

— DIN-Taschenbuch 286/2

Korrosion und Korrosionsschutz 2

Korrosionsprüfverfahren

© 2019 Beuth Verlag GmbH

Berlin · Wien · Zürich

Saatwinkler Damm 42/43

13627 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: www.beuth.de

E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

© für DIN-Normen DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

ISBN 978-3-410-29551-8

ISBN (E-Book) 978-3-410-29552-5

Vorwort

Der vorliegenden Neuauflage der DIN-Taschenbuchreihe 286 liegt eine grundlegende Neustrukturierung der DIN-Taschenbuchreihe sowie die Integration der DIN-Taschenbücher TAB 219 und TAB 175 zugrunde. Aufgrund thematischer Zusammenhänge wurde eine Zusammenlegung der Taschenbuchreihen sowie eine Neusortierung der Normen vorgenommen. Diese Neusortierung soll dem Anwender eine bessere Übersicht und somit eine leichtere Handhabung dieser DIN-Taschenbücher ermöglichen. Zusätzlich war eine Überarbeitung der Taschenbücher zur Aktualisierung der Normen erforderlich.

Dieses DIN-Taschenbuch enthält eine Auswahl von Prüfnormen für den Korrosionsschutz aus dem Bereich des Normenausschusses Materialprüfung (NMP). Dabei stellen Korrosionsprüfungen einen speziellen Bereich des Korrosionsschutzes dar. Mittels der Korrosionsprüfverfahren und -untersuchungen können Einsatzgrenzen von Werkstoffen unter unterschiedlichen Bedingungen sowie eine entsprechende Auswahl der Verfahren zum Korrosionsschutz und dessen Einsatzgrenzen ermittelt werden.

In der Neuauflage des ursprünglichen DIN-Taschenbuches 219 finden Sie eine aktualisierte und überarbeitete Auswahl an Normen des Arbeitsausschusses NA 062-01-77 AA „Korrosionsprüfverfahren“, insbesondere für Spannungsrisskorrosion, interkristalline Korrosion, elektrochemischen Korrosionsschutz sowie Korrosionsprüfungen in Atmosphären.

Eine Auswahl von Grundlagen- und Bewertungsnormen für den Korrosionsschutz sowie der Kathodische Korrosionsschutz sind in Band 1 der DIN-Taschenbuchreihe 286 enthalten.

Die abgedruckten Normen sind nach steigenden DIN-Nummern geordnet. Die Gliederung nach Sachgebieten ist dem Sachgruppenverzeichnis der abgedruckten Normen zu entnehmen.

Gedankt wird den Mitarbeitern des NA 062-01-77 AA „Korrosionsprüfverfahren“ für ihre Mitwirkung bei der Ausarbeitung der Normen. Insbesondere ist auch den Fachleuten im In- und Ausland zu danken, die sich aktiv bei den Normungsarbeiten in den europäischen und internationalen Normungsgremien engagiert haben. Ebenfalls ist den Firmen, Verbänden, Behörden und Instituten zu danken, die ihre Mitarbeiter entsandt haben oder auch durch finanzielle Förderung der Normenausschüsse zu dem erreichten hohen Stand der Normung im Bereich Korrosionsschutz beigetragen haben. Damit dieser Stand gehalten werden kann, sind weiterhin unverminderte finanzielle und personelle Anstrengungen aller interessierten Kreise erforderlich.

Berlin, im Juni 2019

Denise Girndt
DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Hinweis zur Nutzung von DIN-Taschenbüchern

Was sind DIN-Normen?

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. erarbeitet Normen und Standards als Dienstleistung für Wirtschaft, Staat und Gesellschaft. Die Hauptaufgabe von DIN besteht darin, gemeinsam mit Vertretern der interessierten Kreise konsensbasierte Normen markt- und zeitgerecht zu erarbeiten. Hierfür bringen rund 26 000 Experten ihr Fachwissen in die Normungsarbeit ein. Aufgrund eines Vertrages mit der Bundesregierung ist DIN als die nationale Normungsorganisation und als Vertreter deutscher Interessen in den europäischen und internationalen Normungsorganisationen anerkannt. Heute ist die Normungsarbeit von DIN zu fast 90 Prozent international ausgerichtet.

DIN-Normen können Nationale Normen, Europäische Normen oder Internationale Normen sein. Welchen Ursprung und damit welchen Wirkungsbereich eine DIN-Norm hat, ist aus deren Bezeichnung zu ersehen:

DIN (plus Zählnummer, z. B. DIN 4701)

Hier handelt es sich um eine Nationale Norm, die ausschließlich oder überwiegend nationale Bedeutung hat oder als Vorstufe zu einem internationalen Dokument veröffentlicht wird (Entwürfe zu DIN-Normen werden zusätzlich mit einem „E“ gekennzeichnet, Vornormen mit einem „SPEC“). Die Zählnummer hat keine klassifizierende Bedeutung.

Bei Nationalen Normen mit Sicherheitsfestlegungen aus dem Bereich der Elektrotechnik ist neben der Zählnummer des Dokumentes auch die VDE-Klassifikation angegeben (z. B. DIN VDE 0100).

DIN EN (plus Zählnummer, z. B. DIN EN 71)

Hier handelt es sich um die deutsche Ausgabe einer Europäischen Norm, die unverändert von allen Mitgliedern der europäischen Normungsorganisationen CEN/CENELEC/ETSI übernommen wurde.

Bei Europäischen Normen der Elektrotechnik ist der Ursprung der Norm aus der Zählnummer ersichtlich: von CENELEC erarbeitete Normen haben Zählnummern zwischen 50000 und 59999, von CENELEC übernommene Normen, die in der IEC erarbeitet wurden, haben Zählnummern zwischen 60000 und 69999, Europäische Normen des ETSI haben Zählnummern im Bereich 300000.

DIN EN ISO (plus Zählnummer, z. B. DIN EN ISO 306)

Hier handelt es sich um die deutsche Ausgabe einer Europäischen Norm, die mit einer Internationalen Norm identisch ist und die unverändert von allen Mitgliedern der europäischen Normungsorganisationen CEN/CENELEC/ETSI übernommen wurde.

DIN ISO, DIN IEC oder DIN ISO/IEC (plus Zählnummer, z. B. DIN ISO 720)

Hier handelt es sich um die unveränderte Übernahme einer Internationalen Norm in das Deutsche Normenwerk.

Weitere Ergebnisse der Normungsarbeit können sein:

DIN SPEC (Vornorm) (plus Zählnummer, z. B. DIN SPEC 1201)

Hier handelt es sich um das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens von DIN nicht als Norm herausgegeben wird. An DIN SPEC (Vornorm) knüpft sich die Erwartung, dass sie zum geeigneten Zeitpunkt und ggf. nach notwendigen Veränderungen nach dem üblichen Verfahren in eine Norm überführt oder ersatzlos zurückgezogen werden.

Beiblatt: DIN (plus Zählnummer) Beiblatt (plus Zählnummer), z. B. DIN 2137-6 Beiblatt 1. Beiblätter enthalten nur Informationen zu einer DIN-Norm (Erläuterungen, Beispiele, Anmerkungen, Anwendungshilfsmittel u. Ä.), jedoch keine über die Bezugsnorm hinausgehenden genormten Festlegungen. Das Wort Beiblatt mit Zählnummer erscheint zusätzlich im Nummernfeld zu der Nummer der Bezugsnorm.

Was sind DIN-Taschenbücher?

Ein besonders einfacher und preisgünstiger Zugang zu den DIN-Normen führt über die DIN-Taschenbücher. Sie enthalten die jeweils für ein bestimmtes Fach- oder Anwendungsgebiet relevanten Normen im Originaltext.

Die Dokumente sind in der Regel als Originaltextfassungen abgedruckt, verkleinert auf das Format A5.

(+ Zusatz für Variante DIN-DVS-Taschenbücher)

(+ Zusatz für Variante DIN-VDE-Taschenbücher)

Was muss ich beachten?

DIN-Normen stehen jedermann zur Anwendung frei. Das heißt, man kann sie anwenden, muss es aber nicht. DIN-Normen werden verbindlich durch Bezugnahme, z. B. in einem Vertrag zwischen privaten Parteien oder in Gesetzen und Verordnungen.

Der Vorteil der einzelvertraglich vereinbarten Verbindlichkeit von Normen liegt darin, dass sich Rechtsstreitigkeiten von vornherein vermeiden lassen, weil die Normen eindeutige Festlegungen sind. Die Bezugnahme in Gesetzen und Verordnungen entlastet den Staat und die Bürger von rechtlichen Detailregelungen.

DIN-Taschenbücher geben den Stand der Normung zum Zeitpunkt ihres Erscheinens wieder. Die Angabe zum Stand der abgedruckten Normen und anderer Regeln des Taschenbuchs finden Sie auf S. III. Maßgebend für das Anwenden jeder in einem DIN-Taschenbuchabgedruckten Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum. Den aktuellen Stand zu allen DIN-Normen können Sie im Webshop des Beuth Verlags unter www.beuth.de abfragen.

Wie sind DIN-Taschenbücher aufgebaut?

DIN-Taschenbücher enthalten die im Abschnitt „Verzeichnis abgedruckter Normen“ jeweils aufgeführten Dokumente in ihrer Originalfassung. Ein DIN-Nummernverzeichnis sowie ein Stichwortverzeichnis am Ende des Buches erleichtern die Orientierung.

Abkürzungsverzeichnis

Die in den Dokumentnummern der Normen verwendeten Abkürzungen bedeuten:

A	Änderung von Europäischen oder Deutschen Normen
Bbl	Beiblatt
Ber	Berichtigung
DIN	Deutsche Norm
DIN CEN/TS	Technische Spezifikation von CEN als Deutsche Vornorm
DIN CEN ISO/TS	Technische Spezifikation von CEN/ISO als Deutsche Vornorm
DIN EN	Deutsche Norm auf der Basis einer Europäischen Norm
DIN EN ISO	Deutsche Norm auf der Grundlage einer Europäischen Norm, die auf einer Internationalen Norm der ISO beruht
DIN IEC	Deutsche Norm auf der Grundlage einer Internationalen Norm der IEC
DIN ISO	Deutsche Norm, in die eine Internationale Norm der ISO unverändert übernommen wurde
DIN SPEC	Öffentlich zugängliches Dokument, das Festlegungen für Regelungsgegenstände materieller und immaterieller Art oder Erkenntnisse, Daten usw. aus Normungs- oder Forschungsvorhaben enthält und welches durch temporär zusammengestellte Gremien unter Beratung von DIN und seiner Arbeitsgremien oder im Rahmen von CEN-Workshops ohne zwingende Einbeziehung aller interessierten Kreise entwickelt wird ANMERKUNG: Je nach Verfahren wird zwischen DIN SPEC (Vornorm), DIN SPEC (CWA), DIN SPEC (PAS) und DIN SPEC (Fachbericht) unterschieden.
DIN SPEC (CWA)	CEN/CENELEC-Vereinbarung, die innerhalb offener CEN/CENELEC-Workshops entwickelt wird und den Konsens zwischen den registrierten Personen und Organisationen widerspiegelt, die für ihren Inhalt verantwortlich sind
DIN SPEC (Fachbericht)	Ergebnis eines DIN-Arbeitsgremiums oder die Übernahme eines europäischen oder internationalen Arbeitsergebnisses
DIN SPEC (PAS)	Öffentlich verfügbare Spezifikation, die Produkte, Systeme oder Dienstleistungen beschreibt, indem sie Merkmale definiert und Anforderungen festlegt
DIN VDE	Deutsche Norm, die zugleich VDE-Bestimmung oder VDE-Leitlinie ist
DVS	DVS-Richtlinie oder DVS-Merkblatt
E	Entwurf
EN ISO	Europäische Norm (EN), in die eine Internationale Norm (ISO-Norm) unverändert übernommen wurde und deren Deutsche Fassung den Status einer Deutschen Norm erhalten hat
ENV	Europäische Vornorm, deren Deutsche Fassung den Status einer Deutschen Vornorm erhalten hat
ISO/TR	Technischer Bericht (ISO Technical Report)
VDI	VDI-Richtlinie

DIN-Nummernverzeichnis

Hierin bedeuten:

- Zur abgedruckten Norm besteht ein Norm-Entwurf
- (en) Von dieser Norm gibt es auch eine von DIN herausgegebene englische Übersetzung

Dokument	Dokument
DIN 50018 (en)	DIN EN ISO 7539-10 ○ (en)
DIN 50908	DIN EN ISO 7539-11 (en)
DIN 50915 (en)	DIN EN ISO 8407 (en)
DIN 50916-1	DIN EN ISO 8565 (en)
DIN 50916-2 (en)	DIN EN ISO 9227 (en)
DIN 50918	DIN EN ISO 9400 (en)
DIN 50919	DIN EN ISO 10062 (en)
DIN EN ISO 3651-1 (en)	DIN EN ISO 10289
DIN EN ISO 3651-2 (en)	DIN EN ISO 11130 (en)
DIN EN ISO 4536 (en)	DIN EN ISO 11474 (en)
DIN EN ISO 4541 (en)	DIN EN ISO 11782-1 (en)
DIN EN ISO 6509-1 (en)	DIN EN ISO 11782-2 (en)
DIN EN ISO 6988 (en)	DIN EN ISO 11846 (en)
DIN EN ISO 7384 (en)	DIN EN ISO 12732 (en)
DIN EN ISO 7441 (en)	DIN EN ISO 15324 (en)
DIN EN ISO 7539-1 (en)	DIN EN ISO 15329 (en)
DIN EN ISO 7539-2 (en)	DIN EN ISO 16151 (en)
DIN EN ISO 7539-3 (en)	DIN EN ISO 16701 (en)
DIN EN ISO 7539-4 (en)	DIN EN ISO 17081 (en)
DIN EN ISO 7539-5 (en)	DIN EN ISO 17475 (en)
DIN EN ISO 7539-6 (en)	DIN EN ISO 17864 (en)
DIN EN ISO 7539-7 (en)	DIN EN ISO 20728 (en)
DIN EN ISO 7539-8 (en)	DIN ISO 3651-3 (en)
DIN EN ISO 7539-9 (en)	

Sachgebietsverzeichnis

Über die [blau](#) hervorgehobenen Normen gelangen Sie zu den entsprechenden Dokumenten.

Dokument	Ausgabe	Titel
Korrosionsprüfungen		
DIN 50919	2016-02	Korrosion der Metalle – Korrosionsuntersuchungen der Bimetallkorrosion in Elektrolytlösungen
DIN EN ISO 4536	1995-04	Metallische und anorganische Überzüge auf metallischen Grundwerkstoffen – Salztröpfchen-Korrosionsprüfung (SD-Versuch) (ISO 4536:1985); Deutsche Fassung EN ISO 4536:1995
DIN EN ISO 4541	1995-01	Metallische und andere anorganische Überzüge – Corrodokote-Korrosionsprüfung (CORR Test) (ISO 4541:1978); Deutsche Fassung EN ISO 4541:1994
DIN EN ISO 6509-1	2014-09	Korrosion von Metallen und Legierungen – Bestimmung der Entzinkungsbeständigkeit von Kupfer-Zink-Legierungen – Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6509-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 6509-1:2014
DIN EN ISO 6988	1997-03	Metallische und andere anorganische Überzüge – Prüfung mit Schwefeldioxid unter allgemeiner Feuchtigkeitskondensation (ISO 6988:1985); Deutsche Fassung EN ISO 6988:1994
DIN EN ISO 7441	2015-04	Korrosion von Metallen und Legierungen – Bestimmung der Kontaktkorrosion durch Freibewitterungsversuche (ISO 7441:2015); Deutsche Fassung EN ISO 7441:2015
DIN EN ISO 8407	2014-06	Korrosion von Metallen und Legierungen – Entfernen von Korrosionsprodukten von Korrosionsprobekörpern (ISO 8407:2009); Deutsche Fassung EN ISO 8407:2014
DIN EN ISO 10289	2001-04	Verfahren zur Korrosionsprüfung von metallischen und anderen anorganischen Überzügen auf metallischen Grundwerkstoffen – Bewertung der Proben und Erzeugnisse nach einer Korrosionsprüfung (ISO 10289:1999); Deutsche Fassung EN ISO 10289:2001
DIN EN ISO 11130	2018-06	Korrosion von Metallen und Legierungen – Wechsellastprüfung in Salzlösung (ISO 11130:2017); Deutsche Fassung EN ISO 11130:2018
DIN EN ISO 11782-1	2008-08	Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Schwingungskorrosion – Teil 1: Prüfung unter Anwendung von Bruch-Schwingspielen (ISO 11782-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11782-1:2008

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN ISO 11782-2	2008-08	Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Schwingungskorrosion – Teil 2: Rissausbreitungsprüfung an angerissenen Proben (ISO 11782-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11782-2:2008
DIN EN ISO 16151	2018-10	Korrosion von Metallen und Legierungen – Schnellprüfungen unter zyklisch wechselnder Beanspruchung mit saurem Salzsprühnebel, trockene und feuchte Bedingungen (ISO 16151:2018); Deutsche Fassung EN ISO 16151:2018
DIN EN ISO 17864	2008-07	Korrosion von Metallen und Legierungen – Bestimmung der kritischen Lochkorrosionstemperatur unter potentiostatischer Kontrolle (ISO 17864:2005); Deutsche Fassung EN ISO 17864:2008
Spannungsrissskorrosion		
DIN 50908	1993-04	Prüfung der Beständigkeit von Aluminium-Knetwerkstoffen gegen Spannungsrißkorrosion
DIN 50915	1993-09	Prüfung von unlegierten und niedriglegierten Stählen auf Beständigkeit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion in nitrathaltigen Angriffsmitteln; Geschweißte und ungeschweißte Werkstoffe..
DIN 50916-1	1976-08	Prüfung von Kupferlegierungen; Spannungsrißkorrosionsversuch mit Ammoniak, Prüfung von Rohren, Stangen und Profilen
DIN 50916-2	1985-09	Prüfung von Kupferlegierungen; Spannungsrißkorrosionsprüfung mit Ammoniak; Prüfung von Bauteilen
DIN EN ISO 7539-1	2013-04	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 1: Allgemeiner Leitfaden für Prüfverfahren (ISO 7539-1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 7539-1:2012
DIN EN ISO 7539-2	1995-08	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrißkorrosion – Teil 2: Vorbereitung und Anwendung von Biegeproben (ISO 7539-2:1989); Deutsche Fassung EN ISO 7539-2:1995
DIN EN ISO 7539-3	1995-08	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrißkorrosion – Teil 3: Vorbereitung und Anwendung von Bügelproben (ISO 7539-3:1989); Deutsche Fassung EN ISO 7539-3:1995
DIN EN ISO 7539-4	1995-08	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrißkorrosion – Teil 4: Vorbereitung und Anwendung von einachsigt belasteten Zugproben (ISO 7539-4:1989); Deutsche Fassung EN ISO 7539-4:1995

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN ISO 7539-5	1995-08	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrißkorrosion – Teil 5: Vorbereitung und Anwendung von C-Ring-Proben (ISO 7539-5:1989); Deutsche Fassung EN ISO 7539-5:1995
DIN EN ISO 7539-6	2018-12	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 6: Vorbereitung und Anwendung von angerissenen Proben für die Prüfung unter konstanter Last oder konstanter Auslenkung (ISO 7539-6:2018); Deutsche Fassung EN ISO 7539-6:2018
DIN EN ISO 7539-7	2018-05	Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 7: Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit (ISO 7539-7:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7539-7:2005
DIN EN ISO 7539-8	2008-08	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 8: Vorbereitung und Anwendung von Proben zur Bewertung von Schweißverbindungen (ISO 7539-8:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7539-8:2008
DIN EN ISO 7539-9	2008-08	Korrosion von Metallen und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 9: Vorbereitung und Anwendung von angerissenen Proben für die Prüfung mit zunehmender Kraft oder zunehmender Verformung (ISO 7539-9:2003); Deutsche Fassung EN ISO 7539-9:2008
DIN EN ISO 7539-10	2015-03	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 10: Vorbereitung und Anwendung von reversierten Bügelproben (ISO 7539-10:2013); Deutsche Fassung EN ISO 7539-10:2014
DIN EN ISO 7539-11	2015-03	Korrosion der Metalle und Legierungen – Prüfung der Spannungsrissskorrosion – Teil 11: Leitfaden für die Prüfung der Resistenz von Metallen und Legierungen gegen Wasserstoffversprödung und wasserstoffverursachte Brüche (ISO 7539-11:2013); Deutsche Fassung EN ISO 7539-11:2014
DIN EN ISO 15324	2008-07	Korrosion von Metallen und Legierungen – Bewertung der Spannungsrissskorrosion mit der Tropfen-Verdampfungsprüfung (ISO 15324:2000); Deutsche Fassung EN ISO 15324:2008
DIN EN ISO 20728	2018-12	Korrosion von Metall und Legierungen – Bestimmung der Beständigkeit von Magnesiumlegierungen gegen Spannungsrissskorrosion (ISO 20728:2018); Deutsche Fassung EN ISO 20728:2018

Interkristalline Korrosion

DIN 50918	2018-09	Korrosion der Metalle – Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen
DIN EN ISO 3651-1	1998-08	Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion – Teil 1: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex)-Stähle; Korrosionsversuch in Salpetersäure durch Messung des Massenverlustes (Huey-Test) (ISO 3651-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 3651-1:1998
DIN EN ISO 3651-2	1998-08	Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion – Teil 2: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex)-Stähle; Korrosionsversuch in schwefelsäurehaltigen Medien (ISO 3651-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 3651-2:1998
DIN EN ISO 9400	1995-12	Legierungen auf Nickelbasis – Bestimmung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion (ISO 9400:1990); Deutsche Fassung EN ISO 9400:1995
DIN EN ISO 11846	2008-08	Korrosion von Metallen und Legierungen – Bestimmung der Beständigkeit von lösungsgeglühten Aluminiumlegierungen gegen interkristalline Korrosion (ISO 11846:1995); Deutsche Fassung EN ISO 11846:2008
DIN EN ISO 15329	2008-07	Korrosion von Metallen und Legierungen – Anodische Prüfung für die Auswertung interkristalliner Korrosionsempfindlichkeit von aushärtbaren Aluminiumlegierungen (ISO 15329:2006); Deutsche Fassung EN ISO 15329:2008
DIN ISO 3651-3	2018-09	Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion – Teil 3: Korrosionsversuch für nichtrostende ferritische Stähle mit niedrigem Cr-Gehalt (ISO 3651-3:2017)

Elektrochemische Korrosion

DIN EN ISO 12732	2008-07	Korrosion von Metallen und Legierungen – Verfahren für die elektrochemische potentiodynamische Reaktivierungsmessung mit dem Double-loop-Verfahren (Cihal-Verfahren) (ISO 12732:2006); Deutsche Fassung EN ISO 12732:2008
DIN EN ISO 17081	2014-10	Elektrochemisches Verfahren zur Messung der Wasserstoffpermeation und zur Bestimmung von Wasserstoffaufnahme und -transport in Metallen (ISO 17081:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17081:2014

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN ISO 17475	2008-07	Korrosion von Metallen und Legierungen – Elektrochemische Prüfverfahren – Leitfaden für die Durchführung potentiostatischer und potentiodynamischer Polarisationsmessungen (ISO 17475:2005+Cor. 1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17475:2008 Korrosionsprüfungen in Atmosphären
DIN 50018	2013-05	Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre
DIN EN ISO 8565	2011-09	Metalle und Legierungen – Korrosionsversuche in der Atmosphäre – Allgemeine Anforderungen (ISO 8565:2011); Deutsche Fassung EN ISO 8565:2011
DIN EN ISO 9227	2017-07	Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären – Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2017); Deutsche Fassung EN ISO 9227:2017
DIN EN ISO 10062	2008-04	Korrosionsprüfungen in künstlicher Atmosphäre mit sehr niedrigen Konzentrationen von Schadgas(en) (ISO 10062:2006); Deutsche Fassung EN ISO 10062:2008
DIN EN ISO 11474	2014-06	Korrosion von Metallen und Legierungen – Korrosionsprüfung in künstlicher Atmosphäre – Beschleunigte Außenbewitterung (Freibewitterung) mit intermittierendem Sprühen einer Salzlösung (SCAB-Test) (ISO 11474:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11474:2014

Service-Angebote des Beuth Verlags

Was sind DIN-Normen?

Der Beuth Verlag ist eine Tochtergesellschaft von DIN Deutsches Institut für Normung e. V. – gegründet im April 1924 in Berlin.

Neben den Gründungsgesellschaftern DIN und VDI (Verein Deutscher Ingenieure) haben im Laufe der Jahre zahlreiche Institutionen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Technik ihre verlegerische Arbeit dem Beuth Verlag übertragen. Seit 1993 sind auch das Österreichische Normungsinstitut (ON) und die Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV) Teilhaber der Beuth Verlag GmbH.

Nicht nur im deutschsprachigen Raum nimmt der Beuth Verlag damit als Fachverlag eine führende Rolle ein: Er ist einer der größten Technikverlage Europas. Von den Synergien zwischen DIN und Beuth Verlag profitieren heute 150 000 Kunden weltweit.

Normen und mehr

Die Kernkompetenz des Beuth Verlags liegt in seinem Angebot an Fachinformationen rund um das Thema Normung. In diesem Bereich hat sich in den letzten Jahren ein rasanter Medienwechsel vollzogen – über die Hälfte aller DIN-Normen werden mittlerweile als PDF-Datei genutzt. Auch neu erscheinende DIN-Taschenbücher sind als E-Books beziehbar.

