

DIN EN ISO 19399

ICS 87.040

Einsprüche bis 2017-08-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 50986:2015-03

Entwurf

**Beschichtungsstoffe –
Bestimmung der Trockenschichtdicke mit dem Keilschnittverfahren (Ritz-
und Bohrmethode) (ISO 19399:2016);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 19399:2017**

Paints and varnishes –
Wedge-cut method for determination of film thickness (scribe and drill method)
(ISO 19399:2016);
German and English version prEN ISO 19399:2017

Peintures et vernis –
Détermination de l'épaisseur par la méthode d'entaille en coin (Méthode de rayer et de
forage) (ISO 19399:2016);
Version allemande et anglaise prEN ISO 19399:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-06-30 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 61 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (ISO 19399:2016) wurde vom ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ (Sekretariat: DIN; Deutschland) erarbeitet. Auf europäischer Ebene liegt die Zuständigkeit beim Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ (Sekretariat: DIN, Deutschland).

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 002-00-07 AA „Allgemeine Prüfverfahren für Beschichtungsstoffe und Beschichtungen“ im DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB).

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 2808:2007	siehe	DIN EN ISO 2808:2007-05
ISO 4618	siehe	DIN EN ISO 4618

Änderungen

Gegenüber DIN 50986:2015-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Statusänderung durch Übernahme der Europäischen Norm EN ISO 19399:2016. Inhaltlich wurden keine Änderungen vorgenommen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 2808:2007-05, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke*

DIN EN ISO 4618, *Beschichtungsstoffe — Begriffe*

Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Trockenschichtdicke mit dem Keilschnittverfahren (Ritz- und Bohrmethode) (ISO 19399:2016)

Peintures et vernis — Détermination de l'épaisseur par la méthode d'entaille en coin (Méthode de rayer et de forage) (ISO 19399:2016)

Paints and varnishes — Wedge-cut method for determination of film thickness (scribe and drill method) (ISO 19399:2016)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	6
5 Keilschnitt-Prinzip	6
6 Gerät	9
6.1 Verfahren A	9
6.2 Verfahren B	10
6.3 Messmikroskop	12
7 Zu prüfende Proben	12
8 Durchführung	13
8.1 Probenvorbereitung	13
8.2 Anzahl der Messungen	13
8.3 Verfahren A (Keilschnitt-Ritz)	13
8.4 Verfahren B (Keilschnitt-Bohrung)	13
9 Präzision	14
10 Prüfbericht	14
Anhang A (informativ) Fehlerquellen und Messprobleme	15
Anhang B (informativ) Auswertung bei verkanteter Probe	20
Anhang C (informativ) Auswertung bei gekrümmter Probe	24
Literaturhinweise	30

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 19399:2016 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 35 „Paints and varnishes“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 19399:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 19399:2016 wurde von CEN als prEN ISO 19399:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 35, *Paints and varnishes*, Unterkomitee SC 9, *General test methods for paints and varnishes*.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein zerstörendes Verfahren zum Bestimmen der Trockenschichtdicke fest, bei dem eine definiert erzeugte Schichtverletzung mikroskopisch ausgewertet wird. Das Verfahren ist für nahezu alle Schicht-Substrat-Kombinationen geeignet und lässt auch die Bestimmung der Einzelschichtdicken von Beschichtungssystemen zu.

Das Verfahren kann nicht oder nur bedingt angewendet werden bei

- zu weichen und/oder elastischen Beschichtungen (es kann kein erkennbarer Ritz oder erkennbares Bohrloch wahrgenommen werden),
- harten (nicht anritzbaren/anbohrbaren) oder zu weichen und/oder elastischen Substraten,
- zu geringem optischem Kontrast zwischen Beschichtung und Substrat,
- Schichtdicken, die größer sind als die Schärfentiefe des Messmikroskops.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 4618, *Paints and varnishes — Terms and definitions*

3 Begriffe

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

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

Beschichtungssystem

Beschichtungsaufbau

Gesamtheit der Schichten aus Beschichtungsstoffen, die auf ein Substrat aufzutragen sind oder aufgetragen wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das jeweilige Beschichtungssystem kann durch die Anzahl der Schichten charakterisiert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch *Beschichtung* (3.2).

