

DIN EN 1011-3



ICS 25.160.10

Einsprüche bis 2017-06-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1011-3:2001-01

Entwurf

**Schweißen –
Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe –
Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1011-3:2017**

Welding –
Recommendations for welding of metallic materials –
Part 3: Arc welding of stainless steels;
German and English version prEN 1011-3:2017

Soudage –
Recommendations pour le soudage des matériaux métalliques –
Partie 3: Soudage à l'arc des aciers inoxydables;
Version allemande et anglaise prEN 1011-3:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-04-28 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 nas@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 Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 60 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1011-3:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-04 AA „Qualitätssicherung beim Schweißen (DVS AG Q 2)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1011-3:2001-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen;
- b) Überarbeitung des Anhangs ZA;
- c) Hinzufügen des Abschnitts „Literaturhinweise“;
- d) redaktionelle Überarbeitung.

Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen

Soudage — Recommendations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 3 : Soudage à l'arc des aciers inoxydables

Welding — Recommendations for welding of metallic materials — Part 3: Arc welding of stainless steels

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Grundwerkstoff	7
5 Lagerung und Handhabung	7
6 Schweißzusätze	7
7 Fertigung	7
7.1 Allgemeines	7
7.2 Schweißtechnische Angaben	8
7.3 Schweißbadsicherung	9
8 Qualitätsanforderungen an die Schweißungen	9
9 Verzug	10
10 Reinigung nach dem Schweißen	10
Anhang A (informativ) Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen	12
A.1 Allgemeines	12
A.1.1 Chemische Zusammensetzung	12
A.1.2 Mikrogefüge	12
A.1.3 Austenitische nichtrostende Stahlsorten	12
A.2 Schweißtechnische Auswirkungen	13
A.2.1 Schweißtechnische Angaben	13
A.2.2 Schweißzusätze	14
A.3 Folgerungen für das Schweißen	15
A.3.1 Rissbildung	15
A.3.2 Mechanische Eigenschaften	15
A.3.3 Korrosionsbeständigkeit	16
A.3.4 Verzug	16
A.4 Behandlung nach dem Schweißen	16
A.4.1 Wärmebehandlung	16
A.4.2 Reinigung	17
Anhang B (informativ) Schweißen von ferritischen nichtrostenden Stählen	18
B.1 Allgemeines	18
B.1.1 Chemische Zusammensetzung	18
B.1.2 Mikrogefüge	18
B.2 Schweißtechnische Auswirkungen	19
B.2.1 Schweißtechnische Angaben	19
B.2.2 Schweißzusätze	19
B.3 Folgerungen für das Schweißen	19
B.3.1 Rissbildung	19
B.3.2 Mechanische Eigenschaften	20
B.3.3 Korrosionsbeständigkeit	20

B.3.4	Verzug.....	20
B.4	Behandlung nach dem Schweißen	20
B.4.1	Wärmebehandlung	20
B.4.2	Oberflächenendbehandlung.....	20
Anhang C (informativ) Schweißen von austenitisch-ferritischen nichtrostenden Stählen		21
C.1	Allgemeines	21
C.1.1	Allgemeines	21
C.1.2	Chemische Zusammensetzung.....	21
C.1.3	Mikrogefüge.....	21
C.1.4	Austenitisch-ferritische nichtrostende Stahlsorten	21
C.2	Schweißtechnische Auswirkungen	21
C.2.1	Schweißtechnische Angaben.....	21
C.2.2	Schweißzusätze	22
C.3	Folgerungen für das Schweißen.....	23
C.3.1	Allgemeines	23
C.3.2	Rissbildung	23
C.3.3	Mechanische Eigenschaften	23
C.3.4	Korrosionsbeständigkeit.....	23
C.3.5	Verzug.....	24
C.3.6	Porosität	24
C.4	Behandlung nach dem Schweißen	24
C.4.1	Wärmebehandlung	24
C.4.2	Reinigung.....	24
Anhang D (informativ) Schweißen von martensitischen und martensitisch-austenitischen nichtrostenden Stählen		25
D.1	Allgemeines	25
D.1.1	Chemische Zusammensetzung.....	25
D.1.2	Martensitische und martensitisch-austenitische nichtrostende Stahlsorten.....	25
D.2	Schweißtechnische Auswirkungen	25
D.3	Folgerungen für das Schweißen.....	26
D.3.1	Rissbildung	26
D.3.2	Mechanische Eigenschaften	26
D.3.3	Korrosionsbeständigkeit.....	27
D.3.4	Verzug.....	27
D.4	Behandlung nach dem Schweißen	27
D.4.1	Wärmebehandlung	27
D.4.2	Reinigung.....	27
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2014/68/EU (PED)		28
Literaturhinweise.....		29

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1011-3:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1011-3:2000 ersetzen.

EN 1011, mit dem allgemeinen Titel *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe*, besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Anleitungen für Lichtbogenschweißen*
- *Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen*
- *Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen*
- *Teil 4: Lichtbogenschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen*
- *Teil 5: Schweißen von plattierten Stählen*
- *Teil 6: Laserstrahlschweißen*
- *Teil 7: Elektronenstrahlschweißen*
- *Teil 8: Schweißen von Gusseisen*

Dieses Dokument wurde unter einem Normungsauftrag erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU (PED).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Einleitung

Diese Europäische Norm ist zusammen mit mehreren Anhängen erstellt worden. Sie kann erweitert werden, um die verschiedenen Stahlsorten einzuschließen, die nach den Europäischen Normen für nichtrostende Stähle erzeugt werden.

Wenn diese Norm für Vertragszwecke herangezogen wird, sollte die bestellende Dienststelle die geforderte Übereinstimmung mit dieser Norm und anderen Anhängen festlegen, soweit sie geeignet sind.

Diese Norm vermittelt allgemeine Richtlinien für eine zufriedenstellende Fertigung und Überwachung der Schweißungen und beschreibt Einzelheiten über mögliche nachteilige Auswirkungen, die auftreten können, mit Hinweisen auf Verfahren, um sie vermeiden zu können. Grundsätzlich ist sie für alle nichtrostenden Stähle anwendbar und ist unterschiedslos für alle in Betracht kommenden Fertigungen geeignet, trotzdem kann die Anwendungsnorm zusätzliche Anforderungen enthalten. Die zulässigen Dimensionierungsspannungen der Schweißungen, die Prüfverfahren und die Bewertungsgruppen sind nicht enthalten, da sie von den Einsatzbedingungen in der Fertigung abhängen. Derartige Einzelheiten sollten in der Auslegungsspezifikation festgelegt werden.

Dieser Teil der Europäischen Norm enthält zusätzliche Angaben für das Schmelzschweißen von nichtrostenden Stählen und sollte im Zusammenhang mit den allgemeinen Anforderungen nach EN 1011-1 beachtet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm enthält allgemeine Anforderungen für das Schmelzschweißen von nichtrostenden Stählen. Besondere Hinweise, die sich auf austenitische, austenitisch-ferritische, ferritische und martensitische nichtrostende Stähle beziehen, sind in den Anhängen A bis D wiedergegeben.

2 Normative Verweisungen

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

EN ISO 15609-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1)*

EN ISO 14175, *Schweißzusätze — Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse (ISO 14175)*

EN 1011-1, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Anleitungen für das Lichtbogenschweißen*

EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817)*

EN ISO 8249, *Schweißen — Bestimmung der Ferrit-Nummer (FN) in austenitischem und ferritisch-austenitischem (Duplex-)Schweißgut von Cr-Ni-Stählen (ISO 8249)*

CEN ISO/TR 15608, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Passivschicht
dünne, durchsichtige und festanhaftende Schicht auf der Oberfläche von nichtrostenden Stählen, die diese vor Korrosionsangriffen schützt

3.2 stabilisiert/nicht stabilisiert
stabilisierte Stähle enthalten Zusätze, die in starkem Maße Karbide/Nitride erzeugen (üblich sind Titan oder Niob) und so die Bildung von Chrom-Karbiden/-Nitriden einschränken, wodurch bei den nichtrostenden Stählen ihre Korrosionsbeständigkeit, besonders an den Korngrenzen, erhalten bleibt

3.3 Ferritnummer
Zahl, die die magnetische Anziehungskraft kennzeichnet und auf eine Reihe von Vergleichsmustern Bezug nimmt, wobei deren Gehalt an ferromagnetischen Phasen proportional dem Ferritgehalt (Deltaferrit) im Bereich von 0 % bis 10 % etwa gleicht und er dadurch dennoch sehr einfach zu bestimmen ist

[QUELLE: EN ISO 8249]

3.4

Schweißzusatzeinlageteil

ein Teil aus Zusatzwerkstoff, das in der Form und in den Maßen der Schweißnahtvorbereitung angepasst ist, und das beim Schweißen zu einem vollständigen Teil der Verbindung wird

3.5

Dehngrenze

wird sich in dieser Norm auf Dehngrenze bezogen, ist die 0,2 %-Dehngrenze ($R_{p0,2}$ %) gemeint

4 Grundwerkstoff

Diese Norm gilt für nichtrostende austenitische, ferritische, martensitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stahlsorten entsprechend der Gruppen 8 bis 10 nach CEN ISO/TR 15608.

5 Lagerung und Handhabung

Bei der Lagerung, Handhabung oder Verarbeitung von nichtrostendem Stahl muss die Umgebung überwacht werden, um eine nachhaltige Zerstörung der Passivschicht, die dem nichtrostenden Stahl zu seiner zuverlässigen Korrosionsbeständigkeit verhilft, zu verhindern. Die nichtrostenden Stähle müssen gegen Verunreinigungen und Oberflächenbeschädigungen zu jedem Zeitpunkt bei der Lagerung, in der Fertigung und auf dem Transport geschützt werden.

Kontakte zwischen nichtrostenden Stählen und anderen Werkstoffen, z. B. Kohlenstoffstählen, Kupfer, Anstriche, Farben und Klebebändern, die Zerstörungen der Passivschicht oder andere nachteilige Auswirkungen verursachen, sollten vermieden werden. Wenn dies nicht zu verhindern ist, sollte dafür gesorgt werden, dass alle Rückstände beseitigt werden.

Die Lagergestelle für nichtrostende Stähle müssen stabil gebaut sein und müssen sicher mit Werkstoffen abgedeckt sein, die die nichtrostenden Stähle nicht verunreinigen, z. B. mit trockenem Holz, Kunststoff oder nichtrostendem Stahl. Gestelle aus nicht abgedecktem oder angestrichenem Kohlenstoffstahl dürfen nicht verwendet werden. Greifer für die Hebezeuge müssen aus einem Werkstoff, der keine Verunreinigungen verursacht, hergestellt sein oder mit einem solchen abgedeckt werden.

Spannvorrichtungen zum Schweißen, Erdungsklemmen oder Dreh- und Wendevorrichtungen müssen entweder aus Werkstoffen hergestellt werden, die keine Verunreinigungen verursachen, oder mit solchen abgedeckt werden.

6 Schweißzusätze

Die Zusatzwerkstoffe sollten unter Berücksichtigung des Grundwerkstoffes und der einzelnen Anwendung ausgewählt werden und müssen die entsprechenden Normen erfüllen.

Wenn Schweißzusatzeinlageteile verwendet werden, müssen sie mit der Zusammensetzung des entsprechenden Zusatzwerkstoffes und des Grundwerkstoffes übereinstimmen.

7 Fertigung

7.1 Allgemeines

Die Verarbeitungsbereiche für nichtrostende Stähle müssen von denen für andere Arbeiten abgetrennt sein und von Werkstoffen, die mögliche Verunreinigungen bewirken können, wie Blei, Zink, Kupfer, Kupferlegierungen oder Kohlenstoffstähle usw., freigehalten werden.

Die Formgebungswerkzeuge müssen vor ihrem Einsatz gründlich gereinigt werden, um eine Verschleppung von Verunreinigungen zu vermeiden. Alle Schmiermittel, die zur Verformung verwendet wurden, müssen vom Werkstück entfernt werden.

Es dürfen nur Werkzeuge, die für nichtrostenden Stahl bestimmt sind, eingesetzt werden; dies gilt besonders für Schleifscheiben, Schneidscheiben und Drahtbürsten.

Da das Schweißen den Grundwerkstoff erwärmt, bildet sich sowohl auf dem Schweißgut als auch auf den an die Schweißung angrenzenden Bereichen ein Oxidfilm. Diese Oxide sowie die Schlacken, die von umhüllten Stab- und Fülldrahtelektroden sowie beim Unterpulverschweißen erzeugt werden, müssen entfernt werden, falls die Schweißung entweder einem korrosiven Medium ausgesetzt wird oder falls andere Gründe dafür bestehen (siehe Abschnitt 10).

Wenn bei der Fugenvorbereitung Oxidationen, Aufhärtungen und allgemeine Verunreinigungen durch thermische Schneidprozesse entstehen, sollten diese bis zu einer genügenden Tiefe, bezogen auf die Schnittfläche, mechanisch abgearbeitet werden. Durch das Scherschneiden können Risse und Grate entstehen. Diese können ebenfalls ein Beseitigen vor dem Schweißen erfordern.

Wenn die Schnittkanten nicht die Fugenflanken bilden, sollte sichergestellt werden, dass das Scherschneiden oder das thermische Schneiden die Durchführung der Fertigung nicht nachteilig beeinflusst.

Hartes Stempeln sollte vermieden werden; wenn es jedoch anzuwenden ist, sollte die Gefahr bei der Anwendung in hochbeanspruchten oder korrosiven Bereichen beachtet werden. Der Kunde sollte Hinweise auf die Lage derartiger Markierungen geben. Hartes Stempeln, das zur Kennzeichnung von Durchstrahlungsprüfungen angewendet wird, sollte gleichartigen Vorsichtsmaßnahmen unterworfen werden.

Schweißungen, die zu prüfen und anzuerkennen sind, sollten nicht mit Farbe überstrichen oder anderweitig behandelt werden, bevor sie nicht anerkannt worden sind.

7.2 Schweißtechnische Angaben

Die schweißtechnischen Angaben müssen in einer geeigneten Schweißanweisung (WPS) nach EN ISO 15609-1 festgelegt sein.

Weitere Angaben über die schweißtechnischen Bedingungen und Auswirkungen werden in den Anhängen A bis D wiedergegeben.

Die Bewertungsmerkmale für den Kantenversatz sind in EN ISO 5817 aufgeführt. Bei einigen Anwendungen (z. B. Schweißen von Rohrleitungen) und Schweißprozessen können kleinere Grenzwerte notwendig sein.

Wenn An- und Auslaufstücke verwendet werden, müssen sie aus einer nichtrostenden Stahlsorte hergestellt werden, die mit der in der Fertigung eingesetzten verträglich ist. Die Dicke und die Fugenvorbereitung müssen denen, die bei der Verbindung verwendeten werden, angeglichen sein.

Die Entfernung der An- und Auslaufstücke muss durch ein Verfahren durchgeführt werden, das die Eigenschaften des Grundwerkstoffes und des Schweißgutes nicht nachteilig beeinflusst. Prüfungen sollten durchgeführt werden, um zu beweisen, dass sowohl der Grundwerkstoff als auch das Schweißgut frei von unzulässigen Unregelmäßigkeiten sind.

Wenn die Schweißungen nur einseitig ausgeführt werden, kann es notwendig sein, die Wurzelseite gegen atmosphärische Oxidation zu schützen, um die Korrosionsbeständigkeit der Verbindung aufrechtzuerhalten. Die Wurzellage derartiger Schweißnähte wird im Allgemeinen durch WIG- oder Plasmaschweißen ausgeführt.

7.3 Schweißbadsicherung

Die verbleibenden Schweißbadsicherungen müssen aus einer verträglichen, nichtrostenden Stahlsorte bestehen und sollten nicht eingesetzt werden, wenn eine Spaltkorrosionsgefahr besteht.

Wenn kein geeignetes Konstruktionsteil als Werkstoff für die Schweißbadsicherung zu verwenden ist, muss der einzusetzende Werkstoff in der Konstruktionsfestlegung festgelegt werden.

Bei der Verwendung von Kupfer als eine nicht verbleibende Schweißbadsicherung muss im Schmelzbereich eine Nut maschinell in die Unterlage eingearbeitet werden. Beim Schweißen ist Vorsicht geboten, wenn die Gefahr einer Kupferaufnahme besteht. Durch eine Nickel- oder Chrombeschichtung des Werkstoffs für die Schweißbadsicherung aus Kupfer kann diese vermindert werden. Wenn eine hohe Wärmeeinbringung angewendet wird, sollte die Kupferunterlage mit Wasser gekühlt werden.

Der Werkstoff für die Schweißbadsicherung muss von Verunreinigungen, wie Fett, Feuchtigkeit, Oxiden usw. frei sein.

Wenn nicht verbleibende und verbleibende Schweißbadsicherungen eingesetzt werden, muss die Verbindung so angeordnet werden, dass eine vollständige Verschmelzung der zu verbindenden Teile sichergestellt und leicht zu erzielen ist.

Wenn eine Vorbeugung gegen Oxidation auf der Gegenseite einer Schweißung notwendig ist, sollte üblicherweise eine Spülung durch Zuführung eines geeigneten Gases ausgeführt werden. Dazu wird ein Gas bestimmter Reinheit oder ein Gasgemisch nach EN ISO 14175, das mit dem Grundwerkstoff und Schweißgut verträglich ist, unter die Schweißnahtwurzel geleitet. Der Zweck ist, Verunreinigungen durch die Atmosphäre, hauptsächlich durch den Sauerstoff, zu vermeiden, da dieser zu unzulässigen Unregelmäßigkeiten in der Schweißung und/oder zu einer Verminderung der Korrosionsbeständigkeit führen kann.

Wenn Spülungen im Wurzelbereich ausgeführt werden, sollte die Spülung vor dem Schweißen genügend lange dauern, um sicherzustellen, dass der Grad der Oxidation (Verfärbung) an der Wurzel unterhalb der geforderten Auslegungsspezifikation liegt oder dieser entspricht. Die Vorspülzeit hängt hauptsächlich von der Durchflussgeschwindigkeit des Gases, vom auszuspülenden Volumen und von der Spülgasdichte an der Einströmstelle ab.

Wenn der höchstzulässige Sauerstoffgehalt festgelegt wurde, ist die Verwendung eines Sauerstoffanalysators mit einer geeigneten Messgenauigkeit notwendig, um den Sauerstoffgehalt des austretenden Gases zu bestimmen. Als Richtlinie wird vorgeschlagen, dass vor Beginn des Schweißens ein zehnmaliger Volumenwechsel durchgeführt wird.

Die Gasspülung sollte eine genügend lange Zeit aufrechterhalten werden, damit die Oxidation der unterseitigen Fläche der fertigen Schweißung akzeptierbar ist.

8 Qualitätsanforderungen an die Schweißungen

Die Schweißverbindungen müssen von Unregelmäßigkeiten frei sein, die die Einsatzfähigkeit des Bauteils beeinträchtigen würden. Die Bewertungsgruppen müssen mit der Anwendungsnorm, wenn eine solche vorhanden ist, übereinstimmen. Wenn keine Anwendungsnorm besteht, müssen die Bewertungsgruppen nach EN ISO 5817 festgelegt werden.

Besondere Anforderungen an nichtrostende Stähle, wie Erscheinungsbild und Korrosionsbeständigkeit, können berücksichtigt und müssen festgelegt werden.

9 Verzug

Der Verzug in einer Schweißverbindung beruht auf der ungleichmäßigen Dehnung und Zusammenziehung des Schweißgutes und des angrenzenden Grundwerkstoffes während des Schweißens. Bei austenitischen nichtrostenden Stählen ist diese Auswirkung infolge des größeren Ausdehnungskoeffizienten und der geringeren Wärmeleitfähigkeit ausgeprägter als bei unlegiertem Stahl.

Um den Verzug zu verkleinern, gibt es einige praktische Möglichkeiten, z. B.:

- Verkleinern der Schweißgutmenge;
- Ausgewogenes (beidseitiges) Schweißen der Verbindung;
- Vermindern der Wärmeeinbringung;
- Vermindern der Anzahl der Schweißlagen;
- Pilgerschrittschweißen;
- Vorspannen der zu schweißenden Teile;
- Vorrichtungen und mechanische Spannmittel;
- Heftschweißungen;
- Wärmesenken.

Es sