

DIN EN ISO 14916

ICS 25.220.20

Einsprüche bis 2015-10-21
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 582:1994-01

Entwurf

**Thermisches Spritzen –
Ermittlung der Haftzugfestigkeit (ISO/DIS 14916:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 14916:2015**

Thermal spraying –
Determination of tensile adhesive strength (ISO/DIS 14916:2015);
German and English version prEN ISO 14916:2015

Projection thermique –
Mesure de l'adhérence par essais de traction (ISO/DIS 14916:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 14916:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-08-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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 nas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin (Hausanschrift: 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 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf ist identisch mit dem europäischen und internationalen Norm-Entwurf prEN ISO 14916:2015, der im CEN/TC 240 „Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten“ (Sekretariat DIN, Deutschland) erarbeitet und vom ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ identisch übernommen wurde.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der DIN/DVS-Gemeinschaftsausschuss NA 092-00-14 AA „Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten (DVS AG V 7)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Für die in diesem Dokument genannten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Nationalen Normen hingewiesen:

ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1
ISO 8501-1	siehe	DIN EN ISO 8501-1
ISO 8503-1	siehe	DIN EN ISO 8503-1
ISO 14917	siehe	DIN EN ISO 14917
ISO 14924	siehe	DIN EN ISO 14924

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 14916 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 582:1994-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen im Abschnitt 2 aktualisiert;
- b) Begriffe bezüglich der unterschiedlichen Versagensarten ergänzt;
- c) Bilder zu den Probenformen überarbeitet;
- d) Abschnitt zum Prüfbericht/Dokumentation hinzugefügt;
- e) Anhang A (Arbeitsanweisung zur Probenherstellung), Anhang B (Empfehlungen für weitere Zusatzeinrichtungen für die Probenherstellung), Anhang C (Vergleich mit ASTM C 633-01) und Anhang D (Beispiel für einen Prüfbericht);
- f) Abschnitt „Literaturhinweise“ aufgenommen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung*

DIN EN ISO 8501-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen*

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 14917, *Thermisches Spritzen — Begriffe, Einteilung*

DIN EN ISO 14924, *Thermisches Spritzen — Nachbehandeln und Nachbearbeiten von thermisch gespritzten Schichten*

— Leerseite —

Thermisches Spritzen — Ermittlung der Haftzugfestigkeit (ISO/DIS 14916:2015)

Projection thermique — Mesure de l'adhérence par essais de traction (ISO/DIS 14916:2015)

Thermal spraying — Determination of tensile adhesive strength (ISO/DIS 14916:2015)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Prinzipien	7
5 Geräte zur Prüfung und Messung sowie Hilfsvorrichtungen	7
5.1 Prüfgeräte	7
5.2 Messgeräte	8
5.3 Fixierung der Prüfkörper für die Verklebung der Zugfestigkeitsproben	8
6 Prüfkörper.....	9
6.1 Form der Prüfkörper	9
6.2 Material der Prüfkörper	10
6.3 Herstellung der Substrat- und Lastblöcke	10
6.4 Vorbereitung und Spritzbeschichtung der Prüfkörper	12
6.5 Herstellung der Prüfkörper für die Zugprüfung.....	12
6.5.1 Maschinelle Bearbeitung des beschichteten Substratblocks bzw. der Prüfscheibe und Vorbereitung für die Verklebung	12
6.5.2 Verklebung der Prüfkörper	13
6.5.3 Klebstoff	13
6.6 Referenzprüfkörper.....	14
6.7 Anzahl der zu prüfenden Prüfkörper	14
7 Anwendung des Prüfverfahrens	14
8 Ablesen und Auswerten der Messwerte.....	14
9 Prüfbericht — Dokumentation.....	15
10 Mögliche Fehlerquellen bei der Vorbereitung der Prüfkörper und bei der Prüfung selbst	17
Anhang A (informativ) Arbeitsanweisung für den Klebevorgang	18
A.1 Arbeitsanweisungen bei Verwendung von Einkomponenten- oder Mehrkomponenten- Epoxidklebstoffen	18
A.2 Arbeitsanweisungen für die Herstellung von Prüfkörpern mithilfe der Einspannvorrichtung nach Bild B.1 bei Verwendung von Epoxid-Folienklebstoffen	19
Anhang B (informativ) Empfehlungen für weitere Hilfsvorrichtungen	20
B.1 Einspannvorrichtung.....	20
B.2 Beispiel einer Lehre zur Prüfung der Zentrität	21
B.3 Beispiel einer Parallelitätslehre.....	22
B.4 Zugprüfung mit einer allgemeinen Aufhängung nach ASTM C 633-1	23
Anhang C (informativ) Zugprüfung mit einer allgemeinen Aufhängung nach ASTM C 633-01	24
Anhang D (informativ) Datenblatt für Durchführung der Haftzugprüfung nach ISO 14916	25
D.1 Allgemeines	25
D.2 Prüfkörper Haftzugprüfung.....	25
D.3 Vorbereitung der Oberfläche für die Spritzbeschichtung	26
D.4 Spritzbeschichtung des (der) Prüfkörper(s)	26
D.5 Vorbereitung des Prüfkörpers für die Haftzugprüfung.....	27
D.5.1 Allgemeines	27

D.5.2	Verklebung	27
D.6	Durchführung der Prüfung	27
D.7	Prüfergebnisse	28
Literaturhinweise		29

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14916:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Metallic and other inorganic coatings“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 240 „Thermisches Spritzen und thermisch gespritzte Schichten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 582:1993 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 14916:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 14916:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Ermittlung der Haftzugfestigkeit bei thermischen Spritzüberzügen spielt bei der Qualitätskontrolle in der Herstellung unter Umständen eine wesentliche Rolle. Abweichungen vom normalen und qualifizierten Verfahren können bei der Vorbereitung und Durchführung von thermischen Spritzverfahren bei Bauteilen erkannt werden.

Wenn sich in der Beschichtung bei Anwendung der Prüfung der Haftzugfestigkeit zusammenhängende Risse zeigen, wird die Stärke der Beschichtung in der Normalrichtung zur Oberfläche angegeben. Einflüsse durch die Beschaffenheit des Spritzüberzugs können berücksichtigt werden. Mikroskopische Untersuchungen der beschädigten Oberfläche können weitere Daten zur Beurteilung der Qualität einer Beschichtungsstruktur liefern.

Die Überarbeitung der bereits bestehenden Norm wurde erforderlich, da die wesentlichen Einflüsse des Klebverfahrens am für die Haftzugfestigkeitsermittlung verwendeten Prüfkörper sowie der Eigenschaften des Klebstoffs selbst auf die Prüfergebnisse nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gibt das Verfahren zur Ermittlung der Haftzugfestigkeit bzw. der Schichtfestigkeit bei einem thermischen Spritzverfahren unter Zugbeanspruchung in der Normalrichtung zur Oberfläche der Beschichtung mithilfe einer Zugbeanspruchungsprüfung an. Durch Anwendung dieses Verfahrens wird die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse gewährleistet.

Mithilfe der Prüfung soll die Haftzugfestigkeit thermisch gespritzter Schichten und dem Grundwerkstoff oder zwischen der Klebeschicht und der obersten Beschichtung bzw. die Bindefestigkeit der betreffenden Schicht des Beschichtungssystems ermittelt werden.

Diese Prüfung ist ausreichend, um Beschichtungen miteinander zu vergleichen, die aus den gleichen oder ähnlichen Spritzmaterialien bestehen und bei denen gleiche oder ähnliche Verfahren verwendet werden. Die Prüfung auf Haftzugfestigkeit soll keine definitiven Werte für die Berechnung von Beanspruchungen liefern.

Die Prüfung wird angewendet, um den Einfluss der Vorbereitung der zu beschichtenden Werkstückoberfläche, der Spritzbedingungen und der Prozessparameter auf die Haftzugfestigkeit der thermischen Spritzschichten zu beurteilen oder um die Einheitlichkeit der Herstellung und der Spritzarbeiten zu überwachen. Auf diese Weise können Aussagen über die Prozess- und Qualitätssicherung in der Herstellung getroffen werden.

ANMERKUNG Diese Zugfestigkeitsprüfung eignet sich für sehr dünne Beschichtungen und kann zudem durch Verwendung eines geeigneten Folienklebstoffs die Infiltrierung auch bei Spritzbeschichtungen mit einer erforderlichen Porosität minimieren. Weitere Anweisungen können Abschnitt 6.5.3 entnommen werden. Für die Bestimmung der Haftzugfestigkeit bei aufgeschmolzenen Spritzbeschichtungen aus selbstfließenden Legierungen ist diese Zugfestigkeitsprüfung wegen der hohen Kräftewerte nicht geeignet.

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 7500-1, *Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system*

ISO 14917, *Thermal spraying — Terminology, classification*

EN 13507, *Thermisches Spritzen — Vorbehandlung von Oberflächen metallischer Werkstücke und Bauteile für das thermische Spritzen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Haftzugfestigkeit

R_H

in einer Zugfestigkeitsprüfung gemessene Zugfestigkeit, berechnet aus dem Quotienten der Maximalbeanspruchung F_m und dem Querschnitt an der Bruchfläche

3.2

Adhäsionsbruch

Bruch, der entlang des Übergangs zwischen Beschichtung und Substrat verläuft, so dass sich die Beschichtung vollständig vom Substrat löst

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Haftzugfestigkeit der Beschichtungspartikel untereinander ist höher als die Haftzugfestigkeit der Beschichtung mit dem Substrat.

3.3

Kohäsionsbruch

Bruch in der Beschichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Haftzugfestigkeit der Beschichtungspartikel untereinander ist höher als die Haftzugfestigkeit der Beschichtung mit dem Substrat

3.4

Adhäsions-/Kohäsionsbruch

Bruch, der teilweise am Übergang der Beschichtung zum Substrat und teilweise in der Beschichtung verläuft

3.5

interne Haftzugfestigkeit

Haftzugfestigkeit zwischen verschiedenen Ebenen eines Beschichtungssystems, beispielsweise zwischen einer Klebeschicht und der obersten Beschichtung

3.6

Prüfscheibe

einseitig beschichteter, scheibenförmiger Prüfkörper, der zur Vorbereitung des Prüfkörpers für die Beanspruchungsprüfung zwischen zwei Lastblöcken positioniert und verklebt wird

3.7

Referenzprüfkörper

Prüfkörper zur Bestimmung der tatsächlichen Bindungsstärke eines Klebstoffs, der aus zwei unbeschichteten, miteinander verklebten Lastblöcken besteht

4 Prinzipien

Die Testverfahren nach dieser Norm werden für die Qualitätskontrolle empfohlen, sowie für die Merkmalsbestimmung von Beschichtungen bzw. Beschichtungssystemen. Hintergrund dabei ist die Verbesserung der thermischen Spritzverfahren oder die Entwicklung von Beschichtungen mit höherer Adhäsion und verbesserter Struktur.

Thermische Spritzbeschichtungen sind bedingt durch ihren Herstellungsprozess mikroporös, können allerdings eine erforderliche höhere Porosität aufweisen. Wegen der Möglichkeit einer Infiltration der Beschichtung kann sich die Porosität einer Beschichtung bei der Verklebung der Prüfkörper als Nachteil erweisen. Außerdem kann wegen der Infiltration die falsche Menge Klebemittel aufgetragen werden und die Eigenschaften der Beschichtung können sich beträchtlich ändern, sodass unter Umständen ungültige Ergebnisse ermittelt werden.

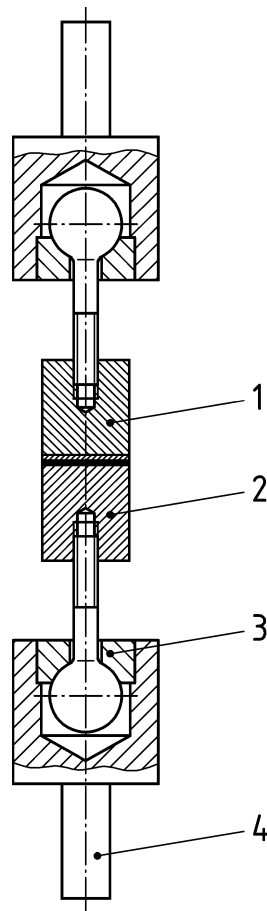
Zudem dürfen die Beanspruchungen bei der Vorbereitung und Prüfung der Prüfkörper nur vertikal zur Beschichtung und ohne Biege- oder Drehkräfte aufgebracht werden. Um dies während des Herstellungsverfahrens der Prüfkörper und der Prüfung selbst zu gewährleisten, müssen geeignete Einspann- und Zentriervorrichtungen verwendet werden.

5 Geräte zur Prüfung und Messung sowie Hilfsvorrichtungen

5.1 Prüfgeräte

Die Prüfung wird auf einer Zugprüfmaschine mit geeigneter Einspannvorrichtung durchgeführt, die die Anforderungen aus ISO 7500–1, Klasse 1, erfüllt. Sie soll die Fixierung und Beanspruchung der Prüfkörper in Richtung ihrer Mittellinie ohne Biege- oder Drehmomente sicherstellen.

Dies kann mit einem Kugelgelenk erreicht werden, das für diese Norm festgelegt ist (Einzelheiten, siehe Bild 1), oder durch eine allgemeine Aufhängung, wie beispielsweise nach ASTM C 633–01 (siehe, EN 13144, Anhang B.4, und ISO 13779–4). Die Bohrung mit M 16-Schraubgewinde trägt und überträgt die Beanspruchung auf den Prüfkörper.



Legende

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1 Lastblock | 3 Kugelgelenk |
| 2 Substratblock | 4 Einspannteil |

Bild 1 — Anordnung für die Prüfung auf Haftzugfestigkeit mit einem Prüfkörper in Form A

5.2 Messgeräte

Während der Vorbereitung des Last- und des Prüfblocks und der Prüfkörper können die meisten Messungen mit handelsüblichen Messgeräten durchgeführt werden. Empfehlungen und Beispiele für spezielle Vorrichtungen zur Messung der Konzentrität und Parallelität der Prüfkörper mit 25,0 mm Durchmesser sind in Anhang B aufgeführt.

5.3 Fixierung der Prüfkörper für die Verklebung der Zugfestigkeitsproben

Für die Verklebung der Zugfestigkeitsproben wird eine Fixierungsvorrichtung verwendet, damit der Lastblock mit dem Substratblock oder der Prüfscheibe verklebt werden kann. Angulare und axiale Abweichungen müssen dabei so weit wie möglich vermieden werden. Darüber hinaus muss die Vorrichtung während des gesamten Verklebungsvorgangs auch den erforderlichen Kontaktdruck für die Verklebung und Aushärtung herstellen und aufrechterhalten können.

ANMERKUNG Diese Anforderungen können erfolgreich mithilfe einer V-Block-Zentriervorrichtung erfüllt werden. Die koaxiale Ausrichtung und ein sicherer Kontaktdruck können zuverlässig hergestellt werden, sodass der Substrat- und der Lastblock (Einzelheiten, siehe Bild 2), oder alternativ zwei Lastblöcke und eine Prüfscheibe (Einzelheiten, siehe Bild 3) innerhalb der erforderlichen Toleranzen zu einem Haftzugfestigkeitsprüfkörper zusammengefügt werden können.

Bei Aufbringung des gemeinhin niedrigen Kontaktdrucks muss sichergestellt werden, dass keine Biege- oder Drehkräfte die Verklebung beeinflussen.

Während der Verklebung und Aushärtung muss der Kontaktdruck über den gesamten Temperaturbereich konstant gehalten werden. Falls das Gewicht des oberen Lastblocks im Verhältnis zum Substratblock nicht ausreicht, um die Beanspruchung aufzubringen, wird die Beanspruchung mithilfe von Federkraft empfohlen.

ANMERKUNG Wenn eine Feder als Zwischenelement zusammen mit einem geeigneten Gewinde eingesetzt wird, so wird die Verstellung durch die Anzahl der Umdrehungen vorgenommen und durch eine Feder umgesetzt. Auf diese Weise kann der Kontaktdruck exakt anhand der Anzahl der Schraubenumdrehungen eingestellt werden. Für die Berechnung der erforderlichen Schraubenumdrehungen zur Einstellung des erforderlichen Kontaktdrucks gilt Gleichung 1.

$$n = \frac{p \times \pi \times d^2}{4 \times c \times s} \quad (1)$$

Dabei ist

- n Anzahl der Schraubenumdrehungen;
- p erforderlicher Kontaktdruck;
- d Durchmesser des Substratblocks;
- c Federkonstante;
- s Gewindesteigung.