[QUELLE: ISO 4618:2014, 2.54]

3.4

Einzelschicht

Teil eines Beschichtungssystems

3.5

Gesamtschichtdicke

Abstand zwischen der Oberfläche der Beschichtung und der Oberfläche des Substrats

3.6

Einzelschichtdicke

Abstand zwischen der Oberfläche einer Einzelschicht und der Oberfläche der (des) darunter liegenden Schicht (Substrats)

3.7

Trockenschichtdicke

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

[QUELLE: ISO 2808:2007, 3.5]

3.8

Keilschnitt

unter vorgegebenem Winkel zur Oberfläche mechanisch erzeugte und bis in das Substrat hinein reichende Verletzung des Beschichtungssystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Keilschnitt kann als linearer Ritz oder als konische Bohrung ausgeführt sein.

3.9

Keilschnitt-Bild

mikroskopisches Aufsichtbild eines Keilschnitts

3.10

Adhäsionsbruch

durch äußere Kräfte bewirkte Abtrennung einer Beschichtung vom Untergrund

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Untergrund kann eine darunterliegende Beschichtung oder das Substrat sein.

3.11

Kohäsionsbruch

durch äußere Kräfte bewirkter Verlust des Zusammenhalts innerhalb einer Beschichtung

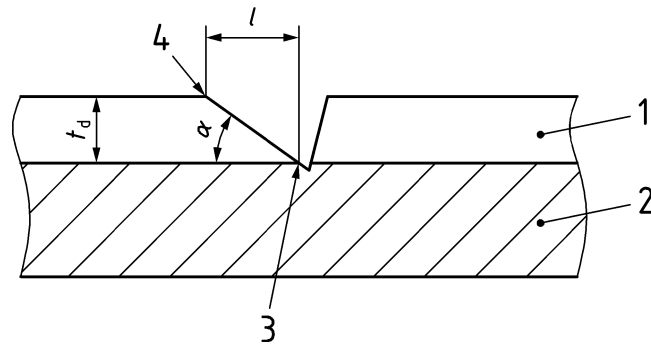
4 Kurzbeschreibung

In der Beschichtung wird mit einem Ritzwerkzeug oder einem Bohrwerkzeug ein Keilschnitt mit bekanntem Flankenwinkel erzeugt. Aus der mit einem Messmikroskop erhaltenen Breite der Flankenprojektion des Keilschnitts wird die Schichtdicke berechnet.

5 Keilschnitt-Prinzip

Der Keilschnitt zum Bestimmen der Schichtdicke nach dieser Internationalen Norm kann mit einem Ritzgerät (Verfahren A) oder einem Bohrgerät (Verfahren B) erzeugt werden.

Bild 1 zeigt einen Keilschnitt nach dem Verfahren A im Querschnitt. Die Basisstrecke, l , ist die Projektion der Keilschnitt-Flanke innerhalb der Beschichtung und wird mit einem Mikroskop zwischen der oberen und der unteren Kontrastmarke in Mikrometer gemessen.



Legende

- 1 Beschichtung
- 2 Substrat
- 3 untere Kontrastmarke (Übergang vom Substrat zur Beschichtung)
- 4 obere Kontrastmarke
- l Keilschnitt-Basis
- t_d Trockenschichtdicke
- α Keilschnitt-Winkel

Bild 1 — Keilschnitt nach Verfahren A (Einfachschicht/Querschnitt)

Die Trockenschichtdicke wird nach Gleichung (1) bestimmt:

$$t_d = l \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

Dabei ist

- t_d die Trockenschichtdicke, in Mikrometer;
- l die Keilschnitt-Basis (Mikroskopablesung), in Mikrometer;
- $\tan \alpha$ der Keilschnitt-Faktor des verwendeten Keilschnitt-Werkzeugs.

ANMERKUNG 1 Es gibt Geräte, bei denen die Mikroskopablesung in „Anzahl Skalenteile“ und der Keilschnitt-Faktor in „Mikrometer je Skalenteil“ angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Es gibt Geräte, bei denen die Mikroskopablesung (in Mikrometer) zum Berechnen der Schichtdicke durch einen dem Keilschnitt-Werkzeug zugeordneten Divisor dividiert wird.

Der Schichtdicken-Messbereich ist wie folgt:

- festgelegt durch den Keilschnitt-Winkel, die Abmessungen des Keilschnitt-Werkzeugs und den Skalen-Messbereich des Mikroskops;
- begrenzt durch die Schärfentiefe des Messmikroskops (siehe A.9).

