

DIN EN ISO 15156-2

ICS 75.180.10; 77.060

Einsprüche bis 2015-07-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 15156-2:2010-12

Entwurf

**Erdöl- und Erdgasindustrie –
Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der
Öl- und Gasgewinnung –
Teil 2: Gegen Rissbildung beständige unlegierte und niedriglegierte
Stähle und Gusseisen; (ISO/FDIS 15156-2:2014);
Deutsche und Englische Fassung FprEN ISO 15156-2:2015**

Petroleum and natural gas industries –
Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production –
Part 2: Cracking-resistant carbon and low-alloy steels, and the use of cast irons;
(ISO/FDIS 15156-2:2014);
German and English version FprEN ISO 15156-2:2015

Industries du pétrole et du gaz naturel –
Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène
sulfuré (H₂S) dans la production de pétrole et de gaz –
Partie 2: Aciers au carbone et aciers faiblement alliés résistants à la fissuration, et
utilisation de fontes; (ISO/FDIS 15156-2:2014);
Version allemande et anglaise FprEN ISO 15156-2:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-05-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an noeg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

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

Gesamtumfang 109 Seiten

DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 15156-2:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) erarbeitet.

Für Deutschland hat hieran der Arbeitsausschuss NA 109-00-01-70 AK „Korrosionsbeständige Werkstoffe“ im DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) mitgearbeitet.

Das Ausgabedatum des Europäischen Norm-Entwurfs stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses DIN-EN-ISO-Entwurfs noch nicht fest; der FprEN ISO wird jedoch vom CMC unter der angegebenen FprEN-Nummer demnächst zur CEN-Umfrage verteilt. Um der deutschen Öffentlichkeit eine möglichst lange Einspruchsfrist einzuräumen, wurde dieser Norm-Entwurf bereits vorab veröffentlicht.

Dieser Norm-Entwurf enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheiten „°F“, „in (inch)“, „ksi“ und „psi (psig)“ die in Deutschland nicht zugelassen sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig sind. Die Angabe dieser Einheiten dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheiten anwenden.

Nicht-SI-Einheit	SI-Einheit	Umrechnung	
°F	°C	°C	= (5/9) (°F-32)
in (inch)	mm	1 inch	= 25,4 mm
ksi	MPa	1 ksi	= 6,894 757 MPa
psi (psig)	kPa	1 psi	= 6,894 757 kPa

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des ISO/FDIS 15156-2:2014 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 6506-1	siehe	DIN EN ISO 6506-1
ISO 6507-1	sieh	DIN EN ISO 6507-1
ISO 6508-1	siehe	DIN EN ISO 6508-1
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
ISO 10423	siehe	DIN EN ISO 10423
ISO 15156-1	siehe	DIN EN ISO 15156-1
ISO 15156-3	siehe	DIN EN ISO 15156-3

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15156-2:2009 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- der Begriff „konventionelle Kriterien für den elastischen Einsatz“ im Anwendungsbereich wurde durch den Begriff „lastgesteuerte Auslegungsverfahren“ ersetzt;
- Aufnahme von Angaben sowohl in 7.2.1.1 und A.2.1.1, welche die Möglichkeiten für die Qualifizierung von unlegierten und niedriglegierten Stählen für einen bestimmten sauren Einsatzbereich oder einen Bereich mit Sauer gas, die nicht in Anhang A aufgeführt sind, hervorheben;
- Ersetzen von Absatz 6 in A.2.1.4 zur Verbesserung der Anleitung bezüglich des Schweißens von unlegierten und niedriglegierten Stählen, die keinem der anderen Absätze dieses Unterabschnitts entsprechen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6506-1, Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 1: Prüfverfahren

DIN EN ISO 6507-1, Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren

DIN EN ISO 6508-1, Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Rockwell — Teil 1: Prüfverfahren

DIN EN ISO 6892-1, Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur

DIN EN ISO 10423, Erdöl- und Erdgasindustrie — Bohr- und Förderausrüstung — Bohrlochkopf- und Eruptionskreuz-Ausrüstung

DIN EN ISO 15156-1, Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen für die Auswahl von gegen Rissbildung beständigen Werkstoffen

DIN EN ISO 15156-3, Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und andere Legierungen

— Leerseite —

Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 2: Gegen Rissbildung beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle und Gusseisen (ISO/FDIS 15156-2:2014)

Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H₂S) dans la production de pétrole et de gaz — Partie 2: Aciers au carbone et aciers faiblement alliés résistants à la fissuration, et utilisation de fontes (ISO/FDIS 15156-2:2014)

Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production — Part 2: Cracking-resistant carbon and low alloy steels, and the use of cast irons (ISO/FDIS 15156-2:2014)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: einstufiges Annahmeverfahren
Dokumentsprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Kaufinformationen	12
6 Faktoren, die das Verhalten von unlegierten und niedriglegierten Stählen in H ₂ S-haltigen Umgebungen beeinträchtigen	12
7 Qualifizierung und Auswahl von unlegierten und niedriglegierten Stählen, die gegen SSC, SOHIC und SZC beständig sind	13
7.1 Wahlmöglichkeit 1 — Auswahl von gegen SSC beständigen Stählen (und Gusseisen) nach Abschnitt A.2	13
7.2 Wahlmöglichkeit 2 — Auswahl von Stählen für besondere Anwendungen in sauren Einsatzbereichen oder für Bereiche mit Sauergas.....	13
7.2.1 H ₂ S-induzierte Spannungsrisskorrosion	13
7.2.2 SOHIC und SZC.....	16
7.3 Anforderungen an die Härte	16
7.3.1 Allgemeines	16
7.3.2 Grundmetalle	16
7.3.3 Schweißnähte.....	17
7.4 Weitere Herstellungsverfahren.....	22
8 Beurteilung von unlegierten und niedriglegierten Stählen hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegen HIC/SWC	23
9 Kennzeichnung, Beschriftung und Dokumentation.....	23
Anhang A (normativ) Gegen SSC beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle (und Anforderungen und Empfehlungen zur Verwendung von Gusseisen)	24
A.1 Allgemeines	24
A.2 Gegen SSC beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle und die Verwendung von Gusseisen.....	24
A.2.1 Allgemeine Anforderungen an unlegierte und niedriglegierte Stähle.....	24
A.2.2 Anwendung bei bestimmten Produktformen	28
A.2.3 Anwendung bei Ausrüstungen.....	30
A.2.4 Anforderungen an die Verwendung von Gusseisen	31
A.3 Gegen SSC beständige Stähle zur Verwendung im gesamten SSC-Bereich 2	31
A.3.1 Allgemeines	31
A.3.2 Mantelrohre für Bohrlöcher, Rohre und rohrförmige Bauteile	31
A.3.3 Pipeline-Stähle	32
A.4 Gegen SSC beständige Stähle zur Verwendung im gesamten SSC-Bereich 1	32
A.4.1 Allgemeines	32
A.4.2 Mantelrohre für Bohrlöcher, Rohre und rohrförmige Bauteile	32
A.4.3 Pipeline-Stähle	32

Anhang B (normativ) Qualifizierung von unlegierten und niedriglegierten Stählen für den H₂S-Einsatz durch Laborprüfung	33
B.1 Anforderungen.....	33
B.2 Anwendung von Laborqualifizierungen	33
B.2.1 Allgemeines	33
B.2.2 Qualifizierung von hergestellten Erzeugnissen	34
B.2.3 Qualifizierung einer Fertigungsquelle und eines Fertigungsweges	35
B.2.4 Verwendung von Laborprüfungen als Grundlage für die Beantragung von Ergänzungen und Änderungen von Anhang A	36
B.3 Prüfverfahren zur Beurteilung der Beständigkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen gegen SSC.....	36
B.4 Prüfverfahren zur Beurteilung der Beständigkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen gegen SOHIC und SZC.....	38
B.4.1 Allgemeines	38
B.4.2 Prüfungen in kleinem Maßstab	39
B.4.3 Prüfungen von ganzen Rohrringen	39
B.5 Prüfverfahren und Annahmekriterien zur Beurteilung der Beständigkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen gegen HIC/SWC.....	40
Anhang C (informativ) Bestimmung des H₂S-Partialdrucks	41
C.1 Berechnung des Partialdrucks von H₂S für Systeme mit einer Gasphase.....	41
C.2 Berechnungen des wirksamen H₂S-Partialdrucks für gasfreie Flüssigsysteme	41
Anhang D (informativ) Empfehlungen zur Bestimmung des pH-Wertes.....	43
Anhang E (informativ) Angaben, die bei der Werkstoffbeschaffung mitgeliefert werden sollten	48
Literaturhinweise	50

Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 15156-2:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 15156-2:2009 ersetzen.

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

- der Begriff „konventionelle Kriterien für den elastischen Einsatz“ im Anwendungsbereich wurde durch den Begriff „lastgesteuerte Auslegungsverfahren“ ersetzt;
- Aufnahme von Angaben sowohl in 7.2.1.1 und A.2.1.1, welche die Möglichkeiten für die Qualifizierung von unlegierten und niedriglegierten Stählen für einen bestimmten sauren Einsatzbereich oder einen Bereich mit Sauer gas, die nicht in Anhang A aufgeführt sind, hervorheben;
- Ersetzen von Absatz 6 in A.2.1.4 zur Verbesserung der Anleitung bezüglich des Schweißens von unlegierten und niedriglegierten Stählen, die keinem der anderen Absätze dieses Unterabschnitts entsprechen.

ISO 15156 besteht unter dem allgemeinen Titel *Erdöl. und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Grundlagen für die Auswahl von gegen Rissbildung beständigen Werkstoffen*
- *Teil 2: Gegen Rissbildung beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle und Gusseisen*
- *Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und andere Legierungen*

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/FDIS 15156-2:2014 wurde vom CEN als FprEN ISO 15156-2:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Auswirkungen plötzlich aufgetretener Schäden an metallischen Bauteilen in Öl- und Gasfeldausrüstungen, die H₂S-haltigen Medien ausgesetzt waren, haben zur Erstellung der ersten Fassung von NACE MR0175 geführt, die im Jahre 1975 von der National Association of Corrosion Engineers, jetzt als NACE International bekannt, herausgegeben wurde.

Die erste und die nachfolgenden Ausgaben von NACE MR0175 legten Grenzwerte für den H₂S-Partialdruck fest, bei deren Überschreitung Vorkehrungen gegen H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC) grundsätzlich als erforderlich betrachtet wurden. Sie gaben auch Hilfestellung bei der Auswahl und Festlegung von SSC-beständigen Werkstoffen für Fälle, in denen diese H₂S-Schwellenwerte überschritten wurden. In jüngeren Fassungen von NACE MR0175 wurden zudem praktische Grenzwerte für einige korrosionsbeständige Legierungen in Bezug auf die Zusammensetzung der Umgebung und den pH-Wert, die Temperatur und den H₂S-Partialdruck angegeben.

Unabhängig hiervon hat die European Federation of Corrosion 1995 die EFC-Publikation Nr. 16 sowie 1996 die EFC-Publikation Nr. 17 herausgegeben. Diese Dokumente ergänzen im Allgemeinen diejenigen von NACE, auch wenn sie sich im Anwendungsbereich und in den Einzelheiten unterscheiden.

2003 wurde zum ersten Mal die Herausgabe der drei Teile der ISO 15156 und der NACE MR0175/ISO 15156 abgeschlossen. In diesen technisch identischen Dokumenten wurden die oben angegebenen Quellen verwendet, um Anforderungen und Empfehlungen für die Qualifizierung von Werkstoffen und ihre Auswahl zum Einsatz in nassen H₂S-haltigen Umgebungen in Systemen der Öl- und Gasgewinnung zu geben. Sie werden durch die Prüfverfahren in NACE TM0177 und NACE TM0284 ergänzt.

Die Überarbeitung dieses Teiles von ISO 15156 umfasst die Zusammenführung aller im Technischen Rundschreiben 1, ISO 15156-2:2009/Cir. 1:2011 (E) und im Technischen Rundschreiben 2, ISO 15156-2:2009/Cir. 2:2014 (E) vereinbarten und veröffentlichten Änderungen, die von dem ISO 15156 Agentur zur Dokumentenpflege zuständigen Sekretariat bei DIN, veröffentlicht wurden.

Die Änderungen wurden von repräsentativen Gruppen innerhalb der Öl- und Gasgewinnungsindustrie erarbeitet und durch Abstimmung anerkannt. Die große Mehrheit dieser Änderungen sind Themen, die von Anwendern des Dokumentes zur Sprache gebracht wurden. Eine Beschreibung des Prozesses, wie diese Änderungen anerkannt wurden, ist auf der Dokumentenpflege-Webseite von ISO 15156 www.iso.org/iso15156maintenance zu finden.

Künftige vorläufige Änderungen an diesem Teil von ISO 15156 werden, wenn sie von Fachleuten der Öl- und Gasgewinnungsindustrie für notwendig erachtet werden, in derselben Art und Weise erarbeitet und führen zu vorläufigen Aktualisierungen dieses Teils von ISO 15156 in Form von Technischen Berichtigungen oder Technischen Rundschreiben. Anwendern dieses Dokumentes sollte bewusst sein, dass es derartige Dokumente geben kann und dass sie sich auf die Gültigkeit der in diesem Teil von ISO 15156 in Bezug genommenen Verweisungen auswirken können.

Die Agentur zur Dokumentenpflege der ISO 15156 bei DIN wurde eingerichtet, nachdem das ISO Technical Management Board in Dokument Nr. 34/2007 seine Zustimmung gegeben hat. Dieses Dokument beschreibt den Aufbau der Agentur, in der Fachleute von NACE, EFC und ISO/TC 67/WG 7 einbezogen sind, sowie das Verfahren für die Zustimmung zu Änderungen. Es steht auf der Dokumentenpflege-Webseite von ISO 15156 und beim ISO/TC 67 Sekretariat zur Verfügung. Über die Webseite kann auch auf zugehörige Dokumente, die mehr Einzelheiten über die Wartungsmaßnahmen von ISO 15156 enthalten, zugegriffen werden.

WARNUNG — Nach diesem Teil von ISO 15156 ausgewählte unlegierte und niedriglegierte Stähle und Gusseisen sind in festgelegten H₂S-haltigen Umgebungen bei der Öl- und Gasgewinnung rissbeständig, aber nicht notwendigerweise unter allen möglichen Betriebsbedingungen korrosionsbeständig. Der Nutzer der Ausrüstung trägt die Verantwortung für die Auswahl der für den beabsichtigten Einsatz geeigneten unlegierten und niedriglegierten Stähle und Gusseisen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 15156 nennt Anforderungen und gibt Empfehlungen für die Auswahl und Qualifizierung von unlegierten und niedriglegierten Stählen für den Betrieb in Einrichtungen der Öl- und Gasgewinnung und in Erdgasbehandlungsanlagen im Bereich H₂S-haltiger Umgebungen, deren Versagen ein mögliches Gesundheits- und Sicherheitsrisiko für die Allgemeinheit und das Personal oder für die Umwelt darstellen kann. Er kann angewendet werden zur Vermeidung kostspieliger Beschädigungen infolge von Korrosion der Anlage selbst. Er ergänzt, ersetzt aber nicht die in einschlägigen Konstruktionsrichtlinien, Normen oder Regelwerken enthaltenen Anforderungen an Werkstoffe.

Dieser Teil von ISO 15156 behandelt die Beständigkeit dieser Stähle gegen Beschädigungen, die durch H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC) und den damit verbundenen Erscheinungen der spannungsorientierten wasserstoffinduzierten Rissbildung (SOHIC) und der Weichzonenrissbildung (SZC) verursacht werden können.

Dieser Teil von ISO 15156 behandelt außerdem die Beständigkeit dieser Stähle gegen wasserstoffinduzierte Rissbildung (HIC) und deren mögliche Verbindung zu Stufenrissen (SWC).

Dieser Teil von ISO 15156 behandelt ausschließlich die Rissbildung. Er befasst sich nicht mit Werkstoffverlusten durch allgemeine (Massenverlust) oder örtliche Korrosion.

Tabelle 1 enthält als nicht erschöpfende Liste eine Übersicht von Ausrüstungen, die in den Anwendungsbereich dieses Teiles von ISO 15156 fallen, einschließlich zugelassener Ausnahmen.

Dieser Teil von ISO 15156 gilt für die Qualifizierung und Auswahl von Werkstoffen für Ausrüstungen, die unter Anwendung von lastgesteuerten Auslegungsverfahren ausgelegt und gebaut wurden. Für Konstruktionen, bei denen auf Dehnung beruhende Auslegungsverfahren zur Anwendung kommen, siehe ISO 15156-1, Abschnitt 5.

Anhang A enthält eine Auflistung von SSC-beständigen unlegierten und niedriglegierten Stählen und A.2.4 enthält Anforderungen an die Verwendung von Gusseisen.

Dieser Teil von ISO 15156 ist nicht zwangsläufig auch für die Anwendung auf Ausrüstungen in Raffinerie- oder nachgeschalteten Verfahren und Einrichtungen geeignet.

Tabelle 1 — Übersicht von Ausrüstungen

ISO 15156 gilt für in den folgenden Ausrüstungen eingesetzte Werkstoffe	Zugelassene Ausnahmen
Bohrungen, Bohrlochaufbauten und Bohrloch-Serviceausrüstungen	Ausrüstungen, die nur Bohrflüssigkeiten mit kontrollierter Zusammensetzung ausgesetzt sind ^a Bohrmeißel Scherblätter für Blowout-Preventer (BOP) ^b Steigleitungssysteme Betriebsstränge Drahtseile und Drahtseilausrüstungen ^c Außen- und Zwischengehäuse
Bohrungen einschließlich Untertageeinrichtungen, Gasliftausrüstungen, Bohrlochköpfe und Eruptionskreuze	Tiefpumpen und Pumpgestänge ^d Elektrische Tauchpumpen Weitere Fördereinrichtungen Keile
Förderleitungen, Sammelleitungen, Anlagen im Feld und in Weitervertriebsanlagen	Rohöllager- und -betriebseinrichtungen mit einem Gesamtabсолютdruck unter 0,45 MPa (65 psi)
Ausrüstungen zur Wasserhandhabung	Einrichtungen zur Wasserhandhabung mit einem Gesamtabсолютdruck unter 0,45 MPa (65 psi) Wassereinspritzeinrichtungen und Ausrüstungen zur Abwasserentsorgung
Erdgas-Behandlungsanlagen	—
Transportpipelines für Flüssigkeiten, Gase und mehrphasige Medien	Leitungen zum Weitertransport von Gas, das für den allgemeinen gewerblichen und den Privatverbrauch vorgesehen ist
Für alle oben aufgeführten Ausrüstungen	Nur mit Druck belastete Bestandteile
^a Für weitere Informationen siehe A.2.3.2.3. ^b Für weitere Informationen siehe A.2.3.2.1. ^c Drahtseilschmierungen und Schmierverbindungsrichtungen sind keine zugelassenen Ausnahmen. ^d Hinsichtlich Tiefpumpen und Pumpgestängen kann auf NACE MR0176 verwiesen werden.	

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 6506-1, *Metallic materials — Brinell hardness test — Part 1: Test method*

ISO 6507-1, *Metallic materials — Vickers hardness test — Part 1: Test method*

ISO 6508-1, *Metallic materials — Rockwell hardness test — Test method (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

ISO 6892-1, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 10423, *Petroleum and gas industries — Drilling and production equipment — Wellhead and christmas tree equipment*

ISO 15156-1:2014, *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production — Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials*

ISO 15156-3:2014, *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production — Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys*

NACE TM0177¹⁾, *Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments*

NACE TM0284, *Evaluation of pipeline and pressure vessel steels for resistance to hydrogen-induced cracking*

EFC Publications Number 16²⁾, *Guidelines on materials requirements for carbon and low alloy steels for H₂S-containing environments in oil and gas production*

SAE AMS-2430P³⁾, *Shot Peening, Automatic*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in ISO 15156-1 angegebenen sowie die folgenden Begriffe.

3.1

Brinellhärte HBW

nach ISO 6506-1 gemessener Härtewert, bei dessen Messung üblicherweise eine Wolframkugel mit 10 mm Durchmesser verwendet und eine Kraft von 29,42 kN aufgebracht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Festlegung entspricht ASTM E10 der ISO 6506-1.

3.2

Blasendruck

p_B

Druck, bei dem sich in einer Flüssigkeit bei einer bestimmten Betriebstemperatur Gasblasen bilden

Siehe Abschnitt C.2.

3.3

Polieren

Prozess zur Glättung von Oberflächen, bei dem der Reibungskontakt zwischen dem Werkstoff und einigen anderen harten Werkstoffstücken, zum Beispiel gehärteten Stahlkugeln, ausgenutzt wird

3.4

Gießen

Metall, das durch Erstarren von eingeschmolzenem Metall in einer Form in seine endgültige oder nahezu endgültige Form gebracht wird

3.5

Gusseisen

Eisen-Kohlenstoff-Legierung, die einen Massenanteil an Kohlenstoff von etwa 2 % bis 4 % enthält

¹⁾ NACE International, P.O. Box 2183140, Houston, Texas 77218-8340, USA.

²⁾ European Federation of Corrosion, available from The Institute of Materials, 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB, UK [ISBN 0-901716-95-2].

³⁾ Society of Automotive Engineers (SAE), 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, USA.

3.5.1

graues Gusseisen

Gusseisen, das auf Grund des Vorhandenseins von Lamellengraphit eine graue Bruchfläche aufweist

3.5.2

weißes Gusseisen

Gusseisen, das auf Grund des Vorhandenseins von Zementit eine weiße Bruchfläche aufweist

3.5.3

Temperguss

weißes Gusseisen, das thermisch behandelt wird, so dass der größte Teil oder der gesamte Zementit zu Graphit (Temperkohle) umgewandelt wird

3.5.4

duktiler Guss

Kugelgraphitgusseisen

Gusseisen, das beim Schmelzen mit einem Element (üblicherweise Magnesium oder Cer) behandelt wird, wodurch sich Kugelgraphit bildet

3.6

Zementit

Gefügebestandteil von Stählen, der hauptsächlich aus Eisencarbid (Fe_3C) besteht

3.7

Kaltumformung

Kaltverformen

Kaltschmieden

Kaltformen

plastische Metallverformung bei Temperaturen und Umformgeschwindigkeiten, die zu einer Kaltverfestigung führen, die meist, aber nicht notwendigerweise, bei Raumtemperatur durchgeführt wird

3.8

Gebrauchstauglichkeit

Eignung für die Verwendung unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen

3.9

Automatenstahl

Stahl, dem absichtlich Elemente wie Schwefel, Selen und Blei beigelegt wurden, um die Zerspanbarkeit zu verbessern

3.10

untere kritische Temperatur

Temperatur eines Eisenmetalls, bei der sich während der Erwärmung Austenit zu bilden beginnt oder bei der während der Abkühlung die austenitische Umwandlung abgeschlossen ist

3.11

Nitrieren

Oberflächenhärtungsprozess, bei dem Stickstoff in die Oberfläche von metallischen Werkstoffen (meist Eisenlegierungen) eingebracht wird

BEISPIELE Badnitrieren, Gasnitrieren und Plasmanitrieren.

3.12

Normalglühen

Erwärmung eines Eisenmetalls auf eine geeignete Temperatur oberhalb des Umwandlungsbereiches (Austenitisierung), Beibehalten der Temperatur über einen geeigneten Zeitraum und anschließende Abkühlung bei stillstehender Luft (oder unter Schutzatmosphäre) auf eine Temperatur, die wesentlich unter dem Umwandlungsbereich liegt

3.13

plastisch verformt

dauerhaft verformt durch Belastung über die Elastizitätsgrenze hinaus, d. h. über die Grenze der Proportionalität der Spannung zur Dehnung hinaus

3.14

drucktragende Teile

diejenigen Teile, bei denen ein Versagen ihrer vorgesehenen Funktion zur Freisetzung des zurückbehaltenen Mediums an die Atmosphäre führt

BEISPIELE Ventilkörper, Schutzkappen und Spindeln.

3.15

vergütet

abschreckgehärtet und dann angelassen

3.16

Rockwellhärte C

HRC

nach ISO 6508 gemessener Härtewert, der unter Verwendung eines Diamantkegel-Eindringkörpers und mit einer Kraft von 1 471 N bestimmt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Festlegung entspricht ASTM E18 der ISO 6508-1.

3.17

Kugelstrahlen

Einleiten von Druckbelastungen in die Oberflächenschicht eines Werkstoffes durch Beschuss mit einem ausgewählten Medium (üblicherweise rundes Stahlstrahlmittel) unter überwachten Bedingungen

3.18

Spannungsfreiglühen

Erwärmen eines Metalls auf eine geeignete Temperatur, Beibehalten dieser Temperatur über einen Zeitraum, der lang genug ist, um Restspannungen zu verringern, und anschließendes Abkühlen, das so langsam erfolgt, dass die Entstehung neuer Restspannungen gering gehalten wird

3.19

Anlassen

Wärmebehandlung durch Erwärmen auf eine Temperatur, die unter der unteren kritischen Temperatur liegt, mit dem Ziel, die Härte von gehärtetem Stahl, gehärtetem Gusseisen und manchmal von normalisiertem Stahl zu verringern und seine Zähigkeit zu erhöhen

3.20

Zugfestigkeit

Bruchfestigkeit

Verhältnis zwischen der Höchstlast und der ursprünglichen Querschnittsfläche

Siehe ISO 6892-1.

3.21

Prüflos

Gruppe von Gegenständen, die ein Fertigungslos repräsentieren, dessen Übereinstimmung mit einer festgelegten Anforderung durch Prüfung repräsentativer Proben nach einem festgelegten Verfahren ermittelt werden kann

3.22

rohrförmiges Bauteil

zylinderförmiges Bauteil (Rohr) mit einer Längsbohrung, das bei Bohrarbeiten/Produktionsprozessen zum Transport von Flüssigkeiten verwendet wird

3.23

Vickers-Härte

HV

nach ISO 6507-1 gemessener Härtewert, der unter Verwendung einer Diamantpyramide als Eindringkörper und mit einer Auswahl möglicher aufzubringender Lasten ermittelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Festlegung entspricht ASTM E384 der ISO 6507-1.

3.24

Schweißstelle

der Teil eines Bauteils, der geschweißt wurde, einschließlich des Schweißmetalls, der Wärmeeinflusszone (HAZ) und des angrenzenden Grundmetalls

3.25

Schweißmetall

der Teil einer Schweißstelle, der beim Schweißen aufgeschmolzen wurde

3.26

durch Warmverformung bearbeitet

(Metall im festen Zustand), das durch mechanische Bearbeitung (Walzen, Strangpressen, Schmieden usw.) gewöhnlich bei einer hohen Temperatur in eine gewünschte Form gebracht wird

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Abkürzungen nach ISO 15156-1 sowie folgende Abkürzungen.

AYS	effektive Streckgrenze	(en: actual yield strength)
CLR	Risslängenverhältnis	(en: crack length ratio)
CSR	Rissflächenverhältnis	(en: crack surface ratio)
CTR	Rissdickenverhältnis	(en: crack thickness ratio)
DCB	Doppelbalken (Prüfung)	(en: double cantilever beam (test))
FPB	Vier-Punkt-Biegeprüfung (Prüfung)	(en: four-point bend (test))
HBW	Brinell-Härte	(en: Brinell hardness)
HIC	wasserstoffinduzierte Rissbildung	(en: hydrogen-induced cracking)
HRC	Rockwell-Härte (Skala C)	(en: Rockwell hardness (scale C))
HSC	wasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion	(en: hydrogen stress cracking)
HV	Vickers-Härte	(en: Vickers hardness)
OCTG	Ölfeldrohre, d. h. Futterrohre, Produktionsrohre und Bohrgestängerochre	(en: oil country tubular goods, i. e. casing, tubing and drill pipe)
p_{H_2S}	H_2S -Partialdruck	(en: partial pressure of H_2S)
$R_{p0,2}$	0,2-%-Dehngrenze nach ISO 6892-1	(en: 0,2 % proof stress in accordance with ISO 6892-1)
SMYS	festgelegte Mindeststreckgrenze	(en: specified minimum yield strength)
SOHIC	spannungsorientierte wasserstoffinduzierte Rissbildung	(en: stress-oriented hydrogen-induced cracking)
SSC	schwefelwasserstoffinduzierte Spannungsrissskorrosion	(en: sulphide stress-cracking)
SWC	Stufenrissbildung	(en: stepwise cracking)
SZC	Weichzonenrissbildung	(en: soft-zone cracking)
T	Temperatur	(en: temperature)
UNS	einheitliches Nummerierungssystem (aus SAE-ASTM, <i>Metals and alloys in the Unified Numbering System</i>)	(en: Unified Numbering System (from SAE-ASTM, <i>Metals and alloys in the Unified Numbering System</i>))
UT	einachsige Zugbeanspruchung (Prüfung)	(en: uniaxial tensile (test))

5 Kaufinformationen

5.1 Die Erstellung von Spezifikationen zur Beschaffung von Werkstoffen kann die Kooperation und den Austausch von Daten zwischen dem Nutzer der Ausrüstung, dem Lieferanten der Ausrüstung und dem Werkstoffhersteller erforderlich machen, um sicherzustellen, dass der beschaffte Werkstoff ISO 15156-1 und diesem Teil von ISO 15156 entspricht.

5.2 Folgende Angaben sind vorzusehen:

- bevorzugte Werkstoffarten und/oder -güten (falls bekannt);
- Art der Ausrüstung (falls bekannt);
- Verweis auf diesen Teil von ISO 15156;
- akzeptable Grundlagen für die Auswahl von Werkstoffen hinsichtlich Beständigkeit gegen SSC, siehe Abschnitt 7;
- Anforderungen an die Beständigkeit gegen HIC, siehe Abschnitt 8.

5.3 Der Nutzer der Ausrüstung und der Lieferant der Ausrüstung/Werkstoffhersteller dürfen vereinbaren, dass andere als die in Anhang A beschriebenen und/oder aufgeführten unlegierten oder niedriglegierten Stähle in Abhängigkeit von geeigneten Qualifizierungsprüfungen nach Anhang B und ISO 15156-1 ausgewählt werden dürfen. Die Anforderungen an die Qualifizierung dürfen auf die Beständigkeit gegen SOHIC und SZC ausgeweitet werden.

Wenn der Kunde beabsichtigt, von derartigen Vereinbarungen, Ergänzungen und Qualifizierungen Gebrauch zu machen, müssen die entsprechenden Zusatzangaben deutlich in der Spezifikation zur Beschaffung von Werkstoffen gekennzeichnet sein. Diese Angaben können Folgendes umfassen:

- Anforderungen an die Prüfung auf SSC, siehe 7.1, 7.2;
- die Betriebsbedingungen für besondere Anwendungen in sauren Einsatzbereichen; und
- weitere besondere Anforderungen.

5.4 Anhang C enthält eine Beschreibung, wie der H_2S -Partialdruck zu berechnen ist, und in Anhang D wird eine Anleitung gegeben, wie der pH-Wert eines Fluids bestimmt wird.

5.5 Die für die Werkstoffbeschaffung erforderlichen Angaben sind auf geeigneten Datenblättern anzugeben. Empfohlene Formate sind in Anhang E angegeben.

6 Faktoren, die das Verhalten von unlegierten und niedriglegierten Stählen in H_2S -haltigen Umgebungen beeinträchtigen

Das Verhalten von unlegierten und niedriglegierten Stählen in H_2S -haltigen Umgebungen wird durch vielschichtige Wechselwirkungen von Parametern beeinträchtigt, die Folgendes einschließen:

- a) die chemische Zusammensetzung, das Herstellungsverfahren, die Produktform, Festigkeit, Härte des Werkstoffs und seiner örtlichen Ausprägungen, bei der Kaltumformung aufgewendete Verformungsarbeit, Zustand bei Wärmebehandlung, Gefüge, Gleichmäßigkeit des Gefüges, Korngröße und Reinheit des Werkstoffs;
- b) H_2S -Partialdruck oder gleichwertige Konzentration in der Wasserphase;
- c) Chloridionen-Konzentration in der Wasserphase;

- d) Acidität (pH-Wert) der Wasserphase;
- e) Vorhandensein von Schwefel oder weiterer Oxidationsmittel;
- f) Beanspruchung durch Fluide, die nicht aus der Produktion stammen;
- g) Beanspruchungstemperatur;
- h) Gesamtzugspannung (aufgebrachte plus Restspannung);
- i) Dauer der Beanspruchung.

Bei Anwendung dieses Teils von ISO 15156 zur Auswahl von Werkstoffen, die für den Einsatz in H₂S-haltigen Umgebungen in Systemen der Öl- und Gasgewinnung geeignet sind, müssen diese Faktoren beachtet werden.

7 Qualifizierung und Auswahl von unlegierten und niedriglegierten Stählen, die gegen SSC, SOHIC und SZC beständig sind

7.1 Wahlmöglichkeit 1 — Auswahl von gegen SSC beständigen Stählen (und Gusseisen) nach Abschnitt A.2

7.1.1 Bei $p_{\text{H}_2\text{S}} < 0,3 \text{ kPa (0,05 psi)}$

Die Auswahl von gegen SSC beständigen Werkstoffen mit einem $p_{\text{H}_2\text{S}}$ unter 0,3 kPa (0,05 psi) wird in diesem Teil von ISO 15156 nicht im Detail betrachtet. Üblicherweise sind bei der Auswahl von Stählen zur Verwendung unter diesen Bedingungen keine besonderen Vorkehrungen erforderlich, bei hochempfindlichen Stählen kann es jedoch trotzdem zur Rissbildung kommen. Zusätzliche Angaben zu Faktoren, die die Anfälligkeit von Stählen beeinflussen und zu Angriffen durch andere Rissbildungsarten außer SSC sind in 7.2.1 angegeben.

