-2
ISO 8130-3	siehe DIN EN ISO 8130-3
ISO 8503-1	siehe DIN EN ISO 8503-1
ISO 13102	siehe DIN EN ISO 13102
ISO 15189:2007	siehe DIN EN ISO 15189:2014-11
ISO/TS 19397	siehe DIN CEN ISO/TS 19397, DIN SPEC 55661
ISO 19399	siehe DIN EN ISO 19399
ISO 25178-604	siehe DIN EN ISO 25178-604

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 2808:2007-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Definitionen wurden den aktuellen Ausgaben von ISO 4618 und ISO-Guide 99 angepasst;
- b) die Kurzbeschreibung wurde überarbeitet;
- c) die Weißlicht-Interferometrie wurde als Verfahren 6C neu aufgenommen;
- d) das Terahertz-Verfahren wurde als Verfahren 11 neu aufgenommen;
- e) die vorhandenen Verfahren wurden an den aktuellen Stand der Messtechnik angepasst;
- f) die Charakterisierung der Methoden und Verfahren im Anhang A wurde überarbeitet;
- g) die Angaben im Anhang A zur Präzision der einzelnen Verfahren wurde den aktuellen Normen angepasst;
- h) die Verweisungen auf Prüfnormen und Geräthenormen im Anhang A wurden aktualisiert;
- i) Abschnitt 7 über die Messung der Schichtdicke auf rauen Oberflächen wurde in einen informativen Anhang (Anhang B) überführt;
- j) ein neuer informativer Anhang (Anhang C) über Faktoren, die die Messgenauigkeit bei Messungen auf Holz beeinflussen, wurde aufgenommen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 463, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Längenmessgeräte — Konstruktionsmerkmale und messtechnische Merkmale für mechanische Messuhren*

DIN EN ISO 1463, *Metall- und Oxidschichten — Schichtdickenmessung — Mikroskopisches Verfahren*

DIN EN ISO 2178, *Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen — Messen der Schichtdicke — Magnetverfahren*

DIN EN ISO 2360, *Nichtleitende Überzüge auf nichtmagnetischen metallischen Grundwerkstoffen — Messen der Schichtdicke — Wirbelstromverfahren*

DIN EN ISO 2811-1, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Dichte — Teil 1: Pyknometer-Verfahren*

DIN EN ISO 2811-2, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Dichte — Teil 2: Tauchkörper-Verfahren*

DIN EN ISO 2811-3, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Dichte — Teil 3: Schwingungsverfahren*

DIN EN ISO 2811-4, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Dichte — Teil 4: Druckzylinder-Verfahren*

DIN EN ISO 3233-1, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung des Volumens nichtflüchtiger Anteile — Teil 1: Verfahren mit einem beschichteten Probenträger zum Bestimmen des nichtflüchtigen Anteils und zum Bestimmen der Trockenfilmdichte nach dem Archimedes-Prinzip*

DIN EN ISO 3233-2, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung des Volumens nichtflüchtiger Anteile — Teil 2: Verfahren mit Bestimmung des Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen nach ISO 3251 und Bestimmung der Trockenfilmdichte beschichteter Probenplatten nach dem Archimedes-Prinzip*

DIN EN ISO 3233-3, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung des Volumens nichtflüchtiger Anteile — Teil 3: Bestimmung durch Berechnung des nach ISO 3251 bestimmten Gehaltes an nichtflüchtigen Anteilen, der Dichte des Beschichtungsstoffes und der Dichte des Lösemittels im Beschichtungsstoff*

DIN EN ISO 3543, *Metallische und nichtmetallische Schichten — Dickenmessung — Betarückstreu-Verfahren*

DIN EN ISO 3611, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Längenmessgeräte: Bügelmessschrauben — Konstruktionsmerkmale und messtechnische Merkmale*

DIN EN ISO 4518, *Metallische Überzüge — Messen der Schichtdicke — Profilometrisches Verfahren*

DIN EN ISO 4618, *Beschichtungsstoffe — Begriffe*

DIN EN ISO 8130-2, *Pulverlacke — Teil 2: Bestimmung der Dichte mit einem Gasvergleichspyknometer (Schiedsverfahren)*

DIN ISO 8130-3, *Pulverlacke — Teil 3: Bestimmung der Dichte mit einem Pyknometer durch Flüssigkeitsverdrängung*

DIN EN ISO 8503-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen — Teil 1: Anforderungen und Begriffe für ISO- Rauheitsvergleichsmuster zur Beurteilung gestrahlter Oberflächen*

DIN EN ISO 13102, *Geometrische Produktspezifikation und -prüfung (GPS) — Längenmessgeräte: Elektronische digitale Messuhren — Konstruktionsmerkmale und messtechnische Merkmale*

DIN EN ISO 15189:2014-11, *Medizinische Laboratorien — Anforderungen an die Qualität und Kompetenz (ISO 15189:2012, korrigierte Fassung 2014-08-15); Deutsche Fassung EN ISO 15189:2012*

DIN CEN ISO/TS 19397, DIN SPEC 55661, *Bestimmung der Schichtdicke von Beschichtungen mittels Ultraschallmessung*

DIN EN ISO 19399, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Trockenschichtdicke mit dem Keilschnittverfahren (Ritz- und Bohrmethode)*

DIN EN ISO 25178-604, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 604: Merkmale von berührungslos messenden Geräten (Weißlicht-Interferometrie)*

Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke (ISO/DIS 2808:2018)

Peintures et vernis — Détermination de l'épaisseur du feuil (ISO/DIS 2808:2018)

Paints and varnishes — Determination of film thickness (ISO/DIS 2808:2018)

ICS: 17.040.20 ; 87.040

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Bestimmung der Nassschichtdicke	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Mechanische Verfahren	12
4.2.1 Kurzbeschreibung	12
4.2.2 Anwendungsbereich	12
4.2.3 Allgemeines	13
4.2.4 Verfahren 1A — Messkamm	13
4.2.5 Verfahren 1B — Messrad	14
4.2.6 Verfahren 1C — Messuhr	15
4.3 Gravimetrisches Verfahren	17
4.3.1 Kurzbeschreibung	17
4.3.2 Anwendungsbereich	17
4.3.3 Allgemeines	17
4.3.4 Verfahren 2 — Massendifferenz	17
4.4 Photothermisches Verfahren	18
4.4.1 Kurzbeschreibung	18
4.4.2 Anwendungsbereich	18
4.4.3 Allgemeines	18
4.4.4 Verfahren 3 — Bestimmung mittels Wärmeausbreitung	19
5 Bestimmung der Trockenschichtdicke	19
5.1 Allgemeines	19
5.2 Mechanische Verfahren	19
5.2.1 Kurzbeschreibung	19
5.2.2 Anwendungsbereich	20
5.2.3 Allgemeines	20
5.2.4 Verfahren 4A — Dickendifferenzmessung	21
5.2.5 Verfahren 4B — Tiefenmessung	23
5.2.6 Verfahren 4C — Profilabtastung	25
5.3 Gravimetrisches Verfahren	26
5.3.1 Kurzbeschreibung	26
5.3.2 Anwendungsbereich	27
5.3.3 Allgemeines	27
5.3.4 Verfahren 5 — Massendifferenz	27
5.4 Optische Verfahren	27
5.4.1 Kurzbeschreibung	27
5.4.2 Anwendungsbereich	29
5.4.3 Allgemeines	29
5.4.4 Verfahren 6A — Querschliff/Querschnitt	30
5.4.5 Verfahren 6B — Keilschnitt	31
5.4.6 Verfahren 6C — Weißlicht-Interferometrie	31

5.5	Magnetisches Verfahren	32
5.5.1	Kurzbeschreibung	32
5.5.2	Anwendungsbereich	32
5.5.3	Allgemeines	32
5.5.4	Verfahren 7A - Haftkraft	32
5.5.5	Verfahren 7B.1 - Magnetfeldänderung, Verfahren nach dem Hall-Sensor-Prinzip	33
5.5.6	Verfahren 7B.2 - Magnetfeldänderung, magnetinduktives Verfahren	34
5.5.7	Verfahren 7C - Wirbelstrom	35
5.6	Radiologisches Verfahren	36
5.6.1	Kurzbeschreibung	36
5.6.2	Anwendungsbereich	36
5.6.3	Allgemeines	36
5.6.4	Verfahren 8 — Betarückstreu-Verfahren	37
5.7	Photothermisches Verfahren	37
5.7.1	Kurzbeschreibung	37
5.7.2	Anwendungsbereich	38
5.7.3	Allgemeines	38
5.7.4	Verfahren 9 - Bestimmung mittels Wärmeausbreitung	38
5.8	Akustisches Verfahren	39
5.8.1	Kurzbeschreibung	39
5.8.2	Anwendungsbereich	39
5.8.3	Allgemeines	39
5.8.4	Verfahren 10 - Ultraschallreflexion	39
5.9	Elektromagnetisches Verfahren	40
5.9.1	Verfahren 11 - Terahertz-Verfahren	40
6	Bestimmung der Dicke nicht eingebrannter Pulverschichten	42
6.1	Allgemeines	42
6.2	Gravimetrisches Verfahren	42
6.2.1	Kurzbeschreibung	42
6.2.2	Anwendungsbereich	42
6.2.3	Allgemeines	42
6.2.4	Verfahren 12 — Massendifferenz	42
6.3	Magnetisches Verfahren	43
6.3.1	Kurzbeschreibung	43
6.3.2	Anwendungsbereich	43
6.3.3	Allgemeines	43
6.3.4	Verfahren 13A — Magnetinduktives Verfahren	43
6.3.5	Verfahren 13B — Wirbelstrom	44
6.4	Photothermisches Verfahren	45
6.4.1	Kurzbeschreibung	45
6.4.2	Anwendungsbereich	45
6.4.3	Allgemeines	46
6.4.4	Verfahren 14 — Wärmeausbreitung	46
7	Prüfbericht	46
Anhang A (informativ) Übersicht über die Verfahren		48
Anhang B (informativ) Messung der Schichtdicke auf rauen Oberflächen		51
B.1	Allgemeines	51
B.2	Gerät und Prüfmittel	51
B.3	Durchführung	52
B.3.1	Verifizierung	52
B.3.2	Messung	52
B.3.3	Anzahl der Messungen	52
Anhang C (informativ) Faktoren, die die Messgenauigkeit bei Messungen auf Holz beeinflussen		53

