

DIN EN ISO 15156-3

ICS 75.180.01

Entwurf

Einsprüche bis 2020-09-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 15156-3:2015-12

**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 15156-3:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 15156-3:2020**

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 15156-3:2020);

German and English version prEN ISO 15156-3:2020

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 15156-3:2020);

Version allemande et anglaise prEN ISO 15156-3:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-07-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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 oder
Saatwinkler Damm 42/43, 13627 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 163 Seiten

DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...^{*}.

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 15156-3:2020) 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 von NEN (Niederlanden) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitskreis NA 109-00-01-70 AK „Korrosionsbeständige Werkstoffe“ im DIN-Normenausschuss Erdöl- und Gasgewinnung (NÖG).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

Umrechnung:

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente 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 13680	siehe	DIN EN ISO 13680
ISO 15156-1	siehe	DIN EN ISO 15156-1

^{*} wird bei Ausgabe als Norm festgelegt.

ISO 15156-2	siehe	DIN EN ISO 15156-2
ISO 15614-7	siehe	DIN EN ISO 15614-7

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15156-3:2015-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Tabelle A.27 UNS S17400 (17-4PH SS) hat neue Werte. Die Verwendung der Legierung bei den annotierten Bedingungen ist nun auf Anwendungen beschränkt, bei denen die Dauerbelastung nicht mehr als 50 % der SMYS beträgt;
- b) Tabelle A.32 hat neue Werte und Anmerkungen für UNS N09946 getrennt von UNS N09945;
- c) Aufnahme von UNS R55400 (neue a-b Ti-Legierung) in Tabelle A.41;
- d) Änderungen der Anmerkung in Tabelle A.3 zu UNS S20910 (Nitronic 50);
- e) Temperaturumwandlungskorrekturen in Tabelle A.22, Tabelle A.23, Tabelle A.26 bis Tabelle A.30 und Tabelle A.33;
- f) neue Anmerkung zur maximalen Bemessungszugfestigkeit für UNS J91540 in Tabelle A.23;
- g) neu hinzugefügte UNS N07718 in Tabelle A.32 (hochfeste Legierung 718, mit zweistufigem Alterungszyklus, Sitzung API 6A CRA-Zusammensetzung und eine maximale Härte von 45 HRC) und UNS N09955 Anforderungen und beachten Sie die Änderungen der Buchstabenbezeichnungen in den UNS N09925, N09935, N09945 und N09946;
- h) Änderung des Titels von Tabelle A.40 und Klarstellung der Anmerkungen;
- i) Abschnitt A.13 Änderungen an Plattierungen, Überzügen und verschleißfesten Legierungen;
- j) Anpassung der Anmerkungen in Tabelle A.18 und Tabelle A.19 (Martensitische SS);
- k) Aufnahme und Änderung der Anmerkungen in Tabelle A.24 Duplex-SS heißisostatisch gepresst (HIP);
- l) der informative Anhang D, „Chemische Zusammensetzungen von Werkstoffen und andere Informationen“, wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt;
- m) Aktualisierung des Literaturverzeichnisses.

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*

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 13680, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Nahtlose Rohre aus korrosionsbeständigen Legierungen zur Verwendung als Futter- oder Steigrohre sowie Muffenvorrohre — Technische Lieferbedingungen*

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*

DIN EN ISO 15614-7, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 7: Auftragschweißen*

<i>Titel de:</i>	Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H ₂ S-haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und andere Legierungen (ISO/FDIS 15156-3:2020)
<i>Titel en:</i>	Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H ₂ S-containing environments in oil and gas production — Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys (ISO/FDIS 15156-3:2020)
<i>Titel fr:</i>	Industries du pétrole et du gaz naturel — Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H ₂ S) 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 15156-3:2020)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
Vorwort	6
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen.....	13
5 Faktoren, die die Beständigkeit gegen Rissbildung von CRAs und anderen Legierungen in H ₂ S-haltigen Umgebungen beeinträchtigen.....	14
6 Qualifizierung und Auswahl von CRAs und anderen Legierungen hinsichtlich SSC, SCC und GHSC in H ₂ S-haltigen Umgebungen.....	14
6.1 Allgemeines.....	14
6.2 Bewertung von Werkstoffeigenschaften	15
6.2.1 Härte von Grundmetallen.....	15
6.2.2 Eigenschaften hinsichtlich der Beständigkeit gegen Rissbildung von Schweißnähten.....	15
6.2.3 Eigenschaften hinsichtlich der Rissbildungsbeständigkeit, die mit anderen Herstellungsverfahren in Zusammenhang stehen	17
6.3 PREN.....	17
7 Kaufinformationen und Kennzeichnung.....	18
7.1 Informationen, die bei der Beschaffung von Werkstoffen mitgeliefert werden sollten.....	18
7.2 Kennzeichnung, Beschriftung und Dokumentation.....	18
Anhang A (normativ) Gegen Rissbildung durch Medieneinflüsse beständige CRAs und weitere Legierungen (einschließlich Tabelle A.1 — Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen)	19
A.1 Allgemeines.....	19
A.1.1 Werkstoffgruppen	19
A.1.2 Grenzen der chemischen Zusammensetzung.....	20
A.1.3 Umgebungsbedingte und metallurgische Grenzwerte für die Rissbeständigkeit.....	20
A.1.4 Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen.....	20
A.1.5 Weitere Anforderungen und Empfehlungen für CRAs und weitere Legierungen.....	21
A.1.6 Verwendung der Werkstoffauswahltabellen	21
A.2 Austenitische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart und als einzelne Legierungen)	24
A.2.1 Werkstoffanalysen	24
A.2.2 Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei Verwendung von austenitischen nichtrostenden Stählen	24
A.2.3 Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	28
A.3 Hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen).....	28
A.3.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe.....	28
A.3.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von hochlegierten austenitischen nichtrostenden Stählen.....	29