Um Abweichungen der Federkraft bei der Erwärmung für den Klebevorgang und während der Haltezeit zu verhindern, muss für die Feder ein geeigneter Stahl verwendet werden. Ein geeignetes Gerät ist in Anhang B, Bild B.1, dargestellt.

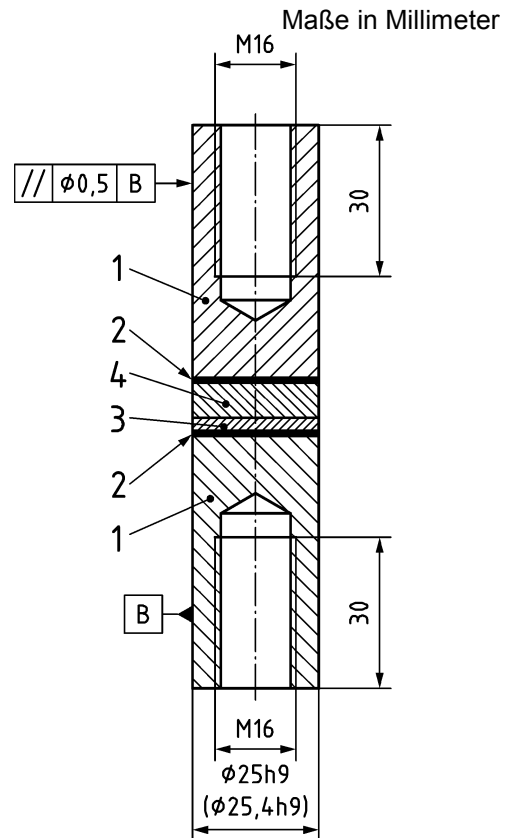
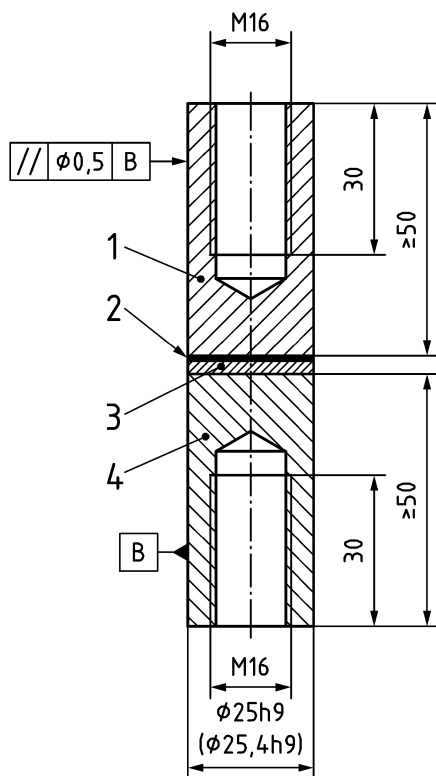
6 Prüfkörper

6.1 Form der Prüfkörper

Zur Bestimmung der Zugfestigkeit bei einer Zugbeanspruchungsprüfung werden Prüfkörper der Formen A oder B mit einem Durchmesser von 25,0 mm bzw. 25,4 mm oder 40,0 mm verwendet. Vorzugsweise wird ein geringerer Durchmesser (also 25,0 mm oder 25,4 mm) verwendet.

Prüfkörper A (siehe Bild 2) besteht aus einem Substratblock, auf dessen Stirnseite die Beschichtung aufgetragen wird, und einem Lastblock, der mit der spritzbeschichteten Oberfläche verklebt wird.

Prüfkörper B (siehe Bild 3) besteht aus zwei Lastblöcken und einer Prüfscheibe, die auf einer Seite beschichtet ist und die mit beiden Lastblöcken verklebt wird.



Legende

- 1 Lastblock
- 2 Klebstoff
- 3 Beschichtung
- 4 Substratblock

Bild 2 — Prüfkörper A für Zugfestigkeitsprüfung

Legende

- 1 Lastblock
- 2 Klebstoff
- 3 Beschichtung
- 4 Prüfscheibe (nach Bild 6)

Bild 3 — Prüfkörper B für Zugfestigkeitsprüfung

6.2 Material der Prüfkörper

Für die Prüfkörper werden die gleichen Materialien verwendet. Alternativ werden Materialien mit vergleichbarer Stärke bzw. mit vergleichbaren chemischen und physischen Eigenschaften verwendet.

Falls der Substrat- und der Lastblock aus einer leichten Metalllegierung hergestellt wurden, besteht die Gefahr einer Verfestigung durch Kaltverformung im Gewinde. Die Akzeptanz sollte arithmetisch nachgewiesen werden.

6.3 Herstellung der Substrat- und Lastblöcke

Die Teile für die Prüfkörper (Substrat- und Lastblock) werden nach den Zeichnungen in Bild 4 hergestellt. Die Prüfscheibe wird nach den Angaben in Bild 6 hergestellt.

Die Stirnseiten müssen im rechten Winkel zu den Zylinderoberflächen stehen. Dies kann mithilfe eines rechten Winkels mit gebrochener Kante geprüft werden. Die Stirnseite ohne Bohrung muss der betreffenden Referenzoberfläche der Zylinderfläche des Substrat- und des Lastblocks in Form A bzw. der Prüfscheibe in Form B entsprechen.

Die flachen Oberflächen der Prüfscheibe nach Form B müssen eben und parallel sein. Einzelheiten siehe Bild 6.

Die M 16-Gewindebohrung muss mit der Achse des Zylinders konzentrisch sein, damit eine momentfreie Beanspruchung aufgebracht werden kann.

Alle Substrat- und Lastblöcke sowie alle Prüfscheiben werden zu ihrer Identifizierung eindeutig und sicher gekennzeichnet. Jede Identifizierung wird so ausgeführt, dass keine negativen Auswirkungen auf das Prüfverfahren bestehen. Die Identifizierung und die Materialbezeichnung der Prüfkörper werden im Prüfbericht vermerkt.

Der Nachweis, dass die Prüfblöcke den Anforderungen entsprechen, kann mithilfe handelsüblicher Messgeräte erfolgen (Einzelheiten siehe Bild 4). Die zur Information in Anhang B, Bild B.3, abgebildete Parallelitätslehre kann zur Überprüfung der Parallelität verwendet werden. Die wiederholte Verwendung der Substrat- und Lastblöcke ist akzeptabel, solange der Außendurchmesser innerhalb der Toleranzen liegt, die Länge nicht weniger als 50 mm beträgt und keine Verfestigung des M 16-Schraubengewindes durch Kaltverformung vorliegt.

Bei wiederholter Verwendung von Substrat- und Lastblöcken aus leichten Metalllegierungen werden Gewindeeinsätze verwendet.

ANMERKUNG Die Abfolge der Herstellungsschritte von Prüfblöcken nach Form A und B sowie das Verfahren ihrer Zugfestigkeitsprüfung bei Anwendung unterschiedlicher Klebstoffe ist informativ in Anhang A angegeben: Anhang A.1: Arbeitsanweisungen bei Verwendung von Einkomponenten- oder Mehrkomponenten Epoxidklebstoffen. Anhang A.2: Arbeitsanweisungen bei Verwendung von aushärtenden Epoxid-Folienklebstoffen

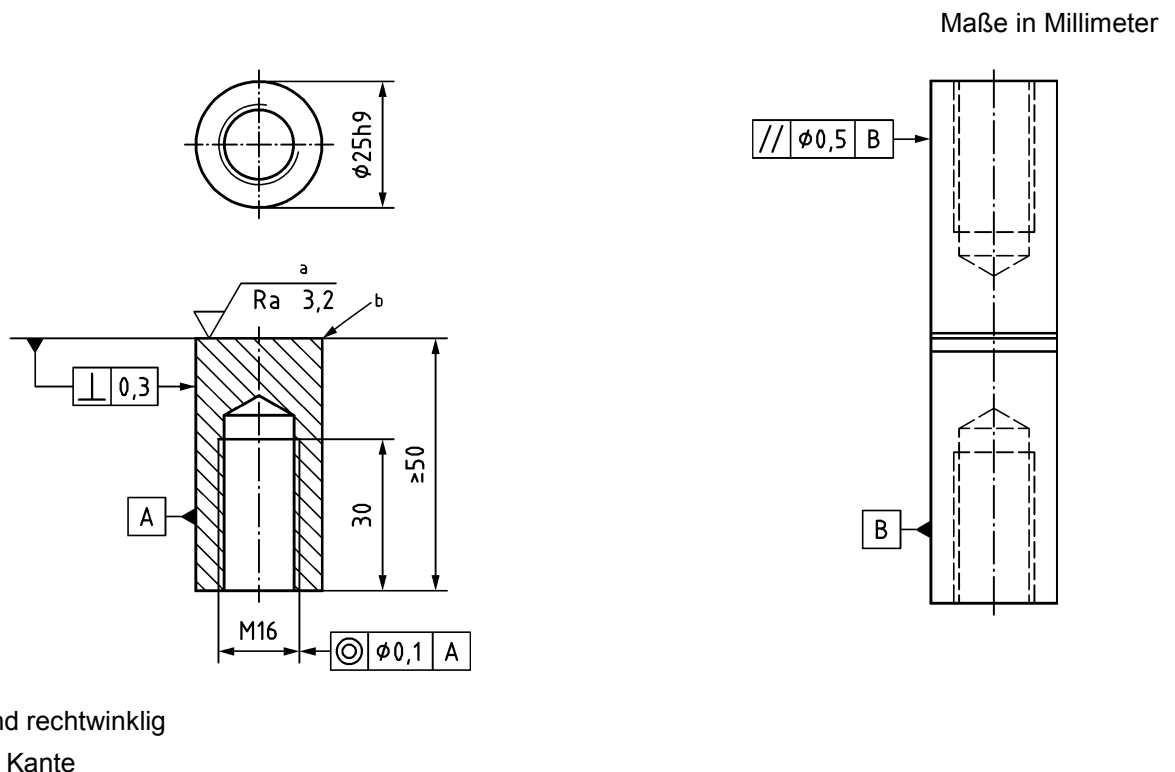


Bild 4 — Maße von Substrat- und Lastblöcken (bei Prüfkörpern mit 25,0 mm Durchmesser)

Bild 5 — Toleranzen für die Parallelität des Zugfestigkeitsprüfkörpers aus A (exemplarisch)

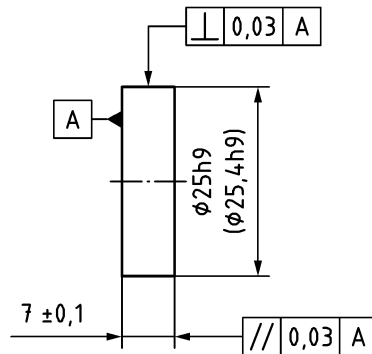


Bild 6 — Maße und Grenzabweichungen der Prüfscheibe mit einem Nenndurchmesser von 25,0 mm und von 25,4 mm

