

DIN EN 62739-3



ICS 25.160.50

**Verfahren zur Erosionsprüfung für Wellenlöttausrüstungen bei
Verwendung von geschmolzener, bleifreier Lotlegierung –
Teil 3: Leitfaden für die Auswahl von Verfahren zur Erosionsprüfung
(IEC 62739-3:2017);
Deutsche Fassung EN 62739-3:2017**

Test method for erosion of wave soldering equipment using molten lead-free solder alloy –
Part 3: Selection guidance of erosion test methods
(IEC 62739-3:2017);
German version EN 62739-3:2017

Méthode d'essai de l'érosion de l'équipement de brasage à la vague utilisant un alliage à
braser sans plomb fondu –
Partie 3: Document d'orientation pour le choix des méthodes d'essai d'érosion
(IEC 62739-3:2017);
Version allemande EN 62739-3:2017

Gesamtumfang 34 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-02-10 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2017-10-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62739-3:2016-10.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 682 „Aufbau- und Verbindungstechnik für elektronische Baugruppen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 91 „Electronics assembly technology“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Verfahren zur Erosionsprüfung für Wellenlöt-ausrüstungen bei Verwendung von geschmolzener, bleifreier Lotlegierung –
Teil 3: Leitfaden für die Auswahl von Verfahren zur Erosionsprüfung
(IEC 62739-3:2017)

Test method for erosion of wave soldering equipment using molten lead-free solder alloy –
Part 3: Selection guidance of erosion test methods
(IEC 62739-3:2017)

Méthode d'essai de l'érosion de l'équipement de brasage à la vague utilisant un alliage à braser sans plomb fondu –
Partie 3: Document d'orientation pour le choix des méthodes d'essai d'érosion
(IEC 62739-3:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-02-10 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62739-3:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 91/1368/CDV, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62739-3, erarbeitet vom IEC/TC 91 „Electronics assembly technology“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62739-3:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2017-11-10
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-02-10

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62739-3:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Allgemeines	6
5 Auswahl eines geeigneten Erosionsprüfverfahrens	7
5.1 Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und im praktischen Einsatz auftretenden Beanspruchungen	7
5.2 Empfohlenes Prüfverfahren nach den Werkstoffen	8
6 Allgemeine Angaben für alle Prüfverfahren	9
6.1 Vorbereitung des Prüflings	9
6.2 Lotlegierung	9
6.3 Beschleunigte Beanspruchungsbedingungen	10
6.3.1 Prüftemperatur	10
6.3.2 Rotationsgeschwindigkeit	10
6.3.3 Biegebeanspruchung des Prüflings	10
6.4 Schlacke	10
6.4.1 Schlackeerzeugung und Häufigkeit der Schlackeentfernung	10
6.4.2 Verfahren bei der Schlackeentfernung	10
6.4.3 Volumen des geschmolzenen Lots nach der Schlackeentfernung	11
6.5 Verfahren der Erosionstiefenmessung	11
6.5.1 Behandlung nach der Prüfung	11
6.5.2 Lokale Erosionstiefe	11
6.5.3 Allgemeine (einheitliche) Erosionstiefe	13
6.5.4 Beurteilung	14
7 Überblick der Prüfverfahren	14
7.1 Prüfverfahren	14
7.2 Metallischer Werkstoff ohne Oberflächenbehandlung	14
7.2.1 Allgemeines	14
7.2.2 Rotationsprüfung bei 350 °C	14
7.3 Metallischer Werkstoff mit Oberflächenbehandlung	16
7.3.1 Prüfverfahren	16
7.3.2 Rotationsprüfung bei 450 °C	16
7.3.3 Rotationsprüfung bei 450 °C mit um 2 mm gebogenem Prüfling	16
Anhang A (informativ) Leitfaden für die Auswahl von Prüftemperatur, Prüfdauer und Biegebeanspruchung	18
Anhang B (informativ) Maximale Tiefe und andere Messungen	23

	Seite
Anhang C (informativ) Erosionsmechanismus	26
Anhang D (informativ) Thermische Erosionsbeschleunigung	28
Literaturhinweise.....	31
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	32

