

DIN EN ISO 15156-3

ICS 75.180.10; 77.060

Einsprüche bis 2015-07-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 15156-3:2010-12

Entwurf

**Erdöl- und Erdgasindustrie –
Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der
Öl- und Gasgewinnung –
Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und andere Legierungen
(ISO/FDIS 15156-3:2014);
Deutsche und Englische Fassung FprEN ISO 15156-3:2015**

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
(ISO/FDIS 15156-3:2014);
German and English version FprEN ISO 15156-3:2015

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 3: ARC (alliages résistants à la corrosion) et autres alliages résistants à
la fissuration (ISO/FDIS 15156-3:2014);
Version allemande et anglaise FprEN ISO 15156-3:2015

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 185 Seiten

DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 15156-3:2015) 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“, „ppm“ 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 ist. Die Angabe dieser Einheit dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheit anwenden.

Nicht-SI-Einheit	SI-Einheit	Umrechnung
°F	°C	$^{\circ}\text{C} = (5/9) (^{\circ}\text{F} - 32)$
in (inch)	mm	1 inch = 25,4 mm
ksi	MPa	1 ksi = 6,894 757 MPa
ppm	mg/kg	1 ppm = 1 mg/kg
psi (psig)	kPa	1 psi = 6,894 757 kPa

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des ISO/FDIS 15156-3:2014 beigefügt. 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 6507-1	siehe	DIN EN ISO 6507-1
ISO 6508-1	siehe	DIN EN ISO 6508-1
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
ISO 7539-7	siehe	DIN EN ISO 7539-7
ISO 10423	siehe	DIN EN ISO 10423
ISO 11960	siehe	DIN EN ISO 11960
ISO 15156-1	siehe	DIN EN ISO 15156-1
ISO 15156-2	siehe	DIN EN ISO 15156-2

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15156-3:2009 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Begriff „konventionelle Kriterien für den elastischen Einsatz“ im Anwendungsbereich wurde durch den Begriff „lastgesteuerte Auslegungsverfahren“ ersetzt;
- b) Verfeinerungen in 6.3 dahingehend, dass die Anwendung von Absolutwerten bei der Berechnung von F_{PREN} für die Anwendung in dieser Norm erforderlich ist;
- c) Annahme der Umgebungsgrenzwerte für niedriglegierte nichtrostende Stähle der Serie 300, auch für ihre Doppelzertifizierungen;
- d) Änderungen in einigen Tabellen von Anhang A, um den gegenwertigen Kenntnisstand hinsichtlich der Anwendungsgrenzen einiger Werkstoffe konservativer wiederzugeben;
- e) Änderungen bezüglich der Festlegung von annehmbaren Grenzwerten für den pH-Wert der Produktionsumgebung am Einsatzort in einigen Tabellen von Anhang A;
- f) in Anhang A wurden in einer Reihe von Tabellen Daten bezüglich neuer Gruppen annehmbarer Umgebungsgrenzwerte für (neue) Werkstoffe und ihre zugehörigen metallurgischen Anforderungen hinzugefügt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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 (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

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

DIN EN ISO 7539-7, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Prüfung der Spannungsrisskorrosion — Teil 7: Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit*

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

DIN EN ISO 11960, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Stahlrohre zur Verwendung als Futter- oder Steigrohre für Bohrungen*

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 15156-2, *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*

Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und andere Legierungen (ISO/FDIS 15156-3:2014)

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 3 : ARC (alliages résistants à la corrosion) et autres alliages résistants à la fissuration (ISO/FDIS 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 (ISO/FDIS 15156-3:2014)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokumentstufe: parallele formelle Abstimmung vorgelegt

Dokumentsprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Faktoren, die die Beständigkeit gegen Rissbildung von CRAs und anderen Legierungen in H ₂ S-haltigen Umgebungen beeinträchtigen.....	11
6 Qualifizierung und Auswahl von CRAs und anderen Legierungen hinsichtlich SSC, SCC und GHSC in H ₂ S-haltigen Umgebungen.....	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Bewertung von Werkstoffeigenschaften	12
6.2.1 Härte von Grundmetallen	12
6.2.2 Eigenschaften hinsichtlich der Beständigkeit gegen Rissbildung von Schweißnähten	13
6.2.3 Eigenschaften hinsichtlich der Rissbildungsbeständigkeit, die mit anderen Herstellungsverfahren in Zusammenhang stehen	14
6.3 Lochfraßindex (PREN).....	14
7 Kaufinformationen und Kennzeichnung	15
7.1 Informationen, die bei der Beschaffung von Werkstoffen mitgeliefert werden sollten.....	15
7.2 Kennzeichnung, Beschriftung und Dokumentation	16
Anhang A (normativ) Gegen Rissbildung durch Umwelteinflüsse beständige CRAS und weitere Legierungen (einschließlich Tabelle A.1 — Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen)	17
A.1 Allgemeines	17
A.1.1 Werkstoffgruppen	17
A.1.2 Grenzen der chemischen Zusammensetzung	18
A.1.3 Umgebungsbedingte und metallurgische Grenzwerte für die Rissbeständigkeit	18
A.1.4 Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen	18
A.1.5 Weitere Anforderungen und Empfehlungen für CRAs und weitere Legierungen	19
A.1.6 Verwendung der Werkstoffauswahltabellen	19
A.2 Austenitische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart und als einzelne Legierungen)	20
A.2.1 Werkstoffanalysen	20
A.2.2 Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei Verwendung von austenitischen nichtrostenden Stählen	23
A.2.3 Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	27
A.3 Hochlegierte austenitische Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)	27
A.3.1 Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe.....	27
A.3.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von hochlegierten austenitischen Stählen.....	28
A.3.3 Schweißen von hochlegierten austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	31
A.4 Mischkristall-Nickellegierungen (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)	32
A.4.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	32

A.4.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe bei Verwendung von Mischkristall-Nickellegierungen.....	33
A.4.3	Schweißen von Mischkristall-Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe	36
A.5	Ferritische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart)	36
A.5.1	Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe	36
A.5.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ferritischen nichtrostenden Stählen.....	37
A.5.3	Schweißen von ferritischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffart	37
A.6	Martensitische (nichtrostende) Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	37
A.6.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	37
A.6.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von martensitischen nichtrostenden Stählen.....	38
A.6.3	Schweißen von martensitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe.....	42
A.7	Nichtrostende Duplexstähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten).....	43
A.7.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	43
A.7.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von nichtrostenden Duplexstählen	44
A.7.3	Schweißen von nichtrostenden Duplexstählen dieser Werkstoffgruppe	45
A.8	Ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen)	46
A.8.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	46
A.8.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen.....	46
A.8.3	Schweißen von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe.....	51
A.9	Ausscheidungsgehärtete Nickellegierungen (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	51
A.9.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	51
A.9.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten Nickellegierungen.....	51
A.9.3	Schweißen von ausscheidungsgehärteten Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe.....	58
A.10	Kobaltlegierungen (gekennzeichnet als Einzellegierungen)	58
A.10.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	58
A.10.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von Kobaltlegierungen.....	59
A.10.3	Schweißen von Kobaltlegierungen dieser Werkstoffgruppe	61
A.11	Titan und Tantal (Einzellegierungen)	61
A.11.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	61
A.11.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von Titan- und Tantallegierungen.....	62
A.11.3	Schweißen von Titan- und Tantallegierungen dieser Werkstoffgruppe	63
A.12	Kupfer- und Aluminiumlegierungen (gekennzeichnet als Werkstoffarten)	63
A.12.1	Kupferlegierungen.....	63
A.12.2	Aluminiumlegierungen.....	63
A.13	Plattierungen, Überzüge und verschleißfeste Legierungen	63
A.13.1	Korrosionsbeständige Plattierungen, Auskleidungen und Überzüge	63
A.13.2	Verschleißfeste Legierungen	64
Anhang B (normativ) Qualifizierung von CRAs für den Einsatz in H₂S-haltigen Umgebungen		
	mittels Laborprüfung	65
B.1	Allgemeines	65
B.2	Anwendung von Laborqualifizierungen	67
B.2.1	Allgemeines	67
B.2.2	Qualifizierung von hergestellten Erzeugnissen	68
B.2.3	Qualifizierung eines festgelegten Fertigungsweges	68
B.2.4	Verwendung von Laborprüfungen als Grundlage für die Beantragung von Ergänzungen und Änderungen von Anhang A	69
B.3	Allgemeine Anforderungen an die Prüfungen.....	69
B.3.1	Beschreibung der Prüfverfahren	69
B.3.2	Werkstoffe	70
B.3.3	Prüfverfahren und Probekörper	70
B.3.4	Auf glatte Probekörper aufgebrauchte Prüfspannungen/Prüflasten	71
B.3.5	Prüfumgebungen für SSC/SCC-Prüfungen.....	71

B.3.6	Prüfungsdauer	73
B.3.7	Annahmekriterien und Prüfbericht	73
B.3.8	Gültigkeit der Prüfungen	74
B.4	SSC-Prüfung	74
B.5	SCC-Prüfung ohne S ⁰	74
B.6	SSC/SCC-Prüfung bei Zwischentemperaturen	75
B.7	SCC-Prüfung bei Vorhandensein von S ⁰	75
B.8	GHSC-Prüfung mit Kopplung an unlegierten Stahl	75
Anhang C (informativ)	Angaben, die bei der Werkstoffbeschaffung mitgeliefert werden sollten	76
Anhang D (informativ)	Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe und weitere Angaben	78
Anhang E (informativ)	Festgelegte Gruppen von Prüfbedingungen	93
Literaturhinweise		94

Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 15156-3:2015) 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 einstimmigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 15156-3:2009 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;
- Verfeinerungen in 6.3 dahingehend, dass die Anwendung von Absolutwerten bei der Berechnung von F_{PREN} für die Anwendung in dieser Norm erforderlich ist;
- Annahme der Umgebungsgrenzwerte für niedriglegierte nichtrostende Stähle der Serie 300, auch für ihre Doppelzertifizierungen;
- Änderungen in einigen Tabellen von Anhang A, um den gegenwertigen Kenntnisstand hinsichtlich der Anwendungsgrenzen einiger Werkstoffe konservativer wiederzugeben;
- Änderungen bezüglich der Festlegung von annehmbaren Grenzwerten für den pH-Wert der Produktionsumgebung am Einsatzort in einigen Tabellen von Anhang A;
- in Anhang A wurden in einer Reihe von Tabellen Daten bezüglich neuer Gruppen annehmbarer Umgebungsgrenzwerte für (neue) Werkstoffe und ihre zugehörigen metallurgischen Anforderungen hinzugefügt.

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 15156-3:2014 wurde vom CEN als FprEN ISO 15156-3:2015 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 15156-3:2009/Cir. 1:2011 (E), im Technischen Rundschreiben 2, ISO 15156-3:2009/Cir. 2:2013 (E), im Technischen Rundschreiben 3, ISO 15156-3:2009/Cir. 3:2014 (E) und im Technischen Rundschreiben 4, ISO 15156-3:2009/Cir. 4:2014 (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.

ANMERKUNG In den Technischen Rundschreiben ISO 15156-3:2009/Cir.2:2013 und ISO 15156-3:2009/Cir.3:2014 wurde beabsichtigt, dass für das vorliegende Dokument ein informativer Anhang F veröffentlicht werden sollte, der eine alternative Darstellung der in den Tabellen zur Werkstoffauswahl enthaltenen Angaben in Anhang A umfassen sollte.

Bei der abschließenden Bearbeitung von ISO/FDIS 15156-3:2015 wurde allerdings eine Reihe technischer Fehler bei der Übertragung der Angaben aus den Werkstoffauswahltabellen von Anhang A in die Tabelle F.1 von Anhang F festgestellt. Um die Herausgabe der neuen Fassung dieser Norm nicht zu verzögern, hat die für ISO 15156 zuständige Agentur zur Dokumentenpflege beschlossen, den vorgeschlagenen Anhang F zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu veröffentlichen.

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 Maßnahmen zur Dokumentenpflege von ISO 15156 enthalten, zugegriffen werden.

WARNUNG — Nach diesem Teil von ISO 15156 ausgewählte CRAs (korrosionsbeständige Legierungen) und weitere Legierungen 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 CRAs und weiterer Legierungen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 15156 nennt Anforderungen und gibt Empfehlungen für die Auswahl und Qualifizierung von hochlegierten Stählen (CRAs) (korrosionsbeständigen Legierungen) und weiteren Legierungen 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 Werkstoffe gegen Beschädigungen, die durch H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC), Spannungsrisskorrosion (SCC) und galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Rissbildung (GHSC) verursacht werden können.

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 Verwendung von lastgesteuerten Auslegungsverfahren ausgelegt und gebaut wurden. Für Konstruktionen, bei denen auf Dehnung beruhende Auslegungsverfahren zur Anwendung kommen, siehe ISO 15156-1:2014, Abschnitt 5.

Dieser Teil von ISO 15156 ist nicht zwangsläufig auch für die Anwendung auf Ausrüstungen in Raffinerierungs- 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 Eruptionsskreuze	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 ISO 15156-2:2014, A.2.3.2.3. ^b Für weitere Informationen, siehe ISO 15156-2:2014, 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 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 7539-7, *Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 7: Method for slow strain rate testing*

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

ISO 11960, *Petroleum and gas industries — Steel pipes for use as casing or tubing for wells*

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 15156-2:2014, *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*

ASTM A747/A747M¹⁾, *Standard Specification for Steel Castings, Stainless, Precipitation Hardening*

ASTM E562, *Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count*

EFC Publications Number 17²⁾, *Corrosion resistant alloys for oil and gas production: guidelines on general requirements and test methods for H₂S in service*,

NACE CORROSION/95³⁾, Paper 47, *Test methodology for elemental sulfur-resistant advanced materials for oil and gas field equipment*, by G. Steinbeck, W. Bruckhoff, M. Köhler, H. Schlerkman, G. Schmitt, (Houston), 1995

NACE CORROSION/97, Paper 58, *Rippled strain rate test for CRA sour service materials selection*, (Houston), 1997

NACE TM0177, *Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments*

NACE TM0198, *Slow strain rate test method for screening corrosion-resistant alloys (CRAs) for stress corrosion cracking in sour oilfield service*

SAE⁴⁾ — ASTM, *Metals and alloys in the Unified Numbering System*, ISBN 07680-04074

SAE AMS2430, *Shot Peening, Automatic*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 15156-1 und ISO 15156-2 und die folgenden Begriffe.

3.1

Alterung

Änderung der metallurgischen Eigenschaften, die im Allgemeinen bei Raumtemperatur langsam erfolgt (natürliches Altern) und bei höheren Temperaturen schneller (künstliches Altern)

3.2

Ausglühen

Erwärmung auf und Beibehaltung einer Temperatur, die für den bestimmten Werkstoff angemessen ist, und anschließende Abkühlung mit einer geeigneten Geschwindigkeit, mit dem Ziel, die Härte zu verringern, die Zerspanbarkeit zu verbessern oder wünschenswerte Eigenschaften zu erreichen

1) ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.

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

3) NACE International, P.O. Box 2183140, Houston, TX 77218-8340, USA.

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

3.3

Austenit

kubisch-flächenzentrierte Kristallphase von Eisenlegierungen

3.4

nichtrostender Duplexstahl

austenitisch-ferritischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl, dessen Gefüge bei Raumtemperatur hauptsächlich aus einem Gemisch von Austenit und Ferrit besteht

3.5

Ferrit

kubisch-raumzentrierte Kristallphase von Eisenlegierungen

3.6

ferritischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl, dessen Gefüge bei Raumtemperatur vorwiegend aus Ferrit besteht

3.7

galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion

GHSC

Rissbildung auf Grund von in einem Metall vorhandenem Wasserstoff, der an der Kathode eines galvanischen Elementes induziert wird, sowie Zugspannung (Rest- und/oder aufgebrachte Spannung)

3.8

Martensit

harter, übersättigter Mischkristall von Kohlenstoff in Eisen, der durch ein nadelkristallförmiges (nadelähnliches) Gefüge gekennzeichnet ist

3.9

martensitischer Stahl

Stahl, bei dem ein Martensit-Gefüge erreicht werden kann, indem er mit einer Abkühlgeschwindigkeit abgeschreckt wird, die ausreicht, um die Entstehung anderer Gefüge zu verhindern

3.10

Lochfraßindex (Wirksumme)

PREN

F_{PREN}

Index, der entwickelt wurde, um die Lochfraßbeständigkeit einer korrosionsbeständigen Legierung (CRA) wiederzugeben und vorauszuberechnen, was auf der Grundlage der Anteile der Elemente Cr, Mo, W und N in der chemischen Zusammensetzung der Legierung geschieht

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen, siehe 6.3.

3.11

Produktionsumgebung

natürlich vorkommende produzierte Fluide ohne Verunreinigung durch Chemikalien, welche vorübergehend oder dauerhaft den *in-situ*-pH-Wert verringern

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Rückstrom von Chemikalien zur Stimulation und zum Entzundern kann den pH-Wert vorübergehend beträchtlich verringern, und einige fortlaufend eingespeiste Chemikalien, wie z. B. Kesselsteininhibitoren, können den pH-Wert dauerhaft verringern.

3.12

Mischkristall

Einkristallphase, die zwei oder mehr Elemente enthält

3.13

nichtrostender Stahl

Stahl, der einen Massenanteil von 10,5 % oder mehr Chrom enthält, und dem zur Sicherstellung bestimmter Eigenschaften möglicherweise weitere Elemente beigelegt werden

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen nach ISO 15156-1 und ISO 15156-2, von denen einige zum Nutzen für die Anwender wiederholt werden, sowie die folgenden Symbole und Abkürzungen.

AYS	effektive Streckgrenze	(en: actual yield strength)
CR	C-Ring	(en: c-ring)
CRA	korrosionsbeständige Legierung	(en: corrosion-resistant alloy)
HBW	Brinell-Härte	(en: Brinell hardness)
HRB	Rockwell-Härte (Skala B)	(en: Rockwell hardness (scale B))
HRC	Rockwell-Härte (Skala C)	(en: Rockwell hardness (scale C))
p_{CO_2}	CO ₂ -Partialdruck	(en: partial pressure of CO ₂)
$p_{\text{H}_2\text{S}}$	H ₂ S-Partialdruck	(en: partial pressure of H ₂ S)
PWHT	Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen	(en: post-weld heat treatment)
S ⁰	elementarer Schwefel	(en: elemental sulfur)
RSRT	Prüfung bei Dehngeschwindigkeit mit Belastungsfluktuationen	(en: rippled strain rate test)
SSRT	Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit	(en: slow strain rate test)
UNS	einheitliches Nummerierungssystem (für Legierungen)	(en: unified (alloy) numbering system)

5 Faktoren, die die Beständigkeit gegen Rissbildung von CRAs und anderen Legierungen in H₂S-haltigen Umgebungen beeinträchtigen

Das Rissbildungsverhalten von CRAs und anderen Legierungen in H₂S-haltigen Umgebungen kann durch vielschichtige Wechselwirkungen von Parametern, einschließlich der folgenden, beeinflusst werden:

- chemische Zusammensetzung, Festigkeit, Wärmebehandlung, Gefüge, Herstellungsverfahren und Endzustand des Werkstoffes;
- der H₂S-Partialdruck oder die gleichwertige gelöste Konzentration in der Wasserphase;
- die Acidität (pH-Wert am Einsatzort) in der Wasserphase;
- die Konzentration von Chloriden oder anderen Halogenidionen;
- das Vorhandensein von Sauerstoff, Schwefel oder anderen Oxidationsmitteln;
- die Beanspruchungstemperatur;
- die Lochfraßbeständigkeit des Werkstoffes in der Betriebsumgebung;
- galvanische Effekte;

- die Gesamtzugspannung (beaufschlagte Spannung zuzüglich Restspannung);
- die Dauer der Beanspruchung.

Diese Faktoren sind zu beachten, wenn dieser Teil der ISO 15156 für die Auswahl von Werkstoffen verwendet wird, die für den Einsatz in H₂S-haltigen Umgebungen bei Systemen der Öl- und Gasgewinnung geeignet sind.

6 Qualifizierung und Auswahl von CRAs und anderen Legierungen hinsichtlich SSC, SCC und GHSC in H₂S-haltigen Umgebungen

6.1 Allgemeines

CRAs und andere Legierungen sind im Hinblick auf ihre Beständigkeit gegen SSC, SCC und/oder GHSC wie für ihren beabsichtigten Einsatz erforderlich auszuwählen.

Die Übereinstimmung einer CRA oder einer anderen Legierung mit diesem Teil von ISO 15156 setzt die Rissbeständigkeit innerhalb der festgelegten Grenzwerte für die Umgebung des Einsatzortes voraus. Diese Grenzwerte sind von der Werkstoffart oder von der einzelnen Legierung abhängig.

Um die Qualifizierung und/oder Auswahl von CRAs und anderen Legierungen zu ermöglichen, kann vom Käufer der Ausrüstung gefordert werden, dass er dem Lieferanten der Ausrüstung Angaben über die beabsichtigten Beanspruchungsbedingungen zur Verfügung stellt.

Bei der Festlegung des Schärfegrades H₂S-haltiger Umgebungen müssen auch Belastungen berücksichtigt werden, die bei Systemstörungen oder -abschaltungen usw. vorkommen. Solche Belastungen können ungepuffertes Kondenswasser mit geringem pH-Wert einschließen. Die in den Tabellen von Anhang A angegebenen Grenzwerte gelten für Produktionsumgebungen und behandeln keine Zustände, die bei der Einspeisung oder dem Rückfluss von Chemikalien, die den *in-situ*-pH-Wert verringern können, auftreten.

Die Auswahl von CRAs und anderen Legierungen muss nach Anhang A oder nach Qualifizierung durch eine erfolgreiche Laborprüfung nach Anhang B erfolgen. Die Qualifizierung auf der Grundlage zufrieden stellender praktischer Erfahrungen ist ebenfalls akzeptabel. Diese Qualifizierung muss ISO 15156-1 entsprechen.

In Anhang A werden Werkstoffe in Werkstoffgruppen eingeteilt. Innerhalb jeder Gruppe werden Legierungen nach der Werkstoffart (innerhalb der Grenzwerte für ihre Zusammensetzung) oder als einzelne Legierungen eingeteilt. Es werden akzeptable metallurgische Bedingungen und Umgebungsgrenzwerte angegeben, bei denen erwartet wird, dass Legierungen gegen Rissbildung beständig sind. Umgebungsgrenzwerte werden für den H₂S-Partialdruck, die Temperatur, die Chloridkonzentration und elementaren Schwefel angegeben.

Eine CRA oder andere Legierung darf qualifiziert werden, indem sie auf ihre Verwendung unter Betriebsbedingungen, die strenger als die in Anhang A angegebenen Umgebungsgrenzwerte sind, geprüft wird. Ebenso darf eine CRA oder andere Legierung für die Verwendung unter anderen als den in Anhang A aufgeführten metallurgischen Bedingungen (höhere Festigkeit, alternative Wärmebehandlung usw.) qualifiziert werden.

Die Dokumentation der nach Anhang B durchgeführten Qualifizierungen muss die Anforderungen von Abschnitt 9 von ISO 15156-1:2014 erfüllen.

Der Nutzer der Ausrüstung muss die Qualifikationen verifizieren (siehe B.2.2) und eine Dokumentation aufbewahren, die die Auswahl der Werkstoffe belegt.

6.2 Bewertung von Werkstoffeigenschaften

6.2.1 Härte von Grundmetallen

Wenn Messungen der Härte an Grundmetallen festgelegt werden, sind ausreichende Härteprüfungen durchzuführen, um die tatsächliche Härte der CRA oder anderen untersuchten Legierung 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.

Die Umrechnung der Härteablesungen in oder aus andere(n) Skalen ist vom Werkstoff abhängig; der Nutzer darf die erforderlichen Umrechnungstabellen festlegen.

ANMERKUNG Die Anzahl und die Stellen der Härteprüfungen am Grundmetall sind in der Normenreihe ISO 15156 (alle Teile) nicht festgelegt.

6.2.2 Eigenschaften hinsichtlich der Beständigkeit gegen Rissbildung von Schweißnähten

6.2.2.1 Allgemeines

Die metallurgischen Veränderungen, die beim Schweißen von CRAs und anderen Legierungen auftreten, können ihre Anfälligkeit für SSC, SCC und/oder GHSC beeinflussen. Schweißverbindungen können für Rissbildung anfälliger sein als das/die verbundene(n) Grundmetall(e).

Der Nutzer der Ausrüstung darf die Anfälligkeit von Schweißstellen für Rissbildung zulassen, um bei einer Schweißkonstruktion die Grenzwerte für sichere Betriebsbedingungen zu regulieren.

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

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

Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (PQR) müssen einen dokumentierten Beleg enthalten, mit dem eine zufrieden stellende Beständigkeit gegen Rissbildung unter Bedingungen, die mindestens so streng ausgelegt sind wie bei der beabsichtigten Anwendung, nachgewiesen wird. Ein derartiger Beleg muss auf einem oder mehreren der folgenden Punkte beruhen:

- Übereinstimmung mit den Anforderungen und Empfehlungen für die spezielle Werkstoffgruppe in Anhang A (6.2.2.2 und 6.2.2.3);
- Qualifizierungsprüfung auf die Beständigkeit gegen Rissbildung bei Schweißnähten nach Anhang B;
- dokumentierte Erfahrungswerte, analog den in ISO 15156-1 für die Grundwerkstoffe festgelegten Werten.

Die in Anhang A aufgeführten Anforderungen und Empfehlungen könnten möglicherweise nicht für alle Kombinationen aus Grund- und Schweißmetallen, die zur Herstellung von Ausrüstungen und Bauteilen verwendet werden, geeignet sein. Der Nutzer der Ausrüstung darf einen Nachweis über eine erfolgreiche Prüfung auf Rissbildungsbeständigkeit als Teil der Schweißverfahrensprüfung fordern, um sicherzustellen, dass die hergestellte Schweißstelle eine für die jeweilige Anwendung ausreichende Beständigkeit gegenüber SSC, SCC und GHSC aufweist.

6.2.2.2 Qualifizierung von Schweißverfahren nach Anhang A, auf der Grundlage der Härte

6.2.2.2.1 Allgemeines

Die Qualifizierung von Schweißverfahren für saure Einsatzbereiche muss, sofern in Anhang A festgelegt, eine Prüfung der Härte nach 6.2.2.2.2, 6.2.2.2.3 und 6.2.2.2.4 enthalten.

6.2.2.2 Verfahren für die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren

Die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren muss 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.

Die Anwendung weiterer Verfahren erfordert die ausdrückliche Zustimmung des Nutzers.

6.2.2.3 Härtegutachten für die Qualifizierung von Schweißverfahren

Härtegutachten für Stoßnähte, Kehlnähte, Ausbesserungsschweißnähte, teilweise durchgeschweißte Nähte und Aufschweißungen sind wie in 7.3.3.3 von ISO 15156-2:2014 beschrieben durchzuführen.

6.2.2.4 Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten

In Anhang A angegebene Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten bei CRAs oder anderen Legierungen gelten für nach Anhang A ausgewählte Legierungen.

Annahmekriterien für die Härte dürfen auch anhand von erfolgreichen Prüfungen auf Rissbildungsbeständigkeit bei Schweißproben festgelegt werden. Die Prüfungen müssen nach Anhang B erfolgen.

6.2.2.3 Qualifizierung von Schweißverfahren nach Anhang A, anhand von weiteren Prüfungen

Falls angebracht, werden Anforderungen und Empfehlungen zur Sicherstellung einer angemessenen Rissbildungsbeständigkeit von Schweißnähten mithilfe anderer Prüfverfahren in den Werkstoffgruppen von Anhang A zur Verfügung gestellt.

6.2.3 Eigenschaften hinsichtlich der Rissbildungsbeständigkeit, die mit anderen Herstellungsverfahren in Zusammenhang stehen

Bei CRAs und anderen Legierungen, die metallurgischen Veränderungen unterliegen, die durch andere Herstellungsverfahren als Schweißen hervorgerufen werden, ist die Qualifizierungsprüfung auf Rissbildungsbeständigkeit des durch die Herstellung beeinträchtigten Werkstoffes als Teil der Qualifizierung des Herstellungsprozesses festzulegen.

Die Qualifizierungsprüfung ist als Teil der Qualifizierung von Brenn- und Schneidarbeiten festzulegen, wenn im Endprodukt eine Wärmeeinflusszone (HAZ) verbleibt.

Die Anforderungen und Annahmekriterien von 6.2.2 gelten sowohl für die Qualifizierungsprüfung für die Herstellungsverfahren als auch die Brenn-/Schneidverfahren, die der entsprechenden Auswertung der Anforderungen an das Härtegutachten nach 6.2.2.2.3 für das Herstellungsverfahren bzw. das Brenn-/Schneidverfahren unterliegen.

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

6.3 Lochfraßindex (PREN)

Zur Ermittlung der Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Internationalen Norm müssen alle Grenzwerte für F_{PREN} , die in dieser Internationalen Norm festgelegt sind, als absolute Grenzwerte nach ASTM Practice E29 betrachtet werden. Beim Absolutwertverfahren, ist der Beobachtungswert bzw. der errechnete Wert nicht zu runden, sondern direkt mit dem festgelegten Grenzwert zu vergleichen. Konformität oder Nichtkonformität mit der Spezifikation ist abhängig von diesem Vergleich.

Die Berechnung von F_{PREN} beruht auf der tatsächlichen Zusammensetzung und nicht auf der Soll-Zusammensetzung. Die Soll-Zusammensetzung wird lediglich zur allgemeinen Klassifizierung verwendet.

Der PREN (F_{PREN}) ist nach Gleichung (1) zu berechnen:

$$F_{\text{PREN}} = w_{\text{Cr}} + 3,3 (w_{\text{Mo}} + 0,5 w_{\text{W}}) + 16 w_{\text{N}} \quad (1)$$

Dabei ist

w_{Cr}	der Massenanteil an Chrom in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung;
w_{Mo}	der Massenanteil an Molybdän in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung;
w_{W}	der Massenanteil an Wolfram in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung;
w_{N}	der Massenanteil an Stickstoff in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung.

ANMERKUNG Es gibt für den PREN mehrere Variationen. All diese Indices wurden entwickelt, um die Lochfraßbeständigkeit von korrosionsbeständigen Fe/Ni/Cr/Mo-Legierungen bei Vorhandensein von gelösten Chloriden und Sauerstoff, z. B. in Salzwasser, widerzuspiegeln und vorauszuberechnen. Obwohl diese Indices hilfreich sind, weisen sie nicht direkt auf die Korrosionsbeständigkeit in H₂S-haltigen Ölfeldumgebungen hin.

7 Kaufinformationen und Kennzeichnung

7.1 Informationen, die bei der Beschaffung von Werkstoffen mitgeliefert werden sollten

7.1.1 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.

7.1.2 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 Rissbildungsbeständigkeit, siehe Abschnitt 6.

7.1.3 Der Nutzer der Ausrüstung und der Lieferant der Ausrüstung/Werkstoffhersteller dürfen vereinbaren, dass CRAs und andere als die in Anhang A beschriebenen und/oder aufgeführten Legierungen in Abhängigkeit von geeigneten Qualifizierungsprüfungen ausgewählt werden dürfen.

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 umfassen

- Anforderungen an die Prüfung auf SSC, SCC und/oder GHSC; siehe Abschnitt 6 und Anhang B;
- die Betriebsbedingungen für die spezifische Anwendung in sauren Einsatzbereichen.

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

7.2 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 C enthalten Bezeichnungen, die verwendet werden dürfen.

Anhang A (normativ)

Gegen Rissbildung durch Umwelteinflüsse beständige CRAS und weitere Legierungen (einschließlich Tabelle A.1 — Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen)

A.1 Allgemeines

A.1.1 Werkstoffgruppen

Die zur Auflistung von CRAs oder weiterer Legierungen (siehe 6.1) verwendeten Werkstoffgruppen sind:

- austenitische nichtrostende Stähle (als Werkstoffart und als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.2;
- hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle (als Werkstoffarten und als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.3;
- Mischkristall-Nickellegierungen (als Werkstoffarten und als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.4;
- ferritische nichtrostende Stähle (als Werkstoffart gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.5;
- martensitische nichtrostende Stähle (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.6;
- nichtrostende Duplex-Stähle (als Werkstoffarten gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.7;
- ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.8;
- ausscheidungsgehärtete Nickellegierungen (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.9;
- Kobaltlegierungen (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.10;
- Titan und Tantal (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.11;
- Kupfer, Aluminium (als Werkstoffarten gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.12.

In Abhängigkeit von A.1.2, A.1.3, A.1.4 und A.1.5 dürfen die in den Tabellen A.1 bis A.42 aufgeführten CRAs und weiteren Legierungen innerhalb der angegebenen umgebungsbedingten Grenzen ohne Prüfung ihrer Beständigkeit gegen SSC, SCC und GHSC verwendet werden.

Angaben zur Verwendung von Kupfer- und Aluminiumlegierungen sind in Abschnitt A.12 enthalten.

Abschnitt A.13 enthält Empfehlungen zur Verwendung von Plattierungen, Überzügen und verschleißfesten Legierungen.

ANMERKUNG Die aufgeführten Werkstoffe und dargestellten Einschränkungen sind die ursprünglich in NACE MR0175:2003 aufgeführten Angaben (nicht mehr verfügbar), außer für seit 2003 eingeführte verabschiedete Änderungen.

A.1.2 Grenzen der chemischen Zusammensetzung

Der Anwender einer CRA oder weiteren Legierung muss sicherstellen, dass die chemische Analyse des verwendeten Werkstoffs die für den Werkstoff in SAE — ASTM, *Metals and Alloys in the Unified Numbering System* angegebenen Anforderungen an die Werkstoffanalyse erfüllt.

Um mit diesem Teil von ISO 15156 übereinzustimmen, muss der Werkstoff auch allen im Text und/oder den Tabellen zu seiner Werkstoffgruppe aufgeführten Festlegungen entsprechen.

A.1.3 Umgebungsbedingte und metallurgische Grenzwerte für die Rissbeständigkeit

A.2.2 bis A.11.2 enthalten Werkstoffauswahltabellen, in denen die umgebungsbedingten Grenzwerte der für beliebige Ausrüstungen oder Bauteile verwendeten Werkstoffe aufgeführt sind. Diese Unterabschnitte enthalten außerdem oftmals Werkstoffauswahltabellen, in denen die weniger restriktiven umgebungsbedingten Grenzwerte von Werkstoffen aufgeführt sind, die für benannte Ausrüstungen oder Bauteile verwendet werden.

Die Tabellen enthalten die Grenzwerte für die Anwendung hinsichtlich Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Cl^- , pH-Wert und S^{0} . Diese Grenzwerte gelten gemeinsam. Der in den Tabellen verwendete pH-Wert entspricht dem Mindest-*in-situ*-pH-Wert.

ANMERKUNG 1 In den Tabellen dieses Anhangs wird die SI-Einheit „Milligramm je Liter“ für die Massenkonzentration verwendet; im angloamerikanischen Maßsystem wird sie üblicherweise in Teile pro Million (ppm) angegeben.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung zur Berechnung des $p_{\text{H}_2\text{S}}$ ist in ISO 15156-2:2014, Anhang C angegeben.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zur Berechnung des pH-Wertes ist in ISO 15156-2:2014, Anhang D angegeben.

ANMERKUNG 4 Bei der Erstellung der Werkstoffauswahltabellen wurde davon ausgegangen, dass kein Sauerstoff in der Einsatzumgebung vorhanden ist.

Wenn in einer Tabelle für eine Variable kein festgelegter Grenzwert bestimmt werden kann, sind erklärende Bemerkungen, die den aktuellen Kenntnisstand widerspiegeln, in der Tabelle enthalten.

Die umgebungsbedingten Grenzwerte für eine Legierung gelten nur innerhalb der im Text derselben Tabelle für die Legierung angegebenen zusätzlichen metallurgischen Grenzen. Wenn für einen Werkstoff eine Härtung erforderlich ist, so muss die Härtungszeit ausreichen, um die erforderliche Härte über die gesamte Dicke sicherzustellen.

Beim Erwerb von Werkstoffen sollten metallurgische Eigenschaften, die bekanntermaßen die Leistungsfähigkeit des Werkstoffs in H_2S -haltigen Öl- und Gasumgebungen beeinträchtigen, zusätzlich zu den in diesem Anhang besonders aufgeführten Eigenschaften berücksichtigt werden. Derartige Eigenschaften sind in ISO 15156-1:2014, 8.1 aufgeführt.

A.1.4 Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen

Die Abschnitte zu den Werkstoffgruppen enthalten Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen der Werkstoffe der Gruppe, um eine ausreichende Rissbildungsbeständigkeit an der hergestellten Schweißstelle zu erreichen.

A.1.5 Weitere Anforderungen und Empfehlungen für CRAs und weitere Legierungen

A.1.5.1 Anforderungen an Überzüge, Oberflächenbehandlungen, Plattierungen, Beschichtungen, Auskleidungen usw.

Zur Zusammensetzung, Rissbildungsbeständigkeit und Verwendung von Überzügen, siehe Abschnitt A.13.

Metallische Beschichtungen (galvanisiert und stromlos plattiert), Konversionsbeschichtungen, Kunststoffbeschichtungen oder -Auskleidungen dürfen verwendet werden, sind aber zur Verhinderung der Rissbildung nicht annehmbar.

Die Auswirkung ihrer Anwendung auf die Rissbildungsbeständigkeit des Substrates ist zu beachten.

Eine Nitrierhärtung mit einer maximalen Einsatzhärtungstiefe von 0,15 mm (0,006 Zoll) ist eine akzeptable Form der Oberflächenbehandlung, sofern sie bei einer Temperatur durchgeführt wird, die unter der kritischen Temperatur der zu behandelnden Legierung liegt. Die Anwendung des Nitrierens als Mittel zur Verhinderung von Rissbildung in sauren Einsatzbereichen ist nicht akzeptabel.

A.1.5.2 Gewindeschneiden

Mit Gewindeschneidemaschinen hergestellte Gewinde sind akzeptabel.

Durch Kaltverformen (Walzen) hergestellte Gewinde sind bei CRAs und weiteren Legierungen akzeptabel, sofern der Werkstoff und die Anwendungsgrenzen ansonsten diesem Teil von ISO 15156 entsprechen.

A.1.5.3 Kaltverformung von Oberflächen

Eine Kaltverformung von Oberflächen ist zulässig, wenn sie durch Prozesse wie z. B. Polieren verursacht wird, bei denen nicht mehr Kaltverformung erzeugt wird, als bei den üblichen Bearbeitungsverfahren (wie z. B. Drehen oder Abbohren, Walzen, Gewindeschneiden, Aufbohren usw.) anfällt.

Eine Kaltverformung durch gesteuertes Kugelstrahlen ist zulässig, sofern sie bei Grundwerkstoffen angewendet wird, die diesem Teil von ISO 15156 entsprechen und auf eine maximale Schussgröße von 2,0 mm (0,080 Zoll) und eine Almenintensität von höchstens 10C beschränkt bleibt. Der Prozess ist nach SAE AMS-2430 zu steuern.

A.1.5.4 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, außer wenn mit dem Nutzer der Ausrüstung vereinbart.

A.1.6 Verwendung der Werkstoffauswahltabellen

Tabelle A.1 enthält eine Anleitung zu den Werkstoffauswahltabellen für beliebige Ausrüstungen oder Bauteile. Sie enthält außerdem auch eine Anleitung zu zusätzlichen Werkstoffauswahltabellen für besonders benannte Ausrüstungen oder Bauteile, für die weitere, weniger restriktive umgebungsbedingte oder metallurgische Grenzwerte angewendet werden dürfen.

ANMERKUNG Siehe Anmerkung in der Einleitung dieses Dokuments bezüglich Anhang F des Technischen Rundschreibens ISO 15156-3:2009/Cir. 2:2013 und des Technischen Rundschreibens ISO 15156-3:2009/Cir. 3:2014.

A.2 Austenitische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart und als einzelne Legierungen)

A.2.1 Werkstoffanalysen

Austenitische nichtrostende Stähle dieser Werkstoffart müssen die folgenden Elemente in folgenden Anteilen, angegeben als Massenanteile enthalten:

- C, maximal 0,08 %;
- Cr, mindestens 16 %;
- Ni, mindestens 8 %;
- P, maximal 0,045 %;
- S, maximal 0,04 %;
- Mn, maximal 2,0 %; und
- Si, maximal 2,0 %.

Weitere Legierungselemente sind zulässig.

Ein höherer Kohlenstoffgehalt ist für UNS S30900 und S31000 bis zu den Grenzwerten ihrer entsprechenden Spezifikationen akzeptabel.

Die in Tabelle D.1 aufgeführten Legierungen können die oben genannten Anforderungen zwar erfüllen, müssen es aber nicht zwangsläufig. In einigen Fällen sind restriktivere chemische Eigenschaften erforderlich, um die Anforderungen dieser Werkstoffgruppe zu erfüllen. Siehe auch A.3.1.

In der Industrie ist es gängige Praxis, nichtrostende Stähle der Serie 300 als Stahlsorte in Standardgüte und Stahlsorte mit geringem Kohlenstoffgehalt doppelt zu zertifizieren, wie z. B. als S31600 (316) und S31603 (316L). Für die doppelt zertifizierten Stahlgüten sind die für nichtrostende Stähle der Serie 300 mit geringem Kohlenstoffgehalt angegebenen umgebungsbedingten Grenzwerte annehmbar.

Produkte aus austenitischem nichtrostenden Automatenstahl dürfen nicht verwendet werden.

Tabelle A.1 — Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen in Anhang A auf der Grundlage der Ausrüstung oder der Art des Bauteils

Ausrüstungen Bauteile	Nummer der Werkstoffauswahltabelle für verschiedene Werkstoffgruppen									
	Austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.2)	Hochlegierter austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.3)	Mischkristall- Nickellegierung (siehe A.4)	Ferritische nichtrostende Stähle (siehe A.5)	Martensitische nichtrostende Stähle (siehe A.6)	Nichtrostende Duplexstähle (siehe A.7)	Ausscheidungs- gehärtete nichtrostende Stähle (siehe A.8)	Ausscheidungs- gehärtete Nickellegierungen (siehe A.9)	Kobaltlegierungen (siehe A.10)	Titan und Tantal (siehe A.11)
Alle Ausrüstungen oder Bauteile	A.2	A.8	A.13 A.14	A.17	A.18	A.24	A.26	A.31 A.32 A.33	A.38	A.41 A.42
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für Mantelrohre für Bohrer, Rohre und Bohrausrüstungen										
Rohrförmige Bauteile für Bohrausrüstungen	—	A.9	—	—	A.19	A.25	—	—	—	—
Packer und sonstige Untertage- ausrüstungen	—	A.9	—	—	A.20 A.21	A.25	A.27	—	—	—
Gasliftausrüstungen	A.7	A.10	A.16	—	—	—	—	A.37	—	—
Einspritzrohre und -ausrüstungen	A.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rohre für die Steuerleitung von Bohrausrüstungen und Bildschirme	A.7	A.11	—	—	—	—	—	—	—	—
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für Bohrlochköpfe, Eruptionskreuze, Ventile, Drosseln und Niveauregler										
Bauteile für Bohr- lochköpfe und Eruptionskreuze (mit verschiedenen festgelegten Ausnahmen)	—	—	A.13	—	A.23	—	A.27	A.34	—	—
Bauteile für Ventile und Drosseln ((mit verschiedenen festgelegten Ausnahmen)	—	—	—	—	A.23	—	A.27	A.34	—	—
Achsen, Schäfte und Bolzen	A.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bauteile für nicht drucktragende Innenventile, Druck- regler und Niveau- regler	—	—	—	—	—	—	A.28	A.35	—	—
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für verfahrenstechnische Anlagen										
Verdichterteile	A.6	—	—	—	A.22	—	A.30	—	—	—

Ausrüstungen Bauteile	Nummer der Werkstoffauswahltabelle für verschiedene Werkstoffgruppen									
	Austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.2)	Hochlegierter austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.3)	Mischkristall- Nickellegierung (siehe A.4)	Ferritische nichtrostende Stähle (siehe A.5)	Martensitische nichtrostende Stähle (siehe A.6)	Nichtrostende Duplexstähle (siehe A.7)	Ausscheidungs- gehärtete nichtrostende Stähle (siehe A.8)	Ausscheidungs- gehärtete Nickellegierungen (siehe A.9)	Kobaltlegierungen (siehe A.10)	Titan und Tantal (siehe A.11)
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für weitere Ausrüstungen										
Mess- und Steuergeräte	A.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rohre für Mess- geräte und zuge- hörige Rohrver- schraubungen, Rohre für die Oberflächen- Steuerleitung und oberirdische Bildschirme	A.4	A.11	—	—	—	—	—	—	—	—
Federn	—	—	—	—	—	—	—	A.36	A.39	—
Membrane, Druck- messgeräte und Druckdichtungen	—	—	—	—	—	—	—	—	A.40	—
Dichtungsringe und Dichtscheiben	A.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sicherungsringe	—	—	—	—	—	—	A.29	—	—	—
Lagerbolzen	—	—	A.15	—	—	—	—	—	—	—
Sonstige Aus- rüstungen wie in den Tabellen genannt (ein- schließlich Hard- ware (z. B. Stell- schrauben usw.), Werkzeuge für den zeitweiligen unter- und überirdischen Einsatz)	A.7	—	A.16	—	—	—	A.28	A.35	—	—

A.2.2 Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei Verwendung von austenitischen nichtrostenden Stählen

Tabelle A.2 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe für die Verwendung austenitischer nichtrostender Stähle in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S-Partial- druck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzent- ration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschrie- benen Werk- stoffart ^a	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Jede in Produktions- umgebungen vorkom- mende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumge- bungen ohne Einschrän- kungen von Temperatur, p_{H_2S} oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombina- tionen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
S31603 ^b	60 (140)	1 000 (145)	50 000	≥ 4,5	NDS ^d	
	90 (194)	1 000 (145)	1 000	≥ 3,5	NDS ^d	
	90 (194)	1 (0,145)	50 000	≥ 4,5	NDS ^d	
	93 (200)	10,2 (1,5)	5 000	≥ 5,0	NDS ^d	
	120 (248)	100 (14,5)	1 000	≥ 3,5	NDS ^d	
	149 (300)	10,2 (1,5)	1 000	≥ 4,0	NDS ^d	
S20910 ^c	66 (150)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Alle in Produktionsum- gebungen vorkommen- den Kombinationen aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert sind annehmbar.

Es sollte ein Grenzwert für den Martensitgehalt dieser austenitischen nichtrostenden Stähle in Betracht gezogen werden.

Die Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion aller austenitischen Stähle der in A.2 beschriebenen Werkstoffart kann durch Kaltverformung nachteilig beeinflusst werden.

^a Diese Werkstoffe müssen:

- im lösungsgeglühten und abgeschreckten, oder weichgeglühten und wärmestabilisierten Zustand der Wärmebehandlung sein;
- frei von Kaltverformungen, mit denen ihre mechanischen Eigenschaften verbessert werden sollen, sein; und
- eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen.

^b Bei Verwendung in Umgebungen außerhalb der für die Werkstoffart festgelegten Grenzwerte (d. h. in den obersten beiden Zeilen), jedoch innerhalb der speziell für S31603 angegebenen Grenzwerte muss UNS S31603 im lösungsgeglühten und abgeschreckten Zustand vorliegen. Es gelten folgende Bedingungen:

- der Werkstoff darf nach der abschließenden Behandlung durch Lösungsglühen und Abschrecken nicht durch Formen, Umformen, Kaltwalzen, Spannung, Dehnung usw. kaltbearbeitet werden;
- nach der abschließenden Behandlung durch Lösungsglühen und Abschrecken darf die beim Zerspanen oder Richten anfallende Härte- und Kaltverformung nicht die in der entsprechenden Produktspezifikation festgelegten Grenzwerte überschreiten.

^c UNS S20910 ist im weichgeglühten oder warmgewalzten (warm/kaltverfestigten) Zustand bei einer maximalen Härte von 35 HRC in Umgebungen akzeptabel, die innerhalb der für die Werkstoffart und für diese Legierung speziell angegebenen Grenzwerte liegen.

^d Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.

Tabelle A.3 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Ventilspindeln, Bolzen und Schäfte

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S20910	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Alle in Produktionsumgebungen vorkommenden Kombinationen aus Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert sind annehmbar.
Bei diesen Anwendungen gelten auch folgende Einschränkungen für Werkstoffe: — UNS S20910 darf bei einem maximalen Härtegrad von 35 HRC in kaltverformten Zustand unter der Voraussetzung verwendet werden, dass es vor der Kaltverformung lösungsgeglüht wird.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.4 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Anwendungen übertage in Rohren für Steuerleitungen, Verrohrungen für Messgeräte, zugehörigen Formstücken, und Bildschirmgeräten

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S31600	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Dieser Werkstoff wurde für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentration oder <i>in-situ</i> -pH-Wert angewendet. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
Der nichtrostende Stahl UNS S31600 darf für Rohrverschraubungen und Messgeräteverrohrungen eingesetzt werden, selbst wenn er die in Tabelle A.2 für beliebige Ausrüstungen oder Bauteile festgelegten Anforderungen möglicherweise nicht erfüllt.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.5 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Dichtungsringe und -scheiben

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
J92600, J92900 S30400, S30403 S31600, S31603	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Alle in Produktionsumgebungen vorkommenden Kombinationen aus Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert sind annehmbar.
<p>Bei diesen Anwendungen gelten folgende Einschränkungen für Werkstoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> — aus J92600, J92900 hergestellte API-Dichtungsringe und -scheiben, die aus im Schleudergießverfahren hergestelltem Werkstoff bestehen, müssen im Gusszustand oder im lösungsgeglühten Zustand eine Härte von maximal 160 HBW (83 HRB) aufweisen. — aus S30400, S30403, S31600 oder S31603 hergestellte API-Dichtungsringe und -scheiben, die aus Halbzeug bestehen, müssen im lösungsgeglühten Zustand eine Härte von maximal 160 HBW (83 HRB) aufweisen. 						
<p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

Tabelle A.6 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Verdichtern und Mess- und Steuergeräten

Werkstoffart	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{S}}$ max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
Verdichter						
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschriebenen Werkstoffart	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Alle in Produktionsumgebungen vorkommenden Kombinationen aus Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert sind annehmbar.
Mess- und Steuergeräte ^b						
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschriebenen Werkstoffart	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Chloridkonzentration oder <i>in-situ</i> -pH-Wert angewendet. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
<p>Bei diesen Anwendungen müssen diese Werkstoffe außerdem:</p> <ul style="list-style-type: none"> — im lösungsgeglühten und abgeschreckten, oder weichgeglühten und wärmestabilisierten Zustand der Wärmebehandlung sein; — frei von Kaltverformungen, mit denen ihre mechanischen Eigenschaften verbessert werden sollen, sein; und — eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen. <p>Es sollte ein Grenzwert für den Martensitgehalt dieser austenitischen nichtrostenden Stähle in Betracht gezogen werden.</p>						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						
^b Mess- und Steuergeräte umfassen Membranen, Druckmessgeräte und Druckdichtungen, sind jedoch nicht darauf beschränkt.						

Tabelle A.7 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Gasliftausrüstungen und für Sonderbauteile für Untertageausrüstungen, wie z. B. unterirdisch eingesetzte Bildschirme, Rohre für Steuerleitungen, Hardware (z. B. Stellschrauben usw.), Einspritzrohre und -ausrüstungen

Werkstoffart	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschriebenen Werkstoffart	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, p_{H_2S} , Cl ⁻ oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

A.2.3 Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe

Es gelten die Anforderungen an die rissbildungsbeständigen Eigenschaften von Schweißverbindungen; siehe 6.2.2.

Die Härte der Wärmeeinflusszone (HAZ) nach dem Schweißen darf die für das Grundmetall zulässige maximale Härte nicht überschreiten, und die Härte des Schweißmetalls darf den Grenzwert für die maximale Härte der für den Schweißzusatz verwendeten Legierung nicht überschreiten.

„L“-Schweißzusätze aus austenitischem nichtrostendem Stahl müssen einen maximalen Kohlenstoffgehalt aufweisen, der einem Massenanteil von 0,03 % entspricht.

Schweißverbindungen dürfen reparaturgeschweißt sein, sofern sie die Anforderungen an das Schweißverfahren erfüllen.

A.3 Hochlegierte austenitische Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)

A.3.1 Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe

In Tabelle D.2 sind die chemischen Zusammensetzungen einiger Legierungen dieser Art aufgeführt, die die im Text der Tabellen A.8 und A.9 angegebenen analysebezogenen Anforderungen erfüllen können. In einigen Fällen macht das die Produktion innerhalb eingeschränkterer Bereiche der chemischen Analyse erforderlich, als in Tabelle D.2 festgelegt.

In Tabelle D.2 enthaltene austenitische nichtrostende Stähle, die nicht den eingeschränkten Bereichen für die chemische Analyse entsprechen, die in den Tabellen A.8 und A.9 gefordert werden, jedoch die Anforderungen von A.2.1 erfüllen, dürfen als Teil der Werkstoffgruppe A.2 betrachtet werden.

Hochlegierte austenitische nichtrostende Automatenstähle dürfen nicht verwendet werden.