A.3.3	Schweißen von hochlegierten austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	32
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	34
A.4.3	Schweißen von Mischkristall-Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe.....	37
A.5	Ferritische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart)	38
A.5.1	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ferritischen nichtrostenden Stählen.....	38
A.5.2	Schweißen von ferritischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe.....	38
A.6	Martensitische (nichtrostende) Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	38
A.6.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	38
A.6.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von martensitischen nichtrostenden Stählen.....	39
A.6.3	Schweißen von martensitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe.....	44
A.7	Nichtrostende Duplexstähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten).....	44
A.7.1	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von nichtrostenden Duplexstählen.....	44
A.7.2	Schweißen von nichtrostenden Duplexstählen dieser Werkstoffgruppe	46
A.8	Ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	47
A.8.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	47
A.8.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen.....	47
A.8.3	Schweißen von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	52
A.9	Ausscheidungsgehärtete Nickellegierungen (gekennzeichnet als Einzellegierungen)	52
A.9.1	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten Nickellegierungen.....	52
A.9.2	Schweißen von ausscheidungsgehärteten Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe.....	59
A.10	Kobaltlegierungen (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	60
A.10.1	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von Kobaltlegierungen	60
A.10.2	Schweißen von Kobaltlegierungen dieser Werkstoffgruppe.....	62
A.11	Titan und Tantal (Einzellegierungen)	62
A.11.1	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von Titan- und Tantallegierungen.....	62
A.11.2	Schweißen von Titan- und Tantallegierungen dieser Werkstoffgruppe	63
A.12	Kupfer- und Aluminiumlegierungen (gekennzeichnet als Werkstoffarten).....	64
A.12.1	Kupferlegierungen.....	64
A.12.2	Aluminiumlegierungen	64
A.13	Plattierungen, Überzüge und verschleißfeste Legierungen.....	64
A.13.1	Korrosionsbeständige Plattierungen und Auskleidungen.....	64
A.13.2	Korrosionsbeständige Schweißüberzüge.....	64
A.13.3	Verschleißfeste Legierungen	65
Anhang B (normativ) Qualifizierung von CRAs für den Einsatz in H₂S-haltigen Umgebungen		
	mittels Laborprüfung.....	66
B.1	Allgemeines	66
B.2	Anwendung von Laborqualifizierungen	68
B.2.1	Allgemeines	68
B.2.2	Qualifizierung von hergestellten Erzeugnissen.....	69
B.2.3	Qualifizierung eines festgelegten Fertigungsweges.....	69
B.2.4	Verwendung von Laborprüfungen als Grundlage für die Beantragung von Ergänzungen und Änderungen von Anhang A.....	70
B.3	Allgemeine Anforderungen an die Prüfungen	71

B.3.1	Beschreibung der Prüfverfahren.....	71
B.3.2	Werkstoffe	71
B.3.3	Prüfverfahren und Probekörper.....	71
B.3.4	Auf glatte Probekörper aufgebrachte Prüfspannungen/Prüflasten.....	72
B.3.5	Prüfumgebungen für SSC/SCC-Prüfungen	72
B.3.6	Prüfungsdauer.....	75
B.3.7	Annahmekriterien und Prüfbericht.....	75
B.3.8	Gültigkeit der Prüfungen.....	75
B.4	SSC-Prüfung.....	75
B.5	SCC-Prüfung ohne S^0	76
B.6	SSC/SCC-Prüfung bei Zwischentemperaturen.....	76
B.7	SCC-Prüfung bei Vorhandensein von S^0	76
B.8	GHSC-Prüfung mit Kopplung an unlegierten Stahl.....	77
Anhang C (informativ) Angaben, die bei der Werkstoffbeschaffung mitgeliefert werden sollten		78
Anhang D (informativ) Festgelegte Gruppen von Prüfbedingungen		81
Literaturhinweise		82

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 15156-3:2020) 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 von NEN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 15156-3:2015 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/FDIS 15156-3:2020 wurde von CEN als prEN ISO 15156-3:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67, *Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries* in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) und dessen Technischen Komitee CEN/TC 12, *Materialien, Ausrüstungen und Offshore Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie* in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 15156-3:2015), die technisch überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Tabelle A.27: für UNS S17400 (17 4PH SS) wurden neue Grenzwerte eingeführt. Die Verwendung der Legierung bei den beschriebenen Umgebungsbedingungen ist nun auf diejenigen Anwendungen beschränkt, bei denen die Dauerbelastung 50 % der SMYS nicht überschreitet;
- Tabelle A.32: für UNS N09946 wurden getrennt von UNS N09945 neue Grenzwerte und Beschreibungen festgelegt;
- Tabelle A.41: Hinzufügung von UNS R55400 (neue a-b Titanlegierung);
- Tabelle A.3: Änderungen der Beschreibung von UNS S20910 (Nitronic 50);
- Tabelle A.22, Tabelle A.23, Tabelle A.26 bis Tabelle A.30 und Tabelle A.33: Korrektur der Temperaturumwandlungen;

- Tabelle A.23: neue Beschreibung für den maximalen Bemessungswert der Zugspannung für UNS J91540;
- Tabelle A.32: Hinzufügung von UNS N07718 (hochfeste Legierung 718, mit zweistufigem Alterungszyklus, Zusammensetzung nach API 6A CRA und einer Härte von höchstens 45 HRC) sowie Änderungen der UNS N09955-Anforderungen und der Bezeichnung der Hinweisbuchstaben für UNS N09925, N09935, N09945 und N09946;
- Tabelle A.40: Änderung der Überschrift und Klärung der Beschreibung;
- Abschnitt A.13: Änderungen von Plattierungen, Überzügen und verschleißfesten Legierungen;
- Tabelle A.18 und Tabelle A.19 (martensitische nichtrostende Stähle): Änderungen der Beschreibungen;
- Tabelle A.24: Aufnahme von heißisostatisch gepressten (HIP) nichtrostenden Duplexstählen und Änderung der Beschreibung;
- der informative Anhang D, „Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe und weitere Angaben“ wurde aus Urheberrechtsgründen gestrichen;
- Ergänzungen in den Literaturhinweisen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 15156 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

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.

Im Jahr 2003 wurde zum ersten Mal die Herausgabe der Normenreihe 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 Dokuments, d. h. ISO 15156, umfasst die Zusammenführung aller im Technischen Rundschreiben 1, ISO 15156-3:2015/Cir. 1:2016, im Technischen Rundschreiben 2, ISO 15156-3:2015/Cir. 2:2018 (E) und im Technischen Rundschreiben 3, ISO 15156-3:2015/Cir. 3:2019 vereinbarten und veröffentlichten Änderungen, die von dem für die Agentur zur Dokumentenpflege der ISO 15156 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 betrifft Themen, die von Anwendern des Dokumentes zur Sprache gebracht wurden. Eine Beschreibung des Prozesses, wie diese Änderungen anerkannt wurden, ist auf der Dokumentenpflege-Webseite der Normenreihe ISO 15156 www.iso.org/iso15156maintenance zu finden.

Künftige vorläufige Änderungen an diesem Dokument 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 Dokument 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 Dokument in Bezug genommenen Verweisungen auswirken können.