C.1	Allgemeines	53
C.2	Zufällige Stichproben	53
C.3	Einziehender Beschichtungsstoff	53
C.4	Ausrichtung von Messungen.....	54
	Literaturhinweise.....	55

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 2808:2018) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 2808:2007 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 2808:2018 wurde von CEN als prEN ISO 2808:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35, *Paints and varnishes*, Unterkomitee SC 9, *General test methods for paints and varnishes*, erarbeitet.

Diese fünfte Ausgabe ersetzt die vierte Ausgabe (ISO 2808:2007), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- a) die Definitionen wurden den aktuellen Ausgaben von ISO 4618 und ISO-Guide 99 angepasst;
- b) die Kurzbeschreibung wurde überarbeitet;
- c) die Weißlicht-Interferometrie wurde als Verfahren 6C neu aufgenommen;
- d) das Terahertz-Verfahren wurde als Verfahren 11 neu aufgenommen;
- e) die vorhandenen Verfahren wurden an den aktuellen Stand der Messtechnik angepasst;
- f) die Charakterisierung der Methoden und Verfahren im Anhang A wurde überarbeitet;
- g) die Angaben zur Präzision der einzelnen Verfahren in Anhang A wurden den aktuellen Normen angepasst;
- h) die Verweisungen auf Prüfnormen und Gerätenormen im Anhang A wurden aktualisiert;

- i) Abschnitt 7 über die Messung der Schichtdicke auf rauen Oberflächen wurde in einen informativen Anhang (Anhang B) überführt;
- j) ein neuer informativer Anhang (Anhang C) über Faktoren, die die Messgenauigkeit bei Messungen auf Holz beeinflussen, wurde aufgenommen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt eine Reihe von Verfahren für die Messung der Dicke von Beschichtungen auf einem Substrat fest. Es werden Verfahren zum Bestimmen der Nassschichtdicke, der Trockenschichtdicke sowie der Dicke von nicht eingebrannten Pulverschichten beschrieben. Wo Einzelnormen bestehen, wird auf diese verwiesen. Anderenfalls wird das Verfahren ausführlich beschrieben.

Im Anhang A wird ein Überblick über die Verfahren gegeben. Zu den einzelnen Verfahren werden der Anwendungsbereich, bereits bestehende Normen und die Präzision angegeben.

Dieses Dokument definiert auch Begriffe, die die Bestimmung der Schichtdicke betreffen.

ANMERKUNG In dieser Norm ist die Reihenfolge der Zählweise der Schichtaufbauten einheitlich beginnend mit Schicht 1 ab dem Substrat. In einigen Normen zu den einzelnen Prüfverfahren ist die Zählweise in umgekehrter Reihenfolge.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 463, *Geometrical product specification (GPS) — Dimensional measuring equipment — Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges*

ISO 3611, *Geometrical product specification (GPS) — Dimensional measuring equipment: Micrometers for external measurements — Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges*

ISO 4618:2014, *Paints and varnishes — Terms and definitions*

ISO 8503-1, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates — Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 4618 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Substrat

Trägermaterial

Untergrund

Oberfläche, auf die ein Beschichtungsstoff aufgetragen wird oder aufgetragen werden soll

[QUELLE: ISO 4618:2014, 2.244]

3.2

Beschichtung

durchgehende Schicht, die durch ein- oder mehrmaliges Auftragen von Beschichtungsstoff auf ein Substrat entsteht

[QUELLE: ISO 4618:2014, 2.50.1]

3.3

Schichtdicke

Abstand zwischen der Oberfläche der Beschichtung und der Oberfläche des Substrates

3.4

Nassschichtdicke

Dicke eines frisch aufgetragenen flüssigen Beschichtungstoffes, unmittelbar nach dem Auftragen gemessen

3.5

Trockenschichtdicke

Dicke einer Beschichtung, die nach der Härtung/Trocknung auf der Oberfläche verbleibt

3.6

Dicke von nicht eingebrannten Pulverschichten

Dicke eines frisch aufgetragenen pulverförmigen Beschichtungstoffes, unmittelbar nach dem Auftragen und vor dem Einbrennen gemessen

3.7

relevante Fläche¹⁾

Teil eines Gegenstandes, der von der Beschichtung bedeckt ist oder bedeckt werden soll und für den die Beschichtung wesentlich für dessen Verwendungszweck und/oder das Aussehen ist

3.8

Prüffläche¹⁾

Teil der relevanten Fläche, innerhalb dessen eine vereinbarte Anzahl von Einzelmessungen erfolgt (Stichprobe, die repräsentativ für die Schichtdicke der relevanten Schicht ist)

3.9

Messstelle¹⁾

Stelle, an der eine Einzelmessung ausgeführt wird

3.10

kleinste örtliche Schichtdicke¹⁾

niedrigster Wert der örtlichen Schichtdicken, der auf der relevanten Fläche eines bestimmten Gegenstandes ermittelt wurde

3.11

größte örtliche Schichtdicke¹⁾

höchster Wert der örtlichen Schichtdicken, der auf der relevanten Fläche eines bestimmten Gegenstandes ermittelt wurde

3.12

mittlere Schichtdicke¹⁾

Mittelwert einer festgelegten Anzahl von örtlichen Schichtdickenmessungen auf der Prüffläche oder das Ergebnis einer gravimetrischen Bestimmung der Schichtdicke

1) Die Messung dieser Eigenschaft wird nur für die erweiterte Auswertung von Schichtdickenmessungen benötigt; siehe Abschnitt 8 (Prüfbericht), Punkte k) und l).

3.13

Kalibrierung

Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten mit ihren Messunsicherheiten und den entsprechenden Anzeigen mit den beigeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Informationen verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Ergebnis einer Kalibrierung darf in Form einer Angabe, einer Kalibrierfunktion oder einer Kalibriertabelle ausgedrückt werden. In einigen Fällen kann sie aus einer additiven oder multiplikativen Korrektur der Anzeige mit der beigeordneten Messunsicherheit bestehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kalibrierung sollte nicht mit Justierung eines Messsystems verwechselt werden, die oft fälschlicherweise „Selbst-Kalibrierung“ genannt wird, und auch nicht mit Verifizierung der Kalibrierung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Oft wird nur der erste Schritt in der obigen Definition als Kalibrierung angesehen.

[QUELLE: ISO-Guide 99:2007, 2.39]

3.14

Verifizierung

Erbringung eines objektiven Nachweises, dass seine Betrachtungseinheit die spezifischen Anforderungen erfüllt

BEISPIEL 1 Bestätigung, dass ein Referenzmaterial wie gefordert für den Größenwert und das betreffende Messverfahren homogen ist, bis hinunter zu einer Messprobe mit einer Masse von 10 mg.

BEISPIEL 2 Bestätigung, dass Leistungsmerkmale oder gesetzliche Anforderungen an ein Messsystem erfüllt sind.

BEISPIEL 3 Bestätigung, dass der Höchstwert für eine Messunsicherheit nicht überschritten werden kann.

Anmerkung 1 zum Begriff: Soweit möglich, sollte die Messunsicherheit berücksichtigt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Betrachtungseinheit kann z. B. ein Prozess, ein Messverfahren, ein Material, eine Verbindung oder ein Messsystem sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Anforderungen können z. B. sein, dass die Spezifikationen eines Herstellers erfüllt werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Verifizierung im gesetzlichen Messwesen (im Deutschen: Eichung), wie im VIML definiert, und in der Konformitätsbewertung im Allgemeinen bezieht sich auf die Prüfung und Kennzeichnung oder auf die Ausstellung eines Verifizierungszertifikats für ein Messsystem.

Anmerkung 5 zum Begriff: Verifizierung sollte nicht mit Kalibrierung verwechselt werden. Nicht jede Verifizierung ist eine Validierung.

Anmerkung 6 zum Begriff: In der Chemie erfordert die Verifizierung der Identität des betreffenden Stoffes oder der Aktivität eine Beschreibung der Struktur oder der Eigenschaft dieses Stoffes oder dieser Aktivität.

[QUELLE: ISO-Guide 99:2007, 2.44]

3.15

Referenzmaterial

RM

Material, das in Bezug auf spezifizierte Eigenschaften ausreichend homogen und stabil ist und sich für den beabsichtigten Verwendungszweck zur Messung oder zur Überprüfung von Nominalmerkmalen als geeignet erweisen hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Untersuchung eines Nominalmerkmals liefert einen Merkmalswert und die beigeordnete Unsicherheit. Diese Unsicherheit ist keine Messunsicherheit.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zur Kontrolle der Messpräzision können Referenzmaterialien mit zugewiesenen Größenwerten oder ohne zugewiesene Größenwerte verwendet werden, wogegen zur Kalibrierung und zur Kontrolle der Messrichtung nur Referenzmaterialien mit zugewiesenen Größenwerten verwendet werden können.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Begriff „Referenzmaterial“ umfasst Materialien, die sowohl Größen als auch Nominalmerkmale verkörpern.

BEISPIEL 1 Beispiele für Referenzmaterialien, die Größen verkörpern:

- a) Wasser angegebener Reinheit, dessen dynamische Viskosität verwendet wird, um Viskosimeter zu kalibrieren;
- b) menschliches Serum ohne einen zugewiesenen Größenwert für die Stoffmengenkonzentration des Inhärenten Cholesterol, lediglich benutzt als Material zur Überprüfung der Messpräzision;
- c) Fischgewebe mit einem festgelegten Massenanteil eines Dioxins, das als Kalibriernormal verwendet wird.

BEISPIEL 2 Beispiele für Referenzmaterialien, die Nominalmerkmale verkörpern:

- a) Farbtafel, die eine der mehrere spezifizierte Farben anzeigt;
- b) DNA-Verbindung, die eine spezifizierte Nucleotidsequenz enthält;
- c) Urin, der 19-Androstendion enthält.

Anmerkung 4 zum Begriff: Ein Referenzmaterial ist manchmal in einem speziell hegestellten Gerät integriert.

BEISPIEL 3 Substanz mit einem bekannten Tripelpunkt in einer Tripelpunktzelle

BEISPIEL 4 Glas von bekannter optischer Dichte in der Halterung eines Transmissionsfilters

BEISPIEL 5 Kugeln einheitlicher Größe, angebracht auf dem Objektträger eines Mikroskops

Anmerkung 5 zum Begriff: Einigen Referenzmaterialien sind Größenkennwerte zugewiesen, die metrologisch auf eine Maßeinheit außerhalb eines Einheitensystems rückführbar sind. Zu solchen Materialien gehören Impfstoffe, denen von der Weltgesundheitsorganisation Internationale Einheiten (IE) zugewiesen worden sind.

Anmerkung 6 zum Begriff: In einer Messung kann ein Referenzmaterial entweder nur für die Kalibrierung oder nur für die Qualitätssicherung verwendet werden.

Anmerkung 7 zum Begriff: Die Spezifikationen eines Referenzmaterials sollten seine Material-Rückverfolgbarkeit beinhalten und es sollten seine Herkunft und seine Verarbeitung angegeben sein (Accred. Qual. Assur.: 2006)

Anmerkung 8 zum Begriff: Die Definition in ISO/REMCO ist analog dazu; allerdings bedeutet die Benennung „Messprozess“ in diesem Fall „Prüfung“ (ISO 15189:2007, 3.4), was beides abdeckt: sowohl die Messung einer Größe als auch die Untersuchung eines Nominalmerkmals.

Anmerkung 9 zum Begriff: Referenzmaterialien können beschichtete Schichtdickennormale oder Folien sein. Falls zwischen den Vertragspartnern vereinbart, darf für bestimmte Arbeiten ein Teil der Probe als Schichtdickennormal verwendet werden.

[QUELLE: ISO-Guide 99:2007, 5.13, modifiziert: Anmerkung 9 zum Begriff ergänzt]

3.16

Justierung eines Messsystems

Justierung

Reihe von Tätigkeiten, die an einem Messsystem ausgeführt werden, sodass dieses festgelegte Anzeigen liefert, die Werten einer zu messenden Größe entsprechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den Justierungsarten eines Messsystems gehören Nullpunktjustierung eines Messsystems, Offset-Justierung und Kennwertjustierung (manchmal auch Verstärkungsjustierung genannt).

Anmerkung 2 zum Begriff: Justierung eines Messsystems sollte nicht mit Kalibrierung verwechselt werden, die eine Voraussetzung für Justierung ist.

Anmerkung 3 zum Begriff: Nach der Justierung eines Messsystems muss das Messsystem für gewöhnlich neu kalibriert werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die meisten digitalen Geräte können an einem Schichtdickennormal oder einer Folie, dessen oder deren Dicke bekannt ist, justiert werden.

[QUELLE: ISO-Guide 99:2007, 3.11, modifiziert: Anmerkung 4 zum Begriff ergänzt]

3.17

Messgenauigkeit

Genauigkeit

Ausmaß der Annäherung eines Messwertes an einen wahren Wert einer Messgröße

Anmerkung 1 zum Begriff: „Messgenauigkeit“ ist keine Größe und wird nicht quantitativ ausgedrückt. Man sagt, dass eine Messung genauer ist, wenn sie eine kleinere Messabweichung hat.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Benennung „Messgenauigkeit“ sollte nicht anstelle von Messrichtigkeit und die Benennung „Messpräzision“ nicht anstelle von „Messgenauigkeit“ verwendet werden, die allerdings zu beiden Begriffen in Beziehung steht.

Anmerkung 3 zum Begriff: „Messgenauigkeit“ wird manchmal als Ausmaß der Übereinstimmung zwischen Messwerten verstanden, die der Messgröße zugewiesen werden.

[QUELLE: ISO-Guide 99:2007, 2.13]

4 Bestimmung der Nassschichtdicke

4.1 Allgemeines

Anhang A enthält eine Übersicht über die Verfahren zum Bestimmen der Nassschichtdicke.

4.2 Mechanische Verfahren

4.2.1 Kurzbeschreibung

Bei allen mechanischen Verfahren wird das Messgerät (siehe Bilder 1, 2 und 3, Legendenpunkt 4) durch die Beschichtung hindurch auf die Substratoberfläche aufgesetzt. Die Differenz zwischen den Kontaktstellen (Substrat, siehe Bilder 1, 2 und 3, Legendenpunkt 1) und der vom oberen Teil des Messgerätes (Bilder 1, 2 und 3, Legendenpunkt 3) angetasteten Beschichtungsoberfläche entspricht der ablesbaren Nassschichtdicke.

4.2.2 Anwendungsbereich

Das mechanische Messprinzip ist für alle Schicht-Substrat-Kombinationen geeignet. Das Substrat muss im Bereich der Messung plan sein. Eine einachsige Krümmung der Oberfläche ist zulässig (z. B. Innen- oder Außenfläche von Rohren).

4.2.3 Allgemeines

Die Einstufung als zerstörendes oder nicht zerstörendes Verfahren hängt ab von:

- a) den Verlaufeigenschaften des Beschichtungsstoffes;
- b) der Art der Benetzung der Kontaktflächen des Messgerätes durch den Beschichtungsstoff;
- c) ob die Schichtdickenmessung die Beschichtung für den späteren Verwendungszweck unbrauchbar macht.

Da nicht auszuschließen ist, dass beim Antasten der Substratoberfläche Pigmentteilchen zwischen Taster und Substrat verbleiben, sind alle mechanischen Verfahren mit einem systematischen Fehler behaftet: Die abgelesene Schichtdicke ist mindestens um die mittlere Dicke der Pigmentteilchen kleiner als die tatsächliche Nassschichtdicke.

Bei einem Messrad (Verfahren 1B, siehe 4.2.5) muss das Rad durch den Beschichtungsstoff benetzt werden. Falls nicht, ist dies ein weiterer möglicher systematischer Fehler, der zu überhöhten Messergebnissen führen kann und der abhängig ist von:

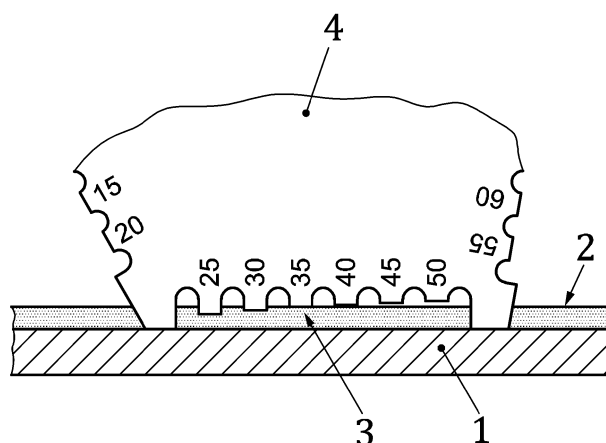
- der Oberflächenspannung und den Verlaufeigenschaften des Beschichtungsstoffes;
- dem Material des Messrades;
- der Drehgeschwindigkeit des Rades.

4.2.4 Verfahren 1A — Messkamm

4.2.4.1 Gerätebeschreibung

Ein Messkamm ist eine flache Scheibe aus korrosionsbeständigem Material, in deren Ränder Zähne eingearbeitet sind (siehe Bild 1). Die Referenzzähne an den Ecken der Scheibe legen eine Linie fest, von der die innenliegenden Zähne in abgestuftem Abstand angeordnet sind. Jeder Zahn ist mit dem zugeordneten Abstandswert gekennzeichnet.

Bei handelsüblichen Messkammern beträgt die maximal zu messende Schichtdicke üblicherweise 2 000 µm und die kleinste Teilung ist üblicherweise 5 µm.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Benetzung
- 4 Messkamm

Bild 1 — Beispiel für einen Messkamm

4.2.4.2 Durchführung

Sicherstellen, dass die Zähne des Gerätes sauber und nicht abgenutzt oder beschädigt sind. Den Messkamm senkrecht auf die Probenoberfläche aufsetzen, so dass die Zähne senkrecht zur Ebene der Probenoberfläche sind. Vor dem Abheben des Messkamms der Beschichtung ausreichend Zeit geben, um die Zähne zu benetzen.

Bei (einachsig) gekrümmten Proben muss der Messkamm parallel zur Krümmungsachse aufgesetzt werden.

Die Schichtdicke muss direkt nach dem Auftragen gemessen werden da das Ergebnis z. B. durch physikalische Trocknung, Vernetzung oder Lösemittelverlust beeinflusst wird.

Abgelesen wird der größte Abstandswert der vom Beschichtungsstoff benetzten Zähne.

4.2.5 Verfahren 1B — Messrad

4.2.5.1 Gerätebeschreibung

Ein Messrad besteht aus einem Rad aus gehärtetem und korrosionsbeständigem Stahl, das drei überstehende Felgen aufweist (siehe Bild 2).

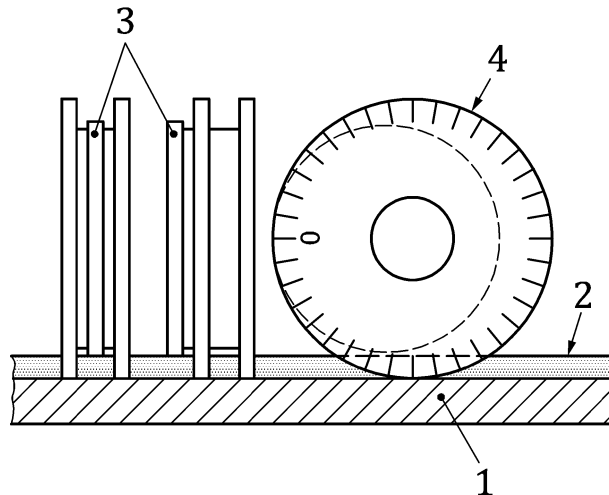
Zwei Felgen sind auf gleichen Durchmesser geschliffen und konzentrisch zur drehbaren Radachse angeordnet. Die dritte Felge hat einen kleineren Durchmesser und ist exzentrisch eingeschliffen. Auf einer der äußeren Felgen ist eine Skala angebracht, an der man den jeweiligen Überstand der konzentrischen Felgen zur exzentrischen Felge ablesen kann.

Zwei Versionen sind gebräuchlich:

- bei Version 1 ist die exzentrische Felge symmetrisch zwischen den konzentrischen Felgen angeordnet;
- bei Version 2 ist die exzentrische Felge außerhalb der konzentrischen Felgen und dicht neben einer von diesen angeordnet.

ANMERKUNG Anders als bei Version 1 kann die Nassschichtdicke bei Version 2 parallaxenfrei abgelesen werden.

Bei handelsüblichen Messrädern beträgt die maximal zu messende Schichtdicke üblicherweise 1 500 µm, und die kleinste Teilung ist üblicherweise 2 µm.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Exzentrerscheibe (links Version 1, rechts Version 2)
- 4 Messrad

Bild 2 — Messrad

4.2.5.2 Durchführung

Messrad mit Daumen und Zeigefinger an der drehbaren Achse greifen und die konzentrischen Felgen so auf die Oberfläche drücken, dass der größte Skalenwert der Beschichtung zugewandt ist.

Bei (einachsiger) gekrümmten Proben müssen Krümmungsachse und Messradachse parallel sein.

Messrad nacheinander in beide Richtungen abrollen. Die beiden größten Skalenwerte, bei denen die exzentrische Felge noch vom Beschichtungsstoff benetzt ist, ablesen.

Die Nassschichtdicke ist der Mittelwert dieser Ablesungen.

Die Schichtdicke muss direkt nach dem Auftragen gemessen werden da das Ergebnis z.B. durch physikalische Trocknung, Vernetzung oder Lösemittelverlust beeinflusst wird.

Um den Einfluss der Oberflächenspannung auf das Messergebnis zu minimieren, sollte der Benetzungsvorgang direkt beobachtet und der Skalenwert bei der ersten Benetzung abgelesen werden. Das ist nur mit der Messrad-Version 2 möglich.

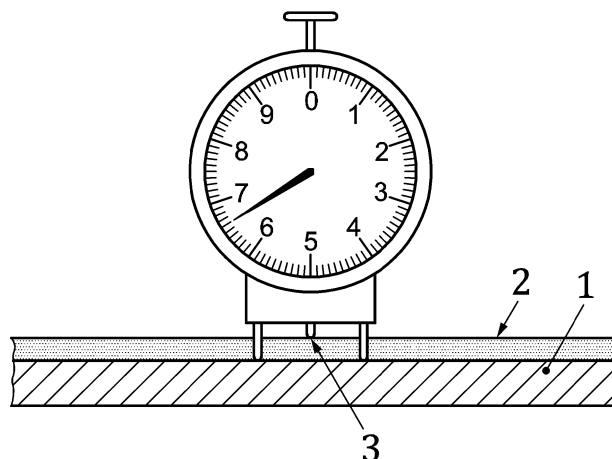
4.2.6 Verfahren 1C — Messuhr

4.2.6.1 Gerät und Referenzmaterialien (Bezugsnormale)

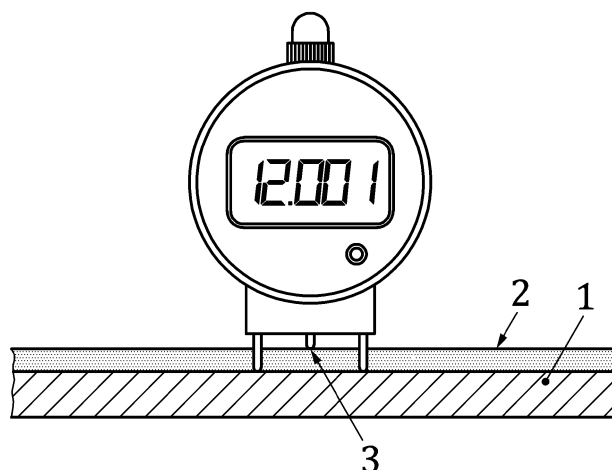
4.2.6.1.1 Messuhr (siehe Bilder 3a und b)

Mit analogen Messuhren nach ISO 463 und digitalen Messuhren kann üblicherweise auf 5 µm genau (analoge Messuhr) oder 1 µm genau (elektronische Messuhr) oder genauer gemessen werden. Die Messuhr kann eine analoge oder eine digitale Anzeige haben.

An der Unterseite der Messuhr sind zwei gleichlange Aufsetzstifte im gleichen Abstand zum beweglichen Messbolzen und in einer Geraden mit diesem montiert. Der Messbolzen kann mit Hilfe einer Justierschraube vorsichtig in Richtung seiner Führung bewegt werden.



a) analoge Messuhr



b) digitale Messuhr

Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Messbolzen

Bild 3 — Messuhr

4.2.6.1.2 Referenzmaterial zur Nullpunkteinstellung der Messuhr

Zum Einstellen des Nullpunktes der Messuhr wird eine plane Referenzplatte benötigt. Die Referenzplatte muss eine polierte Glasplatte sein.

4.2.6.2 Durchführung

Den Nullpunkt der Messuhr auf der Referenzplatte einstellen; dabei ist der Messbolzen so justiert, dass er die Platte gerade berührt.

Den Messbolzen aus der Nullposition zurückdrehen.

Die Aufsetzstifte der Messuhr senkrecht auf die Probe aufsetzen und den Messbolzen vorsichtig absenken, bis dessen Tastspitze den Beschichtungsstoff gerade berührt.

Bei (einachsig) gekrümmten Proben müssen die Messbolzen parallel zur Krümmungsachse aufgesetzt werden.

Die Schichtdicke muss direkt nach dem Auftragen gemessen werden da das Ergebnis z.B. durch physikalische Trocknung, Vernetzung oder Lösemittelverlust beeinflusst wird.

Die Nassschichtdicke direkt auf der Messuhr ablesen.

4.3 Gravimetrisches Verfahren

4.3.1 Kurzbeschreibung

Ein Beschichtungsstoff wird aufgetragen und die Schichtdicke aus dem Quotienten der Masse der Beschichtung und deren Dichte und der beschichteten Fläche bestimmt.

Die Nassschichtdicke, t_w , in Mikrometer, wird nach folgender Gleichung berechnet:

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

Dabei ist

m_0 die Masse der unbeschichteten Probe, in Gramm;

m die Masse der beschichteten Probe, in Gramm;

A die beschichtete Fläche, in Quadratzentimeter;

ρ die Dichte des applizierten Beschichtungsstoffes, in Gramm je Kubikzentimeter.

ANMERKUNG Die Dichte des applizierten flüssigen Beschichtungsstoffes kann nach ISO 2811-1, ISO 2811-2, ISO 2811-3 oder ISO 2811-4 bestimmt werden.

4.3.2 Anwendungsbereich

Das gravimetrische Messprinzip ist allgemein anwendbar, sofern der flüssige Beschichtungsstoff keine oder nur wenig leichtflüchtige Bestandteile enthält.

4.3.3 Allgemeines

Nach dem gravimetrischen Messprinzip erhält man die mittlere Nassschichtdicke über die gesamte beschichtete Fläche. Speziell bei Spritzapplikation muss die Rückseite der Probe abgedeckt sein, um Messfehler durch partielle Rückseitenbeschichtung (Overspray) zu vermeiden. Jegliche Abdeckung muss von der Rückseite entfernt werden, bevor die beschichtete Probe gewogen wird.

4.3.4 Verfahren 2 – Massendifferenz

4.3.4.1 Gerät

Es werden Waagen benötigt, mit denen bis zu 500 g auf 1 mg genau gewogen werden können.

4.3.4.2 Durchführung

Zuerst die unbeschichtete dann die beschichtete Probe wiegen und die Nassschichtdicke nach Gleichung (1) berechnen.

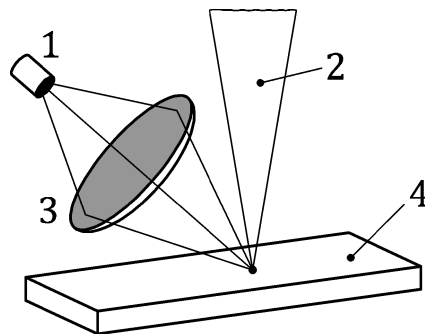
4.4 Photothermisches Verfahren

4.4.1 Kurzbeschreibung

Aus der Zeitdifferenz zwischen dem Einstrahlen einer thermischen Welle in den Beschichtungsstoff und der wieder ausgestrahlten Welle (entweder Hitze oder Ultraschall) wird die Schichtdicke ermittelt (siehe Bild 4).

Unabhängig von der Anregungsart bzw. dem Detektionsverfahren arbeiten alle photothermischen Verfahren nach dem gleichen Prinzip: es wird periodisch oder gepulst Energie in Form von Wärme in eine Probe eingebracht und anschließend die lokal erzeugte Erwärmung detektiert.

Die gemessene Zeitdifferenz wird mit Werten verglichen, die mit dem Gerät an Schichten mit bekannter Dicke unter festgelegten Bedingungen (Anregungsenergie, Pulsdauer, Anregungsfrequenz usw.) ermittelt wurden (siehe 4.4.4.2).



Legende

- 1 IR-Detektor
- 2 Anregungsstrahl
- 3 Wärmestrahlung
- 4 Probe

Bild 4 — Darstellung der radiometrischen Detektion

4.4.2 Anwendungsbereich

Das photothermische Messprinzip ist grundsätzlich für alle Schicht-Substrat-Kombinationen geeignet. Es kann auch verwendet werden, um die Dicke einzelner Schichten in einem Mehrschichtsystem zu bestimmen, sofern sich die einzelnen Schichten bezüglich ihrer Wärmeleit- und Reflexionseigenschaften ausreichend unterscheiden.

Die erforderliche Minstdicke des Substrates hängt vom verwendeten Messsystem (siehe 4.4.4.1.1) und von der jeweiligen Schicht-Substrat-Kombination ab.

4.4.3 Allgemeines

Die Einstufung als zerstörendes oder nicht zerstörendes Verfahren hängt von dem Verwendungszweck der Beschichtung ab. Die von der Beschichtung absorbierte thermische Energie könnte auf Grund der lokalen Erwärmung einen Einfluss auf den Beschichtungsstoff haben (siehe Nr. 8 im Bild 4).

4.4.4 Verfahren 3 – Bestimmung mittels Wärmeausbreitung

4.4.4.1 Gerät und Referenzmaterialien (Bezugsproben)

4.4.4.1.1 Messsystem

Zum Anregen von thermischen Wellen im Beschichtungsstoff und zum Detektieren der an der erwärmten Probenstelle induzierten thermischen Effekte gibt es verschiedene Verfahren (siehe EN 15042-2 [18]). Für Beschichtungen werden als Anregungssystem hauptsächlich thermische Strahlungsquellen (z. B. Laserlichtquellen, Leuchtdioden, Weißlichtquellen) verwendet.

Folgende Detektionsmethoden kommen zum Einsatz:

- Detektion der Wärmerückstrahlung (photothermische Radiometrie);
- Detektion der Brechzahländerung (in der erwärmten Luft über der Messstelle);
- pyroelektrische Detektion (Wärmestrommessung).

4.4.4.1.2 Referenzmaterial

Zum Kalibrieren sind Referenzmaterialien mit unterschiedlichen Absorptionseigenschaften und abgestuften Schichtdicken erforderlich (siehe EN 15042-2 [18]).

4.4.4.2 Kalibrierung

Das Messsystem mit den Referenzmaterialien (4.4.4.1.2) für jede Schicht-Substrat-Kombination (speziell für jedes Schichtmaterial) kalibrieren.

4.4.4.3 Durchführung

Das Gerät nach den Angaben des Geräteherstellers bedienen und die Schichtdicke messen.

5 Bestimmung der Trockenschichtdicke

5.1 Allgemeines

Anhang A enthält eine Übersicht über die Verfahren zum Bestimmen der Trockenschichtdicke.

5.2 Mechanische Verfahren

5.2.1 Kurzbeschreibung

Mit der Messschraube oder der Messuhr (Verfahren 4A, siehe 5.2.4) erhält man die Schichtdicke als Differenz zwischen der Gesamtdicke (Substrat + Schicht) und der Substratdicke.

Es gibt zwei Möglichkeiten zum Ermitteln der Schichtdicke:

- a) Messungen werden vor und nach dem Entschichten durchgeführt (zerstörend)

An der definierten Messstelle wird zuerst die Gesamtdicke und nach dem Entfernen der Beschichtung an derselben Messstelle die Substratdicke gemessen.

- b) Messungen werden vor und nach dem Beschichten durchgeführt (nicht zerstörend)

Zuerst wird die Substratdicke und nach dem Beschichten die Gesamtdicke an derselben Messstelle bestimmt.

Aus der Differenz der beiden Messwerte wird die Schichtdicke berechnet.

Mit dem Tiefenmessgerät (Verfahren 4B, siehe 5.2.5) und dem Profilometer (Verfahren 4C, siehe 5.2.6) wird die Schichtdicke direkt als Höhenunterschied zwischen der Oberfläche der Schicht und der Oberfläche des freigelegten Substrates bestimmt.

ANMERKUNG Beim Tiefenmessgerät und beim Profilometer (Verfahren 4B und 4C) ist nur die Variante „Entschichten“ möglich.

5.2.2 Anwendungsbereich

Das mechanische Messprinzip ist grundsätzlich für alle Schicht-Substrat-Kombinationen geeignet. Bei mechanischer Abtastung müssen Substrat und Beschichtung so beschaffen sein, dass die Messung nicht durch das Eindringen des Tastkörpers verfälscht wird.

Die Messschraube oder die Messuhr (Verfahren 4A) sind auch für Schichtdickenmessungen an zylindrischen Proben mit kreisförmigem Querschnitt (z. B. Drähte, Rohre) geeignet.

Das Profilometer (Verfahren 4C) ist in Streitfällen als Schiedsverfahren anerkannt.

5.2.3 Allgemeines

Bei der Variante „Beschichten“ ist eine Schablone mit gekennzeichneten Bohrungen zu verwenden, um sicherzustellen, dass die Bestimmung von Substratdicke und Gesamtdicke exakt an der festgelegten Messstelle erfolgt.

ANMERKUNG 1 Bei Kunststoffsubstraten wird die Variante „Beschichten“ bevorzugt, da sich in den meisten Fällen das Substrat nicht unbeschädigt freilegen lässt.

Bei der Variante „Entschichten“ sind die Messstellen einzukreisen und zu kennzeichnen. An der Messstelle muss die Beschichtung schonend und vollständig entfernt werden, ohne das Substrat mechanisch oder chemisch zu beschädigen. Das Substrat kann vor dem Beschichten teilweise abgeklebt werden, um definierte Stufen von einer Schicht zur nächsten zu erhalten.

Beim Tiefenmessgerät und beim Profilometer (Verfahren 4B und 4C) muss die nicht abgelöste Beschichtung im Bereich der Messstelle unbeschädigt bleiben.

Beim Profilometer (Verfahren 4C) muss die Stufe zwischen Substrat und Schichtoberfläche hinreichend definiert sein.

Bei harten Substraten (z. B. Glas) kann die Beschichtung mechanisch, bei weniger harten Substraten (z. B. Stahl) muss die Beschichtung chemisch mit Löse- oder Abbeizmittel entfernt werden.

ANMERKUNG 2 Bei weniger hartem Substratmaterial wie Stahl kann die Schicht mit einem Kernbohrer von 10 mm Durchmesser durchschnitten und der eingekreiste Teil der Beschichtung mit Löse- oder Abbeizmittel entfernt werden.

Alle Oberflächen (Beschichtung, Substrat, Probenrückseite), die angetastet oder abgetastet werden, müssen frei von Verunreinigungen und Beschichtungsresten sein.

5.2.4 Verfahren 4A — Dickendifferenzmessung

5.2.4.1 Gerätebeschreibung

5.2.4.1.1 Messschraube

Mit der Messschraube muss auf mindestens 5 µm genau gemessen werden können. Sie muss mit einer Ratsche zum Begrenzen der Tastkraft auf die Prüffläche ausgestattet sein.

Version 1 — Messtisch

Eine Messschraube mit planer Messfläche ist höhenverstellbar in ein Stativ (Messtisch) mit einer glatten Messtischplatte eingespannt. Dabei muss ihre Messfläche parallel zur Messtischplatte ausgerichtet sein.

Version 2 — Tragbare Geräte (siehe Bild 5)

Diese Messschraube wird üblicherweise als Bügelmessschraube bezeichnet. Die Bügelmessschraube muss den Anforderungen nach ISO 3611 entsprechen. Beide Messflächen müssen plan und parallel zueinander sein.

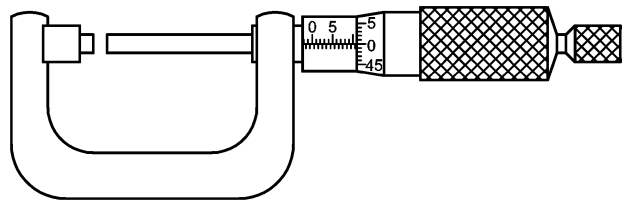


Bild 5 — Bügelmessschraube

5.2.4.1.2 Messuhr

Mit analogen Messuhren nach ISO 463 und elektronischen Messuhren kann üblicherweise auf 5 µm genau (analoge Messuhr) oder 1 µm genau (digitale Messuhr) oder genauer gemessen werden. Die Messuhr muss mit einer Anhebevorrichtung für den beweglichen Messbolzen ausgerüstet sein. Die Form des am Messbolzen austauschbar befestigten Messeinsatzes muss an die Härte des anzutastenden Materials angepasst werden (kugelig für harte, eben für sehr weiche Materialien).

Version 1 — Messuhr mit Stativ

Die Messuhr ist höhenverstellbar in ein Stativ (Messtisch) eingespannt (Bild 6). Wenn ein ebener Messeinsatz verwendet wird, muss die Messfläche parallel zur geschliffenen Messtischplatte ausgerichtet sein.

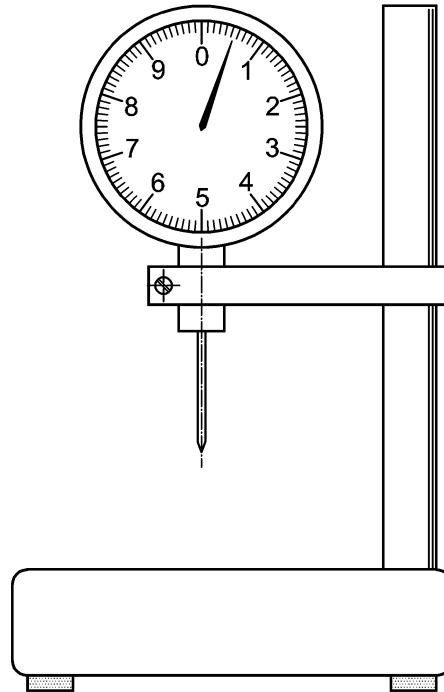
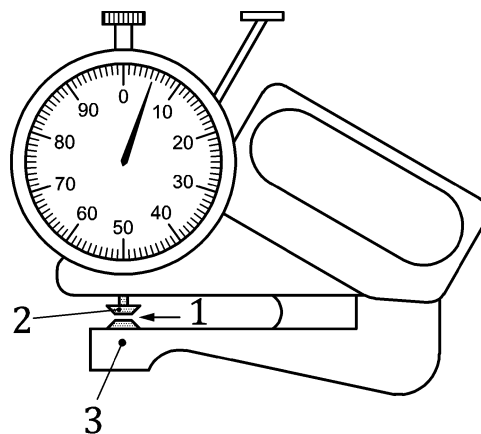


Bild 6 — Messuhr mit Stativ

Version 2 — Tragbare Geräte

Die Messuhr ist in einen Handbügel eingesetzt. Die Hebevorrichtung für den beweglichen Messbolzen der Messuhr ist so anzuordnen, dass das Messgerät mit einer Hand bedient werden kann. Der austauschbar am Messamboss befestigte Messeinsatz muss gegenüber dem Messeinsatz des beweglichen Messbolzens angeordnet sein. Die Form des Messeinsatzes am Messamboss muss an die Härte des anzutastenden Materials angepasst werden (kugelig für harte, flächig für sehr weiche Materialien).

Wenn beide Messeinsätze flach ausgeführt sind (wie bei dem Folien-Dickenmessgerät im Bild 7), müssen die Tastflächen parallel ausgerichtet sein.



Legende

- 1 Messöffnung
- 2 oberer Messeinsatz
- 3 Messamboss

Bild 7 — Folien-Dickenmessgerät

5.2.4.2 Durchführung

Die Probe nach 5.2.3 für die Ausführungsvarianten „Entschichten“ und „Beschichten“ (5.2.1) vorbereiten.

Alle Geräte werden so gehandhabt, dass bei der Variante „Entschichten“ bzw. bei der Variante „Beschichten“ die beschichtete bzw. die zu beschichtende Probenseite der Messspindel (Messschraube, siehe 5.2.4.1.1) oder dem Messbolzen (Messuhr, siehe 5.2.4.1.2) zugewandt ist.

Bei den Geräten mit Messtisch (5.2.4.1.1 und 5.1.4.1.2, jeweils Version 1) wird die Probe auf die Messtischplatte gelegt.

Bei den tragbaren Geräten (5.2.4.1.1 und 5.2.4.1.2, jeweils Version 2) wird die Probe gegen den feststehenden Messamboss gelegt.

ANMERKUNG Zur besseren Handhabung kann man den Bügel der Geräte nach 5.2.4.1.1 und 5.2.4.1.2, jeweils Version 2, in einen Halter einspannen.

Bei der zweiten Messung nach Ablösen der Schicht („Entschichten“) bzw. Aufbringen der Schicht („Beschichten“) ist in analoger Weise zu verfahren.

Die jeweilige Messung wird so ausgeführt, dass

- bei Verwendung einer Messschraube nach 5.2.4.1.1 die Messspindel (Feineinstellung) gegen die anzutastende Oberfläche eindreht, bis die Ratsche anspricht;
- bei Verwendung einer Messuhr nach 5.2.4.1.2 die Oberfläche mit dem federbelasteten Messbolzen vorsichtig angetastet wird.

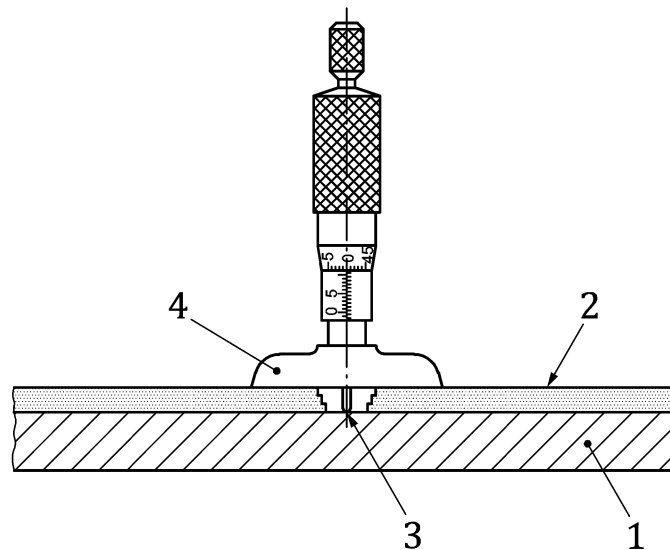
Die Schichtdicke ist die Differenz der Ablesungen für Gesamtdicke und Substratdicke.

5.2.5 Verfahren 4B — Tiefenmessung

5.2.5.1 Geräte und Referenzmaterialien (Bezugsproben)

5.2.5.1.1 Version 1 — Tiefenmessschraube (siehe Bild 8)

Mit Messschrauben dieser Art kann üblicherweise auf 5 µm genau oder genauer gemessen werden. Die Messschraube muss mit einer Ratsche zum Begrenzen der Tastkraft auf das Substrat ausgestattet sein. Sie hat einen flachen Fuß, der auf die Oberfläche der Beschichtung aufgesetzt wird und so als Referenzebene dient.



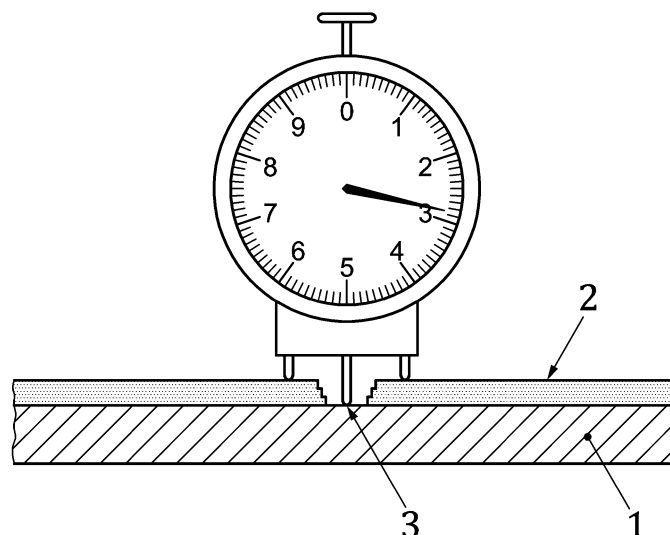
Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Messbolzen
- 4 Flacher Fuß

Bild 8 — Tiefenmessschraube

5.2.5.1.2 Version 2 — Tiefenmessuhr (siehe Bild 9)

Mit analogen Messuhren nach ISO 463 und digitalen Messuhren kann üblicherweise auf 5 µm genau (analoge Messuhr) oder 1 µm genau (digitale Messuhr) oder genauer gemessen werden. Anstelle der flächigen Messbrücke können alternativ auch zwei gleichlange Aufsetzstifte an der Unterseite der Messuhr montiert sein, die im gleichen Abstand zum beweglichen Messbolzen und in einer Linie mit diesem angeordnet sind, wie im Bild 9 zu sehen. Die Messuhr kann einen flachen Fuß haben, der auf die Oberfläche der Beschichtung aufgesetzt wird und so als Referenzebene dient.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Messbolzen

Bild 9 — Tiefenmessuhr

5.2.5.1.3 Referenzmaterialien zur Nullpunkteinstellung

Zum Einstellen des Nullpunktes wird eine plane Referenzplatte benötigt. Die Referenzplatte muss aus einer polierten Glasplatte sein.

5.2.5.2 Durchführung

Die Beschichtung an der Messstelle ablösen. Den Nullpunkt des Gerätes durch Überprüfung des Nullpunkts mit der Kalibrierplatte (5.2.5.1.3) einstellen und dann:

- a) bei Verwendung einer Tiefenmessuhr den Fuß so auf die Beschichtungsoberfläche setzen, dass sich die Messspindel über der freigelegten Stelle befindet, die Messspindel eindrehen, bis die Tastspitze das Substrat berührt und die Ratsche anspricht;
- b) bei Verwendung einer Tiefenmessuhr den Messbolzen auf das freigelegte Substrat und den Fuß (oder die Aufsetzstifte) auf die Beschichtung setzen (handelt es sich bei der Messuhr um eine Ausführung mit Aufsetzstiften, ist auf senkrecht Aufsetzen zu achten).

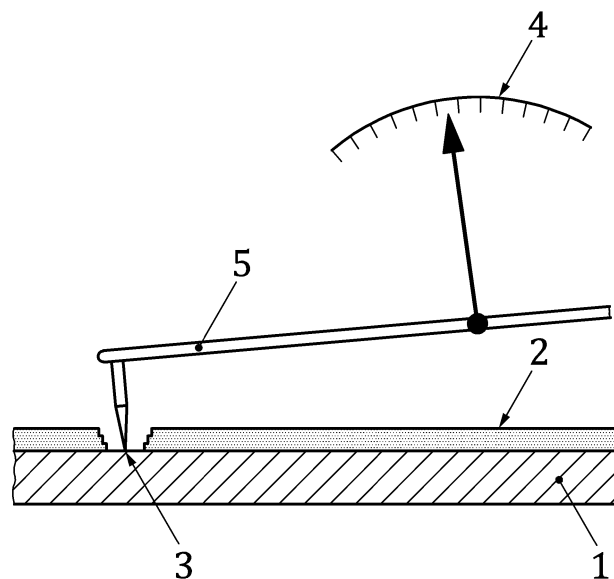
Die Schichtdicke kann (erforderlichenfalls nach einer Nullpunkteinstellung) direkt als Tiefenmesswert abgelesen werden.

5.2.6 Verfahren 4C — Profilabtastung

5.2.6.1 Gerätebeschreibung

Gerät mit freibeweglichem Taster, der mit einem geeigneten Verstärker und einem Aufnahmegerät verbunden ist. Bei Schichtdickenmessungen wird das Gerät zum Aufzeichnen des Oberflächenprofils im Bereich der Stufe zwischen Substrat- und Schichtoberfläche aufgezeichnet (siehe Bild 10). Geeignet sind Rauheits- oder Profilmessgeräte mit Freitastsystem, bei denen der Radius der Tastspitze optimal an die Rauheit der Substrat- und Schichtoberfläche angepasst werden kann.

ANMERKUNG Die Abtastung kann auch optisch oder akustisch (d. h. ohne Probenberührung) erfolgen.



Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Tastspitze
- 4 Skale
- 5 Hebelarm

Bild 10 — Profilometer

5.2.6.2 Durchführung

Die Probe nach 5.2.3 vorbereiten und das Oberflächenprofil im Bereich der Messstelle abtasten und mit einem geeigneten Bildschirm oder Scanner aufzeichnen.

Folgende Faktoren können das Messergebnis negativ beeinflussen:

- nicht ausreichend gereinigte Oberfläche;
- Erschütterungen des Messaufbaus;
- Verwendung einer ungeeigneten Tastspitze.

Als Referenzlinien in die Profilabschnitte von Substrat- und Schichtoberfläche je eine mittlere Gerade einpassen. Die Schichtdicke ist der Abstand der Referenzlinien im Zentrum der Stufe.

5.3 Gravimetrisches Verfahren

5.3.1 Kurzbeschreibung

Die Trockenschichtdicke, t_d , in Mikrometer, wird nach folgender Gleichung aus der Differenz der Massen der unbeschichteten bzw. der beschichteten Probe berechnet:

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

Dabei ist

m_0 die Masse der unbeschichteten Probe, in Gramm;

m die Masse der beschichteten Probe, in Gramm;

A die beschichtete Fläche, in Quadratzentimeter;

ρ_0 die Trockenfilmdichte der Beschichtung, in Gramm je Kubikzentimeter.

ANMERKUNG Die Trockenfilmdichte der Beschichtung kann nach ISO 3233-1, ISO 3233-2 oder ISO 3233-3 bestimmt werden.

5.3.2 Anwendungsbereich

Das gravimetrische Verfahren ist allgemein anwendbar.

5.3.3 Allgemeines

Mit dem gravimetrischen Verfahren erhält man den Mittelwert der Trockenschichtdicke über die gesamte beschichtete Fläche. Speziell bei Spritzapplikation muss die Rückseite der Probe abgedeckt sein, um Messfehler durch partielle Rückseitenbeschichtung (Overspray) zu vermeiden.

5.3.4 Verfahren 5 — Massendifferenz

5.3.4.1 Gerät

Benötigt werden Waagen, mit denen bis zu 500 g auf mindestens 1 mg genau gewogen werden können.

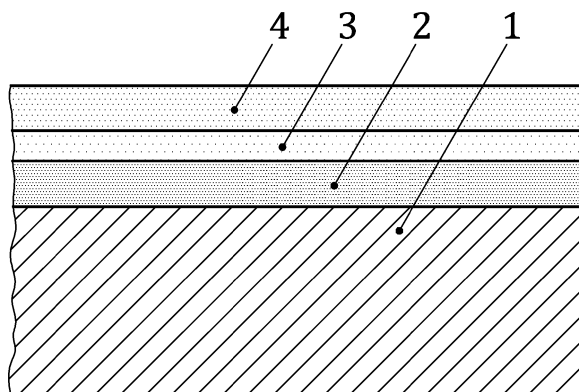
5.3.4.2 Durchführung

Zuerst die saubere, unbeschichtete Probe wiegen, diese beschichten, trocknen/härten und erneut wiegen. Die Trockenschichtdicke nach Gleichung (2) berechnen.

5.4 Optische Verfahren

5.4.1 Kurzbeschreibung

Beim Querschliff/Querschnitt (Verfahren 6A, siehe 5.4.4) wird die Probe senkrecht zur Schicht angeschliffen/angeschnitten, so dass die Schichtdicke direkt mikroskopisch gemessen werden kann (siehe Bild 11).



Legende

- 1 Substrat
- 2 Schicht 1
- 3 Schicht 2
- 4 Schicht 3

Bild 11 — Querschliff

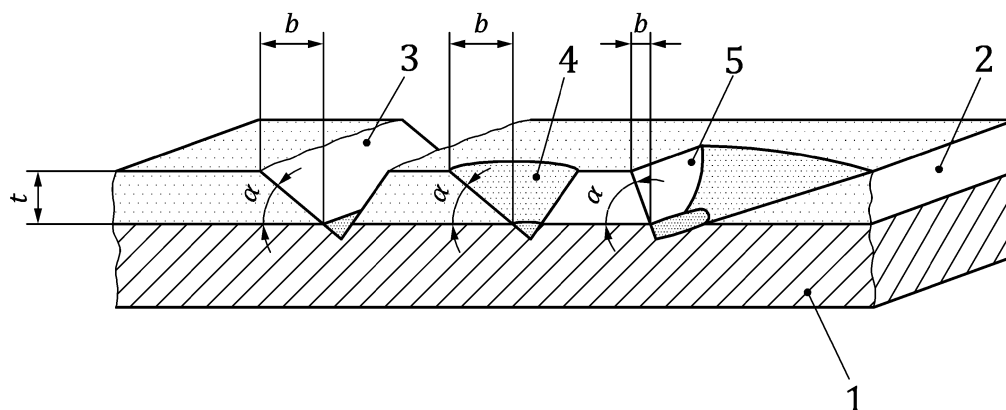
Beim Keilschnitt (Verfahren 6B, siehe 5.4.5) wird an der Beschichtung mit einer Schneide eine definierte Verletzung unter vorgegebenem Winkel zur Oberfläche angebracht (siehe Bild 12). Die Schichtdicke, t , wird nach folgender Gleichung berechnet:

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

Dabei ist

b die mit einem Messmikroskop bestimmte Schnittflankenprojektion;

α der Schnittwinkel.



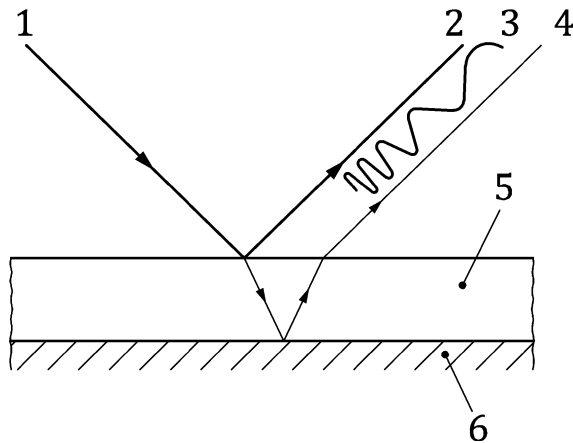
Legende

- 1 Substrat
- 2 Beschichtung
- 3 Keilschnitt
- 4 konische Bohrung
- 5 Schrägschliff

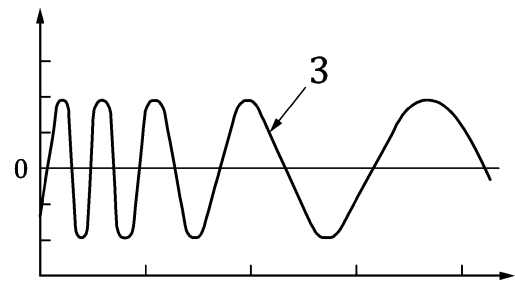
Bild 12 — Keilschnitt, konische Bohrung und Schrägschliff

Der lineare Ritz (Nr. 3 im Bild 12) kann mit einem Schneidstichel, die konische Bohrung (Nr. 4 im Bild 12) mit einem Spezialbohrer und der Schrägschliff (Nr. 5 im Bild 12) mit einer Fräse erzeugt werden.

Bei der Weißlicht-Interferometrie (Verfahren 6C, siehe 5.4.6) wird die Schichtdicke mittels Lichtinterferenz mit weißem Licht gemessen (siehe Bild 13). Die gemessenen Interferenzen werden mit Werten verglichen, die zuvor an Schichten mit bekannter Dicke mit einem gesicherten Verfahren ermittelt wurden.



a) Schematischer Strahlengang



b) Messdiagramm

Legende

- 1 einfallender Lichtstrahl
- 2 reflektierter Teilstrahl 1
- 3 Interferenz
- 4 reflektierter Teilstrahl 2
- 5 Beschichtung
- 6 Substrat

Bild 13 — Weißlicht-Interferometrie

5.4.2 Anwendungsbereich

Das optische Messprinzip ist grundsätzlich für alle Schicht-Substrat-Kombinationen geeignet. Bei ausreichendem Kontrast können auch die Einzelschichten von Mehrschichtsystemen bestimmt werden.

Für die Anwendung des Keilschnitt- oder des Querschnittverfahrens muss das Substrat so beschaffen sein, dass es angeritzt bzw. angebohrt oder durchgeschnitten werden kann.

Der Querschliff/Querschnitt (Verfahren 6A, siehe 5.4.4) ist in Streitfällen als Schiedsverfahren anerkannt.

Die Schichtdickenmessung mit dem Weißlicht-Interferometer (Verfahren 6C, siehe 5.4.6) ist für optisch transparente Schichten anwendbar.

5.4.3 Allgemeines

Bei elastischem Schichtmaterial kann der Keilschnitt/Querschnitt so stark verformt sein, dass die Auswertung zu fehlerhaften Ergebnissen führt. Die Verformung darf durch Kühlen der Probe vor Ausführung des Schnittes verringert werden.

Die Messfläche der Probe muss plan sein (siehe aber auch die Anmerkung unter 5.4.5.2).

Bei spröder und/oder schlecht haftender Schicht kann Schichtablösung es schwierig machen, die tatsächliche Grenze zwischen Substrat und Beschichtung zu erkennen.

Bei der Weißlicht-Interferometrie kann die Lichtinterferenz durch die Geometrie des Substrates, z. B. Krümmung und Rauheit, beeinflusst werden.

5.4.4 Verfahren 6A — Querschliff/Querschnitt

5.4.4.1 Variante 1 — Querschliff

5.4.4.1.1 Geräte und Hilfsmittel

5.4.4.1.1.1 Schleif- und Poliermaschine

Geeignet sind Geräte, die zum Herstellen metallographischer Präparate benutzt werden.

5.4.4.1.1.2 Einbettmittel

Kalthärtendes Harz, das die Beschichtung nicht angreift und spaltfreie Einbettungen zulässt.

5.4.4.1.1.3 Schleif- und Poliermittel

Wasserfestes Schleifpapier mit einer Körnung von z. B. P280, P400 und P600 oder Diamantpaste oder ähnliche Paste mit Schleifmittel.

5.4.4.1.1.4 Messmikroskop

Mikroskop mit geeigneter Beleuchtungseinrichtung, die einen optimalen Bildkontrast ergibt. Die Vergrößerung muss so gewählt werden, dass das Gesichtsfeld dem 1,5- bis 3-Fachen der Schichtdicke entspricht. Mit dem Messokular bzw. der optoelektronischen Messvorrichtung muss mindestens auf 1 µm genau gemessen werden können.

5.4.4.1.2 Durchführung

Die Probe oder ein aus der Probe herausgetrenntes repräsentatives Teilstück in das Harz (5.4.4.1.1.2) einbetten. Die Probe bzw. das Teilstück mit der Schleif- und Poliermaschine (5.4.4.1.1.1) senkrecht zur Schichtoberfläche nass abschleifen. Diesen Prozess mit feiner werdender Körnung wiederholen. Mit dem Mikroskop die Schichtdicke(n) der freigelegten Schicht(en) ausmessen.

5.4.4.2 Variante 2 — Querschnitt

5.4.4.2.1 Geräte

5.4.4.2.1.1 Schneidvorrichtung

Schlitten- oder Rotationsmikrotom mit Hartmetallmessern geeigneter Schneidengeometrie und einer Haltevorrichtung zum Fixieren der Probe.

5.4.4.2.1.2 Messmikroskop

Mikroskop mit geeigneter Beleuchtungseinrichtung, die einen optimalen Bildkontrast ergibt. Die Vergrößerung muss so gewählt werden, dass das Gesichtsfeld dem 1,5- bis 3-Fachen der Schichtdicke entspricht. Mit dem Messokular bzw. der optoelektronischen Messvorrichtung muss mindestens auf 1 µm genau gemessen werden können.

5.4.4.2.2 Durchführung

Die Probe oder ein aus der Probe herausgetrenntes, repräsentatives Teilstück in die Haltevorrichtung des Mikrotoms einspannen und einen Schnitt senkrecht zur Schichtoberfläche ausführen. Mit dem Mikroskop die Schichtdicke(n) am Querschnitt des Schichtaufbaus ausmessen.