A.3.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von hochlegierten austenitischen Stählen

Tabelle A.8 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe bei hochlegierten austenitischen Stählen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
Werkstoffart 3a, 3b und J93254	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Jede in Produktions- umgebungen vorkom- mende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumge- bungen ohne Einschrän- kungen von Temperatur, p_{H_2S} oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
Werkstoffart 3b	121 (250)	700 (100)	5 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Die in Produktionsumge- bungen auftretenden <i>in-situ</i> -pH-Werte sind akzeptabel.
	149 (300)	310 (45)	5 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	
	171 (340)	100 (15)	5 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	
N08926	121 (250)	700 (100)	65 000	≥ 3,5, siehe auch Spalte „Bemer- kungen“	nein	pH-Wert unter Laborprüfbedingungen abgeschätzt. UNS N08926 ist die nach höheren als den für diese Werkstoffart als Ganzes gültigen Grenzwerten für die Chloridkonzentration geprüfte Werkstoffart 3b
J95370	150 (302)	700	101 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Die in Produktionsumge- bungen auftretenden <i>in-situ</i> -pH-Werte sind akzeptabel.

Diese Werkstoffe müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:

- Werkstoffe vom Typ 3a müssen hochlegierte austenitische Stähle mit $(w_{Ni} + 2w_{Mo}) > 30$ sein, (wobei w_{Mo} einen Mindestwert von 2 % aufweist). Das Symbol w stellt den prozentualen Massenanteil des als Index angegebenen Elementes dar.
- Werkstoffe vom Typ 3b müssen hochlegierte austenitische Stähle mit $F_{PREN} > 40,0$ sein;
- Werkstoffe vom Typ 3a und 3b (einschließlich N08926) müssen im lösungsgeglühten Zustand vorliegen;
- UNS J93254 (CK3McuN, gegossenes 254SMO) nach ASTM A351, ASTM A743 oder ASTM A744 muss im gegossenen, lösungsgeglühten und wasserabgeschreckten Zustand vorliegen und eine maximale Härte von 100 HRB aufweisen;
- UNS J95370 muss im lösungsgeglühten und wasserabgeschreckten Zustand vorliegen und eine maximale Härte von 94 HRB aufweisen.

Tabelle A.9 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von hochlegierten austenitischen Stählen zur Verwendung in untertage eingesetzten rohrförmigen Bauteilen und in Packern und weiteren Untertageausrüstungen

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
Werkstoffart 3a und 3b	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Jede in Produktions- umgebungen vorkom- mende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
Werkstoffart 3a	60 (140)	350 (50)	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Die in Produktionsumge- bungen auftretenden <i>in-situ</i> -pH-Werte sind akzeptabel.
Werkstoffart 3b	121 (250)	700 (100)	5 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	
	149 (300)	310 (45)	5 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	
	171 (340)	100 (15)	5 000	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	
N08926	121 (250)	700 (100)	65 000	≥ 3,5, siehe auch Spalte „Bemer- kungen“	nein	pH-Wert wurde unter Laborprüfbedingungen abgeschätzt. UNS N08926 ist die nach höheren als den für diese Werkstoffart als Ganzes gültigen Grenzwerten für die Chloridkonzentration geprüfte Werkstoffart 3b
<p>Die Werkstoffe für diese Anwendungen müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle zur Verwendung als unterirdisch einzusetzende rohrförmige Bauteile müssen mindestens drei Elemente enthalten, die als prozentuale Massenanteile angegeben werden: C, max. 0,08 %; Cr, mindestens 16 %, Ni, mindestens 8 %; P, maximal 0,03 %; S, max. 0,030 %; Mn, maximal 2 %; und Si, maximal 0,5 %. Weitere Legierungselemente dürfen beigefügt werden; — Werkstoffe vom Typ 3a müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit $(w_{Ni} + 2w_{Mo}) > 30$ sein, (wobei w_{Mo} einen Mindestwert von 2 % aufweist); — Werkstoffe vom Typ 3b müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit $F_{PREN} > 40,0$ sein. <p>Alle oben genannten Legierungen müssen im lösungsgeglühten und kaltverformten Zustand mit einer maximalen Härte von 35 HRC sein.</p>						

Tabelle A.10 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von hochlegierten austenitischen Stählen zur Verwendung in Gasliftausrüstungen

Werkstoffart	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{S}}$ max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
Hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle aus der in A.3 beschriebenen Werkstoffgruppe	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$ oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.11 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von hochlegierten austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Rohren für Messgeräte, Steuerleitung, in Rohrverschraubungen sowie ober- und unterirdisch eingesetzten Bildschirmgeräten

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
Werkstoffarten 3a und 3b	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, p_{H_2S} , Cl ⁻ , oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
N08904	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
<p>Werkstoffe vom Typ 3a müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit $(w_{Ni} + 2w_{Mo}) > 30$ sein, (wobei w_{Mo} einen Mindestwert von 2 % Massenanteil aufweist). Das Symbol w stellt den prozentualen Massenanteil des als Index angegebenen Elementes dar.</p> <p>Werkstoffe vom Typ 3b müssen hochlegierte austenitische Stähle mit $F_{PREN} > 40,0$ sein.</p> <p>Halbzeug N08904 zur Verwendung in Rohren für Messgeräte muss im weichgeglühten Zustand sein und eine maximale Härte von 180 HV10 aufweisen.</p>						
<p>a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

A.3.3 Schweißen von hochlegierten austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe

Es gelten die Anforderungen an die rissbildungsbeständigen Eigenschaften von Schweißverbindungen; siehe 6.2.2.

Die Härte der Wärmeeinflusszone (HAZ) nach dem Schweißen darf die für das Grundmetall zulässige maximale Härte nicht überschreiten, und die Härte des Schweißmetalls darf den Grenzwert für die maximale Härte der für den Schweißzusatz verwendeten Legierung nicht überschreiten.

Schweißverbindungen dürfen reparaturgeschweißt sein, sofern sie die Anforderungen an das Schweißverfahren erfüllen.

A.4 Mischkristall-Nickellegierungen (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)

A.4.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe

In Tabelle A.12 wird diese Werkstoffgruppe in die Typen 4a, 4b, 4c, 4d und 4e aufgegliedert, die in den Tabellen A.13 und A.14 verwendet werden.

Tabelle D.4 enthält die chemischen Zusammensetzungen einiger Kupfer-Nickel-Legierungen dieser Gruppe.

Tabelle A.12 — Werkstoffarten von Mischkristall-Nickellegierungen

Werkstoffart	Cr Massenanteil mindestens %	Ni + Co Massenanteil mindestens %	Mo Massenanteil mindestens %	Mo + W Massenanteil mindestens %	Metallurgischer Zustand
Typ 4a	19,0	29,5	2,5	—	Lösungsgeglüht oder weich- geglüht
Typ 4b	14,5	52	12	—	Lösungsgeglüht oder weich- geglüht
Typ 4c	19,5	29,5	2,5	—	Lösungsgeglüht oder weich- geglüht und kaltgehärtet
Typ 4d	19,0	45	—	6	Lösungsgeglüht oder weich- geglüht und kaltgehärtet
Typ 4e	14,5	52	12	—	Lösungsgeglüht oder weich- geglüht und kaltgehärtet
Typ 4f ^a	20,0	58	15,5	—	a) lösungsge- glüht oder weich- geglüht und kalt- gehärtet b) lösungsge- glüht oder weich- geglüht und kalt- gehärtet und gealtert
In Tabelle D.3 sind die chemischen Zusammensetzungen einiger Legierungen aufgeführt, die den Einschränkungen für eine oder mehrere dieser Werkstoffarten entsprechen können, es jedoch nicht zwangsläufig müssen. In einigen Fällen können daher restriktivere Zusammensetzungen als die in Tabelle D.3 angegebenen notwendig sein.					
^a Die Familie vom Typ 4f ist gegenwärtig ausschließlich auf UNS N07022 beschränkt.					

A.4.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe bei Verwendung von Mischkristall-Nickellegierungen

Tabelle A.13 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von Mischkristall-Nickellegierungen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
Weichgeglüh- te Legierung- en vom Typ 4a und 4b	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	ja	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumge- bungen ohne Einschrän- kungen von Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentra- tion oder <i>in-situ</i> -pH ein- gesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombina- tionen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
N04400 N04405	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	NDS ^a	
<p>Produkte aus geschmiedeten oder gegossenen Mischkristall-Nickellegierungen aus Legierungen vom Typ 4a und 4b müssen im lösungsgeglühten oder weichgeglühten Zustand vorliegen.</p> <p>UNS N04400 und UNS N04405 müssen eine maximale Härte von 35 HRC aufweisen.</p> <p>Bauteile für Bohrlochköpfe und Eruptionskreuze müssen auch ISO 10423 entsprechen.</p>						
<p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

Tabelle A.14 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von weichgeglühten und kaltverformten Nickellegierungen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen^a

Werkstoff-art	Höchst-temperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid-konzentration max. mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
Kaltverformte Legierungen vom Typ 4c, 4d und 4e	232 (450)	200 (30)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	nein	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
	218 (425)	700 (100)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	nein	
	204 (400)	1 000 (150)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	nein	
	177 (350)	1 400 (200)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	nein	
	132 (270)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	ja	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Schwefelwasserstoff, Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist akzeptabel.
Kaltverformte Legierungen vom Typ 4d und 4e	218 (425)	2 000 (300)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	nein	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist akzeptabel.
	149 (300)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	ja	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Schwefelwasserstoff, Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist akzeptabel.
Kaltverformte Legierungen vom Typ 4e	232 (450)	7 000 (1 000)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	ja	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist akzeptabel.
	204 (400)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	ja	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Schwefelwasserstoff, Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist akzeptabel.
Kaltverformte Legierungen vom Typ 4f	204 (400)	3 500 (500)	180 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“	ja	Jeder <i>in-situ</i> -pH-Wert der Produktionsumgebung ist für $p_{CO_2} + p_{H_2S} \leq 7\,000$ kPa (1 000 psi)
	288 (550)	7 000 (1 000)	180 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^b	Jeder <i>in-situ</i> -pH-Wert der Produktionsumgebung ist für p_{CO_2} annehmbar, so dass Folgendes gilt: Für $p_{H_2S} < 3\,000$ kPa (450 psi):