Bilder

Bild 1 – Schematisches Beispiel einer Wellenlöttausrüstung	6
Bild 2 – Beispiel eines Werkzeugs zur Schlackeentfernung	11
Bild 3 – Schematische Darstellung der allgemeinen Definition der Erosionstiefe	11
Bild 4 – Schematische Darstellung der Definition der mit der Schärfentiefemethode gemessenen Erosionstiefe	12
Bild 5 – Beispiele einer lokalen Erosion	12
Bild 6 – Beispiel eines Bewertungsbereichs	13
Bild 7 – Beispiele mit erosionsfreiem Bereich	13
Bild 8 – Beispiele ohne erosionsfreien Bereich und Querschnittsbeispiel.....	14
Bild 9 – Konfigurationsbeispiel einer Prüfausrüstung	15
Bild 10 – Konfigurationsbeispiel einer Prüfausrüstung für die Rotationsprüfung bei 450 °C mit um 2 mm gebogenem Prüfling	17
Bild A.1 – Prüflingskonfiguration für die Vorprüfung.....	18
Bild A.2 – Erosionstiefe über der Temperatur des geschmolzenen Lots	19
Bild A.3 – Erosionstiefe über der Rotationsgeschwindigkeit	19
Bild A.4 – Erosionstiefe über der Eintauchzeit	20
Bild C.1 – Erosionsmechanismus bei nitrierten Werkstoffen.....	27
Bild D.1 – Wachstum der Sn-Diffusionsschicht in der plasmanitrierten Schicht für verschiedene nichtrostende Stähle.....	29

Tabellen

Tabelle 1 – Erosionsbereiche im praktischen Einsatz und Problembeispiele	7
Tabelle 2 – Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und im praktischen Einsatz auftretenden Beanspruchungen	8
Tabelle 3 – Anzuwendendes Prüfverfahren je nach Werkstoff	9
Tabelle 4 – Prüfbedingungen für die Rotationsprüfung bei 350 °C	15
Tabelle 5 – Prüfbedingungen für die Rotationsprüfung bei 350 °C	16
Tabelle A.1 – Ergebnisse der Erosionsprüfung von gasnitrierten und nitrokarburierten Werkstoffen	21
Tabelle A.2 – Ergebnisse der Erosionsprüfung von Werkstoffen mit Oberflächenbeschichtung	22
Tabelle B.1 – Messverfahren, Eigenschaften und Genauigkeit	24
Tabelle B.2 – Beispiele für Messgeräte	25
Tabelle D.1 – Dauer der Ablösung der plasmanitrierten Schicht (Inkubationszeit nach Bild D.1)	29
Tabelle D.2 – Anfängliche Wachstumsgeschwindigkeit der Sn-Diffusionsschicht	30

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62739 beschreibt eine Auswahlmethodik für ein geeignetes Prüfverfahren zur Bewertung der Erosion von metallischen Werkstoffen mit oder ohne Oberflächenbehandlung, die zur Verwendung in Bleifrei-Wellenlötäusrüstungen für Löttiegel und andere Komponenten, die mit geschmolzenem Lot in Kontakt kommen, vorgesehen sind.

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).

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solder for electronic soldering applications*

IEC 62739-1:2013, *Test method for erosion of wave soldering equipment using molten lead-free solder alloy – Part 1: Erosion test method for metal materials without surface processing*

IEC 62739-2, *Test method for erosion of wave soldering equipment using molten lead-free solder alloy – Part 2: Erosion test method for metal materials with surface processing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC pflegen unter den folgenden Adressen Terminologiedatenbanken, die für die Normungsarbeit zu verwenden sind:

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

3.1

Erosion

Phänomen, bei dem ein Grundwerkstoff aufgelöst und dünner wird, indem er mit geschmolzenem Lot in Kontakt kommt

[QUELLE: IEC 62739-1:2013, 3.1]

3.2

bleifreies Lot

Legierung, die einen Massenanteil von höchstens 0,1 % Blei (Pb) als Bestandteil enthält und zur Aufbringung von Bauelementen auf Trägerwerkstoffe oder zur Beschichtung von Oberflächen verwendet wird

[QUELLE: IEC 60194:2015, 75.1904 modifiziert – „Gewicht“ wurde durch „Massenanteil“ ersetzt und „als Bestandteil“ wurde hinzugefügt]