6.4 Vorbereitung und Spritzbeschichtung der Prüfkörper

Die Stirnseite des aus dem angegebenen Grundwerkstoff hergestellten Substratblocks muss, entsprechend der Angaben zum Spritzvorgang für den betreffenden Teil bzw. die betreffende Komponente oder gemäß EN 13507, für die Aufbringung der Spritzbeschichtung vorbereitet werden. Verunreinigungen (wie beispielsweise Schmutz, Fett und Öl) müssen sorgfältig entfernt werden. Eine Abrundung der Kanten bei der Reinigungsstrahlung muss vermieden werden. Anschließend wird die Schichtung aufgespritzt. Falls der zylindrische Korpus des Prüfkörpers nicht frei von Spritzpartikeln gehalten werden kann, muss er gereinigt werden. Die Abfolge des Spritzvorgangs, die Spritzparameter und das Spritzmaterial (bzw. die Spritzmaterialien) für die Verklebung und die Oberflächenbeschichtung müssen entsprechend der Anweisungen für den Spritzvorgang des betreffenden Teils bzw. der betreffenden Komponente eingehalten werden.

ANMERKUNG Falls Substrat- und Lastblöcke mehrfach verwendet werden, müssen Rückstände des Klebstoffs vom Korpus und der Stirnseite des Prüfkörpers zur Vermeidung von Schäden sorgfältig entfernt werden. Ansonsten kann der Prüfkörper nicht korrekt in den V-Block eingesetzt und die angemessene Qualität nicht erreicht werden. Die maschinelle Bearbeitung zur Entfernung von verbliebenen Klebstoffresten würde den Durchmesser des Blocks unzulässig verringern. Die Abrundung der Kanten muss so gering wie möglich gehalten werden.

Rückstände von Beschichtungen und Klebstoffen an den Stirnseiten werden mithilfe geeigneter Verfahren maschinell, chemisch oder thermisch beseitigt.

6.5 Herstellung der Prüfkörper für die Zugprüfung

6.5.1 Maschinelle Bearbeitung des beschichteten Substratblocks bzw. der Prüfscheibe und Vorbereitung für die Verklebung

Bei der Vorbereitung der Prüfkörper muss darauf geachtet werden, dass die Dicke der Beschichtung auf der Stirnseite des Prüfkörpers gleichmäßig ist. Die sich aus der Beschichtung ergebende Oberfläche muss im rechten Winkel zu den Achsen des Prüfkörpers verlaufen. Durch die maschinelle Bearbeitung dürfen die Beschichtungs- und Verklebungsbedingungen nicht beeinträchtigt werden. EN ISO 14924 stellt die geeigneten Anweisungen für die maschinelle Bearbeitung von Beschichtungen dar. Gegebenenfalls muss ein geeignetes maschinelles Bearbeitungsverfahren durch Vortests beurteilt werden.

Die zu beschichtende Oberfläche des Prüfkörpers muss durch Reinigung so vorbereitet werden, dass die Anforderungen der Verklebung erfüllt sind. Insbesondere die Gewindebohrung muss durch Absaugen und Entfetten sorgfältig gereinigt werden. Verunreinigungen, wie beispielsweise Schleifstaub, Öl oder Kühlmittelreste vorangegangener Bearbeitungsschritte dürfen nicht auf bzw. in den Blöcken verbleiben. Die Anweisungen des Klebstoffherstellers müssen beachtet werden.

6.5.2 Verklebung der Prüfkörper

Nach der Vorbereitung der Beschichtungsfläche wird der Lastblock mit der Spritzbeschichtung (Prüfkörper A) oder mit der einseitig beschichteten Prüfscheibe (Prüfkörper B) verklebt.

Im Hinblick auf das Klebverfahren und die Lagerung der Prüfkörper zur Aushärtung des Klebstoffs müssen die Anweisungen des Klebstoffherstellers beachtet werden. Mithilfe eines geeigneten Befestigungsapparats, wie beispielsweise in Anhang B, Bild B.1, muss die rechtwinklige und parallele Positionierung der Substrat- und Lastblöcke bzw., im Fall des Prüfkörpers B der Prüfscheibe, sichergestellt werden.

Für das Aushärten des Klebstoffs sollte die Einspannvorrichtung so gestaltet sein, dass sich der Prüfkörper in einer vertikalen Position befindet und während der gesamten Klebe- und Aushärtezeit vertikal mit konstantem Druck beansprucht werden kann. Die gleiche Beanspruchung muss auch während der Auskühlphase der Prüfkörper im Ofen aufrechterhalten werden.

Bei einer Aushärtung im Ofen müssen die Prüfkörper zur Vermeidung zusätzlicher Restbelastungen solange im Ofen verbleiben, bis in der Mitte des Ofens eine Temperatur von 40 °C erreicht ist. Die Anweisungen des Klebstoffherstellers müssen beachtet werden.

Alle Einzelheiten der Vorbereitung der Prüfkörper müssen in den Prüfbericht aufgenommen werden.

Der Durchmesser des Klebstoff-Pads bzw. die Menge des Flüssigklebstoffs muss so bemessen sein, dass nach dem Aushärten um die Kanten der Klebeflächen ein deutlich sichtbarer Wulst entsteht. Die Oberflächen der zu verklebenden Flächen müssen vollständig mit Klebstoff bedeckt sein.

Nach dem Aushärten im Ofen oder dem Trocknen werden die Prüfkörper auf Konzentrität und Parallelität geprüft. Die in Anhang B, Bild B.3, abgebildete Parallelitätslehre kann hierfür verwendet werden.

6.5.3 Klebstoff

Der Klebstoff ermöglicht die Verklebung der Beschichtung mit dem Lastblock. Die Auswahl des Klebstoffs muss im Hinblick auf die erwartete Haftzugfestigkeit der Beschichtung oder die Stärke der Beschichtung erfolgen. Weitere Auswahlkriterien sind die höchste für die Beschichtung oder das Substrat zulässige Temperatur (beispielsweise Polymerbeschichtungen auf CFRP-Substrat (Carbon Filler-Reinforced Polymer-Substrat)) sowie ihre chemische Widerstandskraft. Die Haftzugfestigkeit des für die Klebeverbindung verwendeten Klebstoffs muss mindestens so hoch sein wie die niedrigste Haftzugfestigkeit der Beschichtung oder die Stärke der Beschichtung in der Normalrichtung zur Oberfläche. Die tatsächliche Haftzugfestigkeit des Klebstoffs sollte anhand von Referenzprüfkörpern verifiziert werden. Weniger als einen Monat zurückliegende Nachweisprüfungen sind akzeptabel.

ANMERKUNG Ein wichtiger Grund für die Überprüfung des Klebstoffs mithilfe eines Referenzprüfkörpers ist die eingeschränkte Lagerfähigkeit des Klebstoffs, da dessen Klebestärke im Laufe der Zeit nachlässt. Außerdem kann so insbesondere bei Mehrkomponenten-Klebstoffen eine unzureichende Vorbereitung erkannt werden.

Da thermische Spritzbeschichtungen unter Umständen eine interne Porosität aufweisen, kann eine starke Infiltration des Klebstoffs in diese Porosität bei Anwendung dieses Prüfverfahrens die Ergebnisse beträchtlich verfälschen. Klebstoffe, die eine niedrige Viskosität aufweisen, die aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung eine hohe Temperatur zum Aushärten benötigen oder die aus einer Matrix mit Füllmaterial bestehen, sind nicht geeignet, da beim Aushärten die Viskosität des Klebstoffs oder der Matrix weiter absinkt und die Infiltration weiter ansteigt.

Geeignete Folienklebstoffe umgehen das Problem der Infiltration, weisen allerdings den Nachteil auf, dass ihre eigene Haftzugfestigkeit unter Umständen beträchtlich unter der Haftzugfestigkeit der Spritzbeschichtung mit dem Substrat oder mit der Klebstoffschicht liegt oder geringer ist als die Bindefestigkeit in der Normalrichtung zur Oberfläche. In einem solchen Fall kann ein geeigneter Flüssigklebstoff mit einer möglichst hohen Viskosität verwendet werden. Grundsätzlich muss vor der erstmaligen Verwendung eines bestimmten Klebstoffs vorab ein Nachweis mithilfe eines Vortests erbracht werden, vorzugsweise anhand von Querschnitten. Mit diesem Vortest muss gezeigt werden, dass der Klebstoff während des gesamten Klebevorgangs die Beschichtung nicht bzw. nur an der Oberfläche durchdringt. Diese metallographische Untersuchung muss einmal für jedes Beschichtungssystem und die jeweils verwendeten Spritzparameter durchgeführt werden. Solche Nachweise sind unter Umständen schwierig zu erbringen, da die Möglichkeit besteht, dass der Klebstoff transparent ist. Werden geeignete Maßnahmen ergriffen, können sie dennoch durchgeführt werden.

Bei der Durchführung der Zugfestigkeitsprüfung von Beschichtungen mit einer definierten Porosität (beispielsweise bei Wärmedämmschichten, zerreibbaren Beschichtungen oder Beschichtungen für Öleindämmungen) dürfen nur geeignete Folienklebstoffe entsprechender Stärke verwendet werden.

Im Allgemeinen wird die Verwendung von Folienklebstoffen empfohlen, allerdings muss die Eignung für die jeweilige Anwendung überprüft werden. Die Dicke der Folie oder die Anzahl dünnerer Folien muss so als Mindestschicht festgelegt werden, dass alle vorstehenden oder eingebuchteten rauen Stellen vollständig abgedeckt werden. Die Verwendung von dickeren Folien ist nicht gewünscht, da dabei die Gefahr besteht, dass der Klebstoff in die Oberflächen gedrückt wird.

Bei Verwendung geeigneter Folienklebstoffe können nach dieser Norm sehr dünne Beschichtungen (mit einer Mindestdicke von 80 µm) geprüft werden. Liegt die Dicke der Beschichtung unter 80 µm, ist für jedes Beschichtungssystem und jeden Klebstoff eine metallographische Untersuchung erforderlich, um sicherzustellen, dass der Klebstoff der Folie nicht in die Beschichtung gedrückt wird.

Wenn der zu verwendende Klebstoff zwischen den Vertragsparteien festgelegt wurde, muss auch das Klebeverfahren vereinbart werden.

6.6 Referenzprüfkörper

Der Referenzprüfkörper wird zusammen mit den Prüfkörpern für die Zugfestigkeitsprüfung im gleichen Herstellungsvorgang sowie mit den gleichen Klebstoffen und Parametern verklebt, ausgehärtet und geprüft. Die Vorbereitung der zu verklebenden Oberflächen entspricht der Vorbereitung der Substratblöcke der Prüfkörper für die Zugbeanspruchungsprüfung. Der Referenzprüfkörper dient zur Kontrolle der tatsächlichen Qualität des Klebstoffs (vor dem Hintergrund von dessen eingeschränkter Lagerfähigkeit), des Klebeverfahrens sowie der Vorbereitung der Prüfkörper und wird getrennt bewertet. Hinweise zur Verwendung des Referenzprüfkörpers können Abschnitt 6.5.3 entnommen werden.

6.7 Anzahl der zu prüfenden Prüfkörper

Es werden mindestens drei Prüfkörper geprüft, die entweder gemeinsam im gleichen Prüfkörperhalter oder zusammen mit der Komponente beschichtet wurden.

7 Anwendung des Prüfverfahrens

Der Prüfkörper mit dem Prüfgerät (Einzelheiten, siehe Bild 1) wird momentfrei in die Zugprüfmaschine eingespannt und gleichmäßig sowie stoßfrei bis zum Bruch beansprucht. Der ansteigende Zugkraft wird dabei bewegungsgesteuert mit konstanter Rate aufgebracht. Das Joch bewegt sich dabei mit einer Geschwindigkeit von $(1 \pm 0,24)$ mm/min bzw. $(0,017 \pm 0,004)$ mm/s, bis der Bruch eintritt. Die maximale Beanspruchung $F_{\max}$ wird aufgezeichnet.

Die Prüfung wird bei Raumtemperatur durchgeführt. Bei einer Prüfreihe müssen die Testbedingungen aufrechterhalten werden.

ANMERKUNG Die Zugfestigkeitsprüfung sollte sobald wie möglich nach Zusammenfügen des Prüfkörpers durchgeführt werden. Falls dies nicht möglich ist, werden die Prüfkörper bei Raumtemperatur unter normalen atmosphärischen Bedingungen aufbewahrt. Sie werden fixiert, sodass sie nicht herunterfallen. Für den Transport zu einem externen Labor werden sie in vertikaler Position verpackt, damit weder die Beschichtung noch die Klebeschicht Schaden nehmen.

8 Ablesen und Auswerten der Messwerte

Der Durchmesser des Substratblocks wird mit einer Genauigkeit von 0,1 mm gemessen. Anhand dieses Werts kann der Querschnitt des Prüfkörpers an der Haftfläche der Spritzbeschichtung berechnet werden.

Die Ergebnisse dieser Prüfkörper werden für die Berechnung der Haftzugfestigkeit nur für diejenigen Prüfkörper verwendet, bei denen an der Schnittstelle zum Klebstoff oder im Bereich zwischen Haftfläche und Oberflächenbeschichtung (bei mehrlagigen Beschichtungssystemen) ein Adhäsionsbruch auftritt, bzw. bei denen sich innerhalb der Beschichtung, vor allem in der obersten Schicht, ein Kohäsionsbruch zeigt oder bei denen ein Adhäsions-Kohäsionsbruch (Mischbruch) festgestellt wird.

Brüche innerhalb der Klebstoffzone werden für die Berechnung der Mittelwerte der Haftzugfestigkeit nicht berücksichtigt. Wenn innerhalb einer Serie alle Brüche in diesem Bereich auftreten, kann gefolgert werden, dass die Haftzugfestigkeit und die Stärke der Beschichtung in Richtung ihrer Dicke größer ist als die Klebekraft.

Bei der Routineüberprüfung thermischer Spritzarbeiten kann der Bruch ebenfalls in der Klebstoffzone auftreten, vorausgesetzt, dass die Mindestklebekraft erreicht wurde.

Wenn ein Referenzprüfkörper geprüft wird, darf das Ergebnis nicht für die Berechnung der Haftzugfestigkeit verwendet werden.

Eine grafische Auswertung der einzelnen Bereiche von Prüfkörpern für die Haftzugprüfung und die unterschiedlichen Bruchpositionen werden zusammen mit ihren Abkürzungen in Anhang C dargestellt.

Die maximale Kraft $F_{\max}$ jedes einzelnen Prüfkörpers wird für die Bewertung herangezogen. Die Haftzugfestigkeit R_H wird anhand von Gleichung (2) berechnet:

$$R_H = \frac{4 \times F_{\max}}{\pi \times d^2} \quad (2)$$

Dabei ist

R_H Haftzugfestigkeit in MPa (N/mm²);

$F_{\max}$ maximale Kraft in N;

d Durchmesser des Prüfkörpers in mm (Grenzabweichung: $\pm 0,1$ mm).

Darüber hinaus wird die Versagensart bestimmt und zusammen mit der Bruchposition bei mehrlagigen Beschichtungssystemen (Schnittstelle Substrat/Klebstoffschicht oder oberste Beschichtung) oder innerhalb einer Beschichtung aufgezeichnet. Die Abkürzungen für die Bruchposition sind in Anhang C, Tabelle C.1, angegeben.

Für jede Prüfkörperserie (gleiche Beschichtung, gleicher Klebstoff, gleiches Erwärmungsprogramm) werden die Werte der Haftzugfestigkeit aufgeführt und der statistische Mittelwert berechnet. Darüber hinaus werden die absolute und die relative Standardabweichung (Standardabweichung geteilt durch statistischen Mittelwert der gemessenen Haftzugfestigkeit in %) berechnet und dokumentiert. Dies gilt nicht, wenn die Prüfungen der Haftzugfestigkeit lediglich darstellen sollen, dass der Nennwert erreicht wurde.

9 Prüfbericht — Dokumentation

Der Prüfbericht muss für jeden nach dieser Norm geprüften Prüfkörper bzw. für jede Prüfserie die folgenden Daten aufweisen, soweit diese dem Prüfer bekannt sind und keine weiteren Vereinbarungen getroffen wurden:

a) Allgemeines:

- Aufgabenstellung, Zielsetzung der Prüfung;
- Prüfstelle, Prüfer, Datum;
- Verweisung auf diese Prüfnorm.

b) Prüfkörper:

- Vorbereitung der Prüfkörper;
- Grundwerkstoff des Substratblocks bzw. der Prüfscheibe;
- Bezeichnung des (der) Prüfkörper(s);
- Anzahl der Prüfkörper.