Die Auflösung der Trockenschichtdicken-Messung ist bestimmt durch den Keilschnitt-Winkel und die Skalenteilung des Messmikroskops.

BEISPIEL Für die üblichen Keilschnitt-Winkel $\alpha = 5,7^\circ$ und $\alpha = 14,0^\circ$ ist Folgendes in Tabelle 1 angegeben:

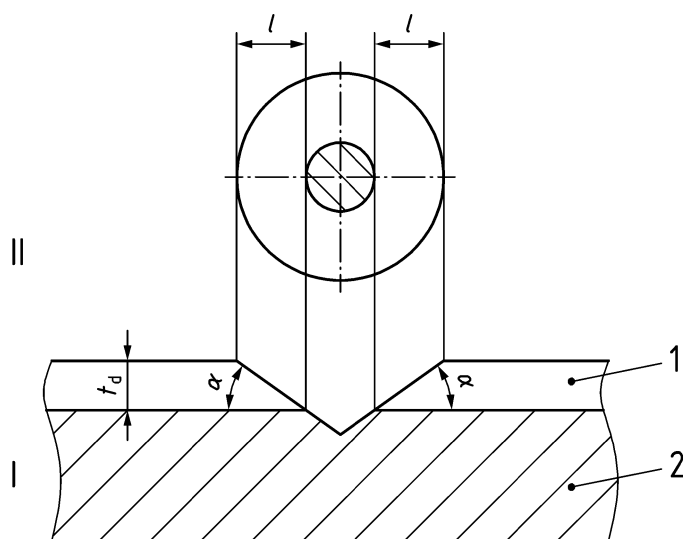
- der Keilschnitt-Faktor $\tan \alpha$
- der Trockenschichtdicken-Messbereich (= Skalen-Messbereich $\times \tan \alpha$);
- die absolute Trockenschichtdicken-Auflösung Δ_a (= Skalenteilung $\times \tan \alpha$);
- die relative Trockenschichtdicken-Auflösung Δ_r ($= (\Delta_a / t_d) \times 100$; t_d = Trockenschichtdicke).

Dabei ist vorausgesetzt, dass das Messmikroskop einen Skalen-Messbereich von 2 mm sowie eine Skalenteilung von 0,02 mm hat und das Keilschnitt-Werkzeug ausreichend dimensioniert ist.

Tabelle 1 — Numerische Angaben zum Keilschnitt-Verfahren

Keilschnitt-Winkel α	°	5,7	14,0
Keilschnitt-Faktor $\tan \alpha$		0,10	0,25
Trockenschichtdicken-Messbereich	μm	bis 200	bis 500
absolute Trockenschichtdicken-Auflösung Δ_a	μm	2	5
relative Trockenschichtdicken-Auflösung Δ_r	%	$200/t_d$	$500/t_d$

Im Bild 2 ist ein Keilschnitt nach dem Verfahren B im Querschnitt (I) und das zugehörige, durch das Mikroskop sichtbare Keilschnitt-Bild (II) dargestellt. Hier ist die mit dem Mikroskop zu messende Strecke l der Abstand zwischen den konzentrischen Kreisen.



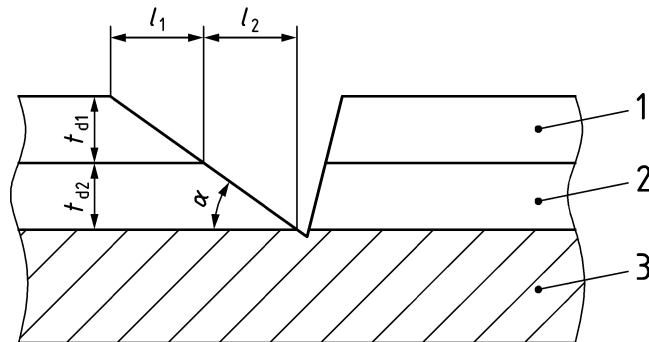
Legende

- 1 Querschnitt
- 2 Keilschnitt-Bild
- I Beschichtung
- II Substrat
- l Keilschnitt-Basis
- t_d Trockenschichtdicke
- α Keilschnitt-Winkel

Bild 2 — Keilschnitt nach Verfahren B (Einzelschicht)

Bei Beschichtungssystemen können die Einzelschichtdicken in analoger Weise bestimmt werden.

Bild 3 zeigt den Keilschnitt-Ritz (Verfahren A) für einen 2-Schicht-Aufbau. Die Einzel-Trockenschichtdicken t_{d1} und t_{d2} werden dann aus den Mikroskopablesungen l_1 und l_2 mit Gleichung (1) zu $t_{d1} = l_1 \cdot \tan \alpha$ und $t_{d2} = l_2 \cdot \tan \alpha$ berechnet.



Legende

- 1 Einzelschicht 1
- 2 Einzelschicht 2
- 3 Substrat
- l_i Keilschnitt-Basis zu t_{di} ($i = 1, 2$)
- t_{di} Trockenschichtdicke der Einzelschicht i ($i = 1, 2$)
- α Keilschnitt-Winkel

Bild 3 — Keilschnitt nach Verfahren A (2-Schicht-Aufbau/Querschnitt)

6 Gerät

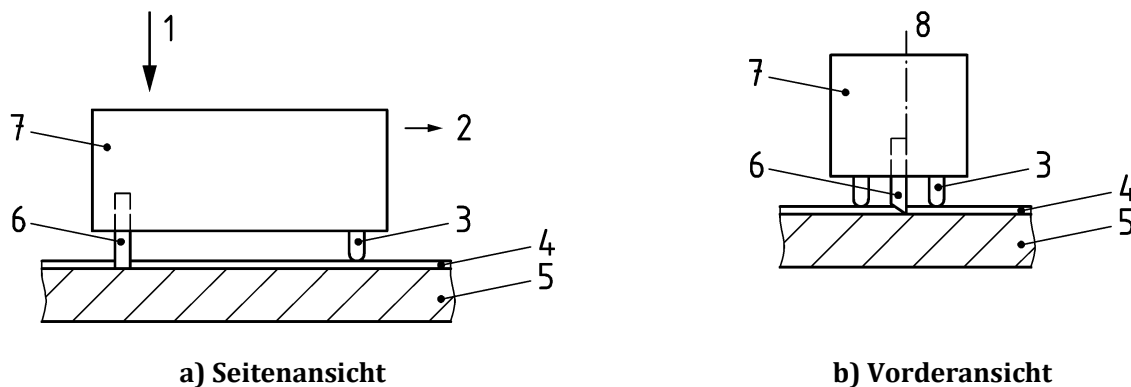
6.1 Verfahren A

6.1.1 Keilschnitt-Ritzgerät, wie im Bild 4 schematisch dargestellt, mit folgenden Merkmalen.

6.1.1.1 Der Stichel 6 ist austauschbar im Metallblock 7 befestigt und ragt ebenso weit heraus wie die Stützbolzen 3.

ANMERKUNG Es gibt Keilschnitt-Ritzgeräte, die anstelle der Stützbolzen mit Stützrädern ausgestattet sind.

6.1.1.2 Das Gerät muss so justiert sein, dass beim Aufsetzen auf eine ebene Fläche die Stichelachse 8 senkrecht zu dieser Fläche orientiert ist.

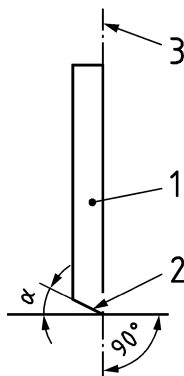


Legende

- 1 Belastungsrichtung
- 2 Ritzrichtung
- 3 Stützbolzen
- 4 Beschichtung
- 5 Substrat
- 6 Keilschnitt-Stichel
- 7 Metallblock
- 8 Stichelachse

Bild 4 — Keilschnitt-Ritzgerät

6.1.2 Keilschnitt-Stichel, aus Hartmetall mit einer Form nach Bild 5, mit Angabe des Keilschnitt-Faktors und/oder des Keilschnitt-Winkels.