Als moderner Anbieter technischer Fachinformationen stellt der Beuth Verlag seine Produkte nach Möglichkeit medienübergreifend zur Verfügung. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei den Online-Entwicklungen. Im Webshop unter www.beuth.de sind bereits heute mehr als 250 000 Dokumente recherchierbar. Die Hälfte davon ist auch im Download erhältlich und kann vom Anwender innerhalb weniger Minuten am PC eingesehen und eingesetzt werden.

Von der Pflege individuell zusammengestellter Normensammlungen für Unternehmen bis hin zu maßgeschneiderten Recherchedaten bietet der Beuth Verlag ein breites Spektrum an Dienstleistungen an.

So erreichen Sie uns

Beuth Verlag GmbH
Saatwinkler Damm 42/43
13627 Berlin
Telefon 030 2601-0
Telefax 030 2601-1260
kundenservice@beuth.de
www.beuth.de

Ihre Ansprechpartner in den verschiedenen Bereichen des Beuth Verlags finden Sie auf der Seite „Kontakt“ unter www.beuth.de.

Stichwortverzeichnis

Über die [blau](#) hervorgehobenen Normen gelangen Sie zu den entsprechenden Dokumenten.

Aluminium, Knetwerkstoff, Spannungsrisskorrosion [DIN 50908](#)

Aluminiumlegierung, Bestimmung, Korrosionsbeständigkeit, Legierung, Metall [DIN EN ISO 11846](#)

Atmosphäre, in situ, Korrosionsprüfung, Legierung, Metall [DIN EN ISO 8565](#)

austenitischer Stahl, Korrosionsbeständigkeit, nichtrostender Stahl
[DIN EN ISO 3651-1](#), [DIN EN ISO 3651-2](#)

Beschichtung, Korrosionsprüfung, Metallüberzug [DIN EN ISO 4536](#),
[DIN EN ISO 10289](#)

Beständigkeit, Bestimmung, Magnesiumlegierung, Spannungsrisskorrosion
[DIN EN ISO 20728](#)

Bestimmung, Korrosion, Metall
[DIN EN ISO 7441](#)

Bestimmung, Korrosionsbeständigkeit, Legierung, Metall, Aluminiumlegierung
[DIN EN ISO 11846](#)

Bestimmung, Magnesiumlegierung, Spannungsrisskorrosion, Beständigkeit
[DIN EN ISO 20728](#)

elektrochemisches Verfahren, Metall, Permeation, Wasserstoff
[DIN EN ISO 17081](#)

Gas, Korrosionsprüfung, Schadstoff
[DIN EN ISO 10062](#)

in situ, Korrosionsprüfung, Legierung, Metall, Atmosphäre [DIN EN ISO 8565](#)

Knetwerkstoff, Spannungsrisskorrosion, Aluminium [DIN 50908](#)

Korrosion, Korrosionsbeständigkeit, metallischer Werkstoff, Prüfung, Salzsprühnebel [DIN EN ISO 9227](#)

Korrosion, Korrosionsprüfung, Legierung, Metall [DIN EN ISO 11130](#)

Korrosion, Korrosionsprüfung, Metall
[DIN EN ISO 11474](#), [DIN EN ISO 17475](#),
[DIN EN ISO 17864](#)

Korrosion, Kupferlegierung, Profil, Prüfung, Rohr, Stange [DIN 50916-1](#)

Korrosion, Kupferlegierung, Prüfung
[DIN 50916-2](#)

Korrosion, Legierung, Metall
[DIN EN ISO 6509-1](#), [DIN EN ISO 12732](#)

Korrosion, Legierung, Metall, Probekörper [DIN EN ISO 8407](#)

Korrosion, Legierung, Metall, Prüfung
[DIN EN ISO 7539-7](#), [DIN EN ISO 15324](#),
[DIN EN ISO 15329](#)

Korrosion, Legierung, Metall, Prüfung, Spannungsrisskorrosion
[DIN EN ISO 7539-6](#)

Korrosion, Legierung, Metall, Schwingungskorrosion [DIN EN ISO 11782-1](#),
[DIN EN ISO 11782-2](#)

Korrosion, Legierung, Metall, Spannungsrisskorrosion [DIN EN ISO 7539-9](#)

Korrosion, Materialprüfung, Metall, Prüfung [DIN EN ISO 7539-11](#)

Korrosion, Metall, Bestimmung
[DIN EN ISO 7441](#)

Korrosion, Metall, Prüfung [DIN 50918](#),
[DIN 50919](#), [DIN EN ISO 7539-1](#),

[DIN EN ISO 7539-2](#), [DIN EN ISO 7539-3](#),
[DIN EN ISO 7539-4](#), [DIN EN ISO 7539-5](#)

Korrosionsbeständigkeit, Legierung,
Metall, Aluminiumlegierung, Bestimmung
[DIN EN ISO 11846](#)

Korrosionsbeständigkeit, Metall, Nickelle-
gierung [DIN EN ISO 9400](#)

Korrosionsbeständigkeit, Metall, Prü-
fung [DIN EN ISO 16151](#)

Korrosionsbeständigkeit, metallischer
Werkstoff, Prüfung, Salzsprühnebel,
Korrosion [DIN EN ISO 9227](#)

Korrosionsbeständigkeit, nichtrostender
Stahl [DIN ISO 3651-3](#)

Korrosionsbeständigkeit, nichtrostender
Stahl, austenitischer Stahl
[DIN EN ISO 3651-1](#), [DIN EN ISO 3651-2](#)

Korrosionsprüfung, Legierung, Metall,
Atmosphäre, in situ [DIN EN ISO 8565](#)

Korrosionsprüfung, Legierung, Metall,
Korrosion [DIN EN ISO 11130](#)

Korrosionsprüfung, Legierung, Metall,
Spannungsrissskorrosion
[DIN EN ISO 7539-8](#), [DIN EN ISO](#)
[7539-10](#), [E DIN EN ISO 7539-10](#)

Korrosionsprüfung, Metall, Korrosion
[DIN EN ISO 11474](#), [DIN EN ISO 17475](#),
[DIN EN ISO 17864](#)

Korrosionsprüfung, Metallüberzug
[DIN EN ISO 4541](#)

Korrosionsprüfung, Metallüberzug,
Beschichtung [DIN EN ISO 4536](#),
[DIN EN ISO 10289](#)

Korrosionsprüfung, Schadstoff,
Gas [DIN EN ISO 10062](#)

Korrosionsschutz, Metallüberzug,
Prüfung, Schwefeldioxid [DIN 50018](#)

Kupferlegierung, Profil, Prüfung, Rohr,
Stange, Korrosion [DIN 50916-1](#)

Kupferlegierung, Prüfung, Korrosion
[DIN 50916-2](#)

Legierung, Metall, Aluminiumlegierung,
Bestimmung, Korrosionsbeständigkeit
[DIN EN ISO 11846](#)

Legierung, Metall, Atmosphäre, in situ,
Korrosionsprüfung [DIN EN ISO 8565](#)

Legierung, Metall, Korrosion
[DIN EN ISO 6509-1](#), [DIN EN ISO 12732](#)

Legierung, Metall, Korrosion, Korrosions-
prüfung [DIN EN ISO 11130](#)

Legierung, Metall, Probekörper, Korro-
sion [DIN EN ISO 8407](#)

Legierung, Metall, Prüfung, Korrosion
[DIN EN ISO 7539-7](#), [DIN EN ISO 15324](#),
[DIN EN ISO 15329](#)

Legierung, Metall, Prüfung, Spannungs-
rissskorrosion, Korrosion
[DIN EN ISO 7539-6](#)

Legierung, Metall, Schwingungskorro-
sion, Korrosion [DIN EN ISO 11782-1](#),
[DIN EN ISO 11782-2](#)

Legierung, Metall, Spannungsrissskorro-
sion, Korrosion [DIN EN ISO 7539-9](#)

Legierung, Metall, Spannungsrissskorro-
sion, Korrosionsprüfung
[DIN EN ISO 7539-8](#), [DIN EN ISO 7539-10](#),
[E DIN EN ISO 7539-10](#)

Magnesiumlegierung, Spannungsrissskor-
rosion, Beständigkeit, Bestimmung
[DIN EN ISO 20728](#)

Materialprüfung, Metall, Prüfung,
Korrosion [DIN EN ISO 7539-11](#)

Metall, Aluminiumlegierung, Bestimmung,
Korrosionsbeständigkeit, Legierung
[DIN EN ISO 11846](#)

Metall, Atmosphäre, in situ, Korrosions-
prüfung, Legierung [DIN EN ISO 8565](#)

Metall, Bestimmung, Korrosion
[DIN EN ISO 7441](#)

Metall, Korrosion, Korrosionsprüfung
[DIN EN ISO 11474](#), [DIN EN ISO 17475](#),
[DIN EN ISO 17864](#)

Metall, Korrosion, Korrosionsprüfung,
Legierung [DIN EN ISO 11130](#)

Metall, Korrosion, Legierung
[DIN EN ISO 6509-1](#), [DIN EN ISO 12732](#)

Metall, Nickellegierung, Korrosionsbe-
ständigkeit [DIN EN ISO 9400](#)

Metall, Permeation, Wasserstoff,
elektrochemisches Verfahren
[DIN EN ISO 17081](#)

Metall, Probekörper, Korrosion, Legie-
rung [DIN EN ISO 8407](#)

Metall, Prüfung, Korrosion [DIN 50918](#),
[DIN 50919](#), [DIN EN ISO 7539-1](#),
[DIN EN ISO 7539-2](#), [DIN EN ISO 7539-3](#),
[DIN EN ISO 7539-4](#), [DIN EN ISO 7539-5](#)

Metall, Prüfung, Korrosion, Legierung
[DIN EN ISO 7539-7](#), [DIN EN ISO 15324](#),
[DIN EN ISO 15329](#)

Metall, Prüfung, Korrosion, Materialprü-
fung [DIN EN ISO 7539-11](#)

Metall, Prüfung, Korrosionsbeständigkeit
[DIN EN ISO 16151](#)

Metall, Prüfung, Spannungsrisskorrosion,
Korrosion, Legierung [DIN EN ISO 7539-6](#)

Metall, Schwingungskorrosion, Korro-
sion, Legierung [DIN EN ISO 11782-1](#),
[DIN EN ISO 11782-2](#)

Metall, Spannungsrisskorrosion, Korro-
sion, Legierung [DIN EN ISO 7539-9](#)

Metall, Spannungsrisskorrosion,
Korrosionsprüfung, Legierung
[DIN EN ISO 7539-8](#), [DIN EN ISO 7539-10](#),
[E DIN EN ISO 7539-10](#)

metallischer Werkstoff, Prüfung, Salz-
sprühnebel, Korrosion, Korrosionsbe-
ständigkeit [DIN EN ISO 9227](#)

Metallüberzug, Beschichtung, Korrosion-
sprüfung [DIN EN ISO 4536](#),
[DIN EN ISO 10289](#)

Metallüberzug, Korrosionsprüfung
[DIN EN ISO 4541](#)

Metallüberzug, Prüfung, Schwefeldioxid
[DIN EN ISO 6988](#)

Metallüberzug, Prüfung, Schwefeldioxid,
Korrosionsschutz [DIN 50018](#)

nichtrostender Stahl, austenitischer
Stahl, Korrosionsbeständigkeit
[DIN EN ISO 3651-1](#), [DIN EN ISO 3651-2](#)

nichtrostender Stahl, Korrosionsbestän-
digkeit [DIN ISO 3651-3](#)

Nickellegierung, Korrosionsbeständigkeit,
Metall [DIN EN ISO 9400](#)

Permeation, Wasserstoff, elektrochemi-
sches Verfahren, Metall
[DIN EN ISO 17081](#)

Probekörper, Korrosion, Legierung,
Metall [DIN EN ISO 8407](#)

Profil, Prüfung, Rohr, Stange, Korrosion,
Kupferlegierung [DIN 50916-1](#)

Prüfung, Korrosion, Kupferlegierung
[DIN 50916-2](#)

Prüfung, Korrosion, Legierung, Metall
[DIN EN ISO 7539-7](#), [DIN EN ISO 15324](#),
[DIN EN ISO 15329](#)

Prüfung, Korrosion, Materialprüfung,
Metall [DIN EN ISO 7539-11](#)

Prüfung, Korrosion, Metall [DIN 50918](#),
[DIN 50919](#), [DIN EN ISO 7539-1](#),
[DIN EN ISO 7539-2](#), [DIN EN ISO 7539-3](#),
[DIN EN ISO 7539-4](#), [DIN EN ISO 7539-5](#)

Prüfung, Korrosionsbeständigkeit,
Metall [DIN EN ISO 16151](#)

Prüfung, Rohr, Stange, Korrosion,
Kupferlegierung, Profil [DIN 50916-1](#)

Prüfung, Salzsprühnebel, Korrosion,
Korrosionsbeständigkeit, metallischer
Werkstoff [DIN EN ISO 9227](#)

Prüfung, Schwefeldioxid, Korrosions-
schutz, Metallüberzug [DIN 50018](#)

Prüfung, Schwefeldioxid, Metallüberzug
[DIN EN ISO 6988](#)

Prüfung, Spannungsrisskorrosion,
Korrosion, Legierung, Metall
[DIN EN ISO 7539-6](#)

Prüfung, Spannungsrisskorrosion,
Stahl [DIN 50915](#)

Rohr, Stange, Korrosion, Kupferlegie-
rung, Profil, Prüfung [DIN 50916-1](#)

Salzsprühnebel, Korrosion, Korrosions-
beständigkeit, metallischer Werkstoff,
Prüfung [DIN EN ISO 9227](#)

Schadstoff, Gas, Korrosionsprüfung
[DIN EN ISO 10062](#)

Schwefeldioxid, Korrosionsschutz,
Metallüberzug, Prüfung [DIN 50018](#)

Schwefeldioxid, Metallüberzug, Prüfung
[DIN EN ISO 6988](#)

Schwingungskorrosion, Korrosion,
Legierung, Metall [DIN EN ISO 11782-1](#),
[DIN EN ISO 11782-2](#)

Spannungsrisskorrosion, Aluminium,
Knetwerkstoff [DIN 50908](#)

Spannungsrisskorrosion, Beständigkeit,
Bestimmung, Magnesiumlegierung
[DIN EN ISO 20728](#)

Spannungsrisskorrosion, Korrosion,
Legierung, Metall [DIN EN ISO 7539-9](#)

Spannungsrisskorrosion, Korrosion,
Legierung, Metall, Prüfung
[DIN EN ISO 7539-6](#)

Spannungsrisskorrosion, Korrosionsprü-
fung, Legierung, Metall
[DIN EN ISO 7539-8](#), [DIN EN ISO 7539-10](#),
[E DIN EN ISO 7539-10](#)

Spannungsrisskorrosion, Stahl, Prüfung
[DIN 50915](#)

Stahl, Prüfung, Spannungsrisskorrosion
[DIN 50915](#)

Stange, Korrosion, Kupferlegierung,
Profil, Prüfung, Rohr [DIN 50916-1](#)

DIN 50018**DIN**

ICS 25.220.99; 77.060

Ersatz für
DIN 50018:1997-06**Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre**

Testing in a saturated atmosphere in the presence of sulfur dioxide

Essai dans une atmosphère saturée en présence de dioxyde de soufre

Gesamtumfang 7 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN



Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Prüfeinrichtung und Werkstoff.....	5
5 Bezeichnung.....	5
6 Proben.....	5
7 Anordnung der Proben	5
8 Durchführung	5
8.1 Prüfbedingungen und Durchführung	5
8.2 Prüfdauer	5
9 Funktionsprüfung der Prüfeinrichtung.....	6
9.1 Allgemeines	6
9.2 Versuchswerkstoff.....	6
9.3 Probenvorbereitung.....	6
9.4 Durchführung der Funktionsprüfung	7
9.5 Entfernen der Korrosionsprodukte	7
9.6 Auswägen der Proben	7
9.7 Auswertung der Ergebnisse	7
10 Prüfbericht.....	7

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-01-71 AA „Korrosion und Korrosionsschutz“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 50018:1997-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung der Bezeichnungen der Prüfklimате an die Bezeichnung nach DIN EN ISO 6270-2;
- b) Überarbeitung der Funktionsprüfung der Prüfeinrichtung, um Übereinstimmung der Anforderungen an die Blindproben mit DIN EN ISO 6988 zu gewährleisten;
- c) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 50018: 1963-12, 1978-05, 1988-06, 1997-06

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die allgemeinen Bedingungen, die bei der Prüfung von Proben in Kondenswasserklimaten mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre — und zwar für Schwefeldioxid-Konzentrationen, die in DIN EN ISO 6988:1997-03 nicht mit erfasst sind — eingehalten werden müssen, damit bei der Prüfung in verschiedenen Laboratorien vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Wurde keine Konzentration vereinbart, ist die Prüfung nach DIN 50018 – AHT 1,0 S anzuwenden. Es ist zweckmäßig, gleichzeitig nur gleiche Korrosionsschutzsysteme in ein und derselben Prüfeinrichtung zu prüfen, da eine Wechselwirkung zwischen Proben verschiedener Systeme nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei gleichzeitiger Prüfung verschiedener Korrosionsschutzsysteme und Vorhandensein verschiedener Werkstoffe ist zu berücksichtigen, dass die Beeinflussung durch Schwefeldioxid häufig unterschiedlich ist.

Probenform, Probenvorbereitung, Prüfdauer, Auswertung der Prüfung und Beurteilung der Ergebnisse sind nicht Gegenstand dieser Norm. Angaben hierüber sind den entsprechenden Normen bzw. speziellen Vorschriften zu entnehmen oder von Fall zu Fall zu vereinbaren. Insbesondere sind bei der Durchführung dieser Prüfung die in DIN 50905-1 bis DIN 50905-3 gegebenen Hinweise zu beachten. Weitere Hinweise sind der Einleitung zu DIN EN ISO 6988:1997-03 zu entnehmen.

Die in dieser Norm beschriebenen Prüfungen dienen sowohl zur Beschreibung der Wirksamkeit von Korrosionsschutzsystemen, als auch zum schnellen Erkennen von Fehlstellen.

Bei den hier beschriebenen Prüfungen handelt es sich um Schnellkorrosionsversuche nach DIN EN ISO 8044.

Auch ein Vergleich des Schutzwertes unterschiedlicher Korrosionsschutzsysteme ist nur bei hinreichend ähnlichen Systemen möglich. Dies ist dadurch bedingt, dass die Korrosionsbelastung bei diesen Prüfungen erheblich von den im praktischen Einsatz möglichen Korrosionsbelastungen abweichen und die Korrosion somit nach anderen Mechanismen ablaufen kann.

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).

DIN 50900-2, *Korrosion der Metalle — Begriffe — Teil 2: Elektrochemische Begriffe*

DIN 50905-1, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Teil 1: Grundsätze*

DIN 50905-2, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Korrosionsgrößen bei gleichmäßiger Flächenkorrosion*

DIN 50905-3, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger und örtlicher Korrosion ohne mechanische Belastung*

DIN EN 10130, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN ISO 6988:1997-03, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Prüfung mit Schwefeldioxid unter allgemeiner Feuchtigkeitskondensation (ISO 6988:1985); Deutsche Fassung EN ISO 6988:1994*

DIN EN ISO 8044, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe und Definitionen*

ISO 8407, *Corrosion of metals and alloys — Removal of corrosion products from corrosion test specimens*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 50900-2 und DIN EN ISO 8044.

4 Prüfeinrichtung und Werkstoff

Es gelten die Angaben nach DIN EN ISO 6988:1997-03, Abschnitt 3.

5 Bezeichnung

Die Bezeichnung für die beiden Prüfungen lautet (siehe Tabelle 1):

- Prüfung DIN 50018 — AHT 1,0 S,
- Prüfung DIN 50018 — AHT 2,0 S.

6 Proben

Es gelten die Angaben nach DIN EN ISO 6988:1997-03, Abschnitt 4.

7 Anordnung der Proben

Es gelten die Angaben nach DIN EN ISO 6988:1997-03, Abschnitt 5.

8 Durchführung

8.1 Prüfbedingungen und Durchführung

Die Prüfbedingungen sind, z. T. von DIN EN ISO 6988:1997-03 abweichend, in der Tabelle 1 festgelegt.

Außerdem gelten für die Durchführung die Anweisungen nach DIN EN ISO 6988:1997-03, 6.1, 6.2 und 6.4.

ANMERKUNG Das am Anfang des ersten Prüfabschnittes zugesetzte Schwefeldioxid löst sich rasch zu einem großen Teil in dem Bodenwasser der Prüfkammer. Die effektive Schwefeldioxidkonzentration im Gasraum beträgt daher zu Beginn der Prüfung nur noch etwa 1/7 der theoretischen Konzentration. Diese Anfangskonzentration bleibt während des ersten Prüfabschnitts nicht konstant, sondern sinkt zunächst rasch, später langsamer.

Der zweite Prüfabschnitt beginnt mit dem Ausschalten der Heizung und dem Öffnen bzw. Belüften der Prüfkammer, wobei nach etwa 1 h die Prüfbedingungen nach der Tabelle 1 erfüllt werden müssen.

8.2 Prüfdauer

Falls in speziellen Prüfnormen keine Prüfdauer festgelegt ist, sollten vorzugsweise 1, 2, 5, 10, 15 oder 20 Zyklen angewendet werden. Die Prüfung kann abgebrochen werden, wenn eine unzulässige Beeinträchtigung des Aussehens bzw. der Funktion der Proben eingetreten oder ein bestimmter Korrosionsgrad erreicht ist.

Wird, wie meist üblich, über mehrere Zyklen geprüft, muss in der Prüfkammer nach DIN EN ISO 6988:1997-03, 6.5.1, Wasser und Schwefeldioxid vor jedem neuen Zyklus ausgewechselt werden.

9 Funktionsprüfung der Prüfeinrichtung

9.1 Allgemeines

Um die Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse einer Prüfeinrichtung bzw. die Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse aus verschiedenen Prüfeinrichtungen zu überprüfen, ist es erforderlich, Funktionsprüfungen durchzuführen. Für eine Prüfeinrichtung mit einer Prüfkammer von 300 l Volumen gelten die Festlegungen in 9.2 bis 9.7.

9.2 Versuchswerkstoff

9.2.1 Fünf Proben von jeweils 50 mm Breite, 100 mm Länge und 0,6 mm bis 1,5 mm Dicke aus DC04B nach DIN EN 10130.

9.2.2 Zwei Blindproben zur Erzielung der geforderten Gesamtoberfläche¹⁾ der Probe von jeweils 250 mm Breite, 400 mm Länge und 1 mm Dicke aus DC04B nach DIN EN 10130.

9.3 Probenvorbereitung

Vor Beginn der Funktionsprüfung werden die Proben nach 9.2 mit Testbenzin oder einem anderen geeigneten Lösemittel unter Zuhilfenahme eines weichen nicht fasernden Lappens oder eines Pinsels entfettet und die Proben nach 9.2.1 anschließend auf 1 mg gewogen. Kann die Wägung nicht unmittelbar nach dem Entfetten erfolgen, werden die Proben bis zum Wägen in einem Exsikkator gelagert.

Tabelle 1 — Prüfbedingungen

Art der Prüfbedingungen				Theoretische SO ₂ -Volumenkonzentration zu Beginn eines Zyklus	
				% (Volumenanteil)	
				0,33 ^a	0,67
Bezeichnung				Prüfung	Prüfung
				DIN 50018 — AHT 1,0 S	DIN 50018 — AHT 2,0 S
Zyklus	1. Prüfabschnitt		h	8 einschließlich Erwärmen	
	2. Prüfabschnitt		h	16 einschließlich Abkühlen (Prüfkammer geöffnet bzw. belüftet)	
	Gesamt		h	24	
Verhältnisse in der Prüfkammer	1. Prüfabschnitt	Temperatur	°C	(40 ± 3)	
		relative Luftfeuchte	%	etwa 100 (Betaung der Probe)	
	2. Prüfabschnitt	Temperatur	°C	18 bis 28	
		relative Luftfeuchte	%	max. 75	
Bodenwasser in der Prüfkammer				0,67 ^b	
AHT steht für Kondenswasser-Wechselklima mit Wechsel von Luftfeuchte und -temperatur (Englisch: Condensation climate with alternating humidity and air temperature)					
^a Die theoretische SO ₂ -Konzentration entspricht bei einer Prüfeinrichtung mit einer Prüfkammer von 300 l Volumen einer SO ₂ -Zugabe je Zyklus von 1,0 l bzw. 2,0 l.					
^b Die Konzentration ist bezogen auf das Volumen der Prüfkammer und entspricht einer Wassermenge von 2 l bei einem Volumen der Prüfeinrichtung von 300 l.					

1) Siehe DIN EN ISO 6988:1997-03, 5.4

9.4 Durchführung der Funktionsprüfung

Die fünf Proben nach 9.2.1 werden senkrecht in der Prüfkammer angeordnet. Die Blindproben nach 9.2.2 werden beiderseits der fünf Proben nach 9.2.1 ebenfalls senkrecht angebracht. Die Beanspruchung der Proben erfolgt über fünf Zyklen entsprechend den Prüfbedingungen nach DIN EN ISO 6988.

9.5 Entfernen der Korrosionsprodukte

Die Korrosionsprodukte werden bei einer Temperatur von 18 °C bis 28 °C von den Proben abgebeizt. Dazu kann eine mit 3,5 g Hexamethylentetramin je l inhibierte Salzsäure, $\rho = 1,10 \text{ g/ml}$, verwendet werden, z. B. 500 ml HCl, $\rho = 1,19 \text{ g/ml}$, chemisch rein, werden mit vollentsalztem Wasser auf 1 l aufgefüllt.

Weitere Lösungen nach ISO 8407 sind möglich.

Nach Entfernen der Korrosionsprodukte werden die Proben in Wasser gut gespült, getrocknet und anschließend bei Temperaturen von 18 °C bis 28 °C bis zum Wägen im Exsikkator gelagert.

9.6 Auswägen der Proben

Die Proben werden auf 1 mg gewogen.

9.7 Auswertung der Ergebnisse

Die ermittelten Massenverluste werden auf die korrosionsbeanspruchte Oberfläche bezogen und in g/m^2 angegeben. Der Mittelwert muss $(125 \pm 25) \text{ g/m}^2$ betragen. Die Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert darf nicht größer als 20 % sein.

10 Prüfbericht

Im Prüfbericht sind mindestens anzugeben:

- a) Verweisung auf diese Norm,
- b) Art und Kennzeichnung der Proben,
- c) Kurzzeichen der Prüfung,
- d) Dauer der Prüfung,
- e) Testunterbrechung,
- f) Prüfkammervolumen,
- g) gegebenenfalls Abweichungen von dieser Norm,
- h) Prüfdatum.

Prüfung der Beständigkeit von Aluminium-Knetwerkstoffen gegen Spannungsrißkorrosion

DIN
50 908

Testing the resistance of aluminium wrought alloys to stress corrosion cracking

Ersatz für die im Jahre 1982
zurückgezogene Ausgabe 07.64

Essai de la résistance à la corrosion sous contrainte des matériaux de
corroyage de l'aluminium

Maße in mm

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm enthält allgemeine Angaben für die Prüfung der Beständigkeit von Aluminium-Knetwerkstoffen gegen Spannungsrißkorrosion (SpRK). Die Prüfung der Beständigkeit bestimmter Systeme „Aluminium-Knetwerkstoffe und Angriffsmittel“ gegen diese Korrosionsart ist nicht Gegenstand der Norm.

Die Beständigkeit von Aluminium-Knetwerkstoffen gegen SpRK kann durch Herstellungs- und Verarbeitungsbedingungen, wie Werkstoffzusammensetzung und Wärmebehandlung, beeinflußt werden. Eine Prüfung der Beständigkeit gegen SpRK nach dieser Norm ist nur dann erforderlich, wenn Werkstoffzusammensetzung, Verarbeitungs- und Anwendungsbedingungen Schäden durch SpRK erwarten lassen.

Für den Anwendungsbereich Luft- und Raumfahrt gilt LN 65 666.

Je nach Art und Form des zu prüfenden Halbzeugs wird die Prüfung an Proben unterschiedlicher Form durchgeführt, siehe Abschnitt 3.2.

2 Allgemeines

In bestimmten Aluminium-Knetwerkstoffen können bei gleichzeitigem Einwirken von Zugspannungen und unspezifischen wäßrigen Angriffsmitteln Korrosionsrisse entstehen. Diese Korrosionsart wird nach DIN 50 900 Teil 1 Spannungsrißkorrosion (SpRK) genannt.

3 Proben

3.1 Probenlage und Prüfrichtung

Bei gegebener mechanischer Belastung hängt die Lebensdauer von Proben eines für SpRK empfindlichen Aluminium-Knetwerkstoffes, sofern dessen Gefüge nicht globulitisch rekristallisiert ist, stark von der Probenlage im Halbzeug ab. Liegt ein Fasergefüge vor, so ist die Empfindlichkeit für SpRK in Kurz-Querrichtung (ST-Richtung) höher als in Lang-Querrichtung (LT-Richtung) oder in Längsrichtung (L-Richtung).

Deshalb werden Proben für die Prüfung der Beständigkeit gegen SpRK vorzugsweise in ST-Richtung entnommen. Bei ST-Biegeproben ist darüber hinaus die Empfindlichkeit für SpRK größer, wenn die Proben um die Achse in LT-Richtung quer zur Faserrichtung (L-Richtung) gebogen werden.

Für gewalzte und stranggepreßte Erzeugnisse ist die Lage der Proben bezüglich Walzrichtung und Walzebene aus den Bildern 1 bis 3 zu ersehen.

Zum Bestimmen der ST-Richtung wird bei geschmiedeten und stranggepreßten Erzeugnissen zunächst der Faser- verlauf ermittelt, z. B. durch Makroätzen.

3.2 Probenformen

Die in der vorliegenden Norm aufgeführten Probenformen beziehen sich auf LN 65 666.

Die Wahl der Probenform wird weitgehend durch die Maße des zu prüfenden Halbzeugs in ST-Richtung bestimmt. Lassen die Probenmaße keine Probenentnahme in ST-Richtung zu, so ist die nächstempfindlichere Probenlage in LT-Richtung bzw. L-Richtung zu wählen.

3.2.1 Probenform A

Glatte (ungekerbte) Zugproben mit rundem oder rechteckigem Querschnitt, siehe Bild 1. Bevorzugt werden Proportional-Zugproben nach DIN 50 125. Der Probendurchmesser richtet sich außer nach der Dicke des Halbzeugs in ST-Richtung auch nach der mit der Prüfeinrichtung erreichbaren Belastung.

Andere Probenmaße sind zulässig und zu vereinbaren, z. B. zum Prüfen von dünnen Blechen, dünnen Profilen oder Drähten.

3.2.2 Probenform C

C-Ringprobe nach den Bildern 2 und 4

3.2.3 Probenform D

Spannhebelprobe nach den Bildern 1, 5, 6 und 7.

3.2.4 Probenform E

U-Probe nach den Bildern 3, 8 und 9.

3.3 Herstellung

Die Proben werden durch spanendes Bearbeiten hergestellt, wobei Erwärmen der Proben zu vermeiden ist. Die bearbeitete Probenoberfläche soll glatt sein mit einem arithmetischen Mittenrauhwert $R_a = 0,8$ bis $1,6 \mu\text{m}$. Polieren ist nicht zulässig.

3.4 Prüfumfang

Die Anzahl der zu prüfenden Proben ist zwischen Hersteller und Verbraucher zu vereinbaren. Bei einem zu prüfenden Erzeugnis ist im allgemeinen die Prüfung von 3 Parallelproben erforderlich.

Fortsetzung Seite 2 bis 6

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

3.5 Vorbehandlung

Die Proben werden zum Erzielen gleicher Oberflächenzustände unmittelbar vor der Prüfung wie folgt behandelt:

- Entfetten in Aceton;
- 1 h tauchen in Salpetersäure (etwa 32 Massenanteile in %) bei Umgebungstemperatur;
- Abspülen in fließendem Wasser;
- 1 min Beizen in Natronlauge (etwa 10 Massenanteile in %) bei 60 °C¹⁾;
- Abspülen in Wasser;
- Entfernen des sich beim Beizen bildenden Belags durch Eintauchen in Salpetersäure (etwa 32 Massenanteile in %) bei Umgebungstemperatur;
- Abspülen in destilliertem Wasser oder Deionat;
- Trocknen an Luft bei Umgebungstemperatur, gegebenenfalls mit Hilfe eines Gebläses oder Abspülen mit leichtflüchtigem Alkohol.

4 Durchführung der Prüfung

4.1 Allgemeines

Die Prüfung erfolgt im Dauertauchversuch nach DIN 50 905 Teil 4 bei freier Korrosion. Angriffsmittel und Potentiallage der Probe dürfen durch Kontakt mit artverschiedenen Werkstoffen, z. B. der Spannvorrichtung, nicht verändert oder beeinflusst werden. Der für die Spannvorrichtung verwendete Werkstoff muß in der Prüflösung korrosionsbeständig sein oder vom Angriffsmittel durch eine inerte, elektrisch isolierende Beschichtung dauerhaft getrennt werden. Polarisation des Prüfkörpers muß durch entsprechende Auswahl des Werkstoffs für die Spannvorrichtung ausgeschlossen werden. Dies kann durch das Verwenden artgleicher Werkstoffe geschehen.

Kupferfreie Aluminium-Knetwerkstoffe dürfen nicht zusammen mit kupferhaltigen Aluminium-Knetwerkstoffen (Kupfergehalt $\geq 0,5$ Massenanteile in %) geprüft werden.

Die Zeitspanne zwischen dem Beizen der Proben nach Abschnitt 3.5 und dem Beginn der Prüfung darf 3 h nicht überschreiten.

Die Probe muß vor dem Eintauchen in das Angriffsmittel mechanisch belastet werden.

4.2 Art der mechanischen Belastung

Die Prüfung wird mit Proben unter zeitlich konstanter Zugspannung durchgeführt. Die Art der mechanischen Belastung richtet sich nach Probenform sowie Prüfeinrichtung.

Die Belastung von Zugproben mit zeitlich konstanter Kraft kann über Hebelarme durch Gewichte oder durch Federkräfte erfolgen.

Bei Belastung von C-Ringproben, Spannhebelproben und U-Proben mit konstanter Gesamtdehnung kann sich die Spannungshöhe während der Prüfdauer durch Relaxation und Kriechen vermindern, siehe DIN 50 922. Diese Verminderung der Spannungshöhe hat erfahrungsgemäß keinen erheblichen Einfluß auf die Prüfergebnisse, sie sollte jedoch stichprobenweise überprüft werden.

4.3 Spannungshöhe

Im Prüfquerschnitt von Zugproben ist eine axiale Zugspannung $\sigma = 0,75 R_{p0,2}$ aufzubringen. $R_{p0,2}$ ist der in Werkstoffnormen oder in den Lieferbedingungen angegebene Sollwert für die jeweilige 0,2%-Dehngrenze.

¹⁾ Anstelle von reiner Natronlauge werden auch Mischungen von Alkalilauge, gegebenenfalls mit Zusätzen verwendet.

Bei Zugproben, die für die Prüfung in Rahmen eingespannt sind, wird die Prüfspannung über das Hookesche Gesetz errechnet:

$$\sigma = E \varepsilon = \frac{E (L - L_0)}{L_0} \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

- σ Prüfspannung ($\sigma = 0,75 R_{p0,2}$)
- E Elastizitätsmodul
(für AlZn 4,5 Mg 1 etwa 70 000 N mm⁻²)
- L_0 Anfangsmeßlänge
- L Endmeßlänge
- ε Dehnung

Bei Biegeproben mit konstanter Gesamtdehnung ist die Prüfkraft so zu berechnen, daß die Prüfspannung σ auf der Zugseite (Stelle A in den Bildern 4, 7 und 8) gleichfalls $\sigma = 0,75 R_{p0,2}$ ist. Die Prüfkraft errechnet sich für die C-Ringprobe zu:

$$F_V = \frac{1}{6} \frac{\sigma b t^2}{l Z} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

- F_V Prüfkraft
- σ Randfaserspannung ($\sigma = 0,75 R_{p0,2}$)
- b Probenbreite
- t Probendicke
- l Länge des Lastarms
- Z Korrekturfaktor für das Verhältnis von mittlerem Durchmesser $2 r$ zur Wanddicke t von C-Ringproben

Werte für Z sind aus Bild 10 zu entnehmen.

Für die Spannhebelprobe (Probenform D) und U-Probe (Probenform E) gilt $Z = 1$.

Die Prüfkraft kann mit Hilfe einer Zugprüfmaschine oder durch Aufbringen einer konstanten Verformung eingestellt werden. Für C-Ringproben (Probenform C) kann die erforderliche Verformung als Durchmessererminderung errechnet werden:

$$\Delta d = \frac{r^2 \pi \sigma}{t E Z} \quad (3)$$

$$r = \frac{d_1 - t}{2} \quad (4)$$

In den Gleichungen 3 und 4 bedeuten:

- d_1 Außendurchmesser vor dem Spannen
- Δd Durchmessererminderung
- t Wanddicke
- σ Randfaserspannung ($\sigma = 0,75 R_{p0,2}$)
- E Elastizitätsmodul
(für AlZn 4,5 Mg 1 etwa 70 000 N mm⁻²)
- r mittlerer Radius
- Z Korrekturfaktor für das Verhältnis von mittlerem Durchmesser $2 r$ zur Wanddicke t von C-Ringproben. Werte für Z sind aus Bild 10 zu entnehmen.

4.4 Prüflösung

Die Prüflösung ist eine wäßrige Lösung, die 2 Massenanteile in % Natriumchlorid, (NaCl), 0,5 Massenanteile in % Natriumchromat, (Na₂CrO₄) und 97,5 Massenanteile in % vollentsalztes Wasser enthält. Die Prüflösung wird durch Zugabe von Salzsäure, (HCl), auf einen pH-Wert von $3,0 \pm 0,2$ eingestellt.

„Alle Reagenzien sind Reagenzien des Reinheitsgrades zur Analyse“. Als Wasser ist destilliertes Wasser oder Deionat zu verwenden.

Während der Dauer der Korrosionsbelastung wird der pH-Wert der Prüflösung konstant gehalten. Ihre Temperatur beträgt $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$. Zum Einstellen und zum Konstanthalten von Temperatur und pH-Wert empfiehlt sich, ein möglichst großes Volumen der Prüflösung, mindestens jedoch 10 ml cm^{-2} der zu prüfenden Probenoberfläche, zu wählen, siehe hierzu DIN 50 905 Teil 1, und die Prüflösung leicht zu bewegen. Es empfiehlt sich, die Prüflösung wöchentlich, zumindest aber nach Beenden einer Einzelprüfung zu erneuern.

4.5 Prüfdauer

Prüfdauer ist die Zeitdauer bis zum Bruch bzw. bis zum Auftreten von sichtbaren Rissen, höchstens jedoch eine Zeitspanne von 30 d.

5 Auswertung

Nach der angegebenen Prüfdauer sind die Proben bei 10facher Vergrößerung auf Risse zu untersuchen. Zum Feststellen von Rissen können weitere Maßnahmen erforderlich sein, z.B. Entfernen von Korrosionsprodukten durch Behandeln mit konzentrierter Salpetersäure (65 Massenanteile in %) oder heißer Chromphosphorsäure-Lösung nach DIN 50 899 (Temperatur 100°C ; Tauchdauer 5 min) sowie metallografische Untersuchungen.

Wenn ein Totalversagen erfolgt oder Risse festgestellt werden, sind Rißart und Rißtiefe zu ermitteln.

ANMERKUNG: Bruch durch Querschnittsverminderung infolge von gleichmäßiger Flächenkorrosion, Lochkorrosion, interkristalliner Korrosion oder selektiver Korrosion (schichtförmige Korrosionsform) bedeutet nicht, daß der Werkstoff zwangsläufig für SpRK empfindlich ist. Das Auftreten der vorgenannten Korrosionsarten erfordert vielmehr eine Überprüfung, ob die Proben während der Prüfung, möglicherweise durch Kontakt mit der Spann- oder Versuchseinrichtung, anodisch polarisiert waren.

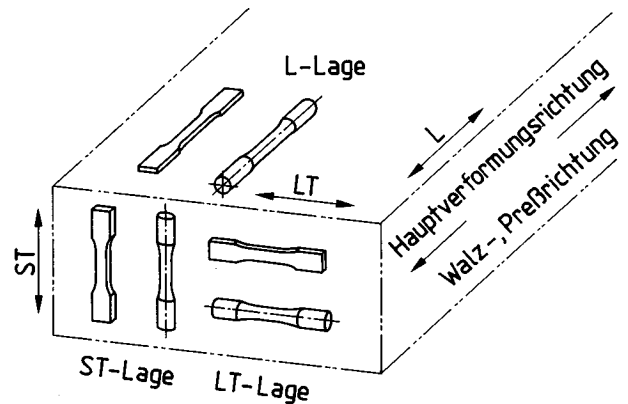
Das Auftreten von SpRK ist makroskopisch entweder durch Totalversagen oder durch einen oder mehrere Anrisse, die in Probenbereichen mit maximaler Zugspannung gehäuft vorkommen, gekennzeichnet. Korrosionsrisse verlaufen stets interkristallin. Interkristalline Angriffsformen, die in großer Anzahl über die gesamte Probe unabhängig von der Spannungsverteilung, d.h. unabhängig von der Höhe der Zugspannung, vorliegen, geben im allgemeinen keinen Hinweis auf eine Empfindlichkeit für SpRK, sondern für interkristalline Korrosion. In Zweifelsfällen kann SpRK von interkristalliner Korrosion durch vergleichende Untersuchung von mechanisch nicht belasteten Proben unterschieden werden.

Werden während der Prüfdauer keine spannungsinduzierten Korrosionsrisse beobachtet, so ist der Werkstoff im Sinn dieser Norm gegen SpRK beständig.

6 Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

- Art und Kennzeichnung des Werkstückes
- Grundwerkstoff
- Probenform
- durchgeführte Prüfungen
- Prüfdauer
- Prüfstelle
- Prüfdaten
- gegebenenfalls Abweichungen von der Norm.

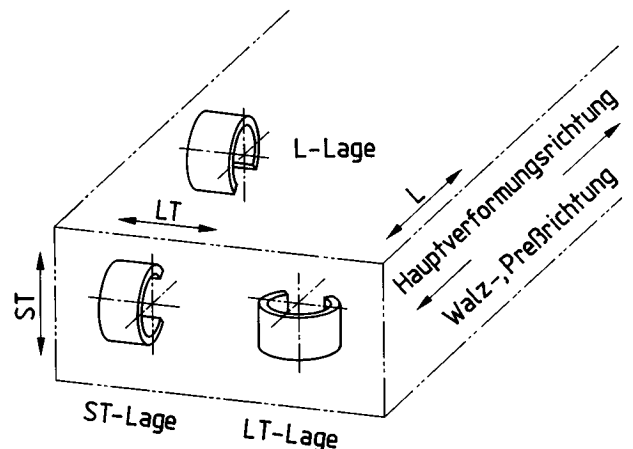


ST Kurz-Querrichtung; Short-transverse

LT Lang-Querrichtung; Long-transverse

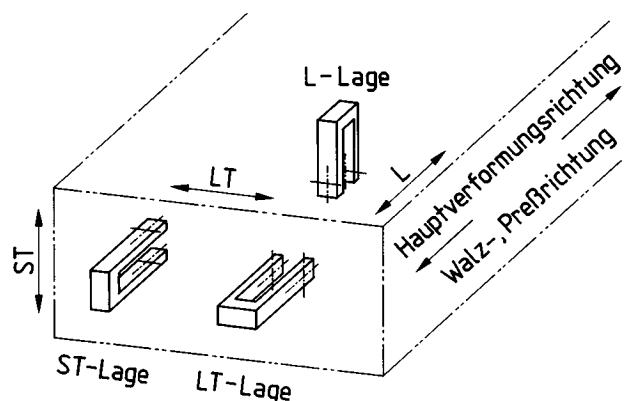
L Längsrichtung; Longitudinal

Bild 1: Lage von rechteckigem und rundem Zugstab zur Prüfung der Spannungsrißkorrosions-Beständigkeit in Aluminium-Halbzeug



Legende siehe Bild 1

Bild 2: Lage von C-Ringproben zur Prüfung der Spannungsrißkorrosions-Beständigkeit in Aluminium-Halbzeug



Legende siehe Bild 1

Bild 3: Lage der U-Probe zur Prüfung der Spannungsrißkorrosions-Beständigkeit in Aluminium-Halbzeug

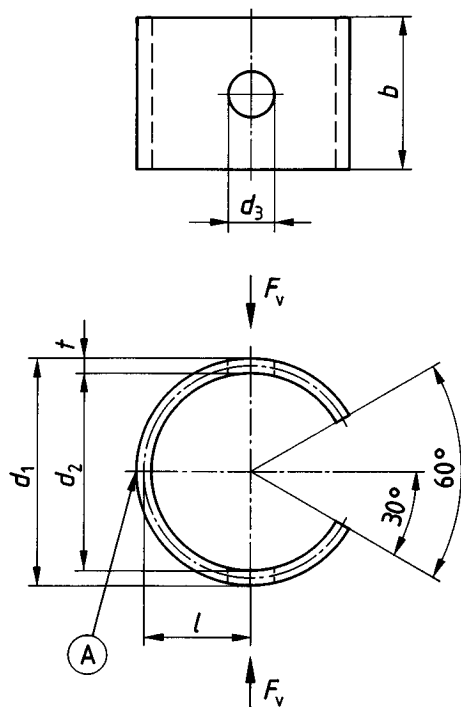


Bild 4: Probenform C: C-Ringprobe

Tabelle: Maße für Probenform C

Grenzabmaße $^{+0,1}_0$

b	d_1	d_2	d_3	t	l
15	20	17	5,2	1,5	9,25
15	25	22	5,2	1,5	11,75
20	30	26	6,2	2,0	14,0
20	35	31	6,2	2,0	16,5
20	45	40	6,2	2,5	21,25

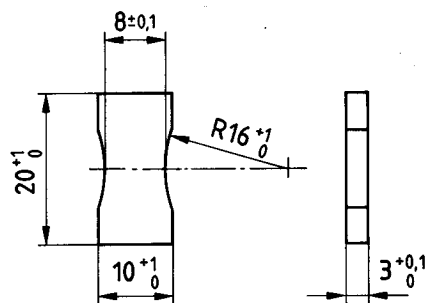


Bild 5: Probenform D: Spannhebelprobe

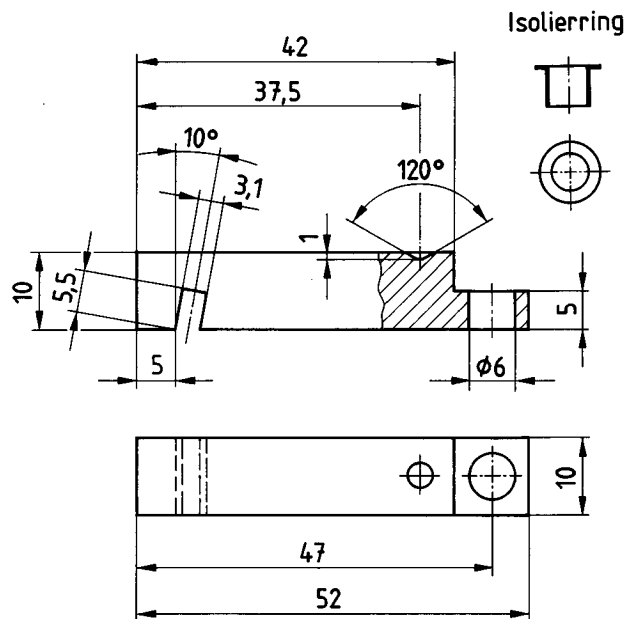


Bild 6: Belastungshebel

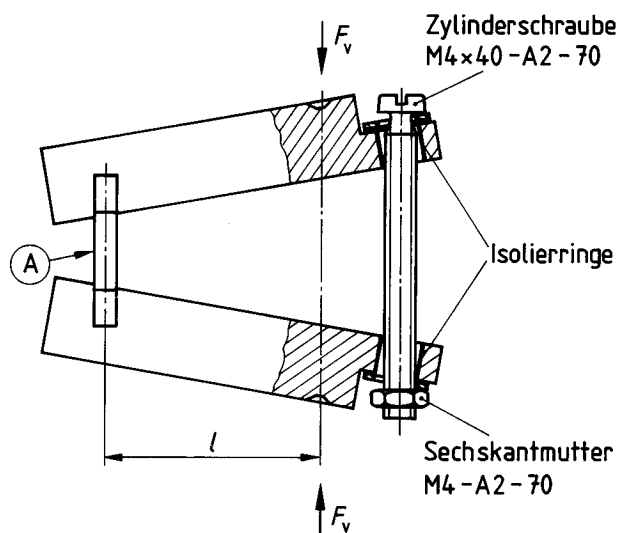


Bild 7: Versuchsanordnung zur Prüfung der Probenform D

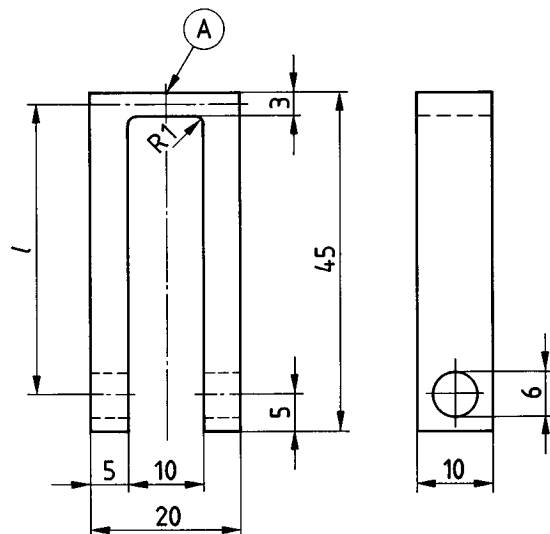


Bild 8: Probenform E: U-Probe

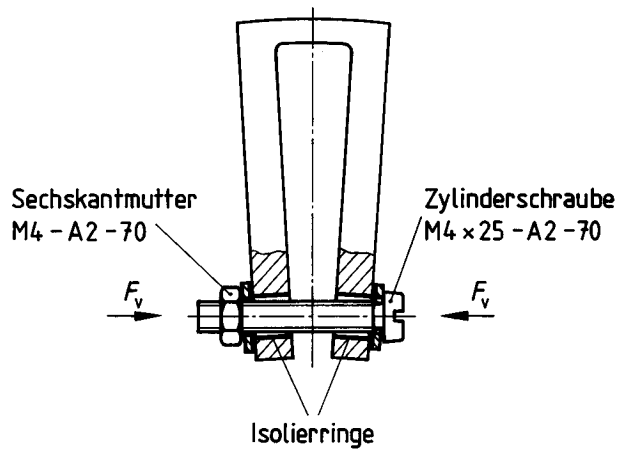


Bild 9: Versuchsanordnung zur Prüfung der Probenform E

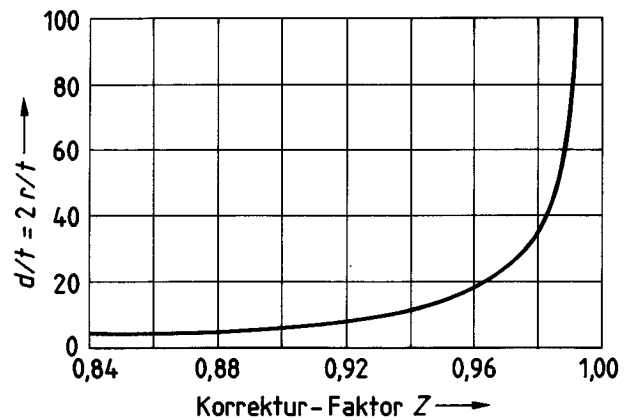


Bild 10: Abhängigkeit des Korrekturfaktors Z von $d/t = 2r/t$

Zitierte Normen

DIN 50 125	Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugproben
DIN 50 899	Prüfung der Qualität von verdichteten anodisch erzeugten Oxidschichten auf Aluminium und Aluminiumlegierungen; Bestimmung des Massenverlustes in Chromphosphorsäure-Lösung
DIN 50 900 Teil 1	Korrosion der Metalle; Begriffe; Allgemeine Begriffe
DIN 50 905 Teil 1	Korrosion der Metalle; Korrosionsuntersuchungen; Grundsätze
DIN 50 905 Teil 4	Korrosion der Metalle; Korrosionsuntersuchungen; Durchführung von chemischen Korrosionsversuchen ohne mechanische Belastung in Flüssigkeiten im Laboratorium
DIN 50 922	Korrosion der Metalle; Untersuchung der Beständigkeit von metallischen Werkstoffen gegen Spannungsrißkorrosion; Allgemeines
LN 65 666	Spannungsrißkorrosions-Prüfung von Aluminium-Knetlegierungen für Luftfahrtgerät

Frühere Ausgaben

DIN 50 908: 01.57, 07.64

Änderungen

Gegenüber der im Jahre 1982 zurückgezogenen Ausgabe Juli 1964 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Inhalt sachlich und redaktionell überarbeitet und an LN 65 666 angepaßt.
- Versuchsablauf auf die Bedürfnisse des allgemeinen Anwendungsbereiches (außer Luftfahrt) abgestellt, siehe Erläuterungen.

Erläuterungen

Die Norm wurde vom Arbeitsausschuß NMP 171 „Korrosion und Korrosionsschutz“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) aufgestellt.

Die Folgeausgabe der schon 1982 zurückgezogenen Norm DIN 50 908/07.64 „Spannungsrißkorrosion von Leichtmetallen“ soll nicht nur Ersatz für die technisch überholte Ausgabe sein und die durch die Zurückziehung entstandene Lücke im Deutschen Normenwerk schließen, sondern in ihr sind die Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Spannungsrißkorrosionsprüfung von Aluminium-Knetwerkstoffen berücksichtigt, die bei Untersuchungen und Versuchen, unter anderem mit elektrochemischer Kontrolle in den vergangenen Jahren gewonnen wurden. Für die Prüfung von Knetlegierungen für Luftfahrtgerät hat sich die LN 65 666/07.74 bewährt, die zur Basis für die vorliegende Norm geworden ist und die für den Anwendungsbereich außerhalb der Luftfahrt ergänzt und modifiziert wurde. So wurde in der vorliegenden Norm für die SpRK-Prüfung von Aluminium-Knetwerkstoffen wieder der Dauertauchversuch aufgenommen, weil nach übereinstimmender Erfahrung der Prüflaboratorien der deutschen Aluminiumindustrie die Sicherheit der Aussage zur Beständigkeit hierbei höher eingeschätzt wird als bei den Ergebnissen des Wechseltauchversuches in annähernd neutraler NaCl-Lösung ohne Inhibitor.

Die Abfassung der vorliegenden Norm wurde auch deshalb notwendig, weil die zurückgezogene Norm DIN 50 908/07.64, wie im Titel schon angezeigt, neben Aluminium auch das Leichtmetall Magnesium in die Regelung einschloß, was nach dem heutigen technischen Stand nicht mehr zu vertreten ist; und weil außerhalb des Anwendungsbereiches „Luftfahrtgerät“ keine Festlegungen für die Prüfung der Spannungsrißbeständigkeit mehr bestanden.

Internationale Patentklassifikation

C 22 C 021/00

C 22 C 021/16

C 09 K 003/10

G 01 L 001/00

G 01 N 033/20

Prüfung von unlegierten und niedriglegierten Stählen auf
Beständigkeit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion
in nitrathaltigen Angriffsmitteln
Geschweißte und ungeschweißte Werkstoffe

DIN
50 915

Testing the resistance of unalloyed and low alloyed steels to intergranular
stress corrosion cracking by attack of nitrate medium;
Welded and unwelded materials

Ersatz für
DIN 50 915 T 1 / 12.85

Essai des aciers non alliés et des aciers faiblement alliés sur résistance contre
la corrosion fissurante intergranulaire dans un médium d'attaque nitrique;
Matériaux soudés et non soudés

Maße in mm

Allgemeintoleranzen: ISO 2768 - m

1 Anwendungsbereich und Zweck

Der in dieser Norm festgelegte Schnellkorrosionsversuch dient dazu, geschweißte und ungeschweißte unlegierte und niedriglegierte Stähle auf Beständigkeit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion zu prüfen. Diese Norm gilt nicht für die Prüfung von Schweißverbindungen an nahtlosen Rohren (siehe Erläuterungen).

Dieses Prüfverfahren ist nur auf ferritische und perlitische Stähle, die im Vergleich zu allgemeinen Baustählen eine erhöhte Beständigkeit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion aufweisen sollen, anzuwenden.

Das Ergebnis einer Prüfung nach dieser Norm ist auf das betriebliche Verhalten übertragbar, wenn nitrathaltige Medien ohne zusätzliche Oxidationsmittel sowie statische mechanische Belastungen vorliegen. Für nichtstatische mechanische Belastungen ist das Prüfverfahren nicht aussagefähig. Für aluminiumberuhigte Kohlenstoff-Mangan-Stähle geben die Prüfergebnisse ihrer Tendenz nach auch eine Aussage über die Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion in Alkalilaugen.

2 Begriffe

Es gelten die Begriffe nach DIN 50 900 Teil 1.

Interkristalline Spannungsrißkorrosion

Unter interkristalliner Spannungsrißkorrosion versteht man Rißbildung mit interkristallinem Verlauf in Metallen bei gleichzeitiger Einwirkung spezifisch wirkender Angriffsmittel und von Zugspannungen. Kennzeichnend ist eine verformungsarme Trennung oft ohne Bildung sichtbarer Korrosionsprodukte. Zugspannungen können auch als Eigenspannungen im Werkstück vorliegen. Als spezifisch wirkende Angriffsmittel können z.B. wäßrige alkalische oder nitrathaltige Lösungen, konzentrierte Salpetersäure oder salpetersäurehaltige Mischsäuren wirksam werden. Die Risse brauchen nicht immer (z.B. im Perlit) interkristallin zu verlaufen. Je nach Art und Höhe der mechanischen und chemischen Belastung können die Risse nach Tagen oder erst nach Jahren erkennbar werden.

3 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Die hier beschriebene Prüfung ist ein Schnellkorrosionsversuch, bei dem örtlich kaltverformte und elastisch gespannte Proben (Kochbiegeproben, kurz auch KB-Proben genannt) in wäßriger Calciumnitratlösung gekocht und auf Risse untersucht werden. Prüffläche ist immer die auf Zug beanspruchte Oberfläche. Bei ungeschweißten Proben bleibt die Prüffläche unbearbeitet.

4 Geräte

Spannplatten zum Spannen der Proben, zweckmäßige Gestalt der Spannplatten und Unterlegscheiben sowie zweckmäßige Schrauben und Muttern sind in Bild 2 dargestellt. Die Maße ergeben sich in Abhängigkeit von der Blechdicke aus der zu Bild 1 gehörenden Tabelle 1.

Für die Spannplatte, deren Steifigkeit eine Verformung während der Prüfung ausschließen muß, ist ein Stahl mit hinreichender Festigkeit zu verwenden. Die Spannplatte kann, die zum Befestigen verwendeten Schrauben jedoch müssen aus einem nichtrostenden austenitischen Chrom-Nickel-Stahl gefertigt sein. Durch metallleitenden Kontakt des zu prüfenden Stahls mit Teilen aus hochlegiertem nichtrostenden Stahl wird ein für die Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion geeignetes Prüfpotential eingestellt.

Bezüglich der Geräte für den Kochversuch sind die Empfehlungen nach DIN 50 905 Teil 1 zu beachten. Geeignet sind Gefäße aus Glas oder nichtrostendem Stahl.

5 Prüflösung

Die Prüflösung ist eine bei 118 bis 121 °C siedende wäßrige Calciumnitratlösung, die etwa 60 Massenanteile wasserfreies Calciumnitrat und etwa 40 Massenanteile vollentsalztes Wasser enthält. Maßgebend für die richtige Konzentration ist der Siedepunkt. Während der Prüfung ist die Konzentration der Prüflösung konstant zu halten.

Fortsetzung Seite 2 bis 5

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

6 Proben und Probenvorbereitung

Probenform — Einfachbiegeprobe nach J.A. Jones¹⁾ — und Probengröße sind Bild 1 zu entnehmen. Es können auch — in Anlehnung an die in Bild 2 gezeigte Anordnung — Parallelproben auf eine verlängerte Spannplatte gespannt werden. Bei Dicken des zu prüfenden Werkstoffs bis 6 mm ist die Probengröße aus den Proben KB 2 bis KB 6 oder KB 2S bis KB 6S nach Bild 1 zu wählen, welche die nächstliegenden Maße besitzt. Bei Dicken über 6 mm ist die Probe so herzustellen, daß der Werkstoff von der der Prüffläche gegenüberliegenden Fläche auf 6 mm Dicke abgearbeitet wird.

Proben aus Rohren sind auf die entsprechenden Maße abzdrehen.

Die Probenkante und die Schraubenlöcher sind zu entgraten.

Kennzeichnungstempel sind nur auf der Stirnfläche der Proben oder auf dem Probenteil außen neben den Schraubenlöchern zulässig.

Falls nicht anders vereinbart, ist jede Einzelprüfung mit mindestens vier Parallelproben durchzuführen.

6.1 Ungeschweißte Werkstoffe

Bei Rohren sind die Proben als Längsstreifen durch parallele Schnitte zu entnehmen. Für die Breite der Längsstreifen ist die Wanddicke der Rohre, nicht die Nennweite maßgebend, als Prüffläche wird die Innenfläche der Rohre gewählt. Sollen aus Beanspruchungsgründen die Außenflächen geprüft werden, ist dies zu vereinbaren.

Für die Maße der aus Rohren gefertigten Jones-Proben gelten die in Bild 1a angegebenen Maße. Die sich dazu aus der Rohrform ergebenden Besonderheiten (Prüfanordnung) sind in Bild 3 erläutert.

Die Proben sind in dem Wärmebehandlungs- und Oberflächenzustand — wenn nicht anders vereinbart, mit Walz- oder Glühhaut — zu prüfen, in dem das Bauteil in Betrieb kommt.

6.2 Geschweißte Werkstoffe

Die Proben sind im Regelfall aus einem entsprechend dem Bauteil gefertigten Probenstück zu entnehmen, z.B. der Arbeitsprobe oder Verfahrensprobe, wobei eine Winkelschrumpfung durch Einlegen des zu schweißenden Bleches in einem Rahmen und Verkeilen vermieden oder eingeschränkt werden kann.

In der Probe muß die Schweißnahtbreite quer zur Zugrichtung in ihrer Mitte über dem Scheitel des Biegedorns liegen; siehe Bild 1b. Ist bei der Probe KB 6S jedoch die Schweißnahtbreite an der Probenoberfläche größer als 20 mm, so ist eine Schmelzlinie 10 mm neben den Biegedornscheitel zu legen; siehe Bild 1b.

Auf der Prüffläche ist die Schweißnahtüberhöhung, gegebenenfalls in geringem Maße auch die Blechoberfläche, spanabhebend so zu bearbeiten, daß eine zur Unterseite der Probe parallele Fläche gebildet wird. Abschließend ist die Prüffläche in Probenlängsrichtung mit Korn 80 zu schleifen. Quer zur Zugspannungsrichtung verlaufende Riefen sind nicht zulässig.

7 Durchführung

Die Proben, die zuvor in einem organischen Lösemittel bei einer Temperatur von 18 bis 28°C zu entfetten sind, werden nach Bild 2 auf den Abstand a der Probenenden von der Spannplatte gespannt. Sie dürfen nicht vorgebogen werden, sondern sind ausschließlich durch Anziehen der Muttern zu spannen. Ein Entlasten oder Nachspannen der Proben während des Versuchs, aber auch eine teilweise Entlastung von bei der Einspannung zunächst zu stark gespannten Proben vor Versuchsbeginn ist unzulässig.

Die Schrauben dürfen sich beim Spannen nicht verbiegen. Um ein Verkanten der Schrauben an die Schraubenlöcher beim Spannen zu vermeiden, empfiehlt es sich entweder einen Konus entsprechend Bild 2 zu verwenden oder die Bohrungen an den Kanten anzuschragen und die Bohrlöcher in den Spannplatten etwas größer als die Schraubendurchmesser zu bohren.

Das auf die Probenoberfläche bezogene Volumen der Prüflösung soll mindestens $10 \text{ ml} \cdot \text{cm}^{-2}$ betragen.

Die Proben müssen oberhalb des sich als Bodenkörper absetzenden Reaktionsschlammes liegen.

Die Prüfdauer beträgt 200 Stunden. Die Proben sind während des Versuchs in Zeitabständen von 2 bis 3 Tagen auf Risse zu untersuchen. Dazu sind sie mit heißem vollentsalzten Wasser abzuspülen. Nach Abdampfen des Wassers werden vorhandene Risse durch austretende Reste der Calciumnitratlösung deutlich sichtbar.

8 Auswertung

Werden an einem Probensatz aus vier Parallelproben bei zwei oder mehr Proben Risse festgestellt, so gilt die Prüfung als nicht bestanden. Tritt nur bei einer Probe Rißbildung auf, so müssen für diese zwei weitere Proben geprüft werden. Tritt bei den neuen Proben keine Rißbildung auf, gilt die Prüfung als bestanden.

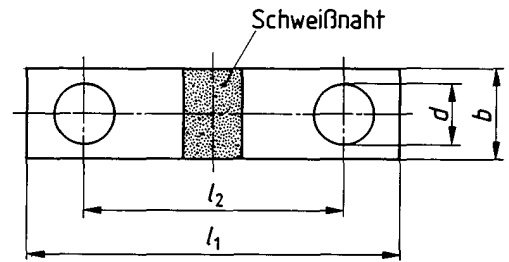
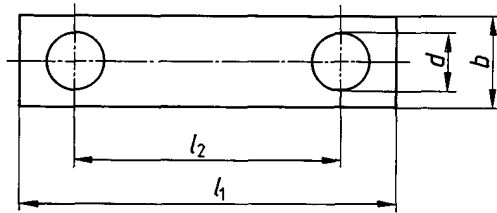
Zur Prüfung auf Risse wird zweckmäßig eine sechsfach vergrößernde Lupe verwendet. Anfressungen gelten nicht als Risse. Im Zweifelsfall muß eine metallographische Untersuchung erfolgen.

9 Prüfbericht

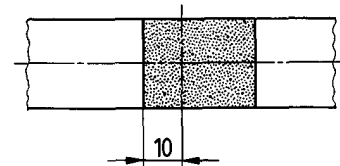
Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

- a) Grundwerkstoff und Blechdicke;
- b) Schweißzusatzwerkstoff;
- c) Schweißverfahren;
- d) Wärmebehandlung;
- e) Probenkurzzeichen nach Tabelle 1;
- f) Probenlage nach Bild 1a oder Bild 1b;
- g) falls keine Risse gefunden wurden: Spannungsrißkorrosionsbeständig nach DIN 50 915;
- h) falls Risse gefunden wurden: Nähere Beschreibung der Lage der Risse, z.B. Schweißnahtbreite, Übergang, Grundwerkstoff; gegebenenfalls Hinweise auf vorhandene Untersuchungsergebnisse zur Unfallursache.

¹⁾ Engineering 101 (1921), S. 469 und 470; vgl. Stahl und Eisen 41 (1921), S. 1509 und 1510; s. a. Mailänder, R.: Archiv für das Eisenhüttenwesen 14, S. 117 bis 126, und Stahl und Eisen 90 (1970), S. 876 und 877.



für Schweißnahtbreiten ≤ 20 mm



für Schweißnahtbreiten > 20 mm

a) ungeschweißte Werkstoffe

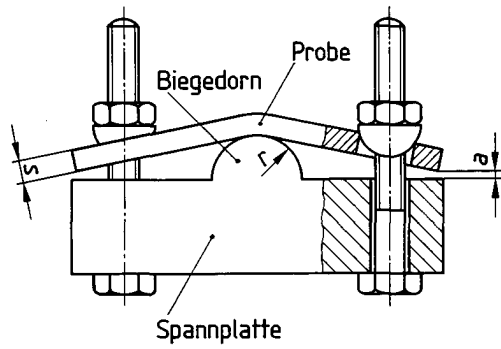
b) geschweißte Werkstoffe

Bild 1: Probenmaße

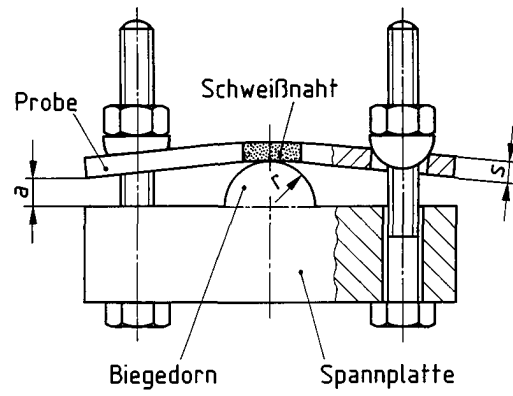
Tabelle

Kurz- zeichen ¹⁾	Probe			Bohrung für Schrauben		Sechskant- schraube nach DIN EN 24 014	Biegedorn- halbmesser <i>R</i>	Spann- abstand <i>a</i>
	Dicke <i>s</i>	Breite <i>b</i>	Länge <i>l</i> ₁	Durchmesser <i>d</i>	Abstand <i>l</i> ₂			
KB 2	2	10	33	6	23	M 4 × 25	4	0,65
KB 2 S								3,35
KB 3	3	13	50	7,5	35	M 5 × 35	6	1
KB 3 S								5
KB 4	4	16	67	9,5	47	M 6 × 45	8	1,35
KB 4 S								6,65
KB 5	5	20	84	12	58	M 8 × 55	10	1,70
KB 5 S								8,3
KB 6	6	24	100	15	70	M 10 × 65	12	2,00
KB 6 S								10

¹⁾ KB Kochbiegeprobe ungeschweißter Werkstoff
KBS Kochbiegeprobe geschweißter Werkstoff



a) ungeschweißte Werkstoffe



b) geschweißte Werkstoffe

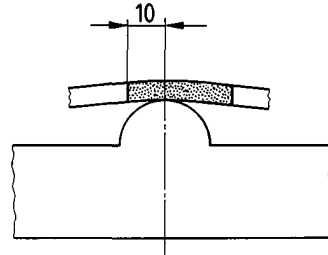
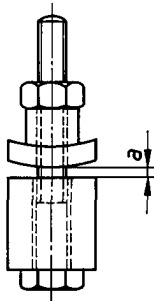
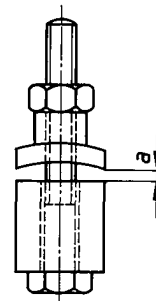


Bild 2: Prüfanordnung



a) Prüfung der Innenoberfläche



b) Prüfung der Außenoberfläche

**Bild 3: Prüfanordnung bei Rohrabschnitten
(Seitenansicht)**

Zitierte Normen und andere Unterlagen

- DIN EN 24 014 Sechskantschrauben mit Schaft; Produktklassen A und B (ISO 4014:1988); Deutsche Fassung EN 24 014:1991
- DIN ISO 2768 Teil 1 Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung; Identisch mit ISO 2768-1:1989
- DIN 50 900 Teil 1 Korrosion der Metalle; Begriffe; Allgemeine Begriffe
- DIN 50 905 Teil 1 Korrosion der Metalle; Korrosionsuntersuchungen; Grundsätze
- Engineering 101 (1921), S. 469 und 470 *)
- Stahl und Eisen 41 (1921), S. 1509 und 1510 *)
- Archiv für das Eisenhüttenwesen 14 (1940/41), S. 117 bis 126 *)
- Stahl und Eisen 90 (1970), S. 876 und 877 *)

Frühere Ausgaben

- DIN 50 915: 05.74, 07.75
- DIN 50 915 Teil 1: 12.85

Änderungen

Gegenüber DIN 50 915 Teil 1/12.85 wurden folgende Änderungen durchgeführt:

- a) Inhalt erweitert auf geschweißte Werkstoffe.
- b) Die Übertragbarkeit einer Prüfung nach dieser Norm auf das betriebliche Verhalten wurde auf nitrathaltige Medien ohne zusätzliche Oxidationsmittel und auf Vorliegen statischer mechanischer Belastungen beschränkt. Die Übertragbarkeit auf Alkalilaugen wurde eingeschränkt.
- c) Für die Versuchseinrichtung wurde die Verwendung von Schrauben aus nichtrostendem austenitischem Stahl zum Befestigen der KB-Proben auf die Spannplatte zwingend vorgeschrieben.

Erläuterungen

Die Norm wurde vom Arbeitsausschuß NMP 171 „Korrosion und Korrosionsschutz“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) aufgestellt.

Sie wurde in Anlehnung an das vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) herausgegebene Stahl-Eisen-Prüfblatt 1861, 1. Ausgabe 1982 „Prüfung von Schweißverbindungen an unlegierten und niedriglegierten Stählen auf ihre Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion“ erweitert. Das Stahl-Eisen-Prüfblatt war das Ergebnis von Gemeinschaftsuntersuchungen eines Arbeitskreises im Unterausschuß für Korrosion des Werkstoffausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. Diese Untersuchungen zeigten, daß eine weitgehende Angleichung des Prüfblattes an DIN 50 915 Teil 1 „Prüfung von unlegierten und niedriglegierten Stählen auf Beständigkeit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion, ungeschweißte Werkstoffe“ möglich ist.

Spannungsrißkorrosion ist an Bauteilen aus Blechen oder an deren Schweißnahtbereichen bei entsprechender Korrosionsbelastung bekannt geworden. Unter solchen Korrosionsbelastungen werden fast ausnahmslos nahtlose Rohre verwendet. Die mechanische Belastung (Zugbelastung) von Rundnähten solcher Rohre ist vergleichsweise gering. Aus diesem Grund wurden Schweißverbindungen von Rohren in die oben genannten Untersuchungen nicht einbezogen.

Internationale Patentklassifikation

- G 01 B 021/30
- G 01 N 033/20

*) Zu beziehen durch Verlag Stahleisen mbH, Postfach 10 51 64, 40042 Düsseldorf.

Prüfung von Kupferlegierungen
Spannungsrißkorrosionsversuch mit Ammoniak
 Prüfung von Rohren, Stangen und Profilen

DIN
50 916
 Teil 1

Testing of copper alloys; stress corrosion cracking test in ammonia; testing of tubes, rods and profiles
 Essai des alliages du cuivre; essai de corrosion sous tension dans la solution en ammoniaque;
 essai des tubes, des barres et des profilés

In dieser Norm bedeutet % Gewichts(Masse)-Prozent.

1 Allgemeines

An Kupferwerkstoffen – vor allem Kupfer-Zinklegierungen –, die unter Eigenspannungen stehen, können bei gleichzeitiger Gegenwart von Ammoniak, Wasser und Sauerstoff – oft ohne Bildung sichtbarer Korrosionsprodukte – Risse entstehen. Diese Art der Korrosion wird nach DIN 50 900 Teil 1 als Spannungskorrosion bezeichnet.

2 Zweck und Anwendungsbereich

In der vorliegenden Norm wird die Prüfung von Kupferwerkstoffen durch Ammoniak oder alternativ durch stark ammoniakalische Kupfertetramminkomplex-Lösung beschrieben. Diese Versuche dienen zur Feststellung von Spannungszuständen, die zur Spannungsrißkorrosion führen können.

Die bisherigen Untersuchungen haben offengelassen, welchem der beiden Verfahren der Vorzug zu geben ist und ob die Ergebnisse aus beiden Versuchen miteinander identisch oder vergleichbar sind. Die Art des Prüfverfahrens ist daher von Fall zu Fall zu vereinbaren.

Der Anwendungsbereich dieser Norm ist in den Technischen Lieferungsbedingungen für Halbzeug aus Kupferknetlegierungen festgelegt oder muß vereinbart werden. Für die Prüfung von Bauteilen ist eine Norm in Vorbereitung.

Anmerkung: Dem gleichen Zweck dient der Quecksilbernitratsversuch nach DIN 50 911. Der Quecksilbernitratsversuch zeigt nur höhere Spannungen an, während die Versuche mit Ammoniak bereits beim Vorliegen geringerer Spannungen zum Aufreißen der Proben führen.

3 Proben und Probenvorbereitung

3.1 Probenform

Die Prüfung wird an Abschnitten des zu untersuchenden Halbzeugs durchgeführt, die z. B. durch Zersägen hergestellt werden.

3.2 Probenahme

Falls in den Technischen Lieferbedingungen keine Angaben über die Probenahme und Probenanzahl gemacht sind, ist eine entsprechende Vereinbarung zu treffen.

3.3 Probenvorbehandlung

Eine Verformung darf nur soweit erfolgen, wie sie zur Probenherstellung erforderlich ist. Bei der Prüfung auf

einen kritischen Eigenspannungszustand ist eine zusätzliche Verformung des Probenstückes, z. B. durch Einspannen, Richten oder Einschlagen von Kennzeichen, nicht zulässig. Sichtbare Oxidschichten auf den Proben sind durch Beizen in 10%iger Schwefelsäure und anschließendes Spülen zu entfernen. Metallisch blanke Proben sind zu entfetten. Die Proben müssen vor dem Einsetzen trocken sein.

4 Reagenzien und Prüflösungen

Zum Ansetzen der Prüflösungen sind Reagenzien mit dem Reinheitsgrad „zur Analyse“ und destilliertes oder vollentsalztes Wasser (Deionat) zu verwenden.

4.1 Prüflösungen für den Ammoniakversuch

Ammoniaklösung, 25%ig, wird mit Wasser im Volumenverhältnis 1 + 1 verdünnt. (Dichte $\rho_{20} = 0,946$ bis $0,950 \text{ g/cm}^3$)

4.2 Prüflösung für den Kupfertetramminversuch

5,0 g Kupferpulver (elektrolytisch hergestellt) werden in 1 l Ammoniaklösung (12,5%ig, Dichte $\rho_{20} = 0,948 \text{ g/cm}^3$) gegeben, die sich in einer Glasflasche mit Stopfen befindet. Nach vorsichtigem Zufügen von 10 ml Wasserstoffperoxid, 30%ig, wird der Stopfen lose aufgesetzt und die Flasche bei Raumtemperatur stehengelassen. Von Zeit zu Zeit wird kurz geschüttelt, und nach etwa 6 Stunden werden nochmals 10 ml Wasserstoffperoxid zugegeben. Nach weiteren rund 12 Stunden Stehzeit und kurzem Schütteln ist die Lösung gebrauchsfertig. Die Dichte wird vor der Verwendung nochmals geprüft und gegebenenfalls durch Zusatz von konzentrierter Ammoniaklösung korrigiert.

4.3 Schwefelsäure, etwa 10%ig

4.4 Salpetersäure, etwa 30%ig

5 Geräte

Auflage oder Aufhängevorrichtungen für die Proben aus Glas oder Porzellan

Lupe oder Stereomikroskop mit 6- bis 10facher Vergrößerung

Prüfgefäße. Es sind abgedeckte Glasgefäße, z. B. Exsikkatoren oder Wannen mit ähnlichen Abmessungsverhältnissen zu verwenden. Es ist dafür zu sorgen, daß auch nach dem Abdecken des Gefäßes ein Druckausgleich mit der Umgebung möglich ist.

Fortsetzung Seite 2
 Erläuterungen Seite 2

Fachnormenausschuß Materialprüfung (FNM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

6 Versuchsdurchführung

6.1 Ammoniakversuch

6.1.1 Die nach Abschnitt 4.1 hergestellte Prüflösung wird in das Prüfgefäß eingefüllt, wobei ein Verhältnis Prüfraum zu Volumen der Prüflösung von etwa 20 : 1 bis 10 : 1 einzuhalten ist. Die Proben sind so in das Gefäß einzubringen, daß der Dampf ungehindert einwirken kann. Die Proben dürfen nicht in die Prüflösung eintauchen und dürfen sich nicht berühren. Auflage oder Aufhängevorrichtungen müssen aus Glas oder Porzellan bestehen.

Die Gesamtanzahl der Proben, die gleichzeitig der Prüfung in einem bestimmten Prüfgefäß unterzogen werden können, hängt von der Größe des Gefäßes ab und hat keinen Einfluß auf das Prüfergebnis. Die Prüflösung kann wieder verwendet werden, solange die Dichte ρ_{20} zwischen 0,946 bis 0,950 g/cm³ liegt.

6.1.2 Die Prüfung wird bei 18 bis 28 °C durchgeführt, wobei die Temperaturschwankungen während eines Versuches möglichst gering sein sollen. Die Versuchsdauer beträgt 24 Stunden.

6.2 Kupfertetramminversuch

6.2.1 Für den Kupfertetramminversuch ist die Menge der Prüflösung nach Abschnitt 4.2 so zu wählen, daß das Verhältnis zur Probenoberfläche abweichend von DIN 50 905 Teil 1 mindestens 1 ml/cm² beträgt.

Die Proben werden vollständig in die Lösung getaucht und dürfen sich nicht berühren. Das Versuchsgefäß ist abzudecken. Die Auflage- oder Aufhängevorrichtungen müs-

sen aus Glas oder Porzellan bestehen. Die Prüflösung darf nur einmal verwendet werden.

6.2.2 Die Prüfung wird bei 18 bis 28 °C durchgeführt. Die Versuchsdauer beträgt 24 Stunden.

7 Auswertung des Ammoniak- und Kupfertetramminversuches

Die Proben werden nach Ablauf der Versuchsdauer in Schwefelsäure (etwa 10%ig) oder Salpetersäure (etwa 30%ig) 30 bis 60 Sekunden lang bei Raumtemperatur gebeizt und visuell mit Hilfe einer Lupe oder eines Stereomikroskops bei 6- bis 10facher Vergrößerung auf Risse geprüft. Eine Verformung vor dieser Beurteilung ist nicht zulässig. Risse in der Nähe von Sägeschnitten dürfen nicht gewertet werden.

8 Prüfbericht

Im Prüfbericht ist unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

Art und Bezeichnung des Probenwerkstoffs

Probenform und gegebenenfalls Probenahme

Anzahl der Proben

Prüflösung

Befund der visuellen Rißprüfung

Gegebenenfalls Abweichungen von dieser Norm

Prüfdatum

Erläuterungen

Diese Norm ist vom Arbeitsausschuß D 5 „Korrosion und Korrosionsschutz“ ausgearbeitet worden.

Die Norm behandelt Prüfverfahren, die bisher nur in DIN 1785 erwähnt wurden.

Die Prüfung ist vor allem als Abnahmeprüfung für Halbzeuge gedacht. Auf Wunsch des Fachnormenausschusses Nichteisenmetalle (FNNE) sollte hierfür eine eigene Prüfnorm geschaffen werden. Für die Prüfung von Bauteilen durch den Spannungsrißkorrosionsversuch in Ammoniak ist ein Folgeteil zu DIN 50 916 Teil 1 in Vorbereitung.

Prüfung von Kupferlegierungen
Spannungsrißkorrosionsprüfung mit Ammoniak
 Prüfung von Bauteilen

DIN
50 916
 Teil 2

Testing of copper alloys; stress corrosion cracking test using ammonia; testing of components

Essai des alliages du cuivre; essai de corrosion sous tension dans l'ammoniaque; essai des pièces de construction

1 Allgemeines

An Bauteilen aus Kupferlegierungen – vor allem aus Kupfer-Zink-Legierungen – die unter Zugspannungen stehen, können bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ammoniak, Wasser bzw. Wasserdampf und Sauerstoff – oft ohne Bildung sichtbarer Korrosionsprodukte – Risse entstehen. Diese Art der Korrosion wird nach DIN 50 900 Teil 1 als Spannungsrißkorrosion bezeichnet.

2 Zweck

In der vorliegenden Norm wird die Prüfung von Bauteilen aus Kupferlegierungen, vor allem Kupfer-Zink-Legierungen, in feuchtem Ammoniakdampf beschrieben. Sie dient zur Feststellung von Spannungszuständen, die zu einer Spannungsrißkorrosion führen können. Darüber hinaus können mit Hilfe dieser Prüfung folgende Fragen geklärt werden:

- Vergleich verschiedener Kupferlegierungen als Bauteilwerkstoffe in bezug auf ihre Anfälligkeit für Spannungsrißkorrosion.
- Schutzwirkung eventuell vorhandener Überzüge oder anderer Maßnahmen zum Schutz von gefährdeten Bauteilen gegen Spannungsrißkorrosion.

3 Geräte

Für die Prüfung sind verschleißbare Glasgefäße zu verwenden. Dies können z. B. Exsikkatorgefäße oder einfache Glaswannen mit Schliff Rand und Deckel sein. Das Gefäßvolumen sollte mindestens 10 Liter betragen. Es ist ein bestimmtes Verhältnis Prüfraum: Volumen der Prüflösung einzuhalten (20 : 1 bis 10 : 1), z. B. sind bei einem Prüfgefäß von 10 Liter Inhalt 0,5 bis 1 l Prüflösung zu verwenden.

4 Prüflösung

Es sind zur Prüfung nach dieser Norm zwei Lösungen festgelegt, die wahlweise verwendet werden können.

Es handelt sich um gepufferte Lösungen aus Ammoniumchlorid und Natriumhydroxid mit den pH-Werten 9

(Lösung B) oder 10 (Lösung A) [1]. Die Prüfung wird im Dampfraum über diesen Lösungen durchgeführt.

Üblicherweise ist die Lösung A (pH = 10) anzuwenden. Die Lösung B (pH = 9) sollte nur in solchen Ausnahmefällen verwendet werden, in denen die Lösung A wegen ihrer Korrosivität zu wenig differenzierte Ergebnisse liefert.

Ansatz der Prüflösungen

Herstellung von 1 Liter dieser Lösung: 107 g Ammoniumchlorid (NH_4Cl p.a.) in etwa 0,75 l destilliertem oder vollentsalztem Wasser auflösen und so viel 30%ige Natronlauge (hergestellt aus NaOH p.a. und destilliertem oder vollentsalztem Wasser), zugeben, bis bei 22 °C der pH-Wert 10 bzw. pH-Wert 9 erreicht wird. Für abweichende Temperaturen sind die entsprechenden pH-Werte nach Tabelle 1 einzustellen.

Tabelle 1.

Temperatur °C	Lösung A pH-Wert	Lösung B pH-Wert
22 ± 1	10,0 ± 0,1	9,0
25 ± 1	9,9 ± 0,1	8,9
27 ± 1	9,8 ± 0,1	8,8
30 ± 1	9,7 ± 0,1	8,7

Nach der pH-Wert-Einstellung wird mit destilliertem oder vollentsalztem Wasser auf 1 Liter aufgefüllt. Der pH-Wert ändert sich dabei nicht mehr.

Die Temperatur ist in jedem Fall während der pH-Einstellung – gegebenenfalls mittels eines Thermostaten – auf ± 1 °C konstant zu halten. Die pH-Messung erfolgt mit Hilfe eines Gerätes, das eine Einstellung des pH-Wertes auf ± 0,02 zuläßt (Glaselektrode).

Die Prüflösungen können längere Zeit verwendet werden, doch sollte der pH-Wert, der ein Maß für die Ammoniakkonzentration im Dampfraum darstellt, mindestens alle 3 Wochen überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

Fortsetzung Seite 2 und 3

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

5 Proben

5.1 Art

Als Proben dienen Bauteile aus Kupferlegierungen, z. B. Klemmen, Zahnräder, Ritzel, Schrauben, Schalthebel, Stanzbiegeteile oder tiefgezogene Teile. Die Proben sollen unter den auch in der Praxis vorkommenden Spannungsbedingungen, also entweder für sich oder in Verbindung mit anderen Bauteilen, im fertigmontierten Zustand, eventuell auch als ganzes Gerät, geprüft werden.

Die Bauteile können aus Halbzeug, z. B. Blech, hergestellt sein oder als Gußteile bzw. als Schmiedestücke vorliegen.

5.2 Anzahl

Die Anzahl der Proben, die gleichzeitig in einem Prüfgefäß geprüft werden können, hängt von der Größe des Gefäßes bzw. der Proben ab und hat keinen Einfluß auf das Prüfergebnis.

Wegen der unvermeidlichen Streuung sollen, wenn nicht anders vereinbart, mindestens 6 Parallelproben verwendet werden.

5.3 Vorbehandlung

Die Proben werden vor der Ammoniakprüfung entfettet. Falls danach noch eine Handhabung der Bauteile (Endmontage) erforderlich ist, dann ist diese so durchzuführen, daß eine erneute Befettung vermieden wird.

6 Prüfdauer

Für die beiden Prüflösungen sind folgende Prüfdauern anzuwenden:

Tabelle 2.

Lösung A	Lösung B
Prüfdauer	
4 h	16 h
8 h	24 h
16 h	2 d
24 h	4 d
2 d	7 d
4 d	14 d
7 d	28 d

7 Durchführung

7.1 Verfahren I

Die Proben sind so in das Prüfgefäß einzubringen – am besten zu hängen –, daß der Ammoniakdampf ungehindert einwirken kann. Die Proben dürfen nicht in die Prüflösung eintauchen oder sich gegenseitig berühren. Auflage- oder Aufhängevorrichtungen müssen aus Werkstoffen bestehen, die von Ammoniakdampf nicht angegriffen werden, z. B. Glas oder Porzellan.

Die Prüfung erfolgt bei konstanter Temperatur von $(30 \pm 1) ^\circ\text{C}$, um eine durch Temperaturschwankungen hervorgerufene sichtbare Kondenswasserbildung, die das Prüfergebnis stark verfälschen könnte, auszuschließen.

Vor Beginn der Prüfung muß das Prüfgefäß mit der Prüflösung auf die Temperatur von $(30 \pm 1) ^\circ\text{C}$ gebracht werden. Danach wird das Prüfgefäß möglichst rasch mit den auf $30 ^\circ\text{C}$ vorgewärmten Proben beschickt und geschlossen. In diesem Augenblick beginnt die Prüfung.

7.2 Verfahren II

Die Prüfung erfolgt bei einer gewählten Temperatur, die auf $\pm 2 ^\circ\text{C}$ konstant zu halten ist. Bei der Wahl der Temperatur ist sicherzustellen, daß keine sichtbare Kondensatbildung an der Probe auftritt.

Im übrigen wird wie bei Verfahren I vorgegangen.

Das Verfahren II ist für eine vergleichende Werkstoffprüfung vorgesehen.

7.3 Beurteilung

Nach den angegebenen Prüfdauern werden die Proben für kurze Zeit aus dem Prüfgefäß entnommen und unter einem Stereomikroskop bei 6- bis 10facher Vergrößerung auf Risse untersucht. Als Ende der Prüfung für eine bestimmte Probe gilt der Zeitpunkt des ersten Anrisses. Nach jeder Beurteilung müssen die noch intakten Proben zunächst auf Prüftemperatur erwärmt werden, bevor sie wieder in das Prüfgefäß gebracht werden.

8 Auswertung

Aus den Lebensdauerwerten sämtlicher Proben derselben Art wird der Median, das ist der mittlere Einzelwert, als Repräsentativwert ermittelt. Außerdem wird der Größt- und der Kleinstwert der Lebensdauer festgehalten. Das Ergebnis der Prüfung kann dann als „relative Lebensdauer“ in bezug auf eine Vergleichsprobe angegeben werden.

9 Prüfbericht

Im Prüfbericht ist unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

- Art und Bezeichnung des Probenwerkstoffes
- Art der Probe, gegebenenfalls Angaben über Zusammenbau mit anderen Bauteilen (Endmontage)
- Anzahl der Proben
- Prüflösung
- Gewähltes Prüfverfahren, gegebenenfalls Prüftemperatur
- Befund der visuellen Rißprüfung (Lebensdauer, Median, gegebenenfalls relative Lebensdauer, Größt- und Kleinstwert der Lebensdauer)
- Gegebenenfalls Abweichungen von dieser Norm
- Prüfdatum.

Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 50 900 Teil 1 Korrosion der Metalle; Begriffe; Allgemeine Begriffe

[1] F. Aebi, Zeitschrift Metallkunde 49 (1958) S. 63/68

Erläuterungen

Die Norm wurde vom Arbeitsausschuß NMP 171 „Korrosion und Korrosionsschutz“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) ausgearbeitet.

Die Gefahr von Spannungsrißkorrosion hängt unter sonst gleichen Umständen besonders von der Höhe der Ammoniakkonzentration ab, die örtlich z. B. im Inneren von Gehäusen, welche NH_3 -abgebende Kunststoffe (z. B. Phenolharz, Melaminharz) enthalten, stark erhöht sein kann.

Z. B. wurden gemessen

Tabelle 3.

Ort		Massenkonzentration
Freie Atmosphäre		bis $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Geschlossenes Preßstoffgehäuse (Phenolharz)	bei 20°C	$1\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$ (nach 30 Tagen)
	bei 70°C	$5\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$ (nach 4 Tagen)
Bei Prüfung über Lösung A	bei 30°C	$29\,500 \text{ mg}/\text{m}^3$
Bei Prüfung über Lösung B	bei 30°C	$5\,500 \text{ mg}/\text{m}^3$

Internationale Patentklassifikation

G 01 M 13/00

G 01 N 17/00

DIN 50918

ICS 77.060

Ersatz für
DIN 50918:1978-06**Korrosion der Metalle —
Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen**Corrosion of metals —
Electrochemical corrosion testsCorrosion des métaux —
Essais de corrosion électrochimique

Gesamtumfang 15 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)



Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Anforderungen an Prüfgeräte und Elektroden	5
4.1 Spannungsmessgeräte	5
4.2 Strommessgeräte	5
4.3 Potentiostaten	5
4.4 Null-Widerstands-Strommessgerät	6
4.5 Elektroden	6
4.6 Faraday-Käfig	7
5 Messanordnungen und Untersuchungsverfahren	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Schaltungen für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen ohne äußere Ströme	7
5.2.1 Außenstromlose Potentialmessungen	7
5.2.2 Außenstromlose Strommessungen	8
5.3 Schaltungen für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen mit äußerer Stromquelle (Polarisationsmessungen)	9
5.3.1 Allgemeines	9
5.3.2 Elektrische Polarisierungsschaltung	9
5.3.3 Elektrische Polarisierungsschaltung mit Potentiostaten	10
5.4 Untersuchungsverfahren	11
5.4.1 Allgemeines	11
5.4.2 Statische Versuche (Halteversuche)	11
5.4.3 Dynamische Versuche	12
5.4.4 Versuche mit dynamisch wechselnder Polarisation	13
Anhang A (informativ) Wichtige Kenngrößen von Potentiostaten, typische Spezifikationen und Sonderspezifikationen	14
Literaturhinweise	15

Bilder

Bild 1 — Anordnung zur Messung von Elektrodenpotentialen ohne äußeren Stromfluss	8
Bild 2 — Anordnung zur Messung von Strömen in einem galvanischen Element	9
Bild 3 — Elektrochemische Korrosionsuntersuchung mit äußerer Stromquelle	10
Bild 4 — Elektrochemische Korrosionsuntersuchung mit Potentiostat	11

Tabellen

Tabelle 1 — Messverfahren für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen	7
Tabelle A.1 — Kenngrößen und Spezifikation von Potentiostaten	14

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-01-77 AA „Korrosionsprüfverfahren“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erarbeitet.

Die Anwendbarkeit und die Grenzen der Aussagefähigkeit elektrochemischer Korrosionsuntersuchungen sind von der Korrosionsart und von den beteiligten Reaktionspartnern abhängig. Anwendung und Auswertungen setzen einschlägige Kenntnisse und Erfahrungen voraus, die nicht normungsfähig sind.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 50918:1978-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorwort überarbeitet;
- b) Abschnitt 1 „Anwendungsbereich“ angepasst;
- c) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ aktualisiert;
- d) Abschnitt 3 „Begriffe“ hinzugefügt
- e) Abschnitt 4 „Anforderungen an Prüfgeräte und Elektroden“ hinzugefügt;
- f) ehemaliger Abschnitt 3 aktualisiert und inhaltlich entsprechend in Abschnitt 5 „Messanordnungen und Untersuchungsverfahren“ verschoben;
- g) Galvanometerschaltung (ehemals 3.3.1.1), Potentiometerschaltung (ehemals 3.3.1.2), galvanostatische Polarisierungsschaltung (ehemals 3.3.1.3), Polarisierungsschaltung mit konstanter Zellspannung (ehemals 3.3.1.4), galvanostatische Polarisierungsschaltung (ehemals 3.3.1.5.1), potentiostatische Polarisierungsschaltung (ehemals 3.3.1.5.2), Polarisierungsschaltung mit einem Potentiostaten und einem beliebigen Innenwiderstand (ehemals 3.3.1.5.3), galvanostatischer Einschalt-, Ausschalt-, Umschaltversuch (ehemals 3.3.2.2.1) und potentiostatischer Ein- bzw. Umschaltversuch (ehemals 3.3.2.2.2) sind entfallen;
- h) Anhang A „Die wichtigsten Kenngrößen von Potentiostaten und typische Wertebereiche zur Übersicht“ ergänzt;
- i) gesamtes Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 50918: 1978-06

1 Anwendungsbereich

Bei Korrosionsuntersuchungen nach DIN 50905-1 bis DIN 50905-4 werden in der Regel Proben bestimmter Maße und vorgegebener Oberflächenbeschaffenheit einem korrosiven Mittel unter definierten Bedingungen ausgesetzt. Das Korrosionsverhalten wird aus den Massenverlusten und/oder anderen messbaren Veränderungen ermittelt.

Bei elektrochemischen Korrosionsuntersuchungen werden zusätzlich elektrochemische Kenndaten gemessen und/oder vorgegeben. Die Ziele der elektrochemischen Korrosionsuntersuchungen sind vornehmlich:

- a) die Untersuchung der Potentialabhängigkeit von Korrosionsreaktionen unter elektrochemisch definierten Bedingungen;
- b) die Ermittlung von Art und Geschwindigkeit der Korrosion und ihrer Teilreaktionen in Abhängigkeit von elektrochemischen Größen;
- c) die Aufklärung von Reaktionsmechanismen der elektrochemischen Korrosion;
- d) Ermittlung von elektrochemischen Kenngrößen, wie Potentiale, Ströme und Widerstände, in praxisnahen Systemen, zur Feststellung, ob eine erhöhte Korrosionswahrscheinlichkeit vorliegt oder ob bestimmte Maßnahmen für den Korrosionsschutz geeignet sind.

Für die Durchführung der hierzu notwendigen elektrochemischen Messungen gibt es verschiedene Verfahren, die in diesem Dokument beschrieben werden. Für die Probenherstellung und für die Auswertung der nicht-elektrochemischen Messgrößen gelten die gleichen Hinweise wie für die chemischen Korrosionsuntersuchungen (siehe DIN 50905-1 bis DIN 50905-4). Zwischen chemischen und elektrochemischen Korrosionsuntersuchungen können grundsätzliche Unterschiede bestehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei chemischen Untersuchungen das freie Korrosionspotential der Probe im Allgemeinen nicht konstant ist, d. h. es kann je nach Art und Ablauf der bei der Korrosion beteiligten Elektrodenreaktionen zeitliche Änderungen erfahren. Im Gegensatz dazu wird z. B. bei potentiostatischen Untersuchungen das Potential gezielt konstant gehalten.

Durch Bildung von Korrosionselementen und/oder durch Einwirken äußerer Gleichströme werden Art und Geschwindigkeit von Korrosionsreaktionen beeinflusst. Dies ist sowohl für die Beurteilung einer Korrosionsgefährdung als auch für die Anwendung von Korrosionsschutzverfahren wichtig. Über die Abhängigkeit geben elektrochemische Korrosionsuntersuchungen Auskunft.

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).

DIN 50905-1, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Teil 1: Grundsätze*

DIN 50905-2, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Korrosionsgrößen bei gleichmäßiger Flächenkorrosion*

DIN 50905-3, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger Korrosion und örtlicher Korrosion ohne mechanische Belastung*

DIN 50905-4, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Teil 4: Durchführung von chemischen Korrosionsversuchen ohne mechanische Belastung in Flüssigkeiten im Laboratorium*

DIN 50919, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen der Bimetallkorrosion in Elektrolytlösungen*

DIN EN ISO 8044:2015-12, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe (ISO 8044:2015); Dreisprachige Fassung EN ISO 8044:2015*

DIN EN ISO 16773-1, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben — Teil 1: Begriffe*

DIN EN ISO 16773-2, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben — Teil 2: Datenerfassung*

DIN EN ISO 16773-3, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben — Teil 3: Verarbeitung und Analyse von Daten von Testschaltkreisen*

DIN EN ISO 16773-4, *Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) an beschichteten und unbeschichteten metallischen Proben — Teil 4: Beispiele für Spektren von polymerbeschichteten und unbeschichteten Proben*

DIN EN ISO 17475:2008-07, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Elektrochemische Prüfverfahren — Leitfaden für die Durchführung potentiostatischer und potentiodynamischer Polarisationsmessungen (ISO 17475:2005+Cor. 1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17475:2008*

ISO 17474:2012, *Corrosion of metals and alloys — Conventions applicable to electrochemical measurements in corrosion testing*

ISO/TR 16208, *Corrosion of metals and alloys — Test method for corrosion of materials by electrochemical impedance measurements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 8044.

4 Anforderungen an Prüfgeräte und Elektroden

4.1 Spannungsmessgeräte

Das verwendete Gerät sollte einen hohen Eingangswiderstand in der Größenordnung von $10^{11} \Omega$ bis $10^{14} \Omega$ haben, um den Strom, der dem System während der Messung entzogen wird, zu reduzieren und eine Polarisation der Bezugselektrode zu minimieren. Empfindlichkeit und Genauigkeit des Geräts sollten ausreichend sein, um Änderungen von 1,0 mV nachzuweisen.

4.2 Strommessgeräte

Es sind geeignete Strommessgeräte anzuwenden, die Messungen ermöglichen, deren größter Fehler 0,5 % des Messbereichsendwertes beträgt. Es sind Strommessgeräte zu verwenden, die mindestens über einen Messbereichsumfang von 1 μA bis 100 mA verfügen.

4.3 Potentiostaten

Der verwendete Potentiostat sollte das Elektrodenpotential so regeln können, dass ein zuvor eingestellter Wert mit einer maximalen Abweichung von $\pm 1 \text{ mV}$ eingehalten wird. Der verwendete Potentiostat sollte einen Potentialbereich von mindestens $\pm 2 \text{ V}$ regeln können. Die Gegenelektrodenspannung sollte mindestens $\pm 5 \text{ V}$ betragen.

Eine höhere Gegenelektrodenspannung (en: compliance voltage) ist erforderlich, um den bei Stromfluss auftretenden ohmschen Spannungsabfall ($U = R \times I$) zwischen Arbeits- und Gegenelektrode kompensieren zu können.

Für potentiodynamische Messungen wird ein Potentiostat mit automatischem Potentialvorschub verwendet. Für diese Messung muss der Potentiostat in der Lage sein, das Potential automatisch mit konstanter Geschwin-

digkeit in dem voreingestellten Potentialbereich zu verschieben. Der Potentiostat sollte dabei langsame Vor-schubgeschwindigkeiten und kleine Potentialstufen erlauben. Die einstellbaren minimalen Raten sollten kleiner 1 mV/s und die Potentialstufen kleiner 100 μ V sein.

Je nach Betriebsmodus können Potentiostaten auch als Galvanostaten betrieben werden. Zur Vereinfachung werden diese Geräte im weiteren Verlauf Potentiostaten genannt.

4.4 Null-Widerstands-Strommessgerät

Für außenstromlose Strommessung wird ein Null-Widerstands-Strommessgerät (Null-Widerstands-Amperemeter) (en: Zero Resistance Ammeter, ZRA) verwendet. Der Stromfluss zwischen zwei Arbeitselektroden, die auf das gleiche Potential geführt werden, wird gemessen. Es sind unterschiedliche elektronische Verschaltungen zur Ausführung dieser Messungen möglich. Das Null-Widerstands-Strommessgerät sorgt dafür, dass die Proben virtuell kurzgeschlossen werden und der Strom dabei gemessen wird. Hierzu wird das Potential der beiden Elektroden auf denselben Wert eingeregelt, die Abweichung sollte dabei kleiner als ± 2 mV sein. Der Offset-Strom des verwendeten Eingangsverstärkers sollte typischerweise bei maximal ± 10 pA liegen.

4.5 Elektroden

Die Arbeitselektrode (AE) wird aus dem zu untersuchenden Werkstoff im Allgemeinen als Stab- oder Blechmaterial hergestellt. Hinsichtlich der Probenvorbereitung und der Halterung der Elektroden gelten die Vorgaben nach DIN EN ISO 17475.

Als Gegenelektrode (GE) wird ein inerter Werkstoff, z. B. hochreines Platin, verwendet. Die Gegenelektrode darf in Form eines Stabes, eines Bleches oder als Netz vorliegen. Bei der Verwendung von Graphit als Gegenelektrode ist darauf zu achten, dass Verunreinigungen vermieden werden. Möglicherweise ist vor Gebrauch eine Desorption von im Graphit zurückgehaltenen Komponenten notwendig. Die Gegenelektroden müssen frei von allen Produkten sein, die eine Verunreinigung des Elektrolyts verursachen könnten.

Es ist ein Verhältnis von Arbeitselektrodenfläche zu Gegenelektrodenfläche von mindestens 1 : 1 anzustreben. Bei einer kleineren Gegenelektrodenfläche muss nachgewiesen werden, dass diese keinen Einfluss auf die Teilreaktionen des Korrosionsprozesses hat. Ein Verhältnis zwischen dem Elektrolytvolumen und der Arbeitselektrodenfläche von 10 ml/cm² wird empfohlen.

Ein Flächenverhältnis von Arbeitselektrode zu Gegenelektrode von 1 : 10 ist empfehlenswert, da hiermit eine mögliche Beeinflussung der Messungen infolge einer inhomogenen Feldlinienverteilung deutlich minimiert werden kann.

Die durch elektrochemische Reaktionen bedingte Veränderung der Ionenkonzentration vor den Elektroden muss beachtet werden. Ist sie für die Messung unerwünscht, muss für eine ausreichende Elektrolytbewegung, z. B. durch Rühren, gesorgt werden.

Die Art der zu verwendenden Bezugslektrode (BE) hängt von der jeweiligen Anwendung ab und ist in Abhängigkeit der Temperatur und dem Korrosionsmedium auszuwählen. Hierbei ist zu beachten, dass durch Diffusionsprozesse unerwünschte Anionen aus der Bezugslektrode (z. B. Chloride) in das Medium eingetragen werden können. Gegebenenfalls ist die BE von dem Messelektrolyten durch eine Elektrolytbrücke zu trennen. In Laboranwendungen werden in der Regel gesättigte Kalomel-Elektroden oder Silber/Silberchlorid-Elektroden verwendet. Für alkalische Elektrolyte sollten Quecksilber/Quecksilberoxid-Elektroden verwendet werden. Die Potentiale der gebräuchlichsten Elektroden bei 25 °C in Bezug zur Normalwasserstoffelektrode bei 25 °C werden nach ISO 17474:2012, Anhang A, angegeben. Das Potential der Bezugslektroden sollte regelmäßig auf seine Korrektheit geprüft werden. Dazu kann die Potentialdifferenz außenstromlos gegen eine Normalwasserstoffelektrode (NHE), eine Reversible Wasserstoffelektrode (RHE) oder eine geeignete Masterelektrode gemessen werden.

4.6 Faraday-Käfig

Bei Messungen kleiner Ströme, wie sie bei passiven Proben und hochohmigen Elektrolyten auftreten können, kann es je nach Laborsituation notwendig sein, die Messungen zur Vermeidung der Einkopplung von elektromagnetischen Störungen in einem Faradayschen Käfig durchzuführen. Der Faradaysche Käfig wird üblicherweise mit der Masse oder schwebenden Masse des Potentiostaten und/oder mit einem geeigneten Erdungspunkt im Labor verbunden.

5 Messanordnungen und Untersuchungsverfahren

5.1 Allgemeines

Elektrochemische Untersuchungen von Korrosionsvorgängen erfolgen durch Potential- und Strommessungen mit und ohne äußere Stromquellen. Die Messverfahren, die bei Korrosionsuntersuchungen eine große Bedeutung haben, sind in Tabelle 1 zusammen mit den jeweiligen zu messenden Größen und deren Messbedingungen wiedergegeben.

Tabelle 1 — Messverfahren für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen

Messverfahren	Messgröße	Bedingungen
Außenstromlose Potentialmessung	$E = f(t)$	$I = 0$
Außenstromlose Strommessung (Messung des Kurzschlussstroms)	$I = f(t)$	$\Delta E = 0$
Potentiostatische Messung	$I = f(t)$	$E = \text{const.}$
Potentiodynamische Messung	$I = f(E)$	$E = f(t)$
Galvanostatische Messung	$E = f(t)$	$I = \text{const.}$
Galvanodynamische Messung	$E = f(I)$	$I = f(t)$
elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS)	$Z = f(E, \omega)$	$E = E_0 \sin(\omega t)$

5.2 Schaltungen für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen ohne äußere Ströme

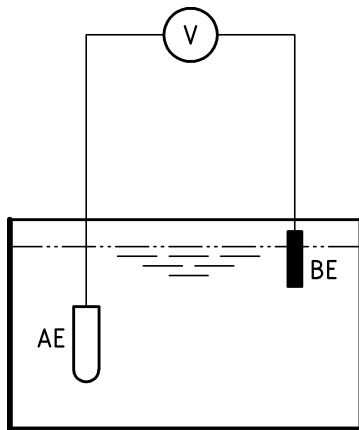
5.2.1 Außenstromlose Potentialmessungen

Das Elektrodenpotential wird gegen eine Bezugs elektrode mit einem Spannungsmessgerät gemessen, welches über einen hohen Eingangswiderstand verfügt. Üblicherweise werden Messgeräte mit eingebauten Messverstärkern verwendet. An homogenen Mischelektroden ohne äußerem Stromfluss ist die Anordnung der Bezugselektrode zur Messelektrode ohne Einfluss auf das Messergebnis (siehe Bild 1 a). Bei heterogenen Mischelektroden ist zur Erfassung der Potentiale örtlicher Oberflächenbereiche eine Kapillare (Haber-Luggin-Kapillare) erforderlich (siehe Bild 1 b).

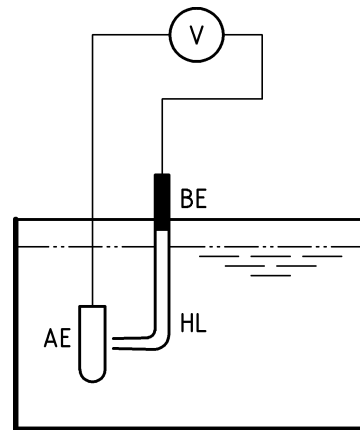
Die Bezugs elektrode ist in Medien mit sehr geringer elektrischer Leitfähigkeit nahe an der Probenoberfläche zu positionieren, ohne diese elektrisch abzuschirmen. Dies kann durch eine geeignete Anordnung, speziell geformte Bezugs elektroden oder mit Hilfe einer Kapillare erreicht werden. Hierdurch wird ein Ohmscher Spannungsabfall im Elektrolyt, der das Messergebnis verfälschen würde, kleingehalten oder nahezu vermieden. Alternativ kann der vorhandene Spannungsabfall durch geeignete Kompensationsverfahren z. B. durch Messen des Ausschaltpotentials oder durch Anwendung einer Unterbrechermethode [1] minimiert werden.

Der Außendurchmesser der Kapillare sollte nicht größer sein als der doppelte Abstand der Kapillare von der Elektrodenoberfläche, um Messfehler z. B. in Elektrolyten mit geringer spezifischer Leitfähigkeit möglichst

klein zu halten. Bei Versuchen in elektrochemischen Zellen sind die Proben so vorzubereiten, dass eine definierte Fläche in den Elektrolyt eintaucht, um bei fließendem Strom die Stromdichte ermitteln zu können. Spalte müssen vermieden werden. Anschlüsse sind so anzuordnen und zu isolieren, dass keine die Messungen störenden Metallpaarungen gegeben sind.



a) Messanordnung ohne Haber-Luggin-Kapillare



b) Messanordnung mit Haber-Luggin-Kapillare

Legende

AE Arbeitselektrode

BE Bezugselektrode

HL Haber-Luggin-Kapillare

V hochohmiges Spannungsmessgerät

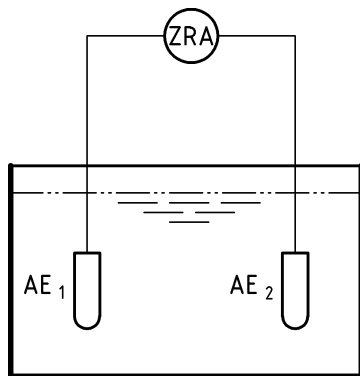
Bild 1 — Anordnung zur Messung von Elektrodenpotentialen ohne äußeren Stromfluss

5.2.2 Außenstromlose Strommessungen

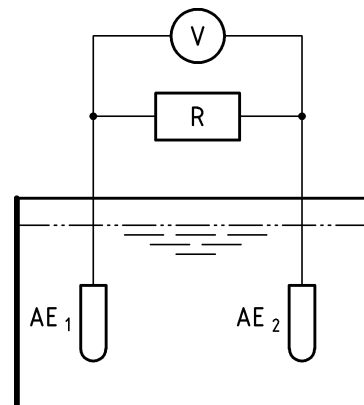
Bei der Messung von Strömen, insbesondere von Kurzschlussströmen in einem galvanischen Element, ist darauf zu achten, dass der Innenwiderstand des Messgerätes so weit herabzusetzen ist, bis kein wesentlicher Einfluss auf den Messwert festzustellen ist.

Zur Messung der Kurzschlussströme von Korrosionselementen können sowohl Null-Widerstands-Strommessgerät (ZRA) (siehe Bild 2 a) eingesetzt werden als auch empfindliche Spannungsmessgeräte mit hohem Eingangswiderstand, die den Spannungsabfall über einen entsprechend niedrigen Messwiderstand (Shuntwiderstand) erfassen (siehe Bild 2 b). Typischerweise werden hierfür Shuntwiderstände mit $10\ \Omega$ mit einer Toleranz von $\pm 1\ %$ eingesetzt. In der Regel werden für beide Verfahren Messgeräte mit eingebauten Messverstärkern verwendet. Alternativ kann der direkte Kurzschluss zwischen den Elektroden mit Stromwandlermodulen, welche die hochauflösende Messung von Kurzschlussströmen ermöglichen, durchgeführt werden.

Bei Kenntnis der Flächenverhältnisse der Anodenbereiche und Kathodenbereiche sowie der sie umgebenden Elektrolyte in der praktischen Anwendung, kann durch Messen des Kurzschlussstromes in einem Laborversuch mit Anode und Kathode die Wirksamkeit von Korrosionselementen eingeschätzt werden. Eine detaillierte Beschreibung zum Messaufbau sowie der Berechnungsgrundlagen sind in DIN 50919 zu finden.



a) mit Null-Widerstands-Strommessgerät (ZRA)



b) mit Spannungsmessgerät über einen Messwiderstand (Shunt)

Legende

- AE_{1,2} Arbeitselektroden
 ZRA Null-Widerstands-Strommessgerät (en: Zero Resistance Ammeter)
 V Spannungsmessgerät
 R Messwiderstand (Shunt)

Bild 2 — Anordnung zur Messung von Strömen in einem galvanischen Element

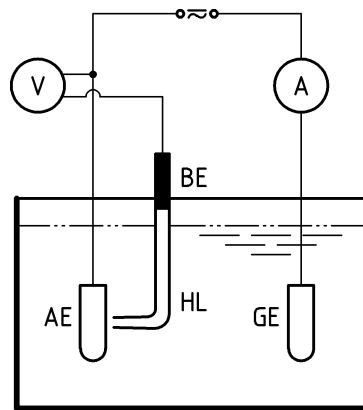
5.3 Schaltungen für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen mit äußerer Stromquelle (Polarisationsmessungen)

5.3.1 Allgemeines

Bei der elektrochemischen Korrosionsuntersuchung bildet die zu untersuchende Probe oder Arbeitselektrode (AE) zusammen mit einer Gegenelektrode (GE), einer Bezugselektrode (BE) und dem Elektrolyt eine elektrochemische Zelle (siehe Bild 3). Hierbei werden äußere Stromquellen verwendet, um die Messelektroden auf vorgewählte Potentialwerte zu bringen und sie damit unabhängig vom Ablauf elektrochemischer Reaktionen konstant zu halten, um dann die sich einstellenden Summenströme an der Messelektrode messen zu können. Bei vorgegebenen, konstant gehaltenen Summenströmen lassen sich die sich jeweils einstellenden Potentiale der Messelektroden ermitteln. Die Ergebnisse können als „Summenstromdichte-Potentialkurven“ dargestellt werden (siehe DIN EN ISO 8044:2015-12, Bild 1).

5.3.2 Elektrische Polarisationschaltung

Die Polarisationschaltung umfasst alle Schaltelemente einschließlich des Elektrolyten an der Probenoberfläche bis zur Gegenelektrode sowie alle Geräte und elektrische Bauteile der äußeren Schaltung wie Stromquelle, Strommessgerät, Leitungen, Widerstände usw.. Innerhalb der Polarisationschaltung wird der Summenstrom als Polarisationsstrom gemessen.



Legende

AE Messelektrode

BE Bezugselektrode

GE Gegenelektrode (siehe Anmerkung)

HL Haber-Luggin-Kapillare

V hochohmiges Spannungsmessgerät

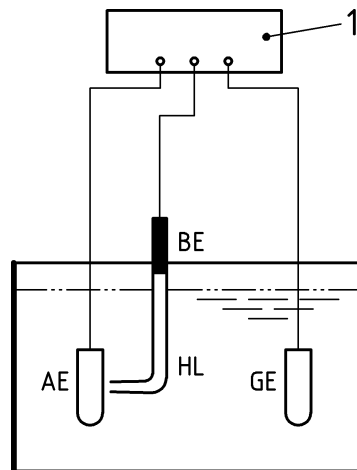
A Strommessgerät

Um eine gleichmäßige Verteilung des Polarisationsstromes sicherzustellen, empfiehlt es sich, die Gegenelektrode als Ringelektrode auszubilden, in deren Mitte sich die Messelektrode befindet.

Bild 3 — Elektrochemische Korrosionsuntersuchung mit äußerer Stromquelle

5.3.3 Elektrische Polarisierungsschaltung mit Potentiostaten

Ein Potentiostat ist ein elektronischer Differenzregler, der die Spannung an einer Regelstrecke auf einem vorgegebenen Sollwert selbsttätig konstant hält; unabhängig von den an den Elektroden ablaufenden Reaktionen und den Elektrolyt- und Polarisationswiderständen. Die elektrische Polarisierungsschaltung mit Potentiostaten (siehe Bild 4) ist die heute bevorzugte Anwendung.



Legende

1 Potentiostat

AE Arbeitselektroden

BE Bezugselektrode

GE Gegenelektrode (siehe Anmerkung)

HL Haber-Luggin-Kapillare

Um eine gleichmäßige Verteilung des Polarisationsstromes sicherzustellen, empfiehlt es sich, die Gegenelektrode als Ringelektrode auszubilden, in deren Mitte sich die Messelektrode befindet.

Bild 4 — Elektrochemische Korrosionsuntersuchung mit Potentiostat

5.4 Untersuchungsverfahren

5.4.1 Allgemeines

Bei elektrochemisch definierten Korrosionsversuchen mit äußeren Strom- oder Spannungsquellen können die elektrischen Parameter der Polarisierungsschaltung geändert werden:

- a) zeitlich konstant,
- b) zeitlich kontinuierlich und
- c) diskontinuierlich.

Dementsprechend gibt es die Untersuchungsverfahren nach 5.4.2 bis 5.4.3.

Ein wichtiges Ergebnis elektrochemisch definierter Korrosionsuntersuchungen sind kritische Potentiale (DIN EN ISO 8044:2015-12, 4.10, DIN EN ISO 17475:2008-07, Bild 2). Diese können nach verschiedenen Verfahren ermittelt werden. Eine Untersuchung eines Korrosionssystems in anodischer und kathodischer Polarisationsrichtung kann weitere Informationen liefern.

5.4.2 Statische Versuche (Halteversuche)

5.4.2.1 Allgemeines

Statische Untersuchungen dienen zur Ermittlung des Einflusses elektrischer Parameter auf die Korrosion, wobei das Potential oder der Strom konstant gehalten wird.

5.4.2.2 Galvanostatischer Halteversuch

Bei diesem Verfahren wird der Polarisationsstrom während der Versuchsdauer auf einem vorgegebenen Wert konstant gehalten. Ergebnisse dieser Untersuchung können sein:

- a) Potential-Zeit-Kurve;
- b) Beurteilung der Korrosionsform;
- c) Massenverlust (nur bedingt bei Vernachlässigung fremder elektrochemischer Teilreaktionen);
- d) Polarisationswiderstände R_p (basierend auf der Potential-Zeit-Kurve nach $R_p = \Delta E / \Delta I$).

ANMERKUNG Alternativ wird dieses Verfahren als chronopotentiometrisches Verfahren bezeichnet.

5.4.2.3 Potentiostatischer Halteversuch

Bei diesem Verfahren wird die Probe während der Versuchsdauer auf einem vorgegebenen Potential konstant gehalten. Ergebnisse dieser Untersuchung können sein:

- a) Summenstrom-Zeit-Kurve;
- b) Massenverlust;
- c) Beurteilung der Korrosionsform.

Die Ermittlung des Massenverlustes aus dem Strom-Zeit-Integral ist nur sinnvoll, wenn der gemessene Summenstrom mit dem anodischen Teilstrom identisch oder nahezu identisch ist. Dies ist nur dann der Fall, wenn parallel ablaufende elektrolytische Reaktionen gegenüber dem Metallabtrag vernachlässigt werden dürfen. Dies ist durch ein anderes unabhängiges Messverfahren zu überprüfen (siehe DIN 50905-1 bis DIN 50905-4).

ANMERKUNG Alternativ wird dieses Verfahren als chronoamperometrisches Verfahren bezeichnet.

5.4.3 Dynamische Versuche

5.4.3.1 Allgemeines

Dynamische Versuche dienen zur Voruntersuchung, als zeitraffende Verfahren bei Vergleichs- oder Reihenuntersuchungen und für reaktionskinetische Untersuchungen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Änderungsgeschwindigkeit des Potentials bzw. des Stromes Einfluss auf das Messergebnis haben kann.

5.4.3.2 Galvanodynamischer Versuch

Bei diesem Verfahren wird der Strom über die Zeit linear verändert. Ergebnisse dieser Untersuchung können sein:

- a) Strom-Potential-Kurve;
- b) Beurteilung der Korrosionsart (nur bedingt).

5.4.3.3 Potentiodynamischer Versuch

Bei diesem Verfahren wird das Potential über die Zeit linear geändert. Ergebnisse dieser Untersuchung können sein:

- a) Summenstrom-Potential-Kurve;
- b) Beurteilung der Korrosionsart (nur bedingt).

Weiterhin lässt sich mit potentiodynamischen Versuchen der lineare Polarisationswiderstand bestimmen. Hierfür wird das Potential in einem engen Potentialbereich von maximal ± 20 mV um das freie Korrosionspotential herum über die Zeit linear verändert und der Summenstrom als Messgröße aufgezeichnet. Der Polarisationswiderstand wird dann nach $R_p = \Delta E / \Delta I$ bestimmt.

Unter bestimmten Voraussetzungen lässt sich aus dem Polarisationswiderstand die Korrosionsgeschwindigkeit ermitteln. Das Verfahren ist anwendbar bei der Korrosion im Aktivzustand, z. B. bei der Metallkorrosion in starken, nichtoxidierenden Säuren oder in organischen Säuren. Handelt es sich um Korrosion im teils passiven oder im Passivzustand, dann ist eine Anwendbarkeit nur bedingt gegeben und muss mit anderen Verfahren überprüft werden. Korrosionssysteme, die zur Bildung poröser Deckschichten neigen, können mit dem angegebenen Verfahren nur bedingt geprüft werden. Nicht anwendbar ist das Verfahren, wenn nennenswerte anodische elektrochemische Reaktionen parallel zur Korrosionsreaktion ablaufen.

5.4.4 Versuche mit dynamisch wechselnder Polarisation

Bei diesem Verfahren wird das zu untersuchende System mit einem elektrischen Signal angeregt und somit aus seiner Gleichgewichtslage gebracht. Dazu wird der Arbeitselektrode eine sinusförmige Wechselspannung aufgeprägt und die Amplitude sowie die Phasenverschiebung des resultierenden Stromsignals als Funktion der Frequenz über einen definierten Frequenzbereich aufgezeichnet. Alternativ können Wechselströme aufgeprägt und die resultierenden Wechselspannungen gemessen werden.

Ergebnisse dieser Untersuchung können sein:

- a) Polarisationswiderstand;
- b) Elektrolytwiderstand;
- c) Doppelschichtkapazität;
- d) Informationen zu Deckschichten und deren Bildungen oder Auflösung wie z. B. Passivschichten, Inhibitoren, Biofilme;
- e) bei Beschichtungen: Kapazität und Durchtrittswiderstand der Beschichtung, Poren/Defektbildung.

Ein solches Untersuchungsverfahren wird als elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) bezeichnet. Hierbei wird dem zu untersuchenden System eine Wechselspannung über ein breites Frequenzband aufgeprägt und das resultierende Impedanzspektrum analysiert. Ergänzende Hinweise zum Versuchsaufbau/-durchführung und der Anwendung der elektrochemischen Impedanzspektroskopie (EIS) sowie der Auswertung und Darstellung der erzielten Messgrößen werden in DIN EN ISO 16773-1 bis DIN EN ISO 16773-4 sowie in ISO/TR 16208 gegeben.

Anhang A (informativ)

Wichtige Kenngrößen von Potentiostaten, typische Spezifikationen und Sonderspezifikationen

Verschiedene Typen von Potentiostaten werden von einer Vielzahl von Firmen hergestellt. Diese sind für verschiedene Anwendungsgebiete vorgesehen und unterscheiden sich mitunter signifikant in ihrer technischen Spezifikation (siehe Tabelle A.1).

Tabelle A.1 — Kenngrößen und Spezifikation von Potentiostaten

Kenngröße	Typische Spezifikationen	Sonderspezifikation
Ausgangskennwerte		
— Polarisationsspannung	$\pm 10 \text{ V}$	$\pm 200 \text{ V}$
— Gegenelektrodenspannung	$\pm 12 \text{ V}$	$\pm 220 \text{ V}$
— Maximaler Ausgangsstrom	$\pm 1 \text{ A}$	$\pm 50 \text{ A}$
Eingangskennwerte		
— Maximale Eingangsspannung	$\pm 10 \text{ V}$	$\pm 50 \text{ V}$
— Eingangswiderstand	$> 100 \text{ G}\Omega / < 50 \text{ pF}$	$> 100 \text{ T}\Omega / < 10 \text{ pF}$
Dynamische Kennwerte		
— Bandbreite	100 kHz bis 1 MHz	... 20 MHz
— Anstiegszeit	$< 10 \text{ }\mu\text{s}$	$< 1 \text{ }\mu\text{s}$
— Anstiegsgeschwindigkeit/Slew Rate	$> 1 \text{ V}/\mu\text{s}$	$> 15 \text{ V}/\mu\text{s}$
Sollspannung Arbeitselektrode		
— Spannungsbereich	$\pm 10 \text{ V}$	$\pm 30 \text{ V}$
— Maximale Vorschubgeschwindigkeit	$> 100 \text{ V/s}$	$> 10 \text{ k V/s}$
— Minimale Vorschubgeschwindigkeit	$< 0,01 \text{ mV/s}$	$< 0,1 \text{ }\mu\text{V/s}$
Sollspannung Arbeitselektrode		
— Spannungsbereich	$\pm 10 \text{ V}$	$\pm 30 \text{ V}$
— Maximale Vorschubgeschwindigkeit	$> 100 \text{ V/s}$	$> 10 \text{ k V/s}$
— Minimale Vorschubgeschwindigkeit	$< 0,01 \text{ mV/s}$	$< 0,1 \text{ }\mu\text{V/s}$
Strommessung		
— Strommessbereiche	$< 1 \text{ nA bis } > 1 \text{ A}$	$< 1 \text{ fA bis } > 10 \text{ A}$

Literaturhinweise

- [1] Heitz, E.; Messung der Korrosionsgeschwindigkeit in Medien geringer Leitfähigkeit, Berichte EUROMESCOR-Kongress, Bd. 1, Prag (1968)¹⁾

¹⁾ Zu beziehen bei: DECHEMA, Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main

DIN 50919

ICS 77.060

Ersatz für
DIN 50919:1984-02**Korrosion der Metalle –
Korrosionsuntersuchungen der Bimetallkorrosion in Elektrolytlösungen**

Corrosion of metal –
Corrosion investigations of bimetallic corrosion in electrolytic solutions

Corrosion des métaux –
Essais de corrosion de la corrosion bimétallique en solution électrolytique

Gesamtumfang 13 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)



Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Formelzeichen, Indizes	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Formelzeichen	5
3.3 Indizes	6
4 Allgemeines	6
5 Durchführung	8
5.1 Bimetallkorrosionsuntersuchungen mit homogener Stromverteilung	8
5.1.1 Allgemeines	8
5.1.2 Versuchsanordnung	8
5.1.3 Messgrößen	9
5.2 Bimetallkorrosionselemente mit heterogener Stromverteilung	10
5.2.1 Allgemeines	10
5.2.2 Untersuchungen zur Bimetallkorrosion an Probekörpern (bauteilähnlich)	10
5.2.3 Potential-Weg-Messungen	11
6 Prüfbericht	12
6.1 Auswertung der elektrochemischen Untersuchungen	12
6.2 Bestimmung der Korrosionsform	12
6.3 Bewertung der Probekörper	12
Anhang A (informativ) Erläuterung zur Bewertung der Versuchsergebnisse zu Abschnitt 5: Potential und Stromverteilung bei kurzgeschlossenen Bimetallelementen	13

Vorwort

Dieses Dokument wurde durch den Arbeitsausschuss NA 062-01-77 AA „Korrosionsprüfverfahren“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erarbeitet.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 50919:1984-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Titels;
- b) Anpassung der Begriffe an DIN EN ISO 8044;
- c) Änderungen der Formelzeichen und Indizes;
- d) Anpassung der Bilder;
- e) redaktionelle Überarbeitungen sowie Anpassung an DIN 820-2:2012-12.

Frühere Ausgaben

DIN 50919: 1982-03, 1983-11, 1984-02

Einleitung

In der Technik werden häufig unterschiedliche metallene Werkstoffe in einem Bauteil verwendet. Dabei kann im Bereich der metallenen Kontaktstelle eine besondere Gefährdung durch Bimetallkorrosion entstehen, wenn die Metalle im korrosiven Medium unterschiedliche Korrosionspotentiale haben. Bimetallkorrosion kann auch auftreten, wenn ein Partner ein elektronenleitender Festkörper (z. B. Graphit, Kohlefasern, halbleitendes Carbid oder Oxid) ist. Diese Norm enthält die wichtigsten allgemeinen Grundsätze für die Durchführung von Korrosionsuntersuchungen mit Werkstoffpaarungen der genannten Art.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt eine prinzipielle Versuchsanordnung zur Bestimmung grundlegender elektrochemischer Daten der Bimetallkorrosion unter Annahme einer homogenen Stromverteilung fest. Um praxisnahe Untersuchungen an heterogenen Bauteilen zu simulieren, werden Beispiele von Probekörpern dargestellt und Untersuchungen an Modellsystemen beschrieben. Die Auswertung der Messergebnisse wird erläutert.

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).

DIN 50900-2, *Korrosion der Metalle — Begriffe — Teil 2: Elektrochemische Begriffe*

DIN 50905-1, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Teil 1: Grundsätze*

DIN 50905-2, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Teil 2: Korrosionsgrößen bei gleichmäßiger Flächenkorrosion*

DIN 50905-3, *Korrosion der Metalle — Korrosionsuntersuchungen — Teil 3: Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger Korrosion ohne zusätzliche mechanische Beanspruchung*

DIN 50918, *Korrosion der Metalle — Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen*

DIN EN ISO 8044, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Grundbegriffe*

3 Begriffe, Formelzeichen, Indizes

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 8044 und DIN 50900-2.

3.2 Formelzeichen

Tabelle 1 — Formelzeichen (1 von 2)

Formelzeichen	Bedeutung	Einheit
S_A, S_C	Elektrodenfläche (der Anode bzw. Kathode)	cm^2
$I_{\text{net } A}, I_{\text{net } C}$	Summenstrom ^a (der Anode bzw. Kathode)	A
I_a, I_c	Teilstrom ^a (anodisch bzw. kathodisch)	A
I_{EL}	Elementstrom ^a	A
i	Stromdichte ^a	$\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$
E_{cor}	(Freies) Korrosionspotential	V
E^*	Gleichgewichtspotential	V
E_A, E_C	Korrosionspotential der Anode bzw. der Kathode beim Kontakt miteinander	V
M	molare Masse	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Tabelle 1 (2 von 2)

F	Faraday-Konstante ^b	$A \cdot s \cdot mol^{-1}$
κ oder σ	spezifische elektrische Leitfähigkeit	$\Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$
R	elektrischer Widerstand	Ω
r_p	Spezifischer Polarisationswiderstand	$\Omega \cdot cm^2$
ρ	spezifischer elektrischer Widerstand	$\Omega \cdot cm$
R_{pA}, R_{pC}	Polarisationswiderstand (der Anode bzw. Kathode)	Ω
r_{pA}, r_{pC}	spezifischer Polarisationswiderstand (der Anode bzw. Kathode)	$\Omega \cdot cm^2$
R_M	Elektrolytwiderstand zwischen Anode und Kathode (ohne Polarisationswiderstände)	Ω
U	Elektrische Potentialdifferenz	V
v	flächenbezogene Massenverlustrate ^c	$g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$
z	Ladungszahl des gebildeten Ions	–
^a Bei den Stromangaben handelt es sich stets um die Beträge. ^b $F = 9,648\,5 \cdot 10^4 A \cdot s \cdot mol^{-1}$ ^c Siehe 5.1.3		

3.3 Indizes

Tabelle 2 — Indizes

Index	Bedeutung
A, C	Anode bzw. Kathode
a, c	anodische bzw. kathodische Teilreaktion
M	Medium
EL	Element

4 Allgemeines

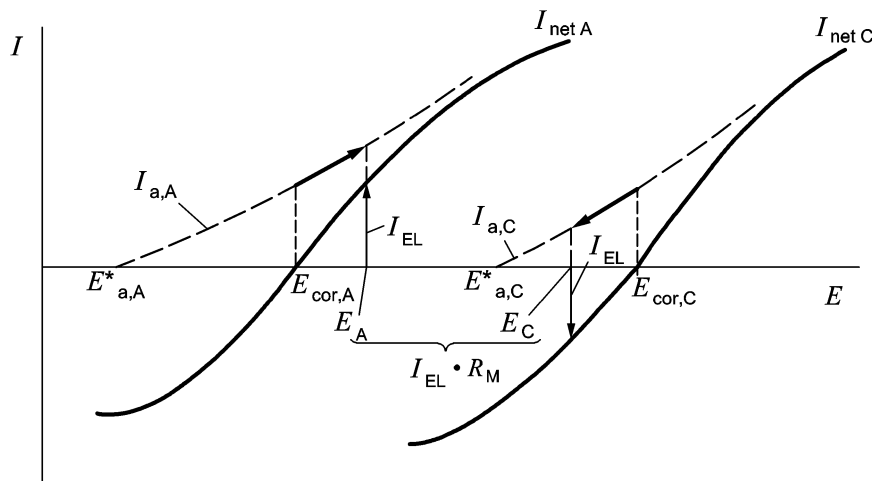
Das Auftreten von Bimetallkorrosion ist an bestimmte Voraussetzungen gebunden, die im Folgenden aufgeführt sind:

- ein unterschiedliches Korrosionspotential der Metalle im betrachteten System;
- zwischen den Metallen besteht eine elektronenleitende Verbindung;
- beide Metalle verbindet ein leitfähiger Feuchtfilm (Elektrolyt).

Nur wenn alle drei Voraussetzungen erfüllt sind, kann Bimetallkorrosion überhaupt auftreten und es entsteht ein galvanisches Element, in dem der Elementstrom (Kurzschlussstrom) I_{EL} fließt. Dieser Elementstrom erhöht die Korrosionsgeschwindigkeit der Anode. Er ist aber nicht äquivalent der Korrosionsgeschwindigkeit, da er die Eigenkorrosion der Anode nicht enthält.

Der Elementstrom ist eine komplexe Größe, die von der geometrischen Anordnung, von den Korrosionspotentialen und Polarisationswiderständen der Partner sowie von dem Elektrolytwiderstand abhängt. Eine vereinfachte Betrachtung der Vorgänge bei der Bimetallkorrosion ist nur bei Annahme einer homogenen Stromverteilung möglich. Dies lässt sich im Versuch durch eine entsprechende Anordnung der Proben erreichen. Unter dieser Voraussetzung ergeben sich im Strom-Potential-Diagramm die in Bild 1 dargestellten Zusammenhänge. Hierbei sind vereinfachend nur die Summenstrom-Potential-Kurven $I_{\text{net A}}$ und $I_{\text{net C}}$ sowie die anodischen Teilstrom-Potential-Kurven $I_{\text{a,A}}$ und $I_{\text{a,C}}$ eingetragen. Die Abszissenschnittpunkte der letzten geben die zugehörigen Gleichgewichtspotentiale wieder: $E_{\text{a,A}}^*$ und $E_{\text{a,C}}^*$. Die kathodischen Teilstrom-Potential-Kurven sind zugunsten der Übersicht nicht eingetragen.

Bild 1 zeigt, wie der Elementstrom I_{EL} das Potential der Anode zu positiveren Werten verschiebt und den anodischen Teilstrom der Anode erhöht (Pfeil). Dem Elementstrom entsprechen weder der Betrag des anodischen Teilstroms, noch der Differenzbetrag der Erhöhung bezogen auf den Betrag beim freien Korrosionspotential.



**Bild 1 — Strom-Potential-Beziehungen bei Bimetallkorrosion
(entfernte Elektroden mit homogener Stromverteilung)**

Aus Bild 1 folgt:

$$I_{\text{EL}} = \frac{E_{\text{corC}} - E_{\text{corA}}}{R_{\text{pA}} + R_{\text{pC}} + R_{\text{M}}} \quad (1)$$

Hierbei sind R_{pA} und R_{pC} die integralen Polarisationswiderstände beim Stromfluss I_{EL} :

$$R_{\text{pA}} = \frac{E_{\text{A}} - E_{\text{corA}}}{I_{\text{EL}}} \quad (2)$$

$$R_{\text{pC}} = \left| \frac{E_{\text{C}} - E_{\text{corC}}}{I_{\text{EL}}} \right| \quad (3)$$

Der Elektrolytwiderstand R_{M} ist abhängig von der geometrischen Anordnung und den Maßen der Elektroden und proportional dem spezifischen elektrischen Widerstand der Elektrolytlösung.

Die Polarisationswiderstände R_{pA} bzw. R_{pC} sind umgekehrt proportional den Flächen S der zugehörigen Elektroden. Wenn R_{M} und R_{pA} gegenüber R_{pC} vernachlässigbar klein sind und wenn ferner auch die

Eigenkorrosion der Anode zu vernachlässigen ist, ist die anodische Teilstromdichte dem Flächenverhältnis der Kathode zur Anode proportional (Flächenregel):

$$i_{a,A} \approx \frac{I_{El}}{S_A} = \frac{E_{corC} - E_{corA}}{r_{pC}} \cdot \frac{S_C}{S_A} \quad (4)$$

ANMERKUNG Unter der Geschwindigkeit der Eigenkorrosion wird der Anteil an der Korrosionsgeschwindigkeit einer Anode verstanden, der den durch den Elementstrom bedingten Betrag überschreitet und durch die kathodische Teilreaktion an der Anode verursacht wird.

5 Durchführung

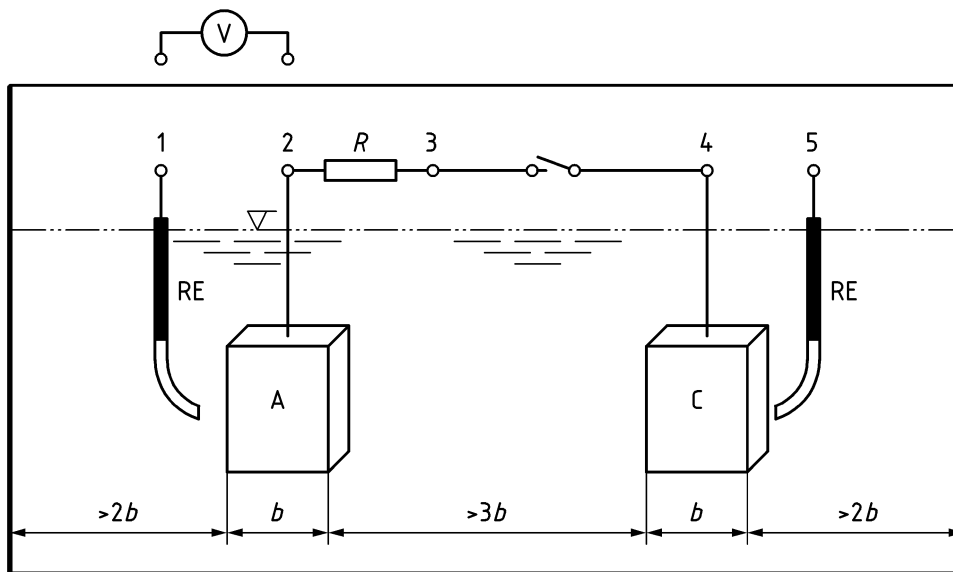
5.1 Bimetallkorrosionsuntersuchungen mit homogener Stromverteilung

5.1.1 Allgemeines

Zur Untersuchung der grundlegenden elektrochemischen Daten der Bimetallkorrosion nach den Angaben zu Bild 1 dient eine Versuchsanordnung mit homogener Verteilung des Elementstromes. Dabei können die beiden zu untersuchenden Metallelektroden nicht im unmittelbaren Kontakt, sondern nur räumlich voneinander entfernt in der Elektrolytlösung einheitlicher Beschaffenheit angeordnet werden.

5.1.2 Versuchsanordnung

Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Versuchsanordnung mit entfernten Elektroden. Der Kurzschluss zum Bimetallkorrosionselement erfolgt durch eine äußere elektrische Verbindung.



Legende

R	Widerstand
RE	Bezugselektrode
A	Anode
C	Kathode
b	Probenbreite
1 bis 5	Kontaktstellen für die Messung

Bild 2 — Versuchsanordnung für Messungen an Bimetallkorrosionselementen mit getrennten Elektroden (schematisch)

Die im Bild 2 angegebenen Werte über Mindestabstände sind nur als Anhaltswerte zu betrachten und gegebenenfalls experimentell zu ermitteln. Der Mindestabstand ist dann erreicht, wenn der stationäre Elementstrom mit zunehmendem Abstand nicht mehr größer wird. Mit zunehmender Leitfähigkeit der Elektrolytlösung können die Abstände kleiner werden.

5.1.3 Messgrößen

Messgrößen sind die Korrosionspotentiale der Anode E_A und der Kathode E_C . Ihre Messung erfolgt an beiden Elektroden (siehe Bild 2) nach DIN 50918.

Um die Korrosionspotentiale genau messen zu können, müssen die beiden Elektroden die gleiche Temperatur haben, damit das Ergebnis nicht durch unterschiedliche Korrosionspotentiale verfälscht wird.

Weitere Messgrößen sind die Potentiale beim Kurzschluss: E_A und E_C . Die Messung der Potentiale geschieht an beiden Elektroden (siehe Bild 2) nach DIN 50918.

Der Elementstrom I_{EL} ist eine weitere Messgröße. Die Strommessung wird nach DIN 50918 an einem niederohmigen Widerstand R (z. B. $1\ \Omega$) bzw. Null-Ohm-Amperemeter (ZRA, en: zero resistance ammeter) durchgeführt. Tabelle 3 informiert über die Durchführung der Messungen.

Tabelle 3 — Messen der elektrochemischen Größen in der Versuchsanordnung nach Bild 2

Spannungsmesser an den Kontakten	Schalter	Messwert
2 und 1	offen	$E_{\text{cor A}}$
2 und 1	geschlossen	E_A
2 und 3	geschlossen	$U = I_{\text{EL}} \cdot R$
4 und 5	offen	$E_{\text{cor C}}$
4 und 5	geschlossen	E_C

Die Ermittlung der integralen flächenbezogenen Massenverlustrate einer Elektrode erfolgt nach DIN 50905-1 und DIN 50905-2. Die anodische Teilstromdichte i_a errechnet sich dann aus der flächenbezogenen Massenverlustrate v nach dem Faradayschen Gesetz:

$$i_a = \frac{z \cdot F \cdot v}{M} \quad (5)$$

5.2 Bimetallkorrosionselemente mit heterogener Stromverteilung

5.2.1 Allgemeines

Bei der Bimetallkorrosion an heterogenen Bauteilen sind Anode und Kathode unmittelbar miteinander im Kontakt. In diesen Fällen ist die Verteilung des Elementstromes immer heterogen. Die Darstellung der Strom-Potentialbeziehungen nach Bild 1 ist nicht mehr unmittelbar anwendbar. Sie gilt aber in abgewandelter Form für einzelne entfernte Flächenbereiche von Anode und Kathode (siehe Erläuterungen zu Anhang A). Allgemein ist die qualitative Aussage aber übertragbar, dass hohe Elementströme in der Versuchsanordnung nach Bild 2 auch eine hohe Gefährdung durch Bimetallkorrosion an heterogenen Bauteilen erwarten lassen. Zur Untersuchung der Bimetallkorrosion an heterogenen Systemen dienen Messungen an bauteilähnlichen Proben.

5.2.2 Untersuchungen zur Bimetallkorrosion an Probekörpern (bauteilähnlich)

Zur Untersuchung dient ein Probekörper mit ähnlichen geometrischen Maßen wie das zu beurteilende praktische Objekt. Eine quantitative Berechnung der Verteilung des Elementstromes ist nur in Grenzfällen möglich. Neben den geometrischen Daten bestimmen auch Polarisationswiderstände und die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Elektrolytlösung die Elementstromverteilung, siehe auch Erläuterungen zu Anhang A.

Der Probekörper muss hinsichtlich Werkstoffkombination und -maßen sowie der Oberflächenbeschaffenheit möglichst praxisnah gestaltet sein. Bei Tauch- und Wechseltauchversuchen sind die Maße der Versuchsgefäße so groß zu wählen, dass der Stromfluss zwischen Anode und Kathode nicht gehemmt wird. Dies gilt auch für die Höhe der Elektrolytlösung über der Probe. Als Anhaltswert kann ein lichter Abstand zwischen Probekörper und Gefäßwand von mindestens des zweifachen der größten Ausdehnung des Probekörpers gewählt werden. Gegebenenfalls sollten die erforderlichen Mindestabstände, nach 5.1 und Bild 2, experimentell ermittelt werden. Mit zunehmender Leitfähigkeit der Elektrolytlösung werden die Mindestabstände kleiner. Entsprechend der Fragestellung sind als Probekörper geschweißte, gelötete oder anderweitig gefügte Probekörper zu verwenden. Die Bilder 3 bis 5 zeigen hierzu Beispiele.

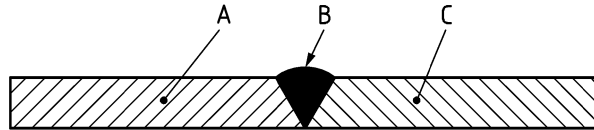


Bild 3 — Beispiel von Probekörpern für die Untersuchung der Bimetallkorrosion, z. B. geschweißt, gelötet (Werkstoff B kann artgleich A oder C sein)

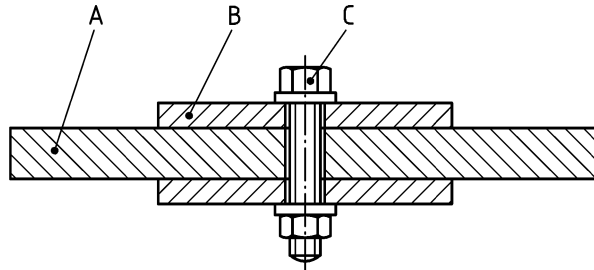


Bild 4 — Beispiel von Probekörpern für die Untersuchung der Bimetallkorrosion, z. B. geschraubt (C: Kunststoffschraube oder metallene Schraube mit Kunststoffunterlegscheibe)

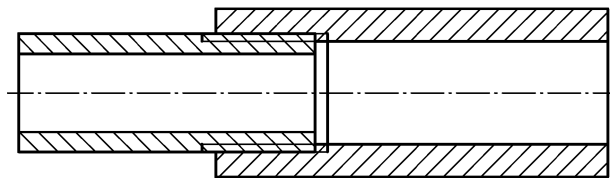


Bild 5 — Beispiel von Probekörpern für die Untersuchung der Bimetallkorrosion, z. B. verschraubt (auch im Durchfluss einsetzbar)

Bei der Durchführung der Korrosionsversuche ist darauf zu achten, dass das Korrosionsmedium weitgehend den praktischen Einsatzbedingungen entspricht. Dies ist vor allem wegen des starken Einflusses der Polarisationswiderstände auf die Elementstromverteilung wichtig. Ferner sind die Festlegungen nach DIN 50905-1 zu beachten.

5.2.3 Potential-Weg-Messungen

An Schweißverbindungen können das Schweißgut oder die Wärmeeinflusszonen selektiv korrosionsanfällig sein. Diese Bereiche sind als Anoden eines Kontaktkorrosionselementes mit großer Kathodenfläche anzusehen. Da eine Untersuchung mit getrennten Elektroden nicht durchgeführt werden kann, werden Potential-Weg-Messungen zur Auffindung der anodischen Bereiche eingesetzt. Dabei wird das Potential des zu untersuchenden Oberflächenbereiches des Modellkörpers mit einer Haber-Luggin-Kapillare nach DIN 50918 gemessen. Bei hoher spezifischer elektrischer Leitfähigkeit der Elektrolytlösung und bei hohem Polarisationswiderstand der Probenoberfläche gelingt ein Auffinden der Anodenbereiche im Allgemeinen nicht. Die spezifische elektrische Leitfähigkeit lässt sich durch Verdünnung der Elektrolytlösung mit Deionat und/oder durch Zugabe von Ethanol herabsetzen, wodurch eine bessere Differenzierung zwischen anodischen und kathodischen Bereichen der Oberfläche ermöglicht werden kann. Auch durch anodische Polarisation (galvanostatische Schaltung nach DIN 50918) lassen sich die Potentialunterschiede zwischen den Oberflächenbereichen vergrößern. Bei beiden Verfahren können die Untersuchungsergebnisse aber nur mit Vorbehalt verwertet werden, da eine wesentliche Abweichung von den in der Praxis vorliegenden Verhältnissen nicht auszuschließen ist.

6 Prüfbericht

6.1 Auswertung der elektrochemischen Untersuchungen

Die Differenz der Korrosionspotentiale bestimmt nach Gleichung (1) die Anode bzw. die Richtung des Elementstromes, sie ist aber für die Größe des Elementstromes nicht maßgebend. Dieser wird im Wesentlichen durch die Widerstände im Nenner der Gleichung (1) bestimmt. Mit Hilfe der Messgrößen $E_{\text{cor } A}$, $E_{\text{cor } C}$, E_A , E_C und I_{EL} lassen sich die Polarisationswiderstände nach den Gleichungen (2) und (3) ermitteln. Mit diesen Daten und Gleichung (1) ergibt sich eine allgemeine Information über die Größe des zu erwartenden Elementstroms bei unterschiedlichen Widerständen R_M , die dem spezifischen elektrischen Widerstand des korrosiven Mittels proportional sind. Der Widerstand R_M kann bei hinreichend hoher Leitfähigkeit der Elektrolytlösung vernachlässigbar klein werden. Dann wird $E_A \approx E_C$, d. h. Anode und Kathode haben im kurzgeschlossenen Element praktisch das gleiche Potential. Eine Potentialmessung an den Elektroden in diesem Zustand kann keine ausreichende Information über ein Bimetallkorrosionselement geben.