3.3

Schlacke

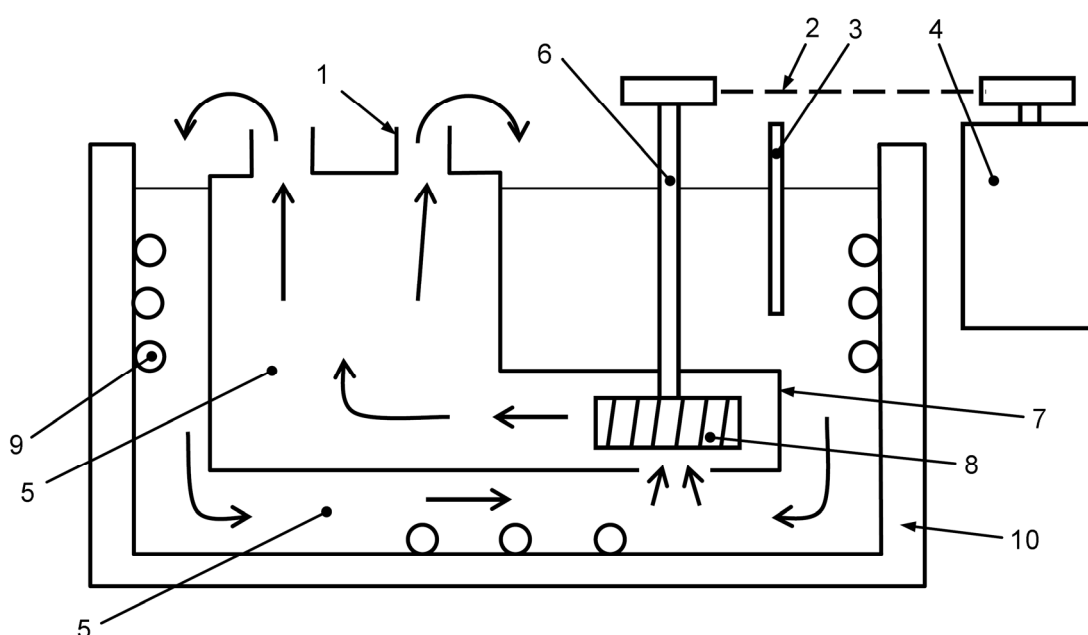
Oxide und andere Verunreinigungen, die sich auf der Oberfläche von geschmolzenem Lot bilden

[QUELLE: IEC 60194:2015, 75.0410]

4 Allgemeines

In Bild 1 ist das Beispiel einer Wellenlöttausrüstung mit Löttiegel und Zubehörteilen, die der Bewertung unterzogen werden, schematisch dargestellt. In Tabelle 1 sind die Erosionsbereiche im praktischen Einsatz und Problembeispiele angegeben. Mit den in IEC 62739-1 und IEC 62739-2 festgelegten Prüfungen sollen ein angemessener Instandhaltungszyklus und ein entsprechendes Austauschintervall für Löttiegel und andere metallische Komponenten ermittelt werden, indem die Erosionsbeständigkeit der Werkstoffe und anderer metallischer Komponenten im Zusammenhang mit Löttiegeln einschließlich der Oberflächenbehandlung bewertet werden.

Abgesehen von der Prüfdauer sind die Prüfbedingungen, wie z. B. die Temperatur des geschmolzenen Lots und die Rotationsgeschwindigkeit nach IEC 62739-1 und IEC 6273-2 festgelegt. Die Dauer zur Erosionserzeugung ist somit je nach Art des Metalls und angewandter Oberflächenbehandlung verschieden. Aus diesem Grund muss eine geeignete Prüfdauer festgelegt werden, damit der Bereich, der als Basis für die mit der Tiefenschärfemethode gemessenen Erosionstiefe dient, klar erkennbar und erosionsfrei bleibt und auch die unterschiedlichen metallischen Werkstoffe und Oberflächenbehandlungen, von denen die Erosionstiefe des Prüflings abhängt, berücksichtigt werden.



Legende

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 Strahldüse | 6 Antriebswelle |
| 2 Antriebsriemen | 7 Pumpe für das geschmolzene Lot |
| 3 Temperatursensor | 8 Antriebsrad |
| 4 Motor | 9 Heizelement/Heizung |
| 5 geschmolzenes Lot | 10 Löttiegel |

Die Flussrichtung des geschmolzenen Lots wird durch die Pfeile angezeigt.