7.1.2 Bei $p_{\text{H}_2\text{S}} \geq 0,3 \text{ kPa (0,05 psi)}$

Wenn der H₂S-Partialdruck im Gas gleich oder größer als 0,3 kPa (0,05 psi) ist, müssen gegen SSC beständige Stähle nach Abschnitt A.2 ausgewählt werden.

ANMERKUNG 1 Die in Abschnitt A.2 beschriebenen oder angegebenen Stähle werden als beständig gegen SSC in Anlagen der Erdöl- und Erdgasgewinnung sowie in Erdgasbehandlungsanlagen betrachtet.

ANMERKUNG 2 Nutzer, die mit dem Auftreten von SOHIC und/oder SZC zu tun haben, können zu Wahlmöglichkeit 2 übergehen; siehe 7.2.2.

ANMERKUNG 3 Bei HIC und SWC siehe Abschnitt 8.

7.2 Wahlmöglichkeit 2 — Auswahl von Stählen für besondere Anwendungen in sauren Einsatzbereichen oder für Bereiche mit Sauergas

7.2.1 H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion

7.2.1.1 Allgemeines

Wahlmöglichkeit 2 ermöglicht es dem Nutzer, Werkstoffe zu qualifizieren und auszuwählen, die bei besonderen Anwendungen in sauren Einsatzbereichen oder in Bereichen mit Sauergas gegen H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC) beständig sind.

Für einen bestimmten Werkstoff können die für besondere Anwendungen in sauren Einsatzbereichen oder für einen Bereich mit Sauergas durch Qualifizierung nach Wahlmöglichkeit 2 festgelegten Grenzwerte für umgebungsbezogene und metallurgische Größen alle für diesen Werkstoff in Anhang A.2 (Wahlmöglichkeit 1) aufgeführten Grenzwerte für umgebungsbezogene und metallurgische Größen ersetzen.

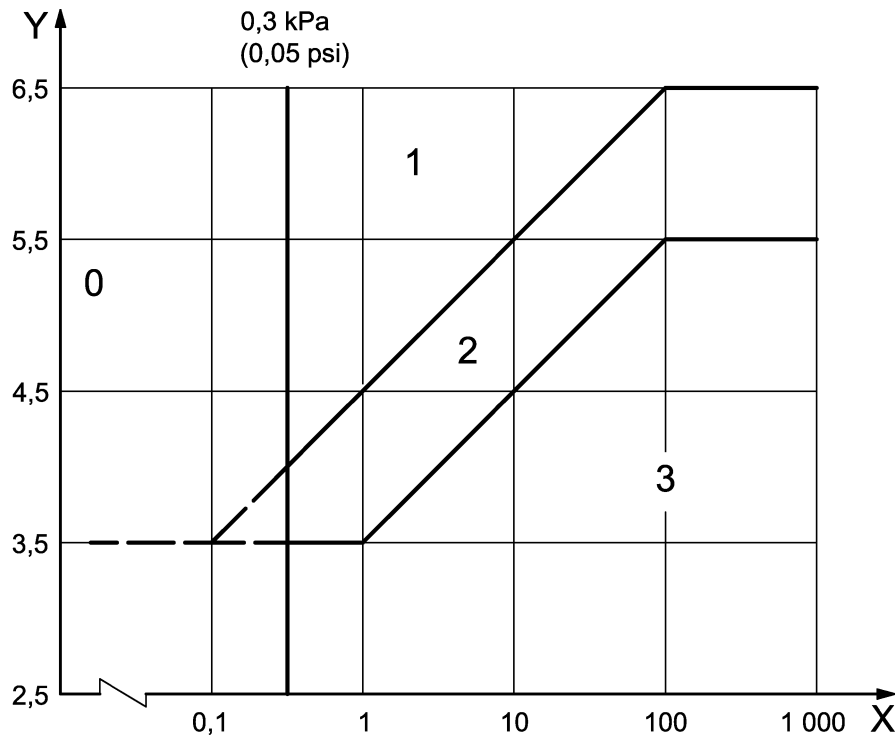
Die Anwendung von Wahlmöglichkeit 2 kann es erforderlich machen, dass sowohl der pH-Wert am Einsatzort als auch der H₂S-Partialdruck und ihre mit der Zeit auftretenden Schwankungen bekannt sein müssen; siehe ISO 15156-1.

Wahlmöglichkeit 2 ermöglicht die Beschaffung von Massengütern, wie z. B. Ölfeldrohren (OCTG) oder Leitungsrohren, bei denen der wirtschaftliche Anreiz, Werkstoffe zu verwenden, die nicht in Anhang A beschrieben oder aufgeführt sind, die zusätzliche Qualifizierung und weitere Kosten, die entstehen können, aufwiegt. Stähle für andere Ausrüstungen dürfen ebenfalls qualifiziert werden. In einigen Fällen erfordert das eine Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Nutzer der Ausrüstung hinsichtlich der Anforderungen an die Prüfung und Annahme. Derartige Vereinbarungen sind zu dokumentieren.

Wahlmöglichkeit 2 kann auch Beurteilungen der Gebrauchstauglichkeit von vorhandenen Ausrüstungen aus unlegierten oder niedriglegierten Stählen ermöglichen, die härteren Sauergasbedingungen ausgesetzt sind als für die aktuelle Ausführung angenommen.

7.2.1.2 SSC-Bereiche mit bestimmtem Schärfegrad der Umgebung

Der nach ISO 15156-1 bestimmte Schärfegrad der sauren Umgebung bezüglich der SSC bei unlegierten oder niedriglegierten Stählen ist mithilfe von Bild 1 zu bewerten. Bei der Festlegung des Schärfegrades der H₂S-haltigen Umgebung sollte die Möglichkeit der Beanspruchung durch ungepuffertes Kondenswasser mit geringem pH-Wert bei Systemstörungen oder -abschaltungen oder der Beanspruchung durch Säuren zur Stimulation von Bohrungen und/oder durch den Rückfluss der Stimulationssäure nach der Reaktion berücksichtigt werden.



Legende

X	H ₂ S-Partialdruck, angegeben in Kilopascal	0	Bereich 0
Y	pH-Wert am Einsatzort	1	SSC-Bereich 1
		2	SSC-Bereich 2
		3	SSC-Bereich 3

ANMERKUNG 1 Die Unterbrechungen im Bild bei einem H₂S-Partialdruck von unter 0,3 kPa (0,05 psi) und über 1 MPa (150 psi) spiegeln die Unsicherheit hinsichtlich der Messung des H₂S-Partialdruckes (bei geringem H₂S-Gehalt) und der Leistungsfähigkeit des Stahls außerhalb dieser Grenzwerte (sowohl bei geringem als auch bei hohem H₂S-Gehalt) wider.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung zur Berechnung des H₂S-Partialdruckes ist in Anhang C angegeben.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zur Berechnung des pH-Wertes ist in Anhang D angegeben.

Bild 1 — Bereiche mit einem bestimmten Schärfegrad der Umgebung im Hinblick auf die SSC bei unlegierten und niedriglegierten Stählen

7.2.1.3 Bereich 0 — Bei $p_{H_2S} < 0,3 \text{ kPa}$ (0,05 psi)

Üblicherweise sind zur Auswahl von Stählen für den Einsatz unter diesen Bedingungen keine Vorkehrungen erforderlich. Dennoch sollten die folgenden Faktoren, die die Leistungsfähigkeit des Stahls in diesem Bereich beeinträchtigen können, beachtet werden.

- Bei Stählen, die gegenüber SSC und HSC hoch anfällig sind, kann es zur Rissbildung kommen;
- die physikalischen und metallurgischen Eigenschaften eines Stahls beeinträchtigen dessen natürliche Beständigkeit gegen SSC und HSC, siehe Abschnitt 6;
- bei sehr hochfesten Stählen kann es zu HSC in wässrigen Umgebungen ohne Vorhandensein von H₂S kommen. Bei einer Streckgrenze von mehr als etwa 965 MPa (140 ksi), sollten die Zusammensetzung des Stahls und seine Verarbeitung beachtet werden, um sicherzustellen, dass diese Stähle in Umgebungen des Bereiches 0 keine SSC oder HSC aufweisen;
- Spannungsanhäufungen erhöhen das Risiko einer Rissbildung.

7.2.1.4 SSC-Bereiche 1, 2 und 3

Bezüglich der in Bild 1 festgelegten Bereiche mit einem entsprechenden Schärfegrad der Beanspruchung dürfen Stähle für den Bereich 1 nach den Abschnitten A.2, A.3 oder A.4 ausgewählt werden, Stähle für den Bereich 2 dürfen nach den Abschnitten A.2 oder A.3 ausgewählt werden, und Stähle für den Bereich 3 dürfen nach Abschnitt A.2 ausgewählt werden.

Bei Fehlen geeigneter Auswahlmöglichkeiten aus Anhang A dürfen unlegierte und niedriglegierte Stähle für die Verwendung unter besonderen Bedingungen in sauren Einsatzbereichen oder für die Verwendung in einem bestimmten SSC-Gesamtbereich geprüft und qualifiziert werden. Die Prüfung und Qualifizierung muss nach ISO 15156-1 und Anhang B erfolgen.

Dokumentierte Erfahrungswerte dürfen ebenfalls als Grundlage für die Auswahl von Werkstoffen für eine bestimmte Anwendung im sauren Einsatzbereich verwendet werden, siehe ISO 15156-1.

7.2.2 SOHIC und SZC

Bei der Beurteilung von unlegierten Stählen in Blechform und von ihren Schweißprodukten für saure Einsatzbereiche in H₂S-haltigen Umgebungen sollte der Nutzer SOHIC und SZC, nach ISO 15156-1, berücksichtigen.

Abschnitt B.4 enthält Hinweise zu Prüfverfahren und Annahmekriterien zur Beurteilung der Beständigkeit gegen SOHIC und SZC.

ANMERKUNG Diese Erscheinungen treten selten auf und sie sind noch nicht gut erforscht. Sie haben in Grundmetallen (SOHIC) und in der Wärmeeinflusszone von Schweißnähten (SOHIC und SZC) zu Sprungausfällen geführt. Es wird angenommen, dass sie nur bei unlegierten Stählen auftreten. Es wird vermutet, dass das Vorhandensein von Schwefel oder Sauerstoff in der Umgebung des Einsatzbereiches die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch diese Rissbildungsarten erhöht.

7.3 Anforderungen an die Härte

7.3.1 Allgemeines

Die Härte der Grundwerkstoffe und Schweißnähte und ihre Wärmeeinflusszonen spielen bei der Bestimmung der SSC-Beständigkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen eine große Rolle. Die Steuerung der Härte kann ein akzeptables Mittel zur Erreichung der SSC-Beständigkeit sein.