Die Größe des direkt messbaren Elementstromes ist zwar für die Beurteilung der durch den Kontakt gegebenen Korrosionsgefährdung geeignet, sie entspricht aber weder dem anodischen Teilstrom beim Kontakt noch der durch den Kontakt bewirkten Erhöhung des anodischen Teilstromes. Folglich kann der gemessene Elementstrom nicht zur Berechnung einer Abtragsrate herangezogen werden.

6.2 Bestimmung der Korrosionsform

Bei der Korrosion von Metallpaarungen können auch örtlich verschiedene Korrosionsformen auftreten, z. B. ungleichmäßiger Flächenabtrag unter Muldenbildung, Lochkorrosion, selektiver Angriff usw. Bei Auftreten von ungleichmäßiger Korrosion an den Anoden sind das Korrosionspotential E_{cor} und das Potential der Anode bei Kontakt E_A zusammen mit den Korrosionsgrößen nach DIN 50905-3 in Abhängigkeit von der Dauer der Korrosionsbelastung zu messen. Es ist dabei für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung wesentlich, ob bei Kontakt kritische Potentiale (siehe DIN 50900-2), bei denen sich das Korrosionsverhalten entscheidend ändert (Aktivierung, Passivierung, Lochkorrosion, Spannungsrissskorrosion), überschritten werden.

6.3 Bewertung der Probekörper

Die Auswertung der Versuche und die Ermittlung der Korrosionsformen erfolgt nach DIN 50905-3. Die aufgetretene Erscheinungsform der Korrosion ist nach DIN 50900-1 durch metallografische Untersuchung (Quer- und Längsschliff) zu belegen. Von besonderem Interesse ist hierbei der zu erwartende verstärkte Korrosionsangriff an der Dreiphasengrenzlinie Anode/Kathode/Elektrolytlösung.

Anhang A (informativ)

Erläuterung zur Bewertung der Versuchsergebnisse zu Abschnitt 5: Potential und Stromverteilung bei kurzgeschlossenen Bimetallelementen

Eine quantitative Beschreibung der Potential- und Stromverteilung gelingt nur in Sonderfällen. Diese lassen aber allgemeine Prinzipien erkennen, die auf andere Systeme qualitativ übertragen werden dürfen. Bei einer koplanaren Anordnung sehr großer Elektroden im unendlichen Halbraum beträgt die Stromdichte $i(x)$ im Abstand x von der Nahtstelle zwischen Anode und Kathode:

$$i(x) = \frac{U_{R,c} - U_{R,a}}{\pi \rho x} \quad (\text{A.1})$$

An der Stelle $x \rightarrow 0$ wird $i \rightarrow \infty$. Bei Vorliegen von Polarisationswiderständen $r_{pA} = r_{pC} = r_p$ wird die Stromdichte insbesondere im Nahtbereich begrenzt. Anstelle Gleichung (A.1) gilt:

$$i(x) = \frac{U_{R,c} - U_{R,a}}{2r_p + \pi \rho x} \quad (\text{A.2})$$

Gleichung (A.2) lässt sich nach Einführen des Polarisationsparameters nach Gleichung (A.3) bestimmen.

$$k = \frac{r_p}{\rho} = r_p \kappa \quad (\text{A.3})$$

mit κ = spezifische elektrische Leitfähigkeit der Elektrolytlösung, lässt sich nach Gleichung (A.4) umformen in:

$$i(x) = \frac{U_{R,c} - U_{R,a}}{2k + \pi x} \quad (\text{A.4})$$

Diese Gleichung entspricht Gleichung (1), wobei anstelle I_{EL} die Stromdichte $i(x)$ und anstelle R_a und R_k die Polarisationsparameter sowie anstelle R_M ein ortsabhängiges Längenglied stehen. Es ist zu erkennen, dass dieses ortsabhängige Glied umso weniger auf $i(x)$ Einfluss nimmt, je größer die Polarisationsparameter sind. Das besagt: Je größer die Polarisationswiderstände und je größer die Leitfähigkeit der Elektrolytlösung sind, umso besser ist die Stromverteilung, d. h. umso gleichmäßiger fließt der Elementstrom. Dies wirkt sich ganz besonders an der Nahtstelle von Anode und Kathode aus, die allgemein bei großen Polarisationsparametern weniger durch Bimetallkorrosion gefährdet ist als bei kleinen.

Bei der Untersuchung der Bimetallkorrosion hat somit die Ermittlung der Polarisationswiderstände besonderes Interesse. Dabei können Messwerte nach Gleichung (2) und Gleichung (3) mit den Befunden in 6.3 verglichen werden.

Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion

Teil 1: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex-) Stähle
Korrosionsversuch in Salpetersäure durch Messung des Massenverlustes (Huey-Test)
(ISO 3651-1 : 1998) Deutsche Fassung EN ISO 3651-1 : 1998

DIN
EN ISO 3651-1

ICS 77.060

Ersatz für
DIN 50921 : 1984-10

Deskriptoren: Materialprüfung, nichtrostender Stahl, interkristalline Korrosion,
Korrosionsversuch

Determination of resistance to intergranular corrosion of stainless steels —

Part 1: Austenitic and ferritic-austenitic (duplex) stainless steels —

Corrosion test in nitric acid medium by measurement of loss in mass

(Huey test) (ISO 3651-1 : 1998); German version EN ISO 3651-1 : 1998

Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers

inoxydables — Partie 1: Aciers inoxydables austéniques et austéno-ferritiques (duplex) —

Essai de corrosion en milieu acide nitrique par mesurage de la perte de masse

(essai de Huey) (ISO 3651-1 : 1998); Version allemande EN ISO 3651-1 : 1998

Die Europäische Norm EN ISO 3651-1 : 1998 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Internationale Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 17/SC 7 „Stahl — Prüfverfahren (andere als mechanische Prüfverfahren und chemische Analyse)“ (Sekretariat: Frankreich) ausgearbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuß NMP 171 „Korrosion und Korrosionsschutz“ verantwortlich.

Der NMP 171 gibt für Anwendung dieser Internationalen Norm folgenden Hinweis:

Für das im Abschnitt 8 in beiden Gleichungen (1) und (2) einheitlich verwendete Formelzeichen r_{corr} für die Abtragungsgeschwindigkeit sind in DIN 50905-2 folgende Formelzeichen und Benennungen festgelegt:

für Gleichung (1) w_{int} integrale Abtragungsgeschwindigkeit;

für Gleichung (2) v_{int} integrale flächenbezogene Massenverlustrate.

Änderungen

Gegenüber DIN 50921 : 1984-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Redaktionelle Änderungen.
- Änderung der zulässigen Restgehalte der Prüflösung.

Frühere Ausgaben

DIN 50921: 1984-10

Fortsetzung 4 Seiten EN

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

— Leerseite —

ICS 77.060

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

**Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen
interkristalline Korrosion**

**Teil 1: Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex-) Stähle
Korrosionsversuch in Salpetersäure durch Messung des Massenverlustes (Huey-Test)
(ISO 3651-1 : 1998)**

Determination of resistance to intergranular corrosion of stainless steels — Part 1: Austenitic and ferritic-austenitic (duplex) stainless steels — Corrosion test in nitric acid medium by measurement of loss in mass (Huey test) (ISO 3651-1 : 1998)

Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables — Partie 1: Aciers inoxydables austéniques et austéno-ferritiques (duplex) — Essai de corrosion en milieu acide nitrique par mesurage de la perte de masse (essai de Huey) (ISO 3651-1 : 1998)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 26. März 1998 angenommen.

Die CEN-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 Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm ISO 3651-1 : 1997 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 107 „Steel“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee EC/ISS/TC 1 „Stahl — Mechanische und physikalische Prüfverfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 1998 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 3651-1 : 1997 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Benennung „Prüfung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion“ steht für einen Korrosionsversuch, der an Stählen durchgeführt wird, um eine Anfälligkeit für einen bevorzugten Korrosionsangriff in korngrenzennahen Bereichen zu überprüfen.

Nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex-) Stähle können entlang ihrer Korngrenzen angegriffen werden, wenn sie einer Temperatur im Bereich zwischen etwa 500 °C und 1000 °C ausgesetzt wurden. Diese Temperatur, bei der eine Sensibilisierung für interkristalline Korrosion möglich ist, kann beim Warmumformen (Schmieden, Walzen), bei einem nicht ordnungsgemäß durchgeführten Lösungsglühen oder beim Schweißen auftreten.

ANMERKUNG: In Salpetersäure kann interkristalline Korrosion auftreten, wenn eine oder mehrere der folgenden Erscheinungen vorhanden sind:

- Ausscheidungen von Chromcarbiden;
- Ausscheidungen intermetallischer Phasen, z. B. der Sigma-Phase, in molybdänhaltigen Stählen;
- Seigerungen von Verunreinigungen an den Korngrenzen.

Die Bewertung des Ergebnisses (z. B. durch Angabe einer maximalen Abtragungsgeschwindigkeit) ist zwischen den Beteiligten zu vereinbaren.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 3561 legt ein Verfahren zur Ermittlung der Beständigkeit von nichtrostenden austenitischen und ferritisch-austenitischen (Duplex-) Stählen gegen interkristalline Korrosion in Salpetersäure durch Messung des Massenverlustes (Huey-Test) fest. Außerdem wird festgelegt, welchen Zweck diese Prüfung verfolgt.

Das Verfahren wird nur auf nichtrostende austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex-) Stähle angewendet, die als gewalzte, geschmiedete oder gegossene Erzeugnisse oder in Form von Rohren geliefert werden und für eine Anwendung in einem stark oxidierenden Medium (z. B. in relativ konzentrierter Salpetersäure) vorgesehen sind. Auf molybdänhaltige Stähle sollte der Huey-Test nur dann angewendet werden, wenn das betriebliche Verhalten des betreffenden Stahls in Salpetersäure zu untersuchen ist.

ANMERKUNG: Das Ergebnis des Korrosionsversuches gilt exakt nur für das beim Versuch angewendete Korrosionsmedium. Der Versuch stellt eine Grundlage für die Bewertung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion dar, darf jedoch nicht zu Aussagen über die Beständigkeit gegenüber anderen Korrosionsarten (gleichmäßige Flächenkorrosion, Lochkorrosion, Spannungsrißkorrosion) angewendet werden. Der Verbraucher muß den vorgeschriebenen Korrosionsversuch gemäß der für den jeweiligen Stahl vorgesehenen Anwendung aussuchen. Der Versuch sollte keinesfalls als allgemeiner Maßstab für die Güte des Werkstoffes betrachtet werden.

2 Zweck der Prüfung

Diese Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion kann die in 2.1 oder 2.2 beschriebenen Ziele verfolgen. Wird dieser Korrosionsversuch bei der Bestellung vorgeschrieben, ist das jeweilige Prüfziel bei der Bestellung anzugeben.

2.1 Prüfung der arteigenen Beständigkeit des Werkstoffs gegen interkristalline Korrosion

Diese Prüfung ist nur auf austenitische Stähle anwendbar, die speziell zu dem Zweck hergestellt wurden, gegen interkristalline Korrosion in stark oxidierenden Medien beständig zu sein. Der Werkstoff wird nach Durchführung einer sensibilisierenden Wärmebehandlung untersucht (siehe Abschnitt 3).

2.2 Prüfung der Wirksamkeit des Lösungsglühens

Diese Prüfung wird nur an dünnen Erzeugnissen durchgeführt, die ausreichend schnell abgekühlt werden können. Der Werkstoff wird in dem Zustand geprüft, in dem er dem Verbraucher geliefert wird, d. h. ohne sensibilisierende Wärmebehandlung.

3 Sensibilisierende Wärmebehandlung

Zur Prüfung der arteigenen Beständigkeit des Werkstoffs gegen interkristalline Korrosion (siehe 2.1) muß bei stabilisierten Stählen und Stählen mit sehr niedrigem Kohlenstoffgehalt ($C \leq 0,03\%$) eine sensibilisierende Wärmebehandlung durchgeführt werden. Diese Sensibilisierungsbehandlung erfolgt im allgemeinen dadurch, daß die Probe 30 min bei einer Temperatur von $(700 \pm 10)^\circ\text{C}$ geglüht und dann schnell (in Wasser) abgekühlt wird. Die Dauer des Temperaturanstiegs auf die Sensibilisierungstemperatur darf 10 min nicht überschreiten.

Die Beteiligten dürfen andere sensibilisierende Wärmebehandlungen, z. B. durch Herstellen von geschweißten Proben vereinbaren.

4 Korrosionsversuch

4.1 Prinzip

Eine nach 4.2.2 vorbereitete Probe wird gewogen und über 5 Zeitabschnitte zu je 48 h in siedende Salpetersäurelösung getaucht. Das Kriterium für die Bewertung des Versuchsergebnisses ist der Massenverlust, der nach jedem Zeitabschnitt durch Wägen ermittelt wird.

4.2 Proben

4.2.1 Probenahme

Die größte Kantenlänge der aus einem geschmiedeten oder gewalzten Erzeugnis entnommenen Probe liegt in der Hauptumformungsrichtung. Aus geschmiedeten oder gewalzten Erzeugnissen oder aus Erzeugnissen aus Stahlguß wird die Probe aus oberflächennahen Bereichen entnommen. Die Probenmaße werden entsprechend den Möglichkeiten der Massebestimmung und dem benötigten Volumen an Prüflösung bestimmt. Die Länge der Probe muß jedoch mindestens das Doppelte der Probenbreite betragen, und die Summe der senkrecht zur Hauptumformungsrichtung oder zu den Fasern liegenden Flächen muß kleiner als 15 % der Gesamtoberfläche der Probe sein. Bei Vergleichsprüfungen muß dieses Flächenverhältnis konstant gehalten werden.

4.2.2 Probenvorbereitung

In Abhängigkeit vom Prüfziel (siehe Abschnitt 2) ist die Probe entweder mit oder ohne sensibilisierende Behandlung nach 4.2.2.1 oder 4.2.2.2 vorzubereiten.

Falls bei der Bestellung nicht anders angegeben, wählt der Hersteller das Vorbereitungsverfahren aus; es muß im Prüfbericht angegeben werden.

4.2.2.1 Mechanische Probenvorbereitung

Alle Flächen der Probe sind mit eisenfreiem Schleifpapier oder Schleifleinen der Korngröße 120 zu schleifen. Ein Überhitzen der Probe ist dabei zu vermeiden.

4.2.2.2 Chemische Probenvorbereitung

Um ohne vorherige mechanische Behandlung Oxide von der Oberfläche zu entfernen, wird die Probe maximal 1 h entweder in einer Lösung aus 50 Volumenteilen Salzsäure ($\rho_{20} = 1,19 \text{ g/ml}$), 5 Volumenteilen Salpetersäure ($\rho_{20} = 1,40 \text{ g/ml}$) und 50 Volumenteilen Wasser bei 50°C bis 60°C oder in einer Lösung aus 50 Volumenteilen Salzsäure ($\rho_{20} = 1,19 \text{ g/ml}$) und 50 Volumenteilen Wasser bei Umgebungstemperatur gebeizt.

Vor Anwendung einer chemischen Probenvorbereitung muß sichergestellt sein, daß bei dieser Behandlung keine interkristalline Korrosion auftritt. Das könnte durch eine Mikroprüfung von Proben jeder geprüften Stahlsorte erreicht werden.

4.2.2.3 Entfettung

Vor dem Einbringen in die Prüflösung wird die Probe in einem geeigneten nichtchlorierten Mittel entfettet, gespült und getrocknet.

5 Prüfeinrichtung

Siehe Bild 1.

5.1 Erlenmeyerkolben mit einem Fassungsvermögen von mindestens 1 l, mit einem Kühlfinger oder Erlenmeyerkolben mit Schliffverbindung und Allihn-Kühler mit mindestens vier Kugeln. Bei Anwendung eines Allihn-Kühlers muß mit Indikatorpapier nachgeprüft werden, daß während des Versuchs kein Säuredampf austritt.

Für Vergleichsmessungen muß für alle Versuche die gleiche Prüfeinrichtung angewendet werden.

ANMERKUNG: Die bei Anwendung eines Rückflußkühlers ermittelte Korrosionsrate ist wegen des großen Dampfverlustes etwas höher als bei Anwendung eines Kühlfingers.

5.2 Probenhalterung, im allgemeinen aus Glas

Wenn in einem Erlenmeyerkolben mehrere Proben behandelt werden, muß die Halterung so gestaltet sein, daß die unter Abschnitt 7 festgelegten Anforderungen eingehalten werden.

5.3 Heizvorrichtung, zur Einhaltung der Siedetemperatur.

6 Prüflösung

Die Prüflösung ist eine wäßrige Lösung mit $(65 \pm 0,2)$ Massenprozent Salpetersäure ($\rho_{20} = 1,40 \text{ g/ml}$).

Es sind Reagenzien mit dem Reinheitsgrad „zur Analyse“ mit folgenden Restgehalten anzuwenden:

Fester Rückstand	$\leq$	50 mg/kg;
Pb	$\leq$	5 mg/kg;
Fe	$\leq$	4 mg/kg;
Mn		Prüfung negativ;
As	$\leq$	1 mg/kg;
Cl^-	$\leq$	3 mg/kg;
SO_4^{2-}	$\leq$	50 mg/kg;
PO_4^{3-}	$\leq$	10 mg/kg;
F^-	$\leq$	3 mg/kg.

7 Durchführung

Das Volumen der Prüflösung (siehe Abschnitt 6) beträgt mindestens 20 ml/cm^2 Probenoberfläche. Im allgemeinen wird in einen Erlenmeyerkolben nur eine Probe eingebracht. Die gleichzeitige Prüfung mehrerer Proben ist jedoch unter der Bedingung möglich, daß alle Proben aus der gleichen Stahlsorte bestehen und in mindestens 5 mm Abstand voneinander angeordnet werden.

Im Streitfall darf nur eine Probe in jeden Erlenmeyerkolben eingebracht werden. Die Probenmasse wird auf 0,001 g und die Probenoberfläche auf 5 % bestimmt. Dann wird die Probe in die Prüflösung getaucht, und die Lösung wird zum Sieden gebracht. Die Prüfdauer besteht aus 5 Zeitabschnitten von je $(48 \pm 1) \text{ h}$, für die jeweils eine ungebrauchte Prüflösung verwendet wird; nach jedem Zeitabschnitt wird die Probe in Wasser gewaschen, getrocknet und gewogen. Beim Sieden ist eine übermäßige Blasenbildung zu vermeiden.

Auf besondere Vereinbarung zwischen den Beteiligten darf die Anzahl der Zeitabschnitte geändert werden.

8 Auswertung

Die Auswertung des Versuchs erfolgt durch Ermittlung des Masseverlustes der Probe nach jedem Zeitabschnitt sowie für die gesamte Prüfdauer.

Die Abtragungsgeschwindigkeit wird entweder in Millimeter je Jahr ($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$) nach Gleichung (1) oder in Gramm je Quadratmeter je Stunde ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) nach Gleichung (2) ermittelt:

$$r_{\text{corr}} = \frac{87\,600\,m}{S \cdot \rho \cdot t} \quad (1)$$

$$r_{\text{corr}} = \frac{10\,000\,m}{S \cdot t} \quad (2)$$

Dabei sind:

- t die Versuchsdauer des Säureangriffs, in Stunden;
- S die ursprüngliche Probenoberfläche, in Quadratzentimeter;
- m der mittlere Massenverlust je Zeitabschnitt, in Gramm;
- ρ die Dichte der Probe ($8\,\text{g/cm}^3$ für Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle und $7,9\,\text{g/cm}^3$ für Chrom-Nickel-Stähle).

9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muß mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) Hinweis auf diesen Teil von ISO 3651, z. B. ISO 3651-1 : 1998;
- b) Stahlsorte;
- c) Art des verwendeten Kühlers;
- d) Wärmebehandlung, falls durchgeführt;
- e) mittlere Abtragungsgeschwindigkeit;
- f) Besonderheiten, die das Prüfergebnis beeinflussen können.

Im allgemeinen wird das mittlere Ergebnis aus allen Zeitabschnitten angegeben. Die Ergebnisse aus den einzelnen Zeitabschnitten dürfen auf Vereinbarung zwischen den Beteiligten angegeben werden.

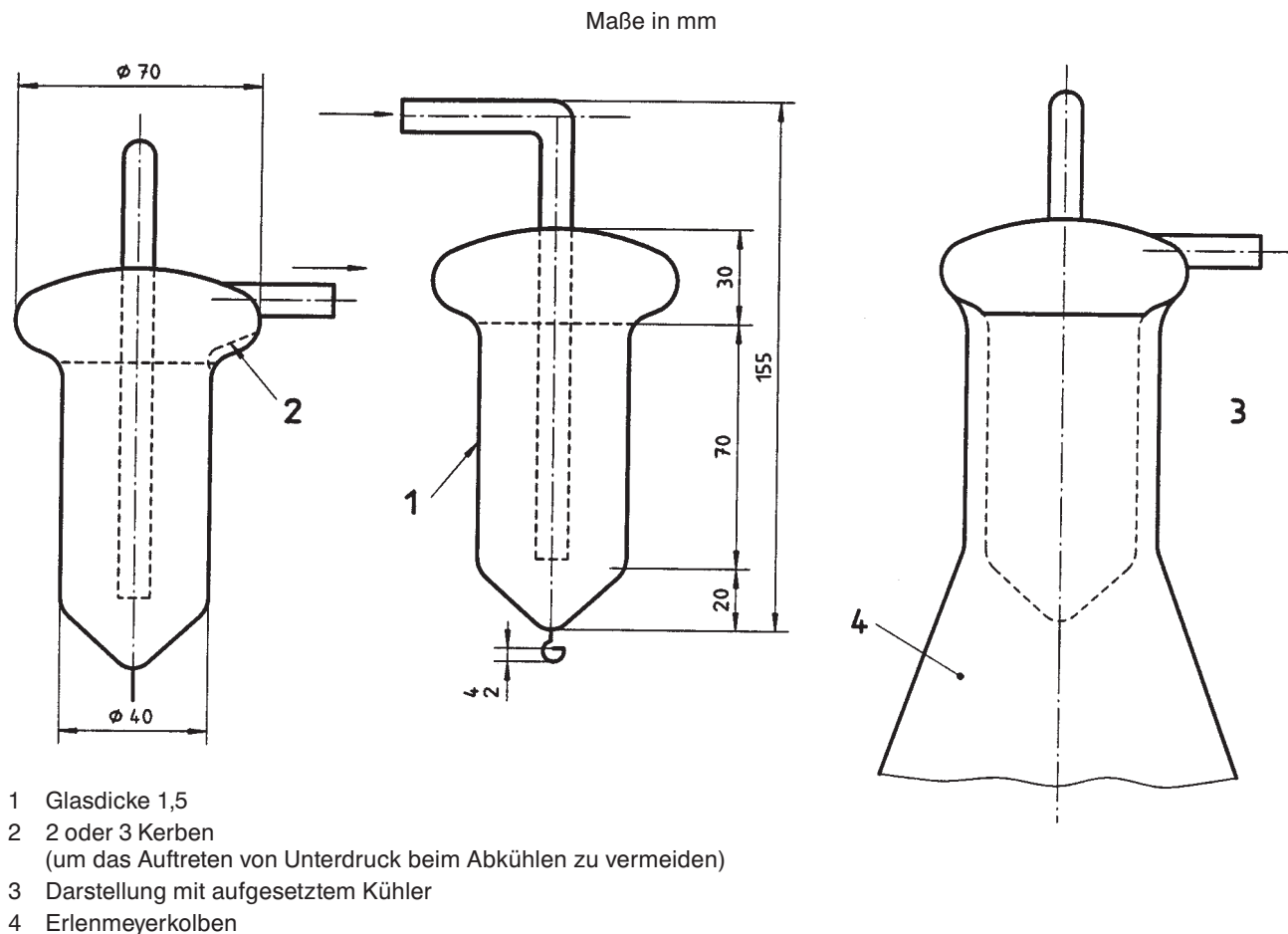


Bild 1: Beispiel für einen Kühlfinger

Ermittlung der Beständigkeit nichtrostender Stähle gegen interkristalline Korrosion

Teil 2: Nichtrostende ferritische, austenitische und ferritisch-austenitische (Duplex-) Stähle — Korrosionsversuch in schwefelsäurehaltigen Medien (ISO 3651-2 : 1998) Deutsche Fassung EN ISO 3651-2 : 1998

DIN

EN ISO 3651-2

ICS 77.060

Ersatz für
DIN 50914 : 1996-09

Deskriptoren: Materialprüfung, nichtrostender Stahl, interkristalline Korrosion, Korrosionsversuch

Determination of resistance to intergranular corrosion of stainless steels — Part 2: Ferritic, austenitic and ferritic-austenitic (duplex) stainless steels — Corrosion test in media containing sulfuric acid (ISO 3651-2 : 1998); German version EN ISO 3651-2 : 1998

Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables — Partie 2: Aciers ferritiques (duplex) — Essais de corrosion en milieux contenant de l'acide sulfurique (ISO 3651-2 : 1998); Version allemande EN ISO 3651-2 : 1998

Die Europäische Norm EN ISO 3651-2 : 1998 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Internationale Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 17/SC 7 „Stahl — Prüfverfahren (andere als mechanische Prüfverfahren und chemische Analyse)“ (Sekretariat: Frankreich) ausgearbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuß NMP 171 „Korrosion und Korrosionsschutz“ verantwortlich.

Änderungen

Gegenüber DIN 50914 : 1996-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

— Redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN 50914: 1968-09, 1970-09, 1982-04, 1984-06, 1996-09

Fortsetzung 6 Seiten EN

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

— Leerseite —