



SLOVENSKI STANDARD
kSIST FprEN ISO 7539-11:2014
01-september-2014

**Korozija kovin in zlitin - Ugotavljanje pokanja zaradi napetostne korozije - 11. del:
Napotki za preskušanje odpornosti kovin in zlitin proti vodikovi krhkosti in
pokanju s podprtim vodikom (ISO/FDIS 7539-11:2014)**

Corrosion of metals and alloys - Stress corrosion cracking - Part 11: Guidelines for testing the resistance of metals and alloys to hydrogen embrittlement and hydrogen-assisted cracking (ISO 7539-11:2013)

Korrosion der Metalle und Legierungen - Prüfung der Spannungsrisskorrosion - Teil 11: Leitfaden für die Prüfung der Resistenz von Metallen und Legierungen gegen Wasserstoffversprödung und wasserstoffverursachte Brüche (ISO/FDIS 7539-11:2014)

Corrosion des métaux et alliages - Essai de corrosion sous contrainte - Partie 11: Lignes directrices pour les essais de résistance des métaux et alliages à la fragilisation par l'hydrogène et la fissuration assistée sous hydrogène (ISO 7539-11:2013)

Ta slovenski standard je istoveten z: FprEN ISO 7539-11

ICS:

77.060

Korozija kovin

Corrosion of metals

kSIST FprEN ISO 7539-11:2014

de

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

SCHLUSS-ENTWURF
FprEN ISO 7539-11

Juni 2014

ICS 77.060

Deutsche Fassung

**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/FDIS 7539-11:2014)**

Corrosion of metals and alloys - Stress corrosion cracking -
Part 11: Guidelines for testing the resistance of metals and
alloys to hydrogen embrittlement and hydrogen-assisted
cracking (ISO 7539-11:2013)

Corrosion des métaux et alliages - Essai de corrosion sous
contrainte - Partie 11: Lignes directrices pour les essais de
résistance des métaux et alliages à la fragilisation par
l'hydrogène et la fissuration assistée sous hydrogène (ISO
7539-11:2013)

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 262 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN-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.

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

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

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

Warnvermerk : Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäischen Norm in Bezug genommen werden.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Wichtige Faktoren beim Prüfen von Wasserstoffversprödung und wasserstoffinduzierten Rissen	4
3.1 Dynamische plastische Verformung	4
3.2 Prüfdauer und Wasserstoffaufnahme.....	5
3.3 Temperatur	5
4 Auswahl des Prüfverfahrens	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Art der Proben.....	6
4.3 Prüfdauer	6
4.4 Art der Belastung.....	11
4.5 Beladung mit Wasserstoff vor der Prüfung und Effusivität von Wasserstoff	15
4.6 Prüfung von Schweißnähten	15
5 Auswertung nach Durchführung der Prüfung	17
Literaturhinweise	18

Vorwort

Der Text von ISO 7539-11:2013 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als FprEN ISO 7539-11:2014 durch das Technische Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge“ übernommen, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 7539-11:2013 wurde vom CEN als FprEN ISO 7539-11:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

FprEN ISO 7539-11:2014 (D)

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 7539 enthält einen Leitfaden zur Ermittlung der Schlüsselfaktoren, die bei Planung und Durchführung von Prüfungen zur Beurteilung der Beständigkeit von Metallen und Legierungen gegen Wasserstoffversprödung und wasserstoffinduzierte Rissbildung berücksichtigt werden sollten.

ANMERKUNG Die einzelnen Prüfverfahren sind im Detail nicht in diesem Dokument behandelt. Sie werden in anderen Internationalen Normen beschrieben, auf die verwiesen wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 7539-7, *Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 7: Method for slow strain rate testing*

ISO 17081, *Method of measurement of hydrogen permeation and determination of hydrogen uptake and transport in metals by an electrochemical technique*

3 Wichtige Faktoren beim Prüfen von Wasserstoffversprödung und wasserstoffinduzierten Rissen

3.1 Dynamische plastische Verformung

3.1.1 Die Wasserstoffaufnahme kann durch Oberflächenschichten wie passive Oxidschichten oder Sulfidschichten, z. B. bei unlegierten Stählen, die H₂S-haltigen Prüfmedien ausgesetzt werden, merklich reduziert werden. Bei Aufbrechen der Schicht ist lokal ein verstärktes Eindringen von Wasserstoff möglich, was bedeutet, dass die dynamische plastische Verformung und die Dehngeschwindigkeit besonders wichtige Faktoren sein können. In diesem Kontext gibt es dann im Allgemeinen keinen Zusammenhang zwischen der bei einer Permeationsprüfung gemessenen Wasserstoffaufnahme und dem Rissbildungsverhalten, weil die Wasserstoffaufnahme lokal an Stellen erfolgt, an denen die Oberflächenschicht unterbrochen ist. Eine Ausnahme ist möglich, wenn unter der Oberfläche ein für die Aufnahme von Wasserstoff anfälliger signifikanter Bereich sowie Eigenspannungen oder eine bestimmte, möglicherweise in Schweißungen anzutreffende Mikro-Chemie, vorhanden ist. In diesen Fällen sollte vor der Prüfung eine umfassende Untersuchung der Schweißverbindung durchgeführt werden.

3.1.2 Eine dynamisch-plastische Verformung kann unter statischer Belastung erfolgen, wenn ein signifikantes Kriechen des Werkstoffs auftritt, wie z. B. bei einigen nichtrostenden Duplexstählen.

3.1.3 Bei der Prüfung von aktiv korrodierenden Legierungen gibt es häufig einen Zusammenhang zwischen der Rissbildung und der gemessenen gesamten Wasserstoffaufnahme. In diesem Fall kann es sein, dass die dynamisch-plastische Verformung eine relativ geringe Rolle bei der Wasserstoffaufnahme spielt.

3.1.4 In allen Legierungen können die dynamisch-plastische Verformung und die Dehngeschwindigkeit beim Transport von Wasserstoff über Versetzungskanäle eine bedeutende Rolle spielen. Weil Wasserstoffatome sehr beweglich sind und an Versetzungen eingefangen werden, kann sich Wasserstoff entlang der Versetzungen (mit Einschränkungen durch die Grenzen im Mikrogefüge) bewegen und an bestimmten Stellen einlagern, z. B. an den Korngrenzen.

3.2 Prüfdauer und Wasserstoffaufnahme

3.2.1 Atomarer Wasserstoff ist sehr beweglich und kann zu potenziell geeigneten Stellen diffundieren, die sich durchaus in einer bestimmten Entfernung von der Primärquelle befinden können. Eine grundlegende Frage ist, mit welcher Prüfdauer eine Laborprüfung durchgeführt werden sollte um sicherzustellen, dass die Wasserstoffaufnahme ausreichend ist, um das Verhalten unter Einsatzbedingungen zu simulieren, wobei im Einsatz Einwirkungszeiten des Korrosionsmediums in der Größenordnung von Jahren zu berücksichtigen sind. Der kritische Kernpunkt ist die Stelle, an der Rissbildung auftritt, in Bezug zur Primärquelle des Wasserstoffs. Eine große Entfernung zur Wasserstoffquelle muss bei Festlegung der Prüfdauer berücksichtigt werden. Folglich sind das Diffusionsvermögen des Wasserstoffs und die Prüfdauer wichtige Einflussgrößen. Bei einer verzögerten Bildung von wasserstoffinduzierten Rissen kann z. B. eine Untersuchung der Wasserstoffverteilung über der Zeit als Reaktion auf Konzentration und Spannungsgradienten notwendig sein, um die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Rissen unter Einsatzbedingungen zu beurteilen.

3.2.2 Die Lage der gebildeten Risse ist vom jeweiligen System abhängig. Sie kann mit der Rohrwandmitte einer Rohrleitung aus niedriglegiertem Stahl mit Mittenseigerungen in Zusammenhang stehen. Bei Anwendung angerissener Proben lokalisiert sich der Riss natürlich an der Spitze des Anrisses. In einer Schweißnaht können sich Risse direkt unter der Oberfläche bilden.

3.2.3 Bei der Prüfung korrosionsbeständiger Legierungen im Passivzustand befindet sich die Primärquelle für Wasserstoff mit hoher Wahrscheinlichkeit in Bereichen mit einer lokalen Beanspruchung, weil Stellen, in denen die Passivschicht aufbricht, die bedeutendsten Stellen sind, an denen der Wasserstoff eindringen kann. In diesem Fall können relativ kurze Prüfzeiten angewendet werden, sofern nicht Lochfraß (oder Spaltkorrosion) auftritt. Die lokal aggressive chemische Zusammensetzung an Stellen mit Lochfraß und Spaltkorrosion begünstigt in Verbindung mit aufgelösten Schutzschichten die Wasserstoffaufnahme. Wenn der Riss von einem Loch ausgeht, kann die Lochgröße ein beachtenswerter Faktor sein und damit einen Einfluss auf die für diesen Aspekt spezifische Einwirkungsdauer haben. Mit einem Versagen braucht nicht gerechnet zu werden, sofern die kritische Lochfraß- bzw. Spaltkorrosionstemperatur nicht überschritten wird, obwohl Spannungen Einfluss auf diesen Wert haben könnten.

3.2.4 Für Systeme ohne Schutzschicht ist die Primärquelle des Wasserstoffs eine komplexe Funktion der chemischen Zusammensetzung der Korrosionslösung und des vorhandenen Potenzials. Wenn in der Lösung Spezies enthalten sind, die zwar die Erzeugung und Aufnahme von Wasserstoff unterstützen, in einem Riss jedoch abgereichert sind, dann ist die Primärquelle die der Lösung ausgesetzte Außenfläche. Beispiele sind saure und schwefelwasserstoffhaltige Lösungen. In H_2S -haltigen Umgebungen führt jedoch über Dauer der Einwirkung des Korrosionsmediums die Bildung eines Eisensulfidfilms auf der beanspruchten Außenfläche progressiv zu einem verringerten Wasserstoffeintrag, und durch die Eisensulfidschicht kann sich die Lage der Primärquelle in Richtung zur Risspitze ändern.

In weniger „aggressiven“ oder gasförmigen Korrosionsmedien kann Wasserstoff vorzugsweise an der Risspitze aufgenommen werden. Bei Anwendung angerissener Proben mit kathodischen Schutzpotenzialen in Höhe der Opferanoden-Werte befindet sich die Primärquelle des Wasserstoffs wegen des Potenzialabfalls und der Änderungen der Risschemie an der Außenfläche.

3.3 Temperatur

3.3.1 Wasserstoffversprödung ist oft mit dem Einfangen von Wasserstoff verbunden. Temperaturerhöhungen führen zu einer Verringerung der Einfangstellen-Belegung, wobei dieser Trend jedoch in den meisten Werkstoffen durch die größere Kinetik bei der Wasserstofferzeugung und die zunehmende Löslichkeit kompensiert werden kann. Auch das Diffusionsvermögen nimmt mit der Temperatur zu, und bei einem Vergleich von Versuchsergebnissen bei unterschiedlichen Temperaturen können sich falsche Annahmen für die Anfälligkeit ergeben, wenn die Wasserstoffaufnahme nicht stabil erfolgt und die unterschiedlichen Niveaus des Wasserstoffeintrags nicht berücksichtigt werden. Für ungeschützte korrosionsbeständige Legierungen im passiven Zustand kann Rissbildung nur oberhalb einer kritischen Temperatur auftreten, die mit dem in 3.2.3 beschriebenen lokalen Angriff verbunden ist. Weil auch die zugehörige Duktilität der Metalle bei höheren Temperaturen zu einer Zunahme tendiert, ist ein komplexer Einfluss der Temperatur auf die Versprödung zu erwarten.

FprEN ISO 7539-11:2014 (D)

3.3.2 Die Prüfung sollte den Bereich der unter Einsatzbedingungen zu erwartenden Temperaturen umfassen. Zu beachten ist, dass für kathodisch geschützte Legierungen die niedrigste Temperatur der stärkste Einflussfaktor sein kann, weil sie das Einfangen von Wasserstoff begünstigt (siehe Einleitung).

3.3.3 Für den Einfluss von Temperaturänderungen liegen Daten in nur begrenztem Umfang vor. Diese Daten können wichtig sein, wenn die Abkühlgeschwindigkeit gegenüber der Geschwindigkeit des Wasserstoffaustritts aus dem Metall relativ groß ist. Für viele Legierungen nimmt die Löslichkeit für Wasserstoff im Metallgitter mit der Temperatur zu, und die Einfangstellen-Belegung nimmt ab. Die Duktilität nimmt ebenfalls zu. Daher kann bei einer ausreichend erhöhter Temperatur eine signifikante Wasserstoffaufnahme ohne Rissbildung beobachtet werden. Probleme können sich jedoch ergeben, wenn die Abkühlung bezogen auf die Diffusion schnell erfolgt. In einigen Stählen kann Wasserstoff als molekularer Wasserstoff an den Grenzflächen aus dem Gitter ausgeschieden werden, so dass die Möglichkeit einer druckinduzierten Rissbildung größer wird. Allgemeiner ausgedrückt fallen Wasserstoffatome im Gitter in die Einfangstellen. In Verbindung mit verringerter Duktilität kann Rissbildung auftreten.

4 Auswahl des Prüfverfahrens

4.1 Allgemeines

Eine große Anzahl von Prüfverfahren wurde entwickelt, die zur Beurteilung der Beständigkeit von Werkstoffen gegen Wasserstoffversprödung und wasserstoffinduzierte Rissbildung angewendet werden können. Im Vorwort werden mehrere Internationale Normen genannt, die im Allgemeinen auf die durch das Prüfmedium verursachte Rissbildung einschließlich Spannungskorrosion und Schwingungskorrosion anwendbar sind. Das elektrochemische Verfahren für die Wasserstoffpermeation (ISO 17081) enthält einen Leitfaden für die Messung der Aufnahme und der Diffusionsfähigkeit des Wasserstoffs. Auf weitere Prüfverfahren zum Thema Wasserstoffversprödung und wasserstoffinduzierte Rissbildung, meist für systemspezifische Anwendungen, wird in einer ergänzenden Liste in den Literaturhinweisen hingewiesen. Bei vielen Anwendungen sind die Belastungsbedingungen und die Bedingungen für die Einwirkung des Prüfmediums ausreichend einfach und das Ziel der Internationalen Norm so eingeschränkt, dass weitere Leitfäden für die Prüfung nicht kritisch sind. Für Prüfverfahren, die auf Vorschriften verzichten, müssen jedoch für die Festlegung der Prüfung die in Abschnitt 3 erwähnten Aspekte berücksichtigt werden.

4.2 Art der Proben

Die Anwendung der Probenart ist abhängig von der Entwurfs- und der Beibehaltungsphilosophie in Bezug auf vermutete signifikante Oberflächenfehler und ihre zeitliche Entwicklung. Außer hohen örtlichen Spannungen oberhalb der Streckgrenze sind gekerbte oder angerissene Proben zusätzlich dadurch gekennzeichnet, dass Wasserstoff durch die hydrostatische Spannungskomponente lokalisiert wird. Daher gibt es eine örtliche Zunahme der Wasserstoffkonzentration. Für die Kerbe sind jedoch die Kerbtiefe, der Kerbgrundradius und bei Schweißverbindungen die Lage der Schweißnahtwurzel zur Wärmeeinflusszone (WEZ) völlig frei wählbar. Diese Aspekte der Prüfung sind noch nicht genügend erforscht, und es gibt keine entsprechenden Leitfäden. Für die Prüfung der Wasserstoffversprödung gibt es keine allgemein akzeptierte Internationale Norm zur Festlegung von Details der Kerbe, und Leitfäden sind nicht verfügbar. Eine Kerbe vergrößert offensichtlich die Versagenswahrscheinlichkeit. Angerissene Proben können für Bewertungen angewendet werden; häufiger dienen sie jedoch zur Ermittlung von Grenzwerten für die Spannungsintensitätsfaktoren und Daten zum Risswachstum.

4.3 Prüfdauer

4.3.1 Die Prüfdauer sollte auf den in 3.2 festgelegten Grundsätzen und Überlegungen basieren; eine vor der Prüfung durchgeführte Wasserstoffaufnahme kann angemessen sein um sicherzustellen, dass eine signifikante Wasserstoffaufnahme stattgefunden hat. In einigen Fällen, z. B. bei kathodischer Polarisation, ist es relativ einfach, die zeitliche Entwicklung der Wasserstoffkonzentration nach dem 2. Fick'schen Gesetz bei einem effektiven Diffusionsvermögen ungefähr abzuschätzen. In Bild 1 wird die vorhergesagte zeitliche Entwicklung der Wasserstoffkonzentration in einer zylindrischen Probe dargestellt, die als im Allgemeinen für die Prüfung mit langsamer Dehnrates bei kathodischer Beladung verwendet wird. Hier sind a der Radius, r die Entfernung von der Oberfläche, C_0^{av} die Wasserstoffkonzentration an der Oberfläche, und τ gibt eine dimensionslose Zeit an ($t \cdot D_{eff}/a^2$), wobei D_{eff} den effektiven Diffusionskoeffizienten und t die Zeit bezeichnet.