7.3.2 Grundmetalle

Wenn Messungen der Härte an Grundmetallen festgelegt werden, sind ausreichende Härteprüfungen durchzuführen, um die tatsächliche Härte des zu untersuchenden Stahls festzustellen. Einzelne Ablesungen der Rockwellhärte HRC, die den nach diesem Teil von ISO 15156 zulässigen Wert überschreiten, dürfen als akzeptabel angesehen werden, wenn der Mittelwert aus mehreren nah beieinander vorgenommenen Ablesungen den nach diesem Teil von ISO 15156 zulässigen Wert nicht überschreitet und keine Einzelablesung mehr als 2 HRC über dem festgelegten Wert liegt. Die gleichen Anforderungen gelten für weitere Verfahren der Härtemessung, wenn sie in diesem Teil von ISO 15156 festgelegt oder in einer Arbeitsvorschrift in Bezug genommen sind.

ANMERKUNG Die Anzahl und die Stellen der Härteprüfungen am Grundmetall sind in ISO 15156 nicht festgelegt.

Für ferritische Stähle enthält die EFC-Publikation Nr. 16 Diagramme für die Umrechnung von Härtewerten von Vickers-Härte (HV) in Rockwellhärte (HRC) und von Vickers-Härte (HV) in Brinell-Härte (HBW), die aus den Tabellen von ASTM E140 und ISO 18265 abgeleitet wurden. Es gibt auch noch weitere Umrechnungstabellen. Nutzer dürfen für einzelne Werkstoffe Zuordnungen herstellen.

7.3.3 Schweißnähte

7.3.3.1 Allgemeines

Die metallurgischen Veränderungen, die beim Schweißen von unlegierten und niedriglegierten Stählen auftreten, beeinflussen deren Anfälligkeit für SSC, SOHC und SZC.

Die Auswahl beim Schweißen verwendeter Prozesse und Verbrauchsmaterialien sollte nach der bewährten Verfahrensweise erfolgen und so vorgenommen werden, dass die erforderliche Beständigkeit gegen Rissbildung erreicht wird.

Die Schweißarbeiten sind in Übereinstimmung mit geeigneten Richtlinien und Normen wie zwischen Lieferant und Kunde vereinbart durchzuführen. Schweißverfahrensrichtlinien (WPS) und Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (PQR) müssen zur Überprüfung durch den Nutzer der Ausrüstung zur Verfügung stehen.

Die Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (PQR) in sauren Einsatzbereichen müssen eine Prüfung der Härte nach 7.3.3.2, 7.3.3.3 und 7.3.3.4 enthalten.

7.3.3.2 Verfahren für die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren

Die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren muss üblicherweise mit dem Prüfverfahren nach Vickers HV 10 oder HV 5 entsprechend ISO 6507-1 oder mit dem Prüfverfahren nach Rockwell HR 15N entsprechend ISO 6508-1 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Festlegung entspricht ASTM E384 ISO 6507-1 und ASTM E18 ISO 6508-1.

Das HRC-Verfahren darf zur Qualifizierung von Schweißverfahren verwendet werden, sofern die zulässige Spannung nicht mehr als zwei Drittel der festgelegten Mindeststreckgrenze beträgt und die Schweißverfahrensrichtlinie eine Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen vorsieht. In allen anderen Fällen ist zur Anwendung des HRC-Verfahrens für die Qualifizierung von Schweißverfahren die Zustimmung des Nutzers der Ausrüstung erforderlich.

ANMERKUNG Härtegutachten, bei denen die Prüfverfahren nach Vickers oder nach Rockwell HR 15N angewendet werden, ergeben ein detaillierteres Bild über die Härte von Schweißnähten und ihre Abweichungen. Härtegutachten, die mit dem HRC-Prüfverfahren erstellt wurden, erkennen möglicherweise kleine Zonen in Schweißnähten oder Wärmeeinflusszonen nicht, in denen die Härte die Annahmekriterien für das Prüfverfahren nach Vickers oder das Verfahren nach Rockwell HR 15N überschreitet. Die Bedeutung solch kleiner harter Zonen ist noch unzureichend erforscht.

Für die Anwendung weiterer Verfahren zur Prüfung der Härte muss der Nutzer der Ausrüstung seine Zustimmung geben.

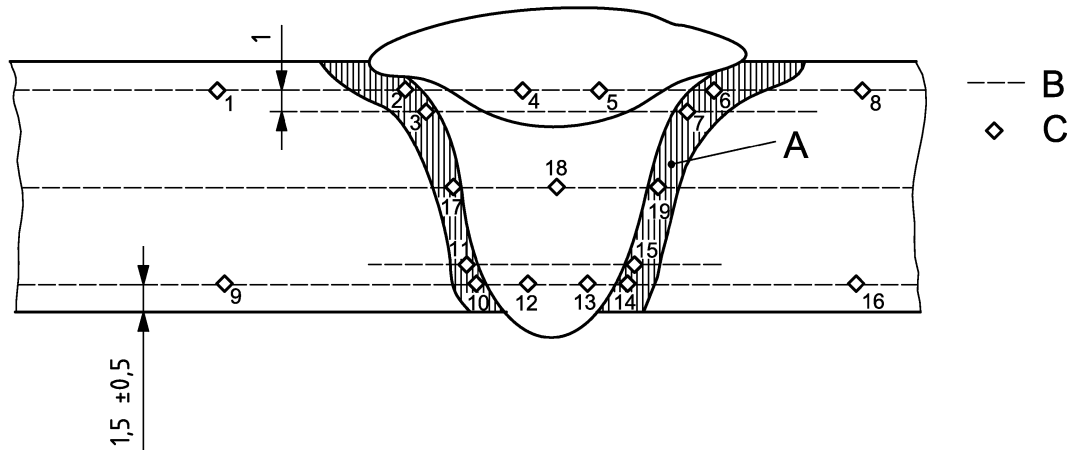
Das Prüfverfahren nach Vickers oder nach Rockwell HR 15N ist zur Qualifizierung von alternativen Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten nach 7.3.3.4 zu verwenden.

7.3.3.3 Härtegutachten für die Qualifizierung von Schweißverfahren

Härtegutachten nach Vickers müssen für Stoßnähte mit Bild 2, für Kehlnähte mit Bild 3 und für Ausbesserungsschweißnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte mit Bild 4 übereinstimmen. HRC-Gutachten für Stoßnähte müssen mit Bild 5 übereinstimmen. Anforderungen an das Härtegutachten für weitere Schweißnähte sind aus diesen Bildern zu erschließen.

Härtegutachten für die Qualifizierung von Auftragsschweißungen müssen mit Bild 6 übereinstimmen.

Maße in Millimeter



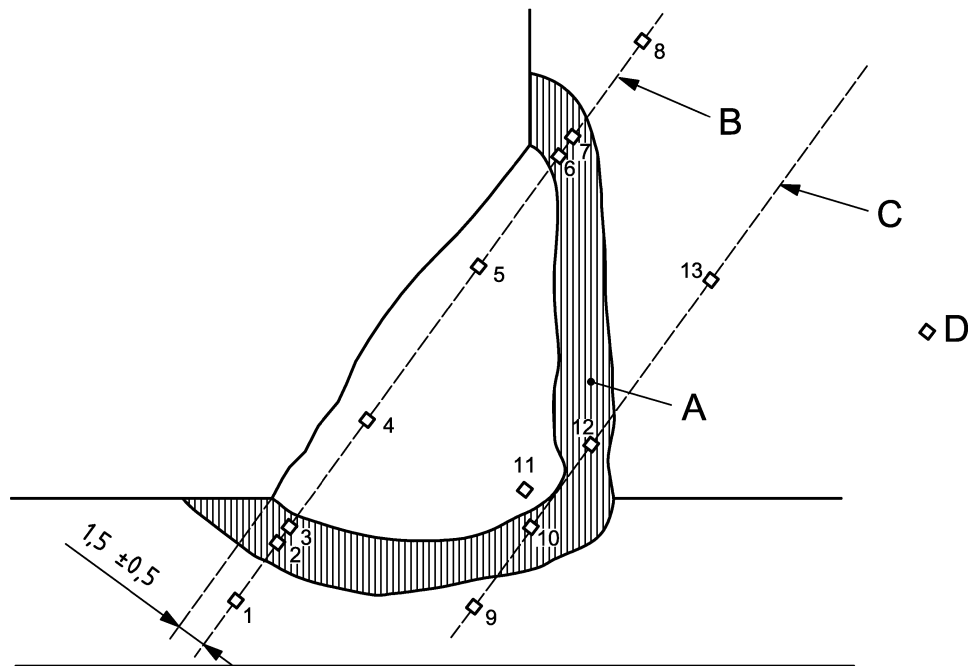
Legende

- A Wärmebeeinflusszone der Schweißnaht (nach dem Ätzen sichtbar)
- B Messlinien
- C Härteeindrücke: Die Eindrücke 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17 und 19 sollten sich gänzlich innerhalb der Wärmebeeinflusszone befinden und möglichst nahe an der Schmelzgrenze zwischen dem Schweißmetall und der Wärmebeeinflusszone angeordnet sein.

Die oberste Messlinie sollte so angeordnet sein, dass die Eindrücke 2 und 6 mit der Wärmebeeinflusszone der Decklage oder des Profilwechsels der mit der Decklage verbundenen Verschmelzungslinie zusammenfällt.

Bild 2 — Messverfahren zur Messung der Härte nach Vickers für Stoßnähte

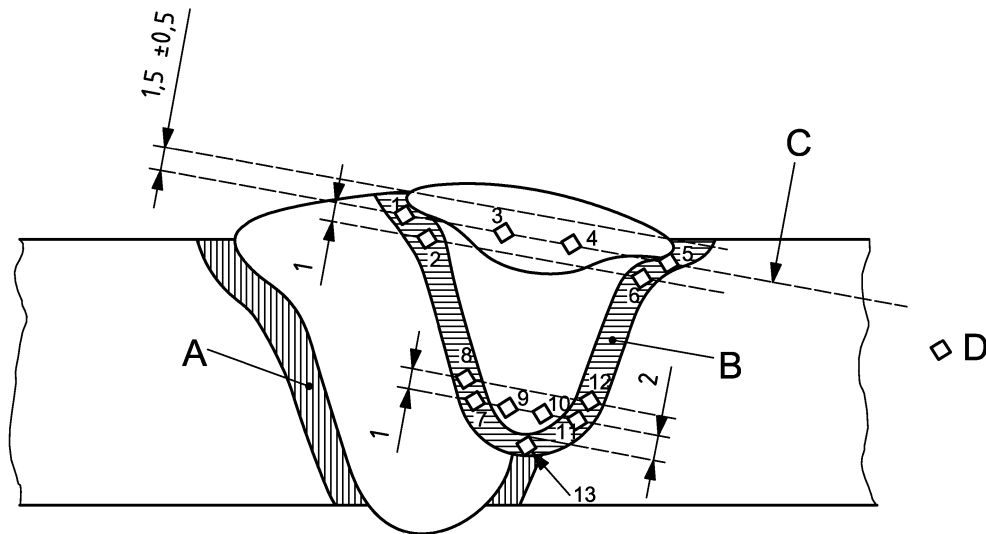
Maße in Millimeter



Legende

- A Wärmeeinflusszone der Schweißnaht (nach dem Ätzen sichtbar)
- B Messlinie
- C Messlinie, die parallel zur Linie B verläuft und durch die Schmelzgrenze zwischen dem Schweißmetall und der Wärmeeinflusszone am Hals der Kehlnaht hindurchgeht
- D Härteeindrücke: Die Eindrücke 3, 6, 10 und 12 sollten sich gänzlich innerhalb der Wärmeeinflusszone befinden und möglichst nahe an der Schmelzgrenze zwischen dem Schweißmetall und der Wärmeeinflusszone angeordnet sein

Bild 3 — Kehlnaht



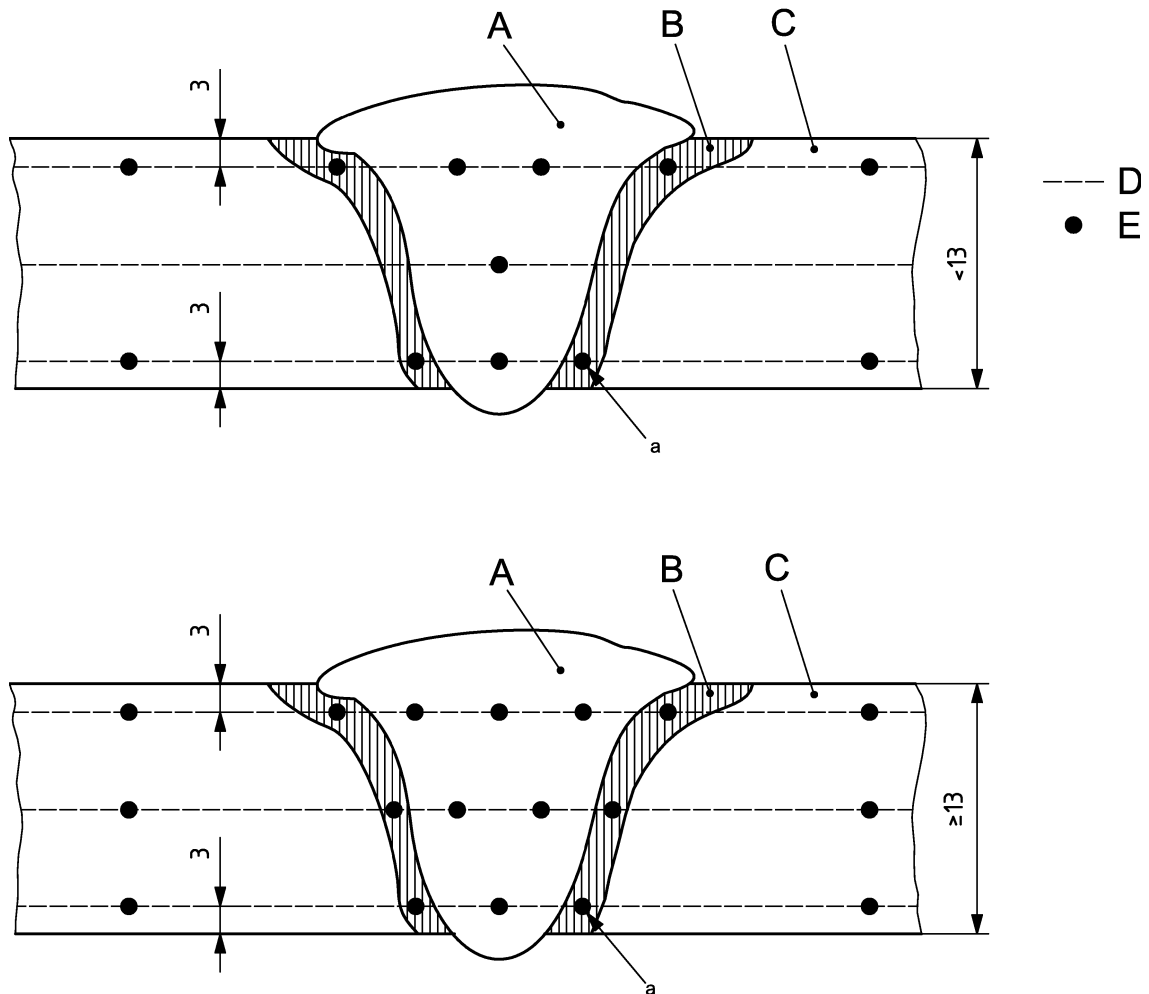
Legende

- A Wärmebeeinflusszone der ursprünglichen Schweißnaht
- B Wärmebeeinflusszone der Ausbesserungsschweißnaht
- C parallele Messlinien
- D Härteeindrücke: Eindrücke in der Wärmebeeinflusszone sollten möglichst nahe an der Schmelzgrenze angeordnet sein.

Die oberste Messlinie sollte so angeordnet sein, dass die Eindrücke in der Wärmebeeinflusszone mit der Wärmebeeinflusszone der Decklage oder des Schweißkappenprofilwechsels der mit der Decklage verbundenen Verschmelzungslinie zusammenfällt.

Bild 4 — Ausbesserungsschweißnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte

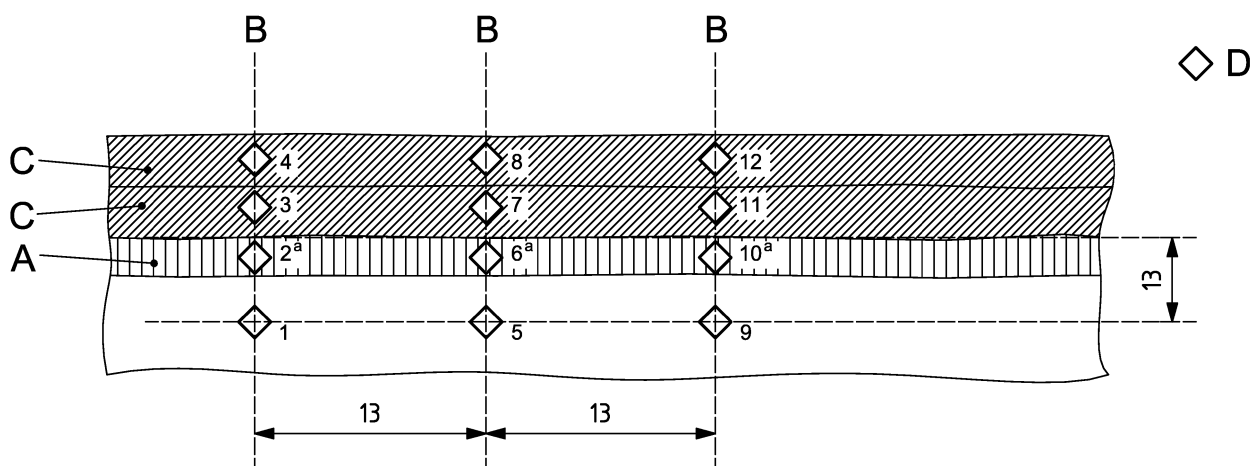
Maße in Millimeter



Legende

- A Schweißnaht
- B Wärmeeinflusszone der Schweißnaht (nach dem Ätzen sichtbar)
- C Grundmetall
- D Messlinien
- E Härteeindrücke: Eindrücke in der Wärmeeinflusszone sollten innerhalb von 2 mm von der Schmelzgrenze angeordnet sein.

Bild 5 — Messverfahren zur Messung der Rockwell-Härte bei Stoßnähten



Legende

- A Wärmebeeinflusste Zone der Schweißnaht (nach dem Ätzen sichtbar)
- B Messlinien für die Härteeindrücke 1 bis 12
- C Auftragsschweißschicht (nach dem Ätzen sichtbar)
- D Härteeindrücke

Das Messverfahren zur Messung der Rockwellhärte HRC darf nach den Anforderungen von 7.3.3.2 angewendet werden. Die HRC-Härteeindrücke in der Wärmebeeinflussten Zone müssen innerhalb von 2 mm von der Schmelzgrenze angeordnet sein.

- ^a Bei Anwendung der Messverfahren nach Vickers oder nach Rockwell HR 15N sollten die Härteeindrücke 2, 6 und 10 sich gänzlich innerhalb der Wärmebeeinflussten Zone befinden und möglichst nahe, jedoch nicht mehr als 1 mm von der Schmelzgrenze zwischen der Auftragsschweißung und der Wärmebeeinflussten Zone entfernt angeordnet sein.

Bild 6 — Auftragsschweißung

7.3.3.4 Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten

Die Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten bei Stählen, die nach Wahlmöglichkeit 1 ausgewählt wurden (siehe 7.1) müssen den in A.2.1.4 festgelegten Werten entsprechen. Alternative Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten dürfen anhand erfolgreich durchgeführter Prüfungen auf SSC an geschweißten Proben festgelegt werden. Die SSC-Prüfungen müssen nach Anhang B erfolgen.

Die Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten bei Stählen, die nach Wahlmöglichkeit 2 qualifiziert und/oder ausgewählt wurden (siehe 7.2), dürfen anhand erfolgreich durchgeführter Prüfungen auf SSC an geschweißten Proben festgelegt werden. Die SSC-Prüfungen müssen nach Anhang B erfolgen.

7.4 Weitere Herstellungsverfahren

Bei Stählen, die einer Änderung der Härte unterliegen, die durch andere Herstellungsverfahren als Schweißen hervorgerufen werden, ist die Härteprüfung als Teil der Qualifizierung des Herstellungsprozesses festzulegen. Die Härteprüfung ist als Teil der Qualifizierung von Brenn- und Schneidarbeiten festzulegen, wenn im Endprodukt eine Wärmebeeinflusste Zone (HAZ) verbleibt. Es gelten die für das Herstellungsverfahren ausgelegten Anforderungen sowie die Annahmekriterien für die Härte nach 7.3.

Die Form und Lage der für die Beurteilung und Prüfung verwendeten Proben muss für den Nutzer der Ausrüstung akzeptabel sein.

8 Beurteilung von unlegierten und niedriglegierten Stählen hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegen HIC/SWC

Der Nutzer der Ausrüstung muss bei der Beurteilung von unlegierten Flachstahlprodukten für Umgebungen mit saurem Einsatzbereich, selbst wenn sie nur Spuren Mengen von H_2S enthalten, HIC/SWC wie in ISO 15156-1 festgelegt berücksichtigen und Prüfungen dieser Produkte auf HIC/SWC in Erwägung ziehen. Anhang B gibt eine Anleitung zu Prüfverfahren und Annahmekriterien zur Beurteilung der Beständigkeit gegen HIC/SWC.

Die Wahrscheinlichkeit, dass HIC/SWC auftritt, wird durch die chemischen Eigenschaften des Stahls und den Fertigungsweg beeinflusst. Der Schwefelgehalt im Stahl ist von besonderer Bedeutung, typische maximal annehmbare Pegel sind bei Flachstahlprodukten ein Massenanteil von 0,003 % bzw. ein Massenanteil von 0,01 % bei nahtlos gewalzten Produkten. Gebräuchliche Schmiedestücke mit einem Schwefelgehalt von weniger als 0,025 % Massenanteil sowie Gussstücke werden üblicherweise nicht als empfindlich gegenüber HIC oder SOHIC betrachtet.

ANMERKUNG 1 HIC/SWC, die zu einer Stofffreisetzung führt, ist bei nahtlosen Rohren und anderen Erzeugnissen, die nicht flachgewalzt sind, nur selten aufgetreten. Außerdem sind nahtlose Rohre, die nach modernen Technologien hergestellt werden, wesentlich weniger empfindlich gegenüber HIC/SWC als ältere Produkte. Daher kann die Beurteilung von nahtlosen Rohren hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegen HIC/SWC für Anwendungen, bei denen es die möglichen Folgen eines Versagens rechtfertigen, von Nutzen sein.

ANMERKUNG 2 Es wird vermutet, dass sich durch das Vorhandensein von Eisenoxid, Schwefel oder Sauerstoff in der Umgebung des Einsatzbereiches, insbesondere gemeinsam mit Chloriden, die Wahrscheinlichkeit von Schädigungen erhöht.

9 Kennzeichnung, Beschriftung und Dokumentation

Werkstoffe nach diesem Teil von ISO 15156 müssen vor ihrer Auslieferung vorzugsweise mittels Kennzeichnung rückverfolgbar gemacht werden. Eine entsprechende Beschriftung oder Dokumentation ist ebenfalls akzeptabel.

Bei Werkstoffen, die für eine besondere Anwendung nach Anhang B qualifiziert und ausgewählt wurden, muss die Rückverfolgbarkeit einen Verweis auf die Umgebungsbedingungen des besonderen Einsatzbereiches enthalten.

Der Nutzer der Ausrüstung darf vom Lieferanten der Ausrüstung oder der Werkstoffe verlangen, dass ihm eine Dokumentation zur Verfügung gestellt wird, die Angaben zu den in der Ausrüstung oder den Bauteilen enthaltenen Werkstoffen sowie zu den Grenzwerten für ihre Umgebungsbedingungen, wie in diesem Teil von ISO 15156 festgelegt, enthält.

Die Tabellen in Anhang E enthalten Bezeichnungen, die zur Kennzeichnung der Werkstoffe verwendet werden dürfen.

Anhang A (normativ)

Gegen SSC beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle (und Anforderungen und Empfehlungen zur Verwendung von Gusseisen)

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang umfasst eine Beschreibung und Auflistung von gegen SSC beständigen unlegierten und niedriglegierten Stählen. Anforderungen an die Verwendung von Gusseisen sind in A.2.4 aufgeführt.

Stähle nach diesem Anhang sind ohne Festlegung zusätzlicher Anforderungen möglicherweise nicht gegen SOHIC, SZC, HIC oder SWC beständig; siehe 7.2.2 und/oder Abschnitt 8.

ANMERKUNG Abschnitt A.2 stimmt mit den bereits zuvor festgelegten Anforderungen von NACE MR0175 überein.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Teiles von ISO 15156 liegen keine Auflistungen von Stählen, die für den SSC-Bereich 2 (Abschnitt A.3) oder für den SSC-Bereich 1 (Abschnitt A.4) anerkannt sind, vor. Deshalb wird in den Abschnitten A.3 und A.4 lediglich auf Eigenschaften hingewiesen, die für Stähle typisch sind, von denen erwartet wird, dass sie zur Verwendung unter den festgelegten Bedingungen geeignet sind.

A.2 Gegen SSC beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle und die Verwendung von Gusseisen

A.2.1 Allgemeine Anforderungen an unlegierte und niedriglegierte Stähle

A.2.1.1 Allgemeines

Unlegierte und niedriglegierte Stähle müssen A.2.1.2 bis A.2.1.9 entsprechen.

Unlegierte und niedriglegierte Stähle, Produkte und Bauteile, die Abschnitt 2 entsprechen, sind, mit den festgelegten Ausnahmen, nach diesem Teil von ISO 15156 ohne weitere Prüfung auf SSC qualifiziert. Trotzdem müssen alle SSC-Prüfungen, die Teil einer Herstellungsspezifikation für einen Werkstoff sind, erfolgreich durchgeführt werden und die Ergebnisse sind aufzuzeichnen.

Die Mehrheit der Stähle, die den allgemeinen Anforderungen von Abschnitt A.2 entsprechen, wird nicht einzeln aufgeführt. Der Einfachheit halber werden jedoch einige Beispiele für solche Stähle in den Tabellen A.2, A.3 und A.4 aufgeführt.

ANMERKUNG 1 Die in NACE MR0175 (alle überarbeiteten Fassungen) beschriebenen/angegebenen unlegierten und niedriglegierten Stähle wurden durch umfassende Zuordnungen von fehlgeschlagenen/erfolgreichen Feldprüfungen sowie Laborwerten bestimmt. Der für die meisten unlegierten und niedriglegierten Stähle geltende Härte-Grenzwert von HRC 22 beruht auf Wechselbeziehungen von Wärmebehandlung, chemischer Zusammensetzung, Härte und Erfahrungswerten über Ausfälle. Die höheren Grenzwerte für die Härte von Chrom-Molybdän-Stahl beruhen auf ähnlichen Betrachtungen.

ANMERKUNG 2 Es kann möglich sein, einen unlegierten oder niedriglegierten Stahl, der nicht im Text oder in den Tabellen von Anhang A, A.2 beschrieben oder aufgelistet ist, für die Verwendung in besonderen Anwendungen in sauren Einsatzbereichen oder in Bereichen mit Sauergas nach Wahlmöglichkeit 2 (7.2) zu qualifizieren.

A.2.1.2 Zusammensetzung des Grundmetalls, Wärmebehandlung und Härte

Unlegierte und niedriglegierte Stähle sind bei einer maximalen Härte von 22 HRC unter der Voraussetzung annehmbar, dass sie einen Massenanteil von weniger als 1 % Nickel enthalten, es sich dabei nicht um Automatenstahl handelt und sie in einer der folgenden Arten der Wärmebehandlung verwendet werden:

- a) warmgewalzt (nur unlegierte Stähle);
- b) weichgeglüht;
- c) normalgeglüht;
- d) normalisiert und angelassen;
- e) normalisiert, austenitisiert, vergütet;
- f) austenitisiert, vergütet.

A.2.1.3 Unlegierte Stähle, die mit überarbeiteten oder zusätzlichen Einschränkungen annehmbar sind

Zusätzlich zu den Einschränkungen in A.2.1.2 sind einige unlegierte Stähle in Abhängigkeit von folgenden überarbeiteten oder zusätzlichen Einschränkungen annehmbar:

- a) nach ASTM A105 hergestellte Schmiedestücke sind annehmbar, wenn die Härte nicht mehr als 187 HBW beträgt;
- b) geschweißte Rohrformstücke nach ASTM A234, Klasse WPB und WPC, sind annehmbar, wenn die Härte nicht mehr als 197 HBW beträgt.

A.2.1.4 Schweißarbeiten

Schweißarbeiten und Bestimmungen der Härte von Schweißnähten sind nach 7.3.3 durchzuführen.

Annehmbare Höchstwerte für die Härte von Kohlenstoffstahl, Kohlenstoff-Mangan-Stahl und von Schweißnähten aus niedriglegierten Stählen sind in Tabelle A.1 angegeben.

Bei unbehandelten Kohlenstoff-Stählen, Kohlenstoff-Mangan-Stählen und niedriglegierten Stählen, die die Anforderungen an die Härte nach Tabelle A.1 erfüllen, ist eine Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen nicht erforderlich.

Rohrförmige Produkte mit einer festgelegten Mindeststreckgrenze (SMYS) von nicht mehr als 360 MPa (52 ksi), die in Tabelle A.2 aufgeführt sind, sind im unbehandelten Zustand annehmbar. Bei diesen Produkten darf bei Zustimmung des Nutzers der Ausrüstung auf eine Härteprüfung der Schweißverfahren verzichtet werden.

Einige rohrförmige Produkte mit einer festgelegten Mindeststreckgrenze (SMYS) von mehr als 360 MPa (52 ksi) (siehe A.2.2.2) können im unbehandelten Zustand annehmbar sein, wenn geeignete qualifizierte Schweißverfahren angewendet werden. Die Bedingungen von Tabelle A.1 sind zu erfüllen.

Schweißstellen von unlegierten Stählen, Kohlenstoff-Mangan-Stählen und niedriglegierten Stählen, die keinem der anderen Absätze dieses Unterabschnitts entsprechen, sind nach dem Schweißen einer Wärmenachbehandlung zu unterziehen. Die Temperatur und Dauer der Wärmebehandlung sind so zu wählen, dass sichergestellt wird, dass die nach 7.3 bestimmte maximale Härte der Schweißzone 250 HV beträgt, oder in Abhängigkeit von den in 7.3.3 beschriebenen Einschränkungen 22 HRC.

Bei der Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen ist für niedriglegierte Stähle eine Mindesttemperatur von 620 °C (1 150 °F) anzuwenden.

Die Annehmbarkeit aller durch die gewählte Wärmebehandlung und ihre Dauer verursachten Auswirkungen auf andere mechanische Eigenschaften als auf die Härte unterliegt der Zustimmung des Nutzers der Ausrüstung.

Schweißzusätze und -verfahren, die ein Schweißgut erzeugen, das einen Massenanteil an Nickel von mehr als 1 % enthält, sind nach erfolgreicher Qualifizierung der Schweißnaht auf SSC durch Prüfung nach Anhang B annehmbar.

Tabelle A.1 — Maximal annehmbare Härtewerte für Kohlenstoffstahl, Kohlenstoff-Mangan-Stahl und Schweißnähte aus niedriglegiertem Stahl

Härteprüfverfahren	Stellen für die Härteprüfung für die Qualifizierung des Schweißverfahrens	Maximal annehmbare Härte
Vickers HV 10 oder HV 5 oder Rockwell HR 15N	Schweißnahtwurzel: Grundmetall, HAZ und Metall für die Schweißnahtwurzel wie in den Bildern 2, 3 bzw. 4 dargestellt	250 HV 70,6 HR 15N
	Grundmetall und HAZ für Auftragsschweißungen wie in Bild 6 dargestellt, siehe auch A.2.1.5 b)	250 HV 70,6 HR 15N
	Schweißkappe: Grundmetall, HAZ und Schweißmetall der nicht freiliegenden Schweißkappe wie in den Bildern 2 bzw. 4 dargestellt	275 HV ^a 73,0 HR 15N
Rockwell HRC, siehe 7.3.3.2	wie in Bild 5 dargestellt	22 HRC
	Grundmetall und HAZ für Auftragsschweißungen wie in Bild 6 dargestellt, siehe auch A.2.1.5 b)	22 HRC
^a Der Höchstwert muss 250 HV bzw. 70,6 HR 15N betragen, außer wenn — der Nutzer der Ausrüstung dem alternativen Grenzwert für die Härte der Schweißkappe zustimmt; und — das/die Grundmetall(e) mehr als 9 mm dick ist/sind; und — die Schweißkappe der sauren Umgebung nicht direkt ausgesetzt ist.		

A.2.1.5 Oberflächenbehandlungen, Deckschichten, galvanische Überzüge, Beschichtungen, Auskleidungen usw.

ANMERKUNG Die Zusammensetzung und Beständigkeit gegen Rissbildung von Deckschichten werden in ISO 15156-3 behandelt.

Metallische Überzüge (elektrolytisch metallisierte und stromlos metallisierte), Konversionsbeschichtungen, Kunststoffüberzüge und Auskleidungen sind zur Verhinderung von SSC nicht annehmbar.