Bild 1 – Schematisches Beispiel einer Wellenlöttausrüstung

Tabelle 1 – Erosionsbereiche im praktischen Einsatz und Problembeispiele

Erosionsbereiche im praktischen Einsatz	Problembeispiele
Innenwand des Löttiegels	Loch, austretendes geschmolzenes Lot
Antriebswelle	Verdünnung, Bruch der Antriebswelle
Komponenten der Pumpe für das geschmolzene Lot, z. B. Antriebsrad	Lötfehler infolge einer Lotstrahlstörung
Strahldüse	Lötfehler infolge einer Lotstrahlstörung
Temperatursensorröhre	Loch, unbeabsichtigte Temperatur des geschmolzenen Lots, Isolationsfehler
Eingetauchtes Heizelement / eingetauchte Heizung	Loch, Isolationsfehler, Stromleck

5 Auswahl eines geeigneten Erosionsprüfverfahrens

5.1 Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und im praktischen Einsatz auftretenden Beanspruchungen

In Tabelle 2 ist der Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und im praktischen Einsatz auftretenden Beanspruchungen einschließlich der entsprechenden Werkstoffe angegeben.

Tabelle 2 – Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und im praktischen Einsatz auftretenden Beanspruchungen

Prüfverfahren (entsprechende Norm)	Beschleunigte Beanspruchungs- bedingungen	Angewandter Werkstoff	Im praktischen Einsatz auftretende Beanspruchung
Rotationsprüfung bei 350 °C ^a (IEC 62739-1)	Hohe Temperatur (350 °C) Fluss des geschmolzenen bleifreien Lots Anwendung von Flussmittel	Metallischer Werkstoff ohne Oberflächenbehandlung	Mögliche Beeinträchtigung durch das Schmelzen des festen Metalls aufgrund des hochtemperierten geschmolzenen bleifreien Lots Mögliche Beeinträchtigung durch chemische Erosion aufgrund der Anwendung von Flussmittel
Rotationsprüfung bei 450 °C ^b (IEC 62739-2)	Hohe Temperatur (450 °C) Fluss des geschmolzenen bleifreien Lots	Metallischer Werkstoff mit Oberflächenbehandlung	Mögliche Beeinträchtigung durch das Schmelzen des festen Metalls aufgrund des hochtemperierten geschmolzenen bleifreien Lots
Rotationsprüfung bei 450 °C ^b mit um 2 mm gebogenem Prüfling (IEC 62739-2)	Hohe Temperatur (450 °C) Fluss des geschmolzenen bleifreien Lots Biegebeanspruchung (2 mm)	Metallischer Werkstoff mit Oberflächenbehandlung	Mögliche Beeinträchtigung durch das Schmelzen des festen Metalls aufgrund des hochtemperierten geschmolzenen bleifreien Lots Mögliche beschleunigte Beeinträchtigung durch die Biegebeanspruchung des oberflächenbehandelten Metalls

^a Dieses Prüfverfahren wird bei einer für metallische Werkstoffe ohne Oberflächenbehandlung geeigneten Temperatur, die eine entsprechende Erosionstiefenmessung ermöglicht, durchgeführt. Es ist jedoch erforderlich, eine geeignete Prüfdauer für den jeweiligen metallischen Werkstoff festzulegen. Bei metallischen Werkstoffen mit Oberflächenbehandlung wäre die Dauer zur Erosionserzeugung zu lang. Daher ist dieses Prüfverfahren für metallische Werkstoffe mit Oberflächenbehandlung nicht geeignet.

^b Dieses Prüfverfahren wird bei einer für metallische Werkstoffe mit Oberflächenbehandlung geeigneten Temperatur, die eine entsprechende Erosionstiefenmessung ermöglicht, durchgeführt. Es ist jedoch erforderlich, eine geeignete Prüfdauer für die jeweilige Oberflächenbehandlung festzulegen. Bei metallischen Werkstoffen ohne Oberflächenbehandlung würde die Erosion so schnell voranschreiten, dass kein erosionsfreier Bereich, der als Basis für die Erosionstiefenmessung verwendet wird, verbliebe. Daher ist dieses Prüfverfahren für metallische Werkstoffe ohne Oberflächenbehandlung nicht geeignet.

^c Dieses Prüfverfahren ist für metallische Werkstoffe mit Oberflächenbehandlung geeignet, wenn die Rotationsprüfung bei 450 °C zu lange dauert, so dass eine weitere Beschleunigungsbedingung benötigt wird. Es ist jedoch erforderlich, eine geeignete Prüfdauer für die jeweilige Oberflächenbehandlung festzulegen. Bei metallischen Werkstoffen ohne Oberflächenbehandlung würde die Erosion so schnell voranschreiten, dass kein erosionsfreier Bereich, der als Basis für die Erosionstiefenmessung verwendet wird, verbliebe. Daher ist dieses Prüfverfahren für metallische Werkstoffe ohne Oberflächenbehandlung nicht geeignet.

5.2 Empfohlenes Prüfverfahren nach den Werkstoffen

In Tabelle 3 ist das anzuwendende Prüfverfahren nach den Werkstoffen, die für den Löttiegel und die Zubehörteile verwendet werden, angegeben.

Tabelle 3 – Anzuwendendes Prüfverfahren je nach Werkstoff

Metallische Werkstoffe und Oberflächenbehandlung		Anzuwendendes beschleunigtes Prüfverfahren		
Metallischer Werkstoff	Oberflächenbehandlung	Rotationsprüfung bei 350 °C	Rotationsprüfung bei 450 °C	Rotationsprüfung bei 450 °C mit um 2 mm gebogenem Prüfling
SUS304	keine	A	B	B
SUS316	keine	A	B	B
Titan	keine	A	B	B
Gusseisen	keine	A	B	B
SUS304, SUS316	Oberflächendiffusion	B	A	A
SUS304, SUS316	Oberflächenbeschichtung	B	A	A
„A“ steht für empfohlen. „B“ steht für nicht zutreffend.				

Die Oberflächenbehandlung wird eingeteilt in die Oberflächendiffusion, bei der eine Oberflächenbehandlungsschicht durch die Diffusion von (beispielsweise) Stickstoff in den Werkstoff gebildet wird, und die Oberflächenbeschichtung, bei der eine Beschichtung auf die Oberfläche des Grundwerkstoffs aufgebracht wird. Beispiele für beide Oberflächenbehandlungsarten sind nachfolgend angegeben.

- Oberflächendiffusion: Diffusionsbehandlung mit an Stickstoff übersättigter fester Lösung, Nitrid-Diffusions- und Penetrationsbehandlung, Gasnitrierung, Nitrokarburierung, Plasmanitrierung.
- Oberflächenbeschichtung: Feinkeramikkbeschichtung mit chemischem Verdichtungsverfahren, CrN-Beschichtung mit einem physikalischen Aufdampfverfahren (PVD) (en: physical vapor deposition) und thermisch gespritzte Aluminiumoxidschicht.

ANMERKUNG Der Erosionsmechanismus in der Prüfung wird in Anhang C erläutert.

6 Allgemeine Angaben für alle Prüfverfahren

6.1 Vorbereitung des Prüflings

Die Prüflinge sind wie folgt vorzubereiten.

- Grundsätzlich muss das Formen des Prüflings durch Stanzen mit einer Presse erfolgen. Bei Werkstoffen großer Härte wie Titan und Gusseisen aber, die für das Stanzen ungeeignet sind, ist das Abschälverfahren anzuwenden.
- Grate an den Prüflingskanten, die während der Prüflingsformung entstehen und Erosion verursachen können, müssen durch Abrunden und dergleichen entfernt werden.
- Sofern erforderlich, ist die Oberflächenbehandlung im Anschluss an die unter a) und b) angegebenen Schritte vorzunehmen.
- Es ist darauf zu achten, den Prüfling nach seiner Herstellung so zu handhaben, dass er keine Verunreinigung durch Öl oder andere Stoffe erfährt, da dies das Prüfergebnis beeinflussen könnte.

6.2 Lotlegierung

Sofern nicht anders angegeben, ist die in IEC 61190-1-3 festgelegte Lotlegierung Sn96,5Ag3Cu,5 zu verwenden. Bei zu hoher Zinnreinheit tritt die Erosion nach kurzer Zeit auf, was zu ungenauen Ergebnissen führen kann.