Die Agentur zur Dokumentenpflege der Normenreihe 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 einbezogen sind, sowie das Verfahren für die Zustimmung zu Änderungen. Es steht auf der Dokumentenpflege-Webseite der Normenreihe ISO 15156 und beim Sekretariat des ISO/TC 67 zur Verfügung. Über die Webseite kann auch auf zugehörige Dokumente, die mehr Einzelheiten über die Maßnahmen zur Dokumentenpflege der Normenreihe ISO 15156 enthalten, zugegriffen werden.

WARNUNG — Nach diesem Dokument 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. Der Nutzer der Ausrüstung trägt die Verantwortung für die Auswahl der für den beabsichtigten Einsatz geeigneten CRAs und weiterer Legierungen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument nennt Anforderungen und gibt Empfehlungen für die Auswahl und Qualifizierung von 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. Es kann angewendet werden zur Vermeidung kostspieliger Beschädigungen infolge von Korrosion der Anlage selbst. Es ergänzt, ersetzt aber nicht, die in einschlägigen Konstruktionsrichtlinien, Normen oder Regelwerken enthaltenen Anforderungen an Werkstoffe.

Dieses Dokument behandelt die Beständigkeit dieser Werkstoffe gegen Beschädigungen, die durch H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC), Spannungsrisskorrosion (SCC) und galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Rissbildung (GHSC) verursacht werden können.

Dieses Dokument behandelt ausschließlich die Rissbildung. Er befasst sich nicht mit Werkstoffverlusten durch allgemeine (durch Massenverlust bedingte) oder örtliche Korrosion.

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

Dieses Dokument 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 15156-1:2020, Abschnitt 5.

Dieses Dokument ist nicht zwangsläufig auch für die Anwendung auf Ausrüstungen in Raffinerierungs- oder nachgeschalteten Verfahren und Einrichtungen geeignet.

Tabelle 1 — Übersicht von Ausrüstungen

Dieses Dokument gilt für in den folgenden Ausrüstungen eingesetzte Werkstoffe	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 Zwischenfutterrohr
Bohrungen einschließlich Untertageeinrichtungen, Gasliftausrüstungen, Bohrlochköpfe und Eruptionskreuze	Tiefpumpen und Pumpgestänge ^d Elektrische Tauchpumpen Weitere Fördereinrichtungen Keile

Dieses Dokument gilt für in den folgenden Ausrüstungen eingesetzte Werkstoffe	Ausnahmen
Förderleitungen, Sammelleitungen, Anlagen im Feld und in Weiterverarbeitungsanlagen	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) Wasserinjektionseinrichtungen 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 Komponenten
<p>^a Für weitere Informationen siehe ISO 15156-2:2020, A.2.3.2.3.</p> <p>^b Für weitere Informationen siehe ISO 15156-2:2020, A.2.3.2.1.</p> <p>^c Drahtseilschmierungen und Schmierverbindungsrichtungen sind keine Ausnahmen.</p> <p>^d Hinsichtlich Tiefpumpen und Pumpgestängen kann auf NACE MR0176 verwiesen werden.</p>	

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

ISO 6508-1, *Metallic materials — Rockwell hardness test — Part 1: Test method*

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

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

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

ISO 15156-1:2020, *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 15156-2:2020, *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 E29, *Standard Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications*

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

¹ www.astm.org

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

NACE CORROSION/95 Paper 47, *Test methodology for elemental sulfur-resistant advanced materials for oil and gas field equipment*

NACE TM0177:2016, *Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments*

SAE AMS-2430³, *Shot Peening*

SAE — ASTM, *Metals and alloys in the Unified Numbering System*

3 Begriffe

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

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

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

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

wärmebehandelt

auf eine Temperatur erwärmen, die für den bestimmten Werkstoff angemessen ist, auf dieser Temperatur halten und anschließend mit einer geeigneten Geschwindigkeit abkühlen, um die Härte zu verringern, die Zerspanbarkeit zu verbessern oder gewünschte Eigenschaften zu erreichen

3.3

Austenit

kubisch-flächenzentrierte Kristallphase von Eisenlegierungen

3.4

nichtrostender Duplexstahl

austenitisch-ferritischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl (3.13), dessen Gefüge bei Raumtemperatur hauptsächlich aus einem Gemisch von *Austenit* (3.3) und *Ferrit* (3.5) besteht

3.5

Ferrit

kubisch-raumzentrierte Kristallphase von Eisenlegierungen

² www.efcweb.org

³ www.sae.org

3.6

ferritischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl (3.13), dessen Gefüge bei Raumtemperatur vorwiegend aus *Ferrit* (3.5) besteht

3.7

galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion

GHSC, en: galvanically induced hydrogen stress cracking

Rissbildung auf Grund von in einem Metall vorhandenem Wasserstoff, der an der Kathode eines galvanischen Elements 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 (3.8) erreicht werden kann, indem er mit einer Abkühlgeschwindigkeit abgeschreckt wird, die ausreicht, um die Entstehung anderer Gefüge zu verhindern

3.10

Lochfraßindex

PREN, en: pitting-resistance equivalent number

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 beigefügt werden

4 Symbole und Abkürzungen

AYS	effektive Streckgrenze (en: actual yield strength)
bal	Ergänzung der Zusammensetzung auf 100 % (en: balance of composition up to 100 %)
BOP	Blowout-Preventer (en: blowout preventer)
CR	C-Ring (en: c-ring)
CRA	korrosionsbeständige Legierung (en: corrosion-resistant alloy)
DCB	Doppelbalken(-prüfungen) [en: double cantilever beam (test)]
FPB	Vier-Punkt-Biegung (-Biegeprüfung) [en: four-point bend (test)]
GHSC	galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion (en: galvanically induced hydrogen stress cracking)
HAZ	Wärmeeinflusszone (en: heat-affected zone)
HBW	Brinell-Härte (en: Brinell hardness)
HIC	wasserstoffinduzierte Rissbildung (en: hydrogen-induced cracking)
HIP	heißisostatisch gepresst (en: hot isostatically pressed)
HRB	Rockwell-Härte (Skala B) [en: Rockwell hardness (scale B)]
HRC	Rockwell-Härte (Skala C) [en: Rockwell hardness (scale C)]
HSC	wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion (en: hydrogen stress cracking)
HV	Vickers-Härte (en: Vickers hardness)
NDS	Es liegen keine Daten vor (en: no data submitted)
$p\text{CO}_2$	CO_2 -Partialdruck (en: partial pressure of CO_2)
$p\text{H}_2\text{S}$	H_2S -Partialdruck (en: partial pressure of H_2S)
PREN	Lochfraßindex (en: pitting-resistance equivalent number)
PWHT	Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen (en: post-weld heat treatment)
RSRT	Prüfung bei Dehngeschwindigkeit mit Belastungsfluktuationen (en: rippled strain rate test)
S^0	elementarer Schwefel (en: elemental sulfur)
SCC	Spannungsrisskorrosion (en: stress-corrosion cracking)
SMYS	festgelegte Mindestdehngrenze (en: specified minimum yield strength)
SOHIC	spannungsorientierte wasserstoffinduzierte Rissbildung (en: stress-oriented hydrogen-induced cracking)
SSC	H_2S -induzierte Spannungsrisskorrosion (en: sulfide stress-cracking)
SSRT	Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit (en: slow strain rate test)
SZC	Weichzonenrissbildung (en: soft-zone cracking)
UNS	einheitliches Nummerierungssystem (für Legierungen) [en: unified (alloy) numbering system]
UT	(Prüfungen mit) einachsige(r) Zugbeanspruchung [en: uniaxial tensile (test)]

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 Werkstoffs;
- der H₂S-Partialdruck oder die gleichwertige gelöste Konzentration in der Wasserphase;
- die Acidität (in-situ-pH-Wert) in der Wasserphase;
- die Konzentration von Chloriden oder anderen Halogenid-Ionen;
- das Vorhandensein von Sauerstoff, Schwefel oder anderen Oxidationsmitteln;
- die Beanspruchungstemperatur;
- die Lochfraßbeständigkeit des Werkstoffs in der Betriebsumgebung;
- galvanische Effekte;
- die Gesamtzugspannung (beaufschlagte Spannung zuzüglich Restspannung);
- die Dauer der Beanspruchung.

Diese Faktoren sind zu beachten, wenn dieses Dokument 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 Dokument setzt die Rissbeständigkeit innerhalb der festgelegten Grenzwerte für die Umgebung des Einsatzorts 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 Schärfegrads 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. Eine Qualifizierung auf der Grundlage praktischer Erfahrungen ist ebenfalls zulässig. 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 kann durch Prüfung auf Verwendung unter Betriebsbedingungen qualifiziert werden, die strenger als die in Anhang A angegebenen Umgebungsgrenzwerte sind. Ebenso kann eine CRA oder andere Legierung auf die Verwendung unter anderen als in Anhang A angegebenen metallurgischen Bedingungen (höhere Festigkeit, alternative Wärmebehandlung usw.) qualifiziert werden.

Die Dokumentation der nach Anhang B durchgeführten Qualifizierungen muss die Anforderungen von ISO 15156-1:2020, Abschnitt 9, erfüllen.

Der Nutzer der Ausrüstung muss die Qualifizierungen 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 einer anderen untersuchten Legierung festzustellen. Einzelne Ablesungen der Rockwell-Härte (HRC), die den nach diesem Dokument zulässigen Wert überschreiten, dürfen als akzeptabel angesehen werden, wenn der Mittelwert aus mehreren nah beieinander vorgenommenen Ablesungen den nach diesem Dokument 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 Dokument 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 der beim Schweißen verwendeten 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. Schweißanweisungen (WPS, en: welding procedure specifications) und die Dokumentation der Verfahrensprüfung (PQR, en: procedure qualification records) müssen zur Überprüfung durch den Nutzer der Ausrüstung zur Verfügung stehen.

Die Dokumentation der Schweißverfahrensprüfung (PQR) muss einen dokumentierten Beleg enthalten, mit dem eine zufriedenstellende 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 (siehe auch 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.

6.2.2.2.2 Verfahren für die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren

Sofern nichts anderes durch den Anwender genehmigt wurde, muss die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren 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 dieses Dokument entspricht ASTM E384 der ISO 6507-1 und ASTM E18 der ISO 6508-1.

6.2.2.2.3 Härtegutachten für die Qualifizierung von Schweißverfahren

Härtegutachten für Stoßnähte, Kehlnähte, Ausbesserungsschweißnähte, teilweise durchgeschweißte Nähte und Aufschweißungen sind wie in ISO 15156-2:2020, 7.3.3.3, beschrieben durchzuführen.

6.2.2.2.4 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 können 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 Werkstoffs 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 Anwender der Ausrüstung akzeptabel sein.

6.3 PREN

Zur Ermittlung der Übereinstimmung mit den Anforderungen dieses Dokuments müssen alle Grenzwerte für F_{PREN} , die in diesem Dokument festgelegt sind, als absolute Grenzwerte nach ASTM 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 vom Ergebnis dieses Vergleichs.

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 Dokument entspricht.

7.1.2 Folgende Angaben sind bereitzustellen:

- bevorzugte Werkstoffarten und/oder -güten (falls bekannt);
- Art der Ausrüstung (falls bekannt);
- Verweisung auf dieses Dokument, d. h. ISO 15156-3:2020;
- akzeptable Grundlagen für die Auswahl von Werkstoffen hinsichtlich Rissbildungsbeständigkeit (siehe Abschnitt 6).

7.1.3 Der Anwender 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 Käufer 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 folgendes:

- Anforderungen an die Prüfung auf SSC, SCC und/oder GHSC (siehe Abschnitt 6 und Anhang B);
- 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 Dokument 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 Dokument festgelegt, enthält.

Die Tabellen in Anhang C enthalten Bezeichnungen, die verwendet werden können.

Anhang A (normativ)

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

In Abhängigkeit von A.1.2, A.1.3, A.1.4 und A.1.5 dürfen die in Tabelle A.1 bis Tabelle 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 A.12 enthalten.

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

ANMERKUNG Die aufgeführten Werkstoffe und dargestellten Einschränkungen sind die ursprünglich in NACE MR0175:2003⁴ aufgeführten Angaben, 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.

Der Werkstoff muss 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, pH_2S , 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 diese üblicherweise in Teile pro Million (ppm) angegeben.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung zur Berechnung des pH_2S ist in ISO 15156-2:2020, Anhang C, angegeben.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zur Berechnung des pH-Werts ist in ISO 15156-2:2020, 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 15156-1:2020, 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.

⁴ Zurückgezogen.

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 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 in) 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 Dokument 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 Dokument entsprechen und auf eine maximale Schussgröße von 2,0 mm (0,080 in) 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 Anwender 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 eine Anleitung zu zusätzlichen Werkstoffauswahltabellen für besonders benannte Ausrüstungen oder Bauteile, für die weitere, weniger restriktive umgebungsbedingte oder metallurgische Grenzwerte angewendet werden dürfen.

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

Ausrüstungen oder Bauteile	Nummern der Werkstoffauswahltabellen für verschiedene Werkstoffgruppen									
	Austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.2)	Hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle (siehe A.3)	Mischkristall-Nickellegie- rungen (siehe A.4)	Ferritische nichtrostende Stähle (siehe A.5)	Martensitische nichtrostende Stähle (siehe A.6)	Nichtrostende Duplex-Stähle (siehe A.7)	Ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (siehe A.8)	Ausscheidungsgehärtete 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, Steigrohr und Bohrausrüstungen										
Rohrförmige Bauteile für Untertage- ausrüstungen	-	A.9	-	-	A.19	A.25	-	-	-	-
Packer und sonstige Untertageaus- rüstungen	-	A.9	-	-	A.20 A.21	A.25	A.27	-	-	-
Gasliftausrüstungen	A.7	A.10	A.16	-	-	-	-	A.37	-	-
Injektionssteig- rohre und -aus- rüstungen	A.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steigrohre für die Steuerleitung von Bohrausrüstungen und Siebe	A.7	A.11	-	-	-	-	-	-	-	-
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für Bohrlochköpfe, Eruptionskreuze, Ventile, Drosseln und Niveauregler										
Bauteile für Bohrlochköpfe 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, Druckregler und Niveauregler	-	-	-	-	-	-	A.28	A.35	-	-

Ausrüstungen oder Bauteile	Nummern der Werkstoffauswahltabellen für verschiedene Werkstoffgruppen									
	Austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.2)	Hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle (siehe A.3)	Mischkristall-Nickellegie- rungen (siehe A.4)	Ferritische nichtrostende Stähle (siehe A.5)	Martensitische nichtrostende Stähle (siehe A.6)	Nichtrostende Duplex-Stähle (siehe A.7)	Ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (siehe A.8)	Ausscheidungsgehärtete Nickellegierungen (siehe A.9)	Kobaltlegierungen (siehe A.10)	Titan und Tantal (siehe A.11)
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für verfahrenstechnische Anlagen										
Verdichterteile	A.6	-	-	-	A.22	-	A.30	-	-	-
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für weitere Ausrüstungen										
Mess- und Steuergeräte	A.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Steigrohrleitungen für Messgeräte und zugehörige Rohr- verschraubungen, Steigrohrleitungen für die Oberflächen- Steuerleitung und oberirdische Siebe	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 Ausrüstungen wie in den Tabellen genannt (einschließlich Hardware (z. B. Stellschrauben usw.), Werkzeuge für den zeitweiligen unter- und überirdischen Einsatz)	A.7	-	A.16	-	-	-	A.28	A.35	-	-

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 Legierungsbestandteile sind zulässig.

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

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 akzeptabel.

Produkte aus austenitischem nichtrostendem Automatenstahl dürfen nicht verwendet werden.

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	Tempe- ratur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partial- druck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chlorid- konzent- ration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschriebenen Werkstoffart ^a	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	nein	Jede in Produktionsumge- bungen vorkommende Kombination aus Chlorid- konzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	nein	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, <i>p</i> H ₂ S oder in-situ-pH-Wert eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen 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	

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Tempe- ratur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partial- druck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chlorid- konzent- ration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
S20910 ^c	66 (150)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	nein	Jede in Produktionsumge- bungen vorkommende Kombination aus Chlorid- konzentration und in-situ- pH-Wert ist akzeptabel.
<p>Es sollte ein Grenzwert für den Martensitgehalt dieser austenitischen nichtrostenden Stähle in Betracht gezogen werden.</p> <p>Die Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion aller austenitischen nichtrostenden Stähle der in A.2 beschriebenen Werkstoffart kann durch Kaltverformung nachteilig beeinflusst werden.</p> <p>^a Diese Werkstoffe müssen</p> <ul style="list-style-type: none"> — im lösungsgeglühten und abgeschreckten, oder wärmebehandelten 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>^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:</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p>^c UNS S20910 ist im wärmebehandelten oder warmgewalzten (warm-/kaltverformten) 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.</p> <p>^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.</p>						

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

UNS-Nummer der Einzel- legierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partial- druck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chlorid- konzent- ration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
S20910	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	NDS ^a	Jede in Produktionsumge- bungen vorkommende Kombination aus Tempe- ratur, <i>p</i> H ₂ S, Chloridkon- zentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
<p>Bei diesen Anwendungen gelten auch folgende Einschränkungen für Werkstoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> — UNS S20910 mit einer maximalen Härte von 35 HRC darf im (1) warmgeformten Zustand, im (2) lösungsgeglühten Zustand oder im (3) lösungsgeglühten Zustand mit anschließender Kaltverformung verwendet werden. Es wird darauf hingewiesen, dass der Kaltverformung der lösungsgeglühte Zustand vorangegangen sein muss. <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.4 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen für Anwendungen übertage in Rohren für Steuerleitungen, Verrohrungen für Messgeräte, zugehörigen Formstücken und Sieben

UNS-Nummer der Einzel-legierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck pH ₂ S maximal kPa (psi)	Chlorid-konzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel-beständig?	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, pH ₂ S, Cl ⁻ oder in-situ-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 Einzel-legierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck pH ₂ S maximal kPa (psi)	Chlorid-konzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel-beständig?	Bemerkungen
J92600, J92900 S30400, S30403 S31600, S31603	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur, pH ₂ S, Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
Bei diesen Anwendungen gelten folgende Einschränkungen für Werkstoffe:						
— aus J92600, J92900 hergestellte API-Dichtungsringe und -scheiben, die aus im Schleudergießverfahren hergestelltem Werkstoff bestehen, dürfen im Gusszustand oder im lösungsgeglühten Zustand eine Härte von höchstens 160 HBW (83 HRB) aufweisen.						
— aus S30400, S30403, S31600 oder S31603 hergestellte API-Dichtungsringe und -scheiben, die aus Halbzeug bestehen, dürfen im lösungsgeglühten Zustand eine Härte von höchstens 160 HBW (83 HRB) 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.6 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Verdichtern und Mess- und Steuergeräten

Werkstoffart	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur, <i>p</i> H ₂ S, Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
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, <i>p</i> H ₂ S, Cl ⁻ oder in-situ-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 wärmebehandelten 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> <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> <p>^b Mess- und Steuergeräte umfassen Membranen, Druckmessgeräte und Druckdichtungen, sind jedoch nicht darauf beschränkt.</p>						

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 Siebe, Rohre für Steuerleitungen, Hardware (z. B. Stellschrauben usw.), Injektionsrohrleitungen und -ausrüstungen

Werkstoffart	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> _{H₂S} maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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 für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, <i>p</i> _{H₂S} , Cl ⁻ , oder in-situ-pH-Wert 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 nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)

A.3.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe

Hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle müssen den Festlegungen von Tabelle A.8 und Tabelle A.9 entsprechen. Hochlegierte austenitische nichtrostende Automatenstähle dürfen nicht verwendet werden.

Hochlegierte austenitische nichtrostende Automatenstähle dürfen nicht verwendet werden.

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

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

Werkstoffart/UNS-Nummer der Einzellegierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
Werkstoffart 3a, 3b und J93254	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	nein	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	50	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	nein	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, <i>p</i> H ₂ S oder in-situ-pH-Wert 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 „Bemerkungen“.	nein	Die in Produktionsumgebungen auftretenden in-situ-pH-Werte sind akzeptabel.
	149 (300)	310 (45)	5 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	nein	
	171 (340)	100 (15)	5 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	nein	
N08926	121 (250)	700 (100)	65 000	≥ 3,5; Siehe auch Spalte „Bemerkungen“.	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 „Bemerkungen“.	nein	Die in Produktionsumgebungen auftretenden in-situ-pH-Werte sind akzeptabel.
<p>Diese Werkstoffe müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Werkstoffe der Werkstoffart 3a müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit ($w_{Ni} + 2w_{Mo}$) > 30 sein (wobei w_{Mo} einen Mindestwert von 2 % aufweist). Das Symbol <i>w</i> stellt den prozentualen Massenanteil des als Index angegebenen Elements dar; — Werkstoffe der Werkstoffart 3b müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit $F_{PREN} > 40,0$ sein; — Werkstoffe der Werkstoffarten 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 darf eine Härte von höchstens 100 HRB aufweisen; — UNS J95370 muss im lösungsgeglühten und wasserabgeschreckten Zustand vorliegen und darf eine Härte von höchstens 94 HRB aufweisen. 						

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

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partial- druck <i>p</i> _{H₂S} maximal kPa (psi)	Chlorid- konzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
Werkstoffarten 3a und 3b	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	nein	Jede in Produktionsumge- bungen vorkommende Kombination aus Chlorid- konzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
Werkstoffart 3a	60 (140)	350 (50)	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	nein	Die in Produktionsumge- bungen auftretenden in-situ-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	Der 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 in untertage eingesetzten rohrförmigen Bauteilen müssen mindestens diese Elemente enthalten, die als prozentuale Massenanteile angegeben werden: C, maximal 0,08 %; Cr, mindestens 16 %; Ni, mindestens 8 %; P, maximal 0,03 %; S, maximal 0,030 %; Mn, maximal 2 %; und Si, maximal 0,5 %. Weitere Legierungsbestandteile dürfen ergänzt werden; — Werkstoffe der Werkstoffart 3a müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit $(w_{\text{Ni}} + 2w_{\text{Mo}}) > 30$ sein (wobei w_{Mo} einen Mindestwert von 2 % aufweist); — Werkstoffe der Werkstoffart 3b müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit $F_{\text{PREN}} > 40,0$ sein. <p>Alle oben genannten Legierungen dürfen im lösungsgeglühten und kaltverformten Zustand eine Härte von höchstens 35 HRC aufweisen.</p>						

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

Werkstoffart	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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 Einschränkung von Temperatur, <i>p</i> H ₂ S, Cl ⁻ oder in-situ-pH-Wert angewendet. 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, Steuerleitungen, in Rohrverschraubungen sowie ober- und unterirdisch eingesetzten Sieben

UNS-Nummer der Einzellegierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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 Einschränkung von Temperatur, <i>p</i> H ₂ S, Cl ⁻ oder in-situ-pH-Wert angewendet. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.

UNS-Nummer der Einzel- legierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partial- druck p_{H_2S} maximal kPa (psi)	Chlorid- konzent- ration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
N08904	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	NDS ^a	Jede in Produktionsumge- bungen vorkommende Kombination aus Tempera- tur, p_{H_2S} , Chloridkonzent- ration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
<p>Werkstoffe der Werkstoffart 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 Elements dar.</p> <p>Werkstoffe der Werkstoffart 3b müssen hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle mit einem $F_{PREN} > 40,0$ sein.</p> <p>Halbzeug N08904 zur Verwendung in Rohren für Messgeräte muss im wärmebehandelten Zustand sein und darf eine Härte von höchstens 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 Werkstoffarten 4a, 4b, 4c, 4d und 4e aufgliedert, die in Tabelle A.13 und Tabelle A.14 verwendet werden.

Tabelle A.12 — Werkstoffarten von Mischkristall-Nickellegierungen

Werkstoffart	Cr Massenanteil mindestens %	Ni + Co Massenanteil mindestens %	Mo Massenanteil mindestens %	Mo + W Massenanteil mindestens %	Metallurgischer Zustand
Werkstoffart 4a	19,0	29,5	2,5	–	Lösungsgeglüht oder wärmebehandelt
Werkstoffart 4b	14,5	52	12	–	Lösungsgeglüht oder wärmebehandelt
Werkstoffart 4c	19,5	29,5	2,5	–	Lösungsgeglüht oder wärmebehandelt und kaltverformt
Werkstoffart 4d	19,0	45	–	6	Lösungsgeglüht oder wärmebehandelt und kaltverformt
Werkstoffart 4e	14,5	52	12	–	Lösungsgeglüht oder wärmebehandelt und kaltverformt
Werkstoffart 4f ^a	20,0	58	15,5	–	a) lösungsgeglühter oder wärmebehandelter und kaltverformter Zustand b) lösungsgeglühter oder wärmebehandelter und kaltverformter und gealterter Zustand
^a Die Familie der Werkstoffart 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	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partial druck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chlorid- konzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
Wärme- behandelte Legierungen der Werkstoff- arten 4a und 4b	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	ja	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebun- gen ohne Einschränkungen von Temperatur, <i>p</i> H ₂ S, Chloridkonzentration oder in-situ-pH-Wert eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen 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 der Werkstoffarten 4a und 4b müssen im lösungsgeglühten oder wärmebehandelten Zustand vorliegen.</p> <p>UNS N04400 und UNS N04405 dürfen eine Härte von höchstens 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 wärmebehandelten und kaltverformten Nickellegierungen zur Verwendung in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen ^a

Werkstoffart	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
Kaltverformte Legierungen der Werkstoffarten 4c, 4d und 4e	232 (450)	200 (30)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	nein	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
	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 in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
Kaltverformte Legierungen der Werkstoffarten 4d und 4e	218 (425)	2 000 (300)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	nein	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und in-situ-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 in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
Kaltverformte Legierungen der Werkstoffart 4e	232 (450)	7 000 (1 000)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	ja	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Chloridkonzentration und in-situ-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 in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.

Werkstoffart	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
Kaltverformte Legierungen der Werkstoffart 4f	204 (400)	3 500 (500)	180 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	ja	Jeder in-situ-pH-Wert der Produktionsumgebung ist für $pCO_2 + p_{H_2S} \leq 7\,000$ kPa (1 000 psi) akzeptabel.
	288 (550)	7 000 (1 000)	180 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^b	Jeder in-situ-pH-Wert der Produktionsumgebung ist für pCO_2 akzeptabel, so dass Folgendes gilt: Für $p_{H_2S} < 3\,000$ kPa (450 psi): $pCO_2 + p_{H_2S} \leq 10\,000$ kPa (1 450 psi). Für p_{H_2S} von 3 000 kPa bis 7 000 kPa: $pCO_2 \leq 7\,000$ kPa (1 000 psi).

Produkte aus geschmiedeten oder gegossenen Mischkristall-Nickellegierungen in diesen Einsatzbereichen müssen im wärmebehandelten und kaltverformten Zustand, oder im wärmebehandelten, kaltverformten und gealterten Zustand für Werkstoffart 4f, vorliegen und alle folgende Anforderungen wie jeweils zutreffend erfüllen:

- 1) der Härtewert für die Werkstoffarten 4c, 4d und 4e in diesen Anwendungen darf höchstens 40 HRC sein;
- 2) die durch Kaltverformung erreichte Dehngrenze der Legierungen darf höchstens sein:
 - Werkstoffart 4c: 1 034 MPa (150 ksi);
 - Werkstoffart 4d: 1 034 MPa (150 ksi);
 - Werkstoffart 4e: 1 240 MPa (180 ksi).
- 3) UNS N10276 (Werkstoffart 4e) darf bei Verwendung bei einer Mindesttemperatur von 121 °C (250 °F) eine Härte von höchstens 45 HRC aufweisen;
- 4) UNS N07022 (Werkstoffart 4f) im wärmebehandelten und kaltverformten Zustand darf eine Härte von höchstens 43 HRC und eine Dehngrenze von höchstens 1 413 MPa (205 ksi) aufweisen;
- 5) UNS N07022 (Werkstoffart 4f) im wärmebehandelten und kaltverformten und gealterten Zustand darf eine Härte von höchstens 47 HRC und eine Dehngrenze von höchstens 1 420 MPa (206 ksi) aufweisen.

^a Die Anwendungsgrenzwerte der Werkstoffarten 4c, 4d und 4e in dieser Tabelle überschneiden sich.

^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.

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

UNS-Nummer der Einzellegierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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, <i>p</i> H ₂ S, Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.
N10276-Lagerbolzen, z. B. Zapfen für Walzenkerne, müssen im kaltverformten Zustand sein und dürfen eine Härte von höchstens 45 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.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	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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, <i>p</i> H ₂ S, Cl ⁻ oder in-situ-pH-Wert 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 Schweißzusatzwerkstoff aus Mischkristall-Nickellegierungen.

A.5 Ferritische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart)

A.5.1 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	Temperatur	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S	Chloridkonzentration	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
	maximal °C (°F)	maximal kPa (psi)	maximal mg/l			
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 <i>p</i> H ₂ S und des pH-Werts. Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur oder Chloridkonzentration verwendet. Für diese beiden Parameter wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Kombinationen ihrer Werte könnten nicht akzeptabel sein.
Diese Werkstoffe müssen im wärmebehandelten Zustand sein und dürfen 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.						

A.5.2 Schweißen von ferritischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe

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

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	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> _{H₂S} maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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	Vorbehaltlich Einschränkungen des in-situ-pH-Werts und des H ₂ S-Partialdrucks wurden diese Werkstoffe für Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur und Chloridkonzentration verwendet. Für diese Parameter wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Kombinationen ihrer Werte könnten nicht akzeptabel sein.
S41425	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	≥ 3,5	nein	

Diese Werkstoffe müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Gegossene oder warm umgeformte Legierungen vom Typ UNS S41000, J91150 (CA15) und J91151 (CA15M) dürfen eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen und müssen:
 - 1) austenitisiert und abgeschreckt oder luftgekühlt sein;
 - 2) bei mindestens 621 °C (1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein;
 - 3) bei einer Mindesttemperatur von 621 °C (1 150 °F), jedoch unterhalb der ersten Anlasstemperatur, angelassen und danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein.
- b) Kohlenstoffarme, martensitische nichtrostende Stähle, entweder gegossenes J91540 (CA6NM) oder warm umgeformtes S42400 oder S41500 (F6NM) dürfen eine Härte von höchstens 23 HRC aufweisen und müssen:
 - 1) bei mindestens 1 010 °C (1 850 °F) austenitisiert und danach auf Umgebungstemperatur luft- oder ölabgeschreckt sein;
 - 2) bei 649 °C bis 691 °C (1 200 °F bis 1 275 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein;
 - 3) bei 593 °C bis 621 °C (1 100 °F bis 1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein.
- c) Die gegossene oder geschmiedete Legierung UNS S42000 darf eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen und muss sich im abgeschreckten und angelassenen Wärmebehandlungszustand befinden.
- d) Geschmiedeter kohlenstoffarmer martensitischer nichtrostender Stahl vom Typ UNS S41425 muss sich im austenitisierten, abgeschreckten und angelassenen Zustand befinden und 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	Temperatur	H ₂ S-Partial- druck <i>p</i> _{H₂S}	Chlorid- konzentration	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
	maximal °C (°F)	maximal kPa (psi)	maximal mg/l			
ISO 11960 L-80 Typ 13 Cr, S41426, S42500	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	≥ 3,5	NDS ^a	Vorbehaltlich Einschrän- kungen des in-situ-pH-Werts und des H ₂ S-Partialdrucks wurden diese Werkstoffe für Bauteile in Produktionsumge- bungen ohne Einschränkung von Temperatur und Chlorid- konzentration verwendet. Für diese Parameter wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Kombinationen ihrer Werte könnten nicht akzeptabel sein.
S41429	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	≥ 4,5	NDS ^a	
Die Werkstoffe für diese Anwendungen müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:						
a) Rohrförmige Bauteile vom Typ UNS S41426 müssen abgeschreckt und angelassen bei einer maximalen Härte von HRC 27 und einer maximalen Streckgrenze 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 vonstattengehen:						
1) Austenitisieren bei mindestens 900 °C (1 652 °F), danach Luft- oder Ölabschreckung;						
2) Anlassen bei mindestens 730 °C (1 346 °F), danach auf Umgebungstemperatur abkühlen;						
3) 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 Einzellegierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck pH ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
K90941	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen von Temperatur, pH ₂ S, Chloridkonzentration oder in-situ-pH-Wert 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 in Packern und Untertageausrüstungen

Spezifikation für die Legierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck pH ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal mg/l	pH-Wert	Schwefelbeständig?	Bemerkungen
AISI 420 (modifiziert)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	10 (1,5)	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	≥ 3,5	NDS ^a	Jede in Produktionsumgebungen vorkommende Kombination aus Temperatur und Chloridkonzentration ist akzeptabel.
S41427	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	10 (1,5)	6 100	≥ 3,5	NDS ^a	In Produktionsumgebungen vorkommende Temperaturen sind akzeptabel.
Für diese Anwendungen muss AISI 420 (modifiziert) eine chemische Zusammensetzung entsprechend ISO 11960 L-80 Typ 13 Cr aufweisen und auf höchstens 22 HRC abgeschreckt und angelassen sein.						
UNS S41427 darf eine Härte von höchstens 29 HRC aufweisen und muss nach dem folgenden dreistufigen Verfahren wärmebehandelt sein:						
a) Austenitisieren bei 900 °C bis 980 °C (1 652 °F bis 1 796 °F), danach Luftabkühlung oder Ölabschreckung auf Umgebungstemperatur;						
b) Anlassen bei 600 °C bis 700 °C (1 112 °F bis 1 292 °F), danach auf Umgebungstemperatur luftkühlen;						
c) Anlassen bei 540 °C bis 620 °C (1 004 °F bis 1 148 °F), danach auf Umgebungstemperatur luftkühlen.						
^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.22 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe von martensitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Verdichterbauteile

UNS-Nummer der Einzellegierung	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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> H ₂ S, Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist akzeptabel.

Die Werkstoffe für diese Anwendungen müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:

- 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:
 - 1) austenitisiert und abgeschreckt oder luftgekühlt sein;
 - 2) bei mindestens 621 °C (1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein;
 - 3) bei einer Mindesttemperatur von 621 °C (1 150 °F), jedoch unterhalb der ersten Anlasstemperatur, angelassen und danach auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein.
- b) Kohlenstoffarme, martensitische nichtrostende Stähle, entweder gegossenes J91540 (CA6NM) oder geschmiedetes S42400 oder S41500 (F6NM), dürfen eine Härte von höchstens 23 HRC aufweisen und müssen:
 - 1) bei mindestens 1 010 °C (1 850 °F) austenitisiert und danach auf Umgebungstemperatur luft- oder öl abgeschreckt sein;
 - 2) bei 649 °C bis 691 °C (1 200 °F bis 1 275 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein;
 - 3) bei 593 °C bis 621 °C (1 100 °F bis 1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein.
- 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.

^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.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	Temperatur maximal °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck <i>p</i> H ₂ S maximal kPa (psi)	Chloridkonzentration maximal 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 in-situ-pH-Werts wurden diese Werkstoffe für Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur, <i>p</i> H ₂ S oder Cl- verwendet. Für diese Parameter wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Kombinationen ihrer Werte könnten nicht akzeptabel sein.
<p>Die Werkstoffe für diese Anwendungen müssen außerdem folgenden Anforderungen entsprechen:</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 621 °C (1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein; 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) dürfen eine Härte von höchstens 23 HRC aufweisen und müssen:</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 649 °C bis 691 °C (1 200 °F bis 1 275 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein; 3) bei 593 °C bis 621 °C (1 100 °F bis 1 150 °F) angelassen und anschließend auf Umgebungstemperatur luftgekühlt sein. <p>c) Die gegossene oder geschmiedete Legierung UNS S42000 darf eine Härte von höchstens 22 HRC aufweisen und muss sich im abgeschreckten und angelassenen Wärmebehandlungszustand befinden.</p> <p>d) Kohlenstoffarmer, martensitischer nichtrostender Stahl J91540; der maximale Bemessungswert der Zugspannung darf 2/3 der festgelegten Mindestdehngrenze oder 345 MPa (50 ksi) nicht überschreiten, je nachdem, welcher Wert der kleinere ist.</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 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 Einzel- legierung	Temperatur	H ₂ S-Partial druck <i>p</i> _{H₂S}	Chlorid- konzentration	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
	maximal °C (°F)	maximal kPa (psi)	maximal mg/l			
$30 \leq F_{\text{PREN}} \leq 40,0$ $\text{Mo} \geq 1,5 \%$	232 (450)	10 (1,5)	180 000	Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebungen ohne Einschränkungen des in-situ-pH-Werts eingesetzt. Für diesen pH-Wert wurden keine Grenzwerte festgelegt, aber einige Werte könnten nicht akzeptabel sein.
$30 \leq F_{\text{PREN}} \leq 40,0$ $\text{Mo} \geq 1,5 \%$ (HIP)	232 (450)	10 (1,5)		Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^a	
$40,0 < F_{\text{PREN}} \leq 45$	232 (450)	20 (3)		Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^a	
$40,0 < F_{\text{PREN}} \leq 45$ (HIP)	232 (450)	20 (3)		Siehe Spalte „Bemerkungen“.	NDS ^a	

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Temperatur	H ₂ S-Partial druck	Chlorid- konzent- ration	pH-Wert	Schwefel- beständig?	Bemerkungen
	maximal °C (°F)	maximal kPa (psi)	maximal mg/l			
30 ≤ F _{PREN} ≤ 40,0 Mo ≥ 1,5 %	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	NDS ^a	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumgebun- gen ohne Einschränkungen von Temperatur, p _{H2S} oder in-situ-pH-Wert eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
40,0 < F _{PREN} ≤ 45	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	Siehe Spalte „Bemer- kungen“.		Siehe Spalte „Bemer- kungen“.	NDS ^a	
Geschmiedete, gegossene und heißisostatisch gepresste (HIP) [15] nichtrostende Duplexstähle						
<ul style="list-style-type: none">— müssen lösungsgeglüht und in einer Flüssigkeit abgeschreckt oder mittels anderer Verfahren schnell abgekühlt sein^b,— müssen einen Ferritanteil (Volumenanteil) zwischen 35 % und 65 % aufweisen, und— dürfen keiner Alterung als Wärmebehandlung unterzogen worden sein.						
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.						
^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 hoch genug sein, damit die Bildung schädlicher Phasen, wie z. B. einer Sigma-Phase, sowie von Ausfällungen vermieden wird. Das Vorkommen von schädlichen Phasen kann die Beständigkeit gegen Rissbildung von nichtrostenden Duplexstählen verringern.						