Legende

- 1 Schaft
- 2 Schneide
- 3 Stichelachse
- α Keilschnitt-Winkel

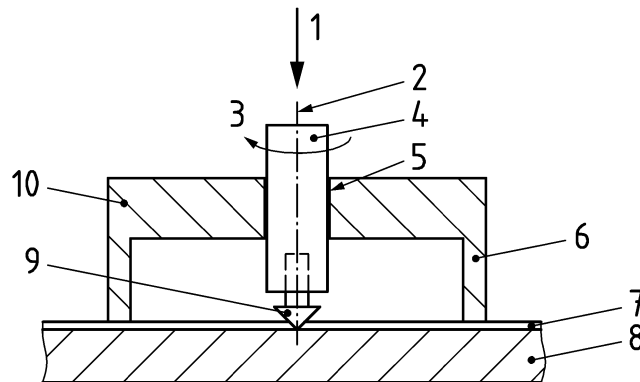
Bild 5 — Keilschnitt-Stichel

6.2 Verfahren B

6.2.1 Keilschnitt-Bohrgerät, wie im Bild 6 schematisch dargestellt, mit folgenden Merkmalen.

6.2.1.1 Die Rotationsbewegung des austauschbar in der Bohrspindel 4 (siehe Bild 6) befestigten Bohrers 9 kann manuell oder durch einen elektromotorischen Antrieb erzeugt werden.

6.2.1.2 Das Gerät muss so justiert sein, dass beim Aufsetzen auf eine ebene Fläche die Bohrerachse 2 senkrecht zu dieser Fläche orientiert ist.

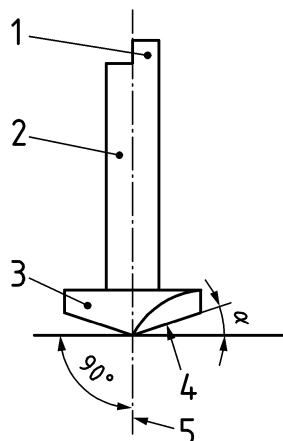


Legende

- 1 Belastungsrichtung
- 2 Bohrerachse
- 3 Rotationsbewegung
- 4 Bohrspindel mit Bohreraufnahme
- 5 Bohrspindelführung
- 6 Abstützung
- 7 Beschichtung
- 8 Substrat
- 9 Keilschnitt-Bohrer
- 10 Gehäuse

Bild 6 — Keilschnitt-Bohrgerät

6.2.2 Keilschnitt-Bohrer, aus Hartmetall mit einer Form nach Bild 7, mit Angabe des Keilschnitt-Faktors und/oder des Keilschnitt-Winkels.



Legende

- 1 Kupplung
- 2 Schaft
- 3 Bohrkopf
- 4 Schneide
- 5 Bohrerachse
- α Keilschnitt-Winkel

Bild 7 — Keilschnitt-Bohrer

6.3 Messmikroskop

Messmikroskop, mit Beleuchtungseinrichtung und mit

- mindestens 40facher Vergrößerung,
- einem Messbereich von mindestens 2 mm,
- einer Skalenteilung von höchstens 0,02 mm.

ANMERKUNG 1 Übliche Keilschnitt-Geräte sind mit einem integrierten Messmikroskop und einer integrierten Beleuchtungseinrichtung ausgestattet.

ANMERKUNG 2 Anstelle eines klassischen Messmikroskops kann auch ein Videomikroskop verwendet und das Keilschnitt-Bild digital ausgewertet werden.

7 Zu prüfende Proben

Die Proben müssen einen planen Bereich aufweisen, der mindestens doppelt so groß ist wie die Grundfläche des Keilschnitt-Gerätes.

ANMERKUNG 1 Zu Keilschnitt-Bohrgeräten (Verfahren B) gibt es Klemmvorrichtungen, die auch Messungen an Proben mit sehr kleinem planem Bereich (typische Abmessungen: 15 mm × 15 mm) ermöglichen. Mit diesen Klemmvorrichtungen können auch Proben mit komplexer Geometrie (z. B. Profile) befestigt werden, um die Trockenschichtdicke auf solchen Proben messen zu können.

ANMERKUNG 2 Unter gewissen Randbedingungen sind auch Schichtdickenbestimmungen an gekrümmten Proben möglich (siehe Anhang C).

8 Durchführung

8.1 Probenvorbereitung

Auf der Beschichtung sollte vorzugsweise eine flächige Kontrastmarkierung in dem Bereich, in dem der Keilschnitt erzeugt werden soll, aufgetragen werden, um das mikroskopische Messen zu erleichtern.

Bei hellen Beschichtungen wird für die Kontrastmarkierung üblich ein schwarzer Permanent-Filzstift verwendet. Für dunkle Proben darf zum Markieren ein weißer oder silberfarbener Lack-Filzstift verwendet werden. In diesem Fall muss die Markierungsschicht dünn aufgetragen werden und muss vor dem Erzeugen des Keilschnitts vollständig gehärtet sein. Es muss sichergestellt sein, dass das im Filzstift enthaltene Lösemittel die Beschichtung nicht angreift.

8.2 Anzahl der Messungen

Für jede Bestimmung der Trockenschichtdicke müssen auf der Probe drei Keilschnitt-Ritze bzw. Keilschnitt-Bohrungen angebracht werden. An jedem Ritz bzw. an jeder Bohrung muss an zwei unterschiedlichen Stellen die Keilschnitt-Basis, l , gemessen werden.

8.3 Verfahren A (Keilschnitt-Ritz)

8.3.1 Den Keilschnitt-Stichel (6.1.2) für den vorgesehenen Messbereich nach 6.1.1.1 in das Keilschnitt-Ritzgerät (6.1.1) einsetzen und fixieren.

8.3.2 Das Ritzgerät auf die Beschichtung setzen und mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 mm/s über eine Strecke von mindestens 10 mm ziehen (siehe Position 2 im Bild 4). Dabei das Ritzgerät so aufdrücken, dass ein Ritz bis in das Substrat hinein ausgeführt wird.

8.3.3 Das Messmikroskop (6.3) auf die Beschichtung setzen und quer zum Keilschnitt-Ritz an zwei Stellen des Ritzes die Breite der Projektion der Keilschnitt-Flanke von der Oberfläche (Markierung) bis zum Substrat messen (siehe Bild 1).

8.3.4 Mit diesen Messwerten und dem Keilschnitt-Faktor des Stichels die Trockenschichtdicken, in Mikrometer, nach Gleichung (1) berechnen.

8.3.5 Die Durchführungsschritte 8.3.2 bis 8.3.4 an zwei weiteren Stellen auf der Probe wiederholen.

8.3.6 Als Ergebnis den Mittelwert, in Mikrometer, aus den sechs Bestimmungen angeben.

8.3.7 Zum Bestimmen der Einzelschichtdicken eines Beschichtungssystems analog und nach Abschnitt 5 verfahren.

8.4 Verfahren B (Keilschnitt-Bohrung)

8.4.1 Den Keilschnitt-Bohrer (6.2.2) für den vorgesehenen Messbereich in das Keilschnitt-Bohrgerät (6.2.1) einsetzen und fixieren.

8.4.2 Das Bohrgerät auf die Beschichtung setzen und den rotierenden Bohrer auf die Beschichtung absenken. Dabei die Bohrspindel axial (siehe Position 1 im Bild 6) so belasten, dass die Beschichtung bis in das Substrat hinein konisch angebohrt wird.

8.4.3 Das Messmikroskop (6.3) auf die Beschichtung setzen und in radialer Richtung an zwei Stellen des Bohrkonus die Breite der Projektion der Keilschnitt-Flanke von der Oberfläche (Markierung) bis zum Substrat messen (siehe Bild 2).

8.4.4 Mit diesen Messwerten und dem Keilschnitt-Faktor des Bohrers die Trockenschichtdicken, in Mikrometer, nach Gleichung (1) berechnen.

8.4.5 Die Durchführungsschritte 8.4.2 bis 8.4.4 an zwei weiteren Stellen auf der Probe wiederholen.

8.4.6 Als Ergebnis den Mittelwert, in Mikrometer, aus den sechs Bestimmungen angeben.

8.4.7 Zum Bestimmen der Einzelschichtdicken eines Beschichtungssystems analog und nach Abschnitt 5 verfahren.

9 Präzision

Angaben zur Präzision liegen derzeit nicht vor.

10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) alle Einzelheiten, die zur Identifizierung und Charakterisierung der Probe erforderlich sind, d. h. Angaben
 - 1) zur Beschichtung (Hersteller, Produktkennzeichnung, Chargennummer, Applikationsverfahren, Trocknungs-/Härtungsbedingungen, Alterungs-/Konditionierungsbedingungen usw.), und
 - 2) zum Substrat (Material, Dicke, Form, Abmessungen, Krümmung, usw.);
- b) eine Verweisung auf diese Internationale Norm, d. h. ISO 19399;
- c) das verwendete Verfahren (A oder B);
- d) das verwendete Keilschnitt-Werkzeug (Keilschnitt-Faktor/Keilschnitt-Winkel);
- e) das Prüfergebnis nach 8.3.6, 8.3.7, 8.4.6 oder 8.4.7: die Trockenschichtdicke und gegebenenfalls die Einzelschichtdicken, in Mikrometer;
- f) jede Abweichung vom festgelegten Prüfverfahren;
- g) jede ungewöhnliche Beobachtung (Abweichung) während der Prüfung;
- h) den Namen des Prüfers und des Prüflaboratoriums;
- i) das Prüfdatum.

Anhang A (informativ)

Fehlerquellen und Messprobleme

A.1 Weiche und/oder elastische Beschichtung

A.1.1 Phänomen

Bei zu weichen und/oder zu elastischen Beschichtungen können drei Störeffekte auftreten:

- Nicht abgetrennte, am Keilschnitt anhaftende Späne aus Beschichtungsmaterial beeinträchtigen das Keilschnitt-Bild (mindestens eine der Kontrastmarken nicht deutlich ausgeprägt).
- Durch Rückfedern der elastischen Beschichtung nach dem Ritzen/Bohren ist der effektive Keilschnitt-Winkel größer als der vorgegebene nominale Keilschnitt-Winkel.
- Durch plastische Verformung der weichen Beschichtung kann am oberen Rand des Keilschnitts eine Wulst aufgeworfen werden.

A.1.2 Auswirkung

Bei undeutlich ausgeprägten Kontrastmarken und bei Wulstbildung ist keine korrekte Auswertung möglich. Die Trockenschichtdicke kann allenfalls nur grob abgeschätzt werden.

Bei elastischem Rückfedern der Beschichtung werden systematisch zu kleine Trockenschichtdicken-Werte ermittelt.

A.1.3 Abhilfe

In einigen Fällen können die mechanischen Eigenschaften der Beschichtung durch Abkühlen (Tiefkühlschrank/-fach oder Kältespray) optimiert werden. Bei Verwendung von Kältespray ist die Beschichtungsoberfläche mit einer Aluminiumfolie gegen Lösemittelangriff zu schützen.

Um die Ausbildung nicht abgetrennter Späne aus Beschichtungsmaterial zu vermeiden, sollte beim Verfahren B stets intermittierend, also nicht in einem Zuge, gebohrt werden. Zwischen den Bohrhüben die Bohrspäne wegblasen.

A.2 Weiches und/oder elastisches Substrat

A.2.1 Phänomen

Bei zu weichen und/oder zu elastischen Substraten können vier Störeffekte auftreten:

- Durch nicht abgetrennte, am Keilschnitt anhaftende Substratspäne ist die untere Kontrastmarke undeutlich ausgeprägt.
- Bei zähem Substratmaterial können lange Substratspäne eine Enthftung der Beschichtung bewirken (siehe A.4).
- Rückfedern des elastischen Substrats nach dem Ritzen/Bohren beeinträchtigt die Ausprägung der unteren Kontrastmarke.
- Durch plastische Verformung des weichen Substrats kann am oberen Rand des Substratkonus eine Wulst aufgeworfen werden.

A.2.2 Auswirkung

Bei undeutlich ausgeprägten Kontrastmarken und bei Wulstbildung ist keine korrekte Auswertung möglich. Die Trockenschichtdicke kann allenfalls nur grob abgeschätzt werden.

A.2.3 Abhilfe

Bei Kunststoffsubstraten können die mechanischen Eigenschaften in einigen Fällen durch Abkühlen (Tiefkühlschrank/-fach oder Kältespray) optimiert werden. Wenn Kältespray verwendet wird, ist die Beschichtungsfläche mit einer Aluminiumfolie gegen Lösemittelangriff zu schützen.

Um die Ausbildung nicht abgetrennter Substratspäne zu vermeiden, sollte beim Verfahren B stets intermittierend, also nicht in einem Zuge, und möglichst tief in das Substrat hinein gebohrt werden. Zwischen den Bohrhüben die Bohrspäne wegblasen.

A.3 Hartes (nicht anritzbares/anbohrbares) Substrat

A.3.1 Phänomen

Bei sehr harten Substratmaterialien (z. B. Beton) kann der Keilschnitt nicht vollständig (d. h. nicht bis in das Substrat hinein) ausgeführt werden, so dass im Keilschnitt-Bild die untere Kontrastmarke fehlt oder nur unscharf erkennbar ist.

A.3.2 Auswirkung

Der Keilschnitt ist nicht korrekt auswertbar. Für die Trockenschichtdicke kann allenfalls nur eine untere Grenze angegeben werden.

A.3.3 Abhilfe

Verfahren A: Für dieses Messproblem gibt es keine technische Lösung.

Verfahren B: Die Keilschnitt-Basis, l , kann bestimmt werden, indem der gesamte Bohrkonus-Durchmesser gemessen und durch zwei dividiert wird. Falls dafür der Skalen-Messbereich des Mikroskops nicht ausreicht, muss ein Bohrer mit größerem Keilschnitt-Winkel (aber auch mit geringerer Trockenschichtdicken-Auflösung) verwendet werden.

A.4 Keilschnitt mit Adhäsionsbruch

A.4.1 Phänomen

Der untere Teil der Keilschnitt-Flanke ist infolge Enthaftung weggebrochen. Bei zu zähen Substratmaterialien wird die Enthaftung häufig durch die Ausbildung langer Substratspäne hervorgerufen.

A.4.2 Auswirkung

Die ermittelten Trockenschichtdicken-Werte sind systematisch zu klein. Für die Trockenschichtdicke kann nur eine untere Grenze angegeben werden.

A.4.3 Abhilfe

Der Enthaftungseffekt ist besonders drastisch, wenn das Keilschnitt-Werkzeug gerade die Grenze zwischen Beschichtung und Substrat durchdringt. Daher sollte möglichst tief in das Substrat hinein geritzt/gebohrt werden.

Bei zähem Kunststoffsubstrat können die in A.2 beschriebenen Maßnahmen hilfreich sein: Abkühlen der Probe sowie intermittierendes Bohren und Wegblasen der Späne, wenn das Verfahren B eingesetzt wird.

Beim Verfahren B kann der Rand des Bohrkonus im Substrat noch sichtbar sein, obwohl dort die Beschichtung fehlt. Dieser ist dann beim mikroskopischen Ausmessen als untere Kontrastmarke zu verwenden.

A.5 Keilschnitt mit Kohäsionsbruch

A.5.1 Phänomen

Im oberen Bereich der Keilschnitt-Flanke sind Teile der Beschichtung weggebrochen.

A.5.2 Auswirkung

Die ermittelten Schichtdickenwerte sind systematisch zu klein. Für die Trockenschichtdicke kann nur eine untere Grenze angegeben werden.

A.5.3 Abhilfe

Das Ausbrechen der Beschichtung kann nur durch vorsichtiges Ritzen/Bohren vermieden werden.

A.6 Unzureichender optischer Kontrast

A.6.1 Phänomen

Der Farb-/Helligkeitsunterschied zwischen der Beschichtung und dem Substrat bzw. zwischen den Einzelschichten eines Beschichtungssystems ist so gering, dass im Keilschnitt-Bild keine oder nur undeutliche Kontrastmarken erkennbar sind.

A.6.2 Auswirkung

Der Keilschnitt ist nicht korrekt auswertbar. Die Trockenschichtdicke kann allenfalls nur grob abgeschätzt werden.

A.6.3 Abhilfe

In einigen Fällen kann das Problem gelöst werden durch

- Einsatz eines hochwertigen Stereo-Messmikroskops,
- Optimierung der Beleuchtungseinrichtung (Lichtintensität, Beleuchtungsgeometrie, usw.),
- Ausnutzen eines Metamerieeffekts (angepasste Lichtart, monochromatisches LED-Licht, usw.),
- Einsatz eines Fluoreszenzmikroskops und
- Verwendung eines Kontrastmittels (siehe auch Anmerkung in 8.1).

A.7 Oberflächenkrümmung

A.7.1 Phänomen

Die Krümmung der Probenoberfläche bewirkt eine Verzerrung der Keilschnitt-Geometrie (siehe Bild C.1). Zusätzlich ist nicht immer sichergestellt, dass die Achse des Keilschnitt-Werkzeugs senkrecht zur Beschichtungsfläche orientiert ist (siehe A.8).