Durch thermische Verfahren, wie z. B. Schweißen, Hartlöten mit Silberlot oder Metallspritzen aufgetragene Deckschichten sind annehmbar, wenn sie die folgenden Anforderungen erfüllen:

- der wärmebehandelte Zustand des Trägerwerkstoffs ist unverändert, d. h. beim Aufbringen der Deckschicht wird die untere kritische Temperatur nicht überschritten;
- die maximale Härte und der endgültige wärmebehandelte Zustand des Grundmetall-Trägerwerkstoffs entsprechen A.2.1.2 und bei Auftragsschweißungen A.2.1.4. Auf diese Anforderung darf nach A.13.1 von ISO 15156-3:2014 verzichtet werden. Die maximale Härte und/oder weitere Eigenschaften des Schweißgutes müssen den Anforderungen von ISO 15156-3 oder dieses Teiles von ISO 15156 wie jeweils anwendbar entsprechen.

Die Verbindung ungleicher Werkstoffe, wie z. B. die Verbindung von Hartmetallen mit Stählen durch Hartlöten mit Silberlot, ist annehmbar. Das Grundmetall nach dem Hartlöten muss A.2.1.2 entsprechen.

Nitrieren mit einer maximalen Einsatzhärte tiefe von 0,15 mm (0,006 in) ist eine annehmbare Form der Oberflächenbehandlung, sofern es bei einer Temperatur durchgeführt wird, die unter der unteren kritischen Grenze der zu behandelnden Legierung liegt.

A.2.1.6 Kaltverformung und thermisches Entspannen

Unlegierte und niedriglegierte Stähle sind nach jeder Kaltverformung durch Walzen, Kaltschmieden oder weitere Herstellungsprozesse, die zu einer bleibenden Randfaserverformung von mehr als 5 % führen, thermisch zu entspannen. Das thermische Entspannen muss nach einer geeigneten Richtlinie oder Norm erfolgen. Die Mindesttemperatur für das thermische Entspannen muss 595 °C (1 100 °F) betragen. Die endgültige maximale Härte muss 22 HRC betragen, außer bei nach ASTM A234, Klasse WPB oder WPC, hergestellten Rohrformstücken, für die die endgültige Härte 197 HBW nicht überschreiten darf.

Die oben genannte Anforderung gilt nicht für durch Druckprüfung vermittelte Kaltumformung nach einer zutreffenden Richtlinie oder Norm bei Zustimmung durch den Nutzer der Ausrüstung.

Durch Umlauf-Kaltrichten bearbeitete Rohre sind nur annehmbar, wenn das nach den zutreffenden ISO- oder API-Produktnormen zulässig ist, siehe auch A.2.2.3.4.

Kaltverformte Formstücke für Leitungsrohre nach ASTM A53, Klasse B, ASTM A106, Klasse B, API 5L, Klasse X-42, ISO 3183, Klasse L290 oder Klassen für die untere Streckgrenze mit ähnlichen chemischen Zusammensetzungen, sind bei einer Kaltbeanspruchung, die 15 % oder weniger entspricht, unter der Voraussetzung annehmbar, dass die Härte im beanspruchten Bereich nicht mehr als 190 HBW beträgt.

Zur Begründung weiterer Grenzwerte für die Kaltverformung dürfen die SSC-Prüfung und die Qualifizierung nach Anhang B verwendet werden.

A.2.1.7 Gewindeschneiden

Mit einem maschinellen Schneidevorgang hergestellte Gewinde sind annehmbar.

Gewinde, die durch Kaltformen (Walzen) hergestellt werden, sind bei Stählen annehmbar, die ansonsten die Anforderungen an die Wärmebehandlung und Härte nach A.2.1.2 erfüllen.

A.2.1.8 Kaltverformung von Oberflächen

Die Kaltverformung von Oberflächen ist annehmbar, sofern sie durch Prozesse wie z. B. Polieren verursacht wird, die nicht mehr Kaltumformungsarbeit implizieren, als bei gewöhnlichen Bearbeitungsverfahren anfällt (wie z. B. Drehen, Bohren, Walzen, Gewindeschneiden, Aufbohren usw.).

Die Kaltverformung durch gesteuertes Kugelstrahlen ist annehmbar, wenn sie bei Grundwerkstoffen angewendet wird, die diesem Teil von ISO 15156 entsprechen, und wenn sie auf eine maximale Schussgröße von 2,0 mm (0,080 in) und eine Almenintensität von nicht mehr als 10C beschränkt ist. Der Prozess muss nach SAE AMS-2430 gesteuert werden.

A.2.1.9 Identifizierungsprägung

Die Verwendung einer Identifizierungsprägung unter Verwendung von spannungsarmen (Punkt-, Schwingungs- und abgerundeten V-)Stempeln ist annehmbar.

Die Verwendung herkömmlicher scharfer V-Stempel ist in spannungsarmen Bereichen, wie z. B. dem Außendurchmesser von Flanschen, annehmbar.

Eine herkömmliche scharfe V-Prägung darf in Bereichen mit hoher Spannung nicht vorgenommen werden, wenn dieser Bereich nicht nachfolgend bei einer Mindesttemperatur von 595 °C (1 100 °F) spannungsfreigelegt wird.

A.2.2 Anwendung bei bestimmten Produktformen

A.2.2.1 Allgemeines

Außer bei den nachstehenden Einschränkungen gelten die allgemeinen Anforderungen von A.2.1 für alle Produktformen.

A.2.2.2 Rohr, Blech und Formstücke

Beispiele für rohrförmige Produkte, die A.2.1 entsprechen können, sind in Tabelle A.2 aufgeführt.

Stähle für Druckbehälter, die als P-Nr. 1, Gruppe 1 oder 2, in Abschnitt IX des ASME Boiler and Pressure Vessel Code eingestuft werden, sind annehmbar.

Produkte, die aus Flachstählen hergestellt werden, die mit Spuren Mengen H_2S in Berührung kommen [d. h., selbst wenn p_{H_2S} weniger als 0,3 kPa (0,05 psi) beträgt], können anfällig für Schädigungen durch HIC/SWC sein.

Tabelle A.2 — Beispiele für rohrförmige Produkte, die A.2.1 entsprechen können

ISO-Spezifikationen und Klassen	Andere Bezeichnungen
ISO 3183, Klassen: L245 bis L450	API-Spezifikation 5L, Klassen: A und B und X-42 bis X-65 ASTM A53 ASTM A106, Klassen A, B und C ASTM A333, Klassen 1 und 6 ASTM A524, Klassen 1 und 2 ASTM A381, Klasse 1, Y35 bis Y65

Linienerschweißnähte von Rohren müssen A.2.1 entsprechen.

A.2.2.3 Mantelrohre für Bohrlöcher, Rohre und rohrförmige Bauteile

A.2.2.3.1 Die ISO- und API-Klassen für Mantelrohre und Rohre sind für die in Tabelle A.3 angegebenen Temperaturbereiche annehmbar.

A.2.2.3.2 Aus niedriglegierten Cr-Mo-Stählen hergestellte Rohre und rohrförmige Bauteile (UNS G41XX0, früher AISI 41XX, und Modifizierungen) sind, wenn sie in der rohrförmigen Form vergütet wurden, akzeptabel, sofern ihre Härte nicht mehr als 30 HRC beträgt und sie SMYS-Klassen von 690 MPa (100 ksi), 720 MPa (105 ksi) und 760 MPa (110 ksi) zugeordnet werden. Die maximale Streckgrenze für jede Klasse darf die festgelegte Mindeststreckgrenze (SMYS) um nicht mehr als 103 MPa (15 ksi) überschreiten. Die Beständigkeit gegen SSC muss durch Prüfung jedes Prüfloses nachgewiesen werden und muss Abschnitt B.1 entsprechen, wobei die UT-Prüfung anzuwenden ist.

A.2.2.3.3 Aus niedriglegierten Cr-Mo-Stählen hergestellte Rohre und rohrförmige Bauteile (UNS G41XX0, früher AISI 41XX, und Modifizierungen) sind, wenn sie in der rohrförmigen Form vergütet wurden, akzeptabel, sofern ihre Härte nicht mehr als 26 HRC beträgt. Diese Produkte sollten durch Prüfung auf SSC nach Abschnitt B.1 mittels UT-Prüfung qualifiziert werden.

A.2.2.3.4 Wenn Rohre und rohrförmige Bauteile bei Temperaturen von 510 °C (950 °F) oder niedriger kaltgerichtet werden, müssen sie bei einer Mindesttemperatur von 480 °C (900 °F) spannungsfreigelegt werden. Wenn Rohre und rohrförmige Bauteile kaltverformt werden (verengt und/oder aufgeweitet) und die sich daraus ergebende bleibende Randfaserverformung mehr als 5 % beträgt, so sind die kaltverformten Bereiche bei einer Mindesttemperatur von 595 °C (1 100 °F) thermisch zu entspannen.

Wenn die Anschlüsse hochfester Rohre mit Härtewerten über 22 HRC kaltverformt werden, so sind sie bei einer Mindesttemperatur von 595 °C (1 100 °F) thermisch zu entspannen.

Tabelle A.3 — Umgebungsbedingungen, bei denen die jeweiligen Klassen von Mantelrohren und Rohren annehmbar sind

Für alle Temperaturen	Für ≥ 65 °C (150 °F)	Für ≥ 80 °C (175 °F)	Für ≥ 107 °C (225 °F)
ISO 11960 ^a , Klassen: H40 J55 K55 M65 L80, Typ 1 C90, Typ 1 T95, Typ 1	ISO 11960 ^a , Klassen: N80, Typ Q C95	ISO 11960 ^a , Klassen: N80 P110	ISO 11960 ^a , Klassen: Q125 ^b
Zugehörige Klassen wie in A.2.2.3.3 beschrieben	Zugehörige Klassen für Vergütungsstähle mit einer maximalen Streckgrenze von 760 MPa (110 ksi) oder weniger Mantelrohre und Rohre aus niedriglegierten Cr-Mo-Stählen wie in A.2.2.3.2 beschrieben	Zugehörige Klassen für Vergütungsstähle mit einer maximalen Streckgrenze von 965 MPa (140 ksi) oder weniger	
Die angegebenen Temperaturen sind zulässige Mindestbetriebstemperaturen bezüglich SSC. Die Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen (Stoßfestigkeit) wird nicht in Betracht gezogen, Nutzer der Ausrüstung müssen die Anforderungen dafür getrennt festlegen.			
^a Für die Anwendung dieser Festlegung entspricht API 5CT ISO 11960:2001.			
^b Typ 1 und 2 beruhen auf Cr-Mo-Vergütungsstahl mit einer maximalen Streckgrenze bis 1 036 MPa (150 ksi). C-Mn-Stähle sind nicht annehmbar.			

A.2.2.4 Verschraubungen und Befestigungsmittel

Verschraubungen, die direkt einer sauren Umgebung ausgesetzt sein können oder die unterirdisch verlegt, isoliert oder mit Flanschschutz versehen sind oder auf andere Weise vor direkten Witterungseinflüssen geschützt sind, müssen den allgemeinen Anforderungen von A.2.1 entsprechen.

Konstrukteuren und Nutzern sollte bewusst sein, dass es notwendig sein kann, bei Verwendung von gegen SSC beständigen Verschraubungen und Befestigungsmitteln den Nenndruck der Ausrüstung abzusenken. Die Verwendung von gegen SSC beständigen Verschraubungen und Befestigungsmitteln mit API-Flanschen muss nach ISO 10423 erfolgen.

Tabelle A.4 — Akzeptable Verschraubungswerkstoffe

Schrauben	Muttern
ASTM A193, Klasse B7M ASTM A320, Klasse L7M	ASTM A194, Klassen 2HM, 7M