Werkstoff-art	Höchst-temperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid-konzentration max. mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
						$p_{CO_2} + p_{H_2S} \leq 10\,000\text{ kPa}$ (1 450 psi). Für p_{H_2S} von 3 000 kPa bis 7 000 kPa: $p_{CO_2} \leq 7\,000\text{ kPa}$ (1 000 psi).
<p>Produkte aus geschmiedeten oder gegossenen Mischkristall-Nickellegierungen in diesen Einsatzbereichen müssen im weichgeglühten und kaltgehärteten Zustand, oder im weichgeglühten, kaltgehärteten und gealterten Zustand für Typ 4f vorliegen und alle folgende Anforderungen wie jeweils zutreffend erfüllen:</p> <ol style="list-style-type: none"> Der maximale Härtewert für die Typen 4c, 4d und 4e in diesen Anwendungen muss 40 HRC sein. Die durch Kaltverformung erreichte maximale Dehngrenze der Legierungen muss: <ul style="list-style-type: none"> für Typ 4c: 1 034 MPa (150 ksi) betragen; für Typ 4d: 1 034 MPa (150 ksi) betragen; für Typ 4e: 1 240 MPa (180 ksi) betragen. UNS N10276 (Typ 4e) muss bei Verwendung bei einer Mindesttemperatur von 121 °C (250 °F) eine maximale Härte von 45 HRC aufweisen; UNS N07022 (Typ 4f) im weichgeglühten und kaltgehärteten Zustand muss eine maximale Härte von 43 HRC und eine maximale Dehngrenze von 1 413 MPa (205 ksi) aufweisen; UNS N07022 (Typ 4f) im weichgeglühten und kaltgehärteten und gealterten Zustand muss eine maximale Härte von 47 HRC und eine maximale Dehngrenze von 1 420 MPa (206 ksi) aufweisen. <p>^a Die Anwendungsgrenzwerte der Werkstoffarten 4c, 4d und 4e in dieser Tabelle überschneiden sich.</p> <p>^b Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

Tabelle A.15 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von Nickellegierungen zur Verwendung in Lagerbolzen

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchst-temperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid-konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
N10276	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur p_{H_2S} , Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
<p>N10276-Lagerbolzen, z. B. Ventileinsätze, müssen im kaltgehärteten Zustand bei einer maximalen Härte von 45 HRC sein.</p> <p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

Tabelle A.16 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe bei Nickellegierungen zur Verwendung in Gasliftausrüstungen und untertage eingesetzten Einfahrwerkzeugen, Absetzgeräten und Wartungswerkzeugen für den zeitweiligen Betrieb

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
N04400 N04405	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, p_{H_2S} , Cl^- , oder <i>in-situ</i> -pH ² eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

A.4.3 Schweißen von Mischkristall-Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe

Es gelten die Anforderungen an die rissbildungsbeständigen Eigenschaften von Schweißverbindungen; siehe 6.2.2.

Die Härte der Wärmeeinflusszone (HAZ) nach dem Schweißen darf die für das Grundmetall zulässige maximale Härte nicht überschreiten, und die Härte des Schweißmetalls darf den Grenzwert für die maximale Härte der für den Schweißzusatz verwendeten Legierung nicht überschreiten.

Es gibt keine Anforderungen an die Härte beim Schweißen von Mischkristall-Nickellegierungen mit einem Schweißmetall aus Mischkristall-Nickellegierungen.

A.5 Ferritische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart)

A.5.1 Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe

In Tabelle D.5 sind die chemischen Zusammensetzungen einiger Legierungen dieser Art aufgeführt.

A.5.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ferritischen nichtrostenden Stählen

Tabelle A.17 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von ferritischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

Werkstoffart	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
Ferritische nichtrostende Stähle der in A.5 beschriebenen Werkstoffart	Siehe Spalte „Bemerkungen“	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	≥ 3,5	NDS ^a	Vorbehaltlich Einschränkungen von p_{H_2S} und des pH-Werts wurden diese Werkstoffe in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur oder Chloridkonzentration verwendet. Für diese beiden Parameter wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Kombinationen ihrer Werte könnten nicht annehmbar sein.
Diese Werkstoffe müssen im weichgeglühten Zustand sein und eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

A.5.3 Schweißen von ferritischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffart

Es gelten die Anforderungen an die rissbildungsbeständigen Eigenschaften von Schweißverbindungen; siehe 6.2.2.

Für Prüfschweißverbindungen ist eine Prüfung der Härte durchzuführen, und die maximale Härte muss 250 HV, oder, bei einem anderen zugelassenen Härteprüfverfahren, gleichwertig sein.

A.6 Martensitische (nichtrostende) Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen)

A.6.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe

In Tabelle D.6 sind die chemischen Zusammensetzungen der in den Tabellen A.18 bis A.23 aufgeführten martensitischen Stahllegierungen aufgelistet.

Martensitische nichtrostende Automatenstähle dürfen nicht verwendet werden.

A.6.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von martensitischen nichtrostenden Stählen

Tabelle A.18 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S41000 S41500 S42000 J91150 J91151 J91540 S42400	Siehe Spalte „Bemerkungen“	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	≥ 3,5	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur und Chloridkonzentration ist annehmbar.
S41425	Siehe Spalte „Bemerkungen“	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	≥ 3,5	nein	

Diese Werkstoffe müssen außerdem folgende Anforderungen erfüllen:

- gegossene oder geschmiedete Legierungen vom Typ UNS S41000, J91150 (CA15), und J91151 (CA15M) müssen eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen und:
 - austenitiert und abgeschreckt oder luftgekühlt sein;
 - bei mindestens 621 °C (1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein; und
 - bei einer Mindesttemperatur von 621 °C (1 150 °F), jedoch unterhalb der ersten Anlasstemperatur angelassen, und danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein;
- kohlenstoffarme, martensitische nichtrostende Stähle, entweder gegossenes J91540 (CA6NM) oder geschmiedetes S42400 oder S41500 (F6NM) müssen eine maximale Härte von 23 HRC aufweisen sowie:
 - bei mindestens 1 010 °C (1 850 °F) austenitiert und danach auf Umgebungstemperatur luft- oder ölabgeschreckt sein;
 - bei 649 °C bis 691 °C (1 200 °F bis 1 275 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein; und
 - bei 593 °C bis 621 °C (1 100 °F bis 1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein;
- die gegossene oder geschmiedete Legierung UNS S42000 muss eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen und sich im abgeschreckten und angelassenen Wärmebehandlungszustand befinden.
- geschmiedeter kohlenstoffarmer martensitischer nichtrostender Stahl vom Typ UNS S41425 im austenitierten, abgeschreckten und angelassenen Zustand darf eine Härte von höchstens 28 HRC aufweisen.

^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.

Tabelle A.19 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in untertage eingesetzten rohrförmigen Bauteilen und in Packern und weiteren Untertageausrüstungen

Spezifikation/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck <i>p</i> _{H₂S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
ISO 11960 L-80 Typ 13 Cr, S41426, S42500	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	≥ 3,5	NDS ^a	Jede in Produktionsum- gebungen vorkommende Kombination aus Tempe- ratur und Chloridkon- zentration ist annehmbar.
S41429	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	≥ 4,5	NDS ^a	
Bei diesen Anwendungen müssen diese Werkstoffe außerdem folgende Anforderungen erfüllen:						
a) rohrförmige Bauteile vom Typ UNS S41426 müssen abgeschreckt und angelassen bei einer maximalen Härte von HRC 27 und einer maximalen Dehngrenze von 724 MPa (105 ksi) sein;						
b) UNS S42500 (15 Cr) für Rohre und Mantelrohre ist nur in der Stahlgüte 80 [SMYS 556 MPa (80 ksi)] akzeptabel und muss im abgeschreckten und doppelt angelassenen Zustand bei einer maximalen Härte von 22 HRC sein. Der Vorgang des Abschreckens und doppelten Anlassens muss wie folgt vonstatten gehen:						
— Austenitisieren bei mindestens 900 °C (1 652 °F), danach Luft- oder Ölabschreckung;						
— Anlassen bei mindestens 730 °C (1 346 °F), danach auf Umgebungstemperatur abkühlen; und						
— Anlassen bei mindestens 620 °C (1 148 °F), danach auf Umgebungstemperatur abkühlen;						
c) rohrförmige Bauteile vom Typ UNS S41429 müssen abgeschreckt und angelassen oder normalisiert und angelassen auf eine maximale Härte von 27 HRC und eine maximale Dehngrenze von 827 MPa (120 ksi) sein.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.20 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischem Legierungsstahl zur Verwendung in Untertageausrüstungen

UNS- Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
K90941	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, p_{H_2S} , Chlorid- konzentration oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
Bei diesen Anwendungen darf UNS K90941 (martensitischer Stahl 9Cr 1Mo nach ASTM A276 Typ 9, ASTM A182/A182M Güte F9, oder ASTM A213/A213M Güte T9) eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.21 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Verdichterbauteile

Spezifikation für die Legierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
AISI 420 (geändert)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	≥ 3,5	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur und Chloridkonzentration ist annehmbar.
S41427	Siehe Spalte „Bemerkungen“	10 (1,5)	6 100	≥ 3,5	NDS ^a	In Produktionsumgebungen vorkommende Temperaturen sind akzeptabel.
<p>Für diese Anwendungen muss AISI 420 (geändert) eine chemische Zusammensetzung entsprechend ISO 11960 L-80 Typ 13 Cr aufweisen und auf höchstens 22 HRC abgeschreckt und angelassen sein.</p> <p>UNS S41427 darf eine Härte von höchstens 29 HRC aufweisen und muss nach dem folgenden dreistufigen Verfahren wärmebehandelt sein:</p> <p>a) Austenitisieren bei 900 °C bis 980 °C (1 652 °F bis 1 796 °F), danach Luftabkühlung oder Ölabschreckung auf Umgebungstemperatur;</p> <p>b) Angelassen bei 600 °C bis 700 °C (1 112 °F bis 1 292 °F), danach auf Umgebungstemperatur luftkühlen;</p> <p>c) Angelassen bei 540 °C bis 620 °C (1 004 °F bis 1 148 °F), danach auf Umgebungstemperatur luftkühlen.</p>						
<p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

Tabelle A.22 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Verdichterbauteile

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> _{H₂S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S41000 S41500 S42400 J91150 J91151 J91540	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur, <i>p</i> _{H₂S} , Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
<p>Für diese Anwendungen müssen diese Werkstoffe außerdem folgende Anforderungen erfüllen:</p> <p>a) Gegossene oder geschmiedete Legierungen vom Typ UNS S41000, J91150 (CA15), und J91151 (CA15M) dürfen eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen, wenn sie in Verdichterbauteilen verwendet werden und müssen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) austenitisiert und abgeschreckt oder luftgekühlt sein; 2) bei mindestens 621 °C (1 150 °F) angelassen, danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein; und 3) bei einer Mindesttemperatur von 621 °C (1 150 °F), jedoch unterhalb der ersten Anlasstemperatur angelassen, und danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein; <p>b) kohlenstoffarme, martensitische nichtrostende Stähle, entweder gegossenes J91540 (CA6NM) oder geschmiedetes S42400 oder S41500 (F6NM) müssen eine maximale Härte von 23 HRC aufweisen sowie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) bei mindestens 1 010 °C (1 850 °F) austenitisiert und danach auf Umgebungstemperatur luft- oder öl abgeschreckt sein; 2) bei 649 °C bis 690 °C (1 200 °F bis 1 275 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein; und 3) bei 593 °C bis 621 °C (1 100 °F bis 1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein; <p>c) Bei Verwendung in Antriebsrädern müssen gegossene oder geschmiedete Legierungen vom Typ UNS S41000, J91150 (CA15) und J91151 (CA15M), gegossenes J91540 (CA6NM) und geschmiedetes S42400 oder S41500 (F6NM) einen Spannungsschwellenwert ≥ 95 % der effektiven Streckgrenze in der voraussichtlichen Einsatzumgebung aufweisen.</p>						
<p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

Tabelle A.23 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Bohrlochkopf- und Eruptionskreuzbauteilen sowie Ventil- und Drosselbauteilen (außer Mantelrohr- und Rohrhalterungen und Ventilschäfte)

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S41000 S41500 S42000 J91150 J91151 J91540 S42400	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	≥ 3,5	NDS ^a	Vorbehaltlich Einschränkungen des <i>in-situ</i> -pH-Werts wurden diese Werkstoffe in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur, p_{H_2S} oder Cl ⁻ verwendet. Für diese Parameter wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Kombinationen ihrer Werte könnten nicht annehmbar sein.
<p>Für diese Anwendungen müssen diese Werkstoffe außerdem folgende Anforderungen erfüllen:</p> <p>a) Gegossene oder geschmiedete Legierungen vom Typ UNS S41000, J91150 (CA15), und J91151 (CA15M) dürfen eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen und müssen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) austenitisiert und abgeschreckt oder luftgekühlt sein; 2) bei mindestens 620 °C (1 150 °F) angelassen, danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein; und 3) bei einer Mindesttemperatur von 620 °C (1 150 °F), jedoch unterhalb der ersten Anlasstemperatur angelassen, und danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein; <p>b) kohlenstoffarme, martensitische nichtrostende Stähle, entweder gegossenes J91540 (CA6NM) oder geschmiedetes S42400 oder S41500 (F6NM) müssen eine maximale Härte von 23 HRC aufweisen sowie:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) bei mindestens 1 010 °C (1 850 °F) austenitisiert und danach auf Umgebungstemperatur luft- oder ölabgeschreckt sein; 2) bei 648 °C bis 690 °C (1 200 °F bis 1 275 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein; und 3) bei 593 °C bis 620 °C (1 100 °F bis 1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein; <p>c) die gegossene oder geschmiedete Legierung vom Typ UNS S42000 darf eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen und muss sich im abgeschreckten und angelassenen Wärmebehandlungszustand befinden.</p>						
<p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

A.6.3 Schweißen von martensitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe

Es gelten die Anforderungen an die rissbildungsbeständigen Eigenschaften von Schweißverbindungen; siehe 6.2.2.

Die Härte der Wärmeeinflusszone (HAZ) nach dem Schweißen darf die für das Grundmetall zulässige maximale Härte nicht überschreiten, und die Härte des Schweißmetalls darf den Grenzwert für die maximale Härte der für den Schweißzusatz verwendeten Legierung nicht überschreiten.

Martensitische nichtrostende Stähle, die mit nominell passenden Schweißzusätzen geschweißt werden, müssen folgende Anforderungen erfüllen.

Schweißverbindungen in martensitischen nichtrostenden Stählen sind einer Wärmebehandlung nach dem Schweißen bei mindestens 621 °C (1 150 °F) zu unterziehen und müssen 6.2.2.2 entsprechen.

Schweißverbindungen in den kohlenstoffarmen martensitischen nichtrostenden Stählen [gegossenes J91540 (CA6NM) oder geschmiedetes S42400 oder S41500 (F6NM)] sind einer Wärmebehandlung nach dem Schweißen in einem Zyklus oder in zwei Zyklen wie folgt zu unterziehen, nachdem sie zunächst auf 25 °C (77 °F) abgekühlt wurden:

- die Wärmebehandlung nach dem Schweißen in einem Zyklus muss bei 580 °C bis 621 °C (1 075 °F bis 1 150 °F) erfolgen;
- die Wärmebehandlung nach dem Schweißen in zwei Zyklen muss bei 671 °C bis 691 °C (1 240 °F bis 1 275 °F), anschließender Abkühlung auf 25 °C (77 °F) oder weniger, und daran anschließender Erwärmung auf 580 °C bis 621 °C (1 075 °F bis 1 150 °F) erfolgen.

A.7 Nichtrostende Duplexstähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten)

A.7.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe

In Tabelle D.7 sind die chemischen Zusammensetzungen einiger nichtrostender Duplexstahllegierungen aufgeführt, die den Einschränkungen dieser Werkstoffgruppe entsprechen können, es jedoch nicht zwangsläufig tun. In einigen Fällen sind restriktivere chemische Eigenschaften als die in Tabelle D.7 angegebenen erforderlich.

A.7.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von nichtrostenden Duplexstählen

Tabelle A.24 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von nichtrostenden Duplexstählen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchst- tempera- tur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck <i>p</i> _{H₂S} max. kPa (psi)	Chlorid- konzent- ration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
$30 \leq F_{\text{PREN}} \leq 40,0$ Mo $\geq 1,5$ %	232 (450)	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	NDS ^a	Jede in Produktionsum- gebungen vorkommende Kombination aus Chlorid- konzentration und <i>in-situ</i> - pH-Wert ist annehmbar.
S31803 (HIP)	232 (450)	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	
$40 < F_{\text{PREN}} \leq 45$	232 (450)	20 (3)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	NDS ^a	
$30 \leq F_{\text{PREN}} \leq 40,0$ Mo $\geq 1,5$ %	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, <i>p</i> _{H₂S} , oder <i>in-situ</i> -pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
$40,0 < F_{\text{PREN}} \leq 45$	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“		Siehe Spalte „Bemer- kungen“	NDS ^a	
Geschmiedete und gegossene nichtrostende Duplexstähle müssen						
— lösungsgeglüht und in einer Flüssigkeit abgeschreckt oder mittels anderer Verfahren schnell abgekühlt sein ^b ;						
— einen Ferritanteil (Volumenanteil) zwischen 35 % und 65 % aufweisen; und						
— dürfen keiner Alterung als Wärmebehandlung unterzogen worden sein.						
Mit heiß-isostatischem Druck (HIP) [15] erzeugter nichtrostender Duplexstahl UNS S31803 ($30 \leq F_{\text{PREN}} \leq 40,0$ Mo $\geq 1,5$ %) darf eine Härte von höchstens 25 HRC aufweisen und muss						
— sich im lösungsgeglühten und wasserabgeschreckten Zustand befinden;						
— einen Ferritanteil (Volumenanteil) zwischen 35 % und 65 % aufweisen; und						
— darf keiner Alterung als Wärmebehandlung unterzogen worden sein.						
ANMERKUNG Höhere <i>F</i> _{PREN} -Werte führen zu einer höheren Korrosionsbeständigkeit, jedoch auch zur einem erhöhten Risiko für die Bildung von Sigma- und Alpha-prime-Phasen in der Ferritphase des Werkstoffs während der Herstellung, in Abhängigkeit von der Dicke des Produktes und der erreichbaren Abschreckgeschwindigkeit. Die angegebenen <i>F</i> _{PREN} -Bereiche sind typisch für die Bereiche, die bekanntermaßen das Problem der Bildung von Sigma- und Alpha-prime-Phasen gering halten.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						
^b Die Abkühlgeschwindigkeit muss ausreichend schnell sein, damit die Bildung schädlicher Phasen, wie z. B. einer Sigma-Phase, sowie von Ausfällungen vermieden wird.						

Tabelle A.25 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von nichtrostenden Duplexstählen zur Verwendung als untertage eingesetzte rohrförmige Bauteile und in Packern und weiteren Untertageausrüstungen

Werkstoffart	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
$30 \leq F_{PREN} \leq 40,0$ Mo $\geq 1,5$ %	Siehe Spalte „Bemerkungen“	2 (0,3)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur, Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
$40,0 < F_{PREN} \leq 45$	Siehe Spalte „Bemerkungen“	20 (3)	120 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar. Es wurde festgestellt, dass die Grenzwerte für die Chloridkonzentration stark von der Dehngrenze und dem Grad der Kaltverformung abhängen.
<p>Für diese Anwendungen müssen die Werkstoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> — im lösungsgeglühten, in einer Flüssigkeit abgeschreckten und kaltgehärteten Zustand sein; — einen Ferritanteil (Volumenanteil) zwischen 35 % und 65 % aufweisen; und — eine maximale Härte von 36 HRC haben. 						
<p>ANMERKUNG Höhere F_{PREN}-Werte führen zu einer höheren Korrosionsbeständigkeit, jedoch auch zu einem erhöhten Risiko für die Bildung von Sigma- und Alpha-prime-Phasen in der Ferritphase des Werkstoffs während der Herstellung, in Abhängigkeit von der Dicke des Produktes und der erreichbaren Abschreckgeschwindigkeit. Die angegebenen F_{PREN}-Bereiche sind typisch für die Bereiche, die bekanntermaßen das Problem der Bildung von Sigma- und Alpha-prime-Phasen gering halten.</p>						
<p>^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.</p>						

A.7.3 Schweißen von nichtrostenden Duplexstählen dieser Werkstoffgruppe

Es gelten die Anforderungen an die rissbildungsbeständigen Eigenschaften von Schweißverbindungen; siehe 6.2.2.

Die Härte der Wärmeeinflusszone (HAZ) nach dem Schweißen darf die für das Grundmetall zulässige maximale Härte nicht überschreiten, und die Härte des Schweißmetalls darf den Grenzwert für die maximale Härte der für den Schweißzusatz verwendeten Legierung nicht überschreiten.

Ein Querschnitt des Schweißmetalls, der Wärmeeinflusszone (HAZ) und des Grundmetalls ist als Teil der Qualifizierung des Schweißverfahrens zu untersuchen. Das Gefüge muss entsprechend geätzt sein und ist mit einer 400-fachen Vergrößerung zu untersuchen und muss Korngrenzen ohne kontinuierliche Fällungen haben. Intermetallische Phasen, Nitride und Karbide dürfen insgesamt 1,0 % nicht überschreiten. Die Sigmaphase darf 0,5 % nicht überschreiten. Der Ferritgehalt in der Schweißnahtwurzel und der nicht erneut erwärmten Schweißkappe ist nach ASTM E562 zu ermitteln und muss im Bereich zwischen 30 % bis 70 % Volumenanteil liegen.

A.8 Ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen)

A.8.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe

In Tabelle D.8 sind die chemischen Zusammensetzungen von in den Tabellen von A.8.2 aufgeführten ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen angegeben. Austenitische ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle sind in Tabelle A.26 aufgeführt. Martensitische ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle sind in den Tabellen A.27, A.28, A.29 und A.30 aufgeführt.

A.8.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen

Tabelle A.26 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von austenitischen ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S66286	65 (150)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	nein	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und <i>in-situ</i> -pH-Wert ist annehmbar.
UNS S66286 darf eine Härte von höchstens 35 HRC aufweisen und muss entweder im lösungsgeglühten und gealterten oder lösungsgeglühten und doppelt gealterten Zustand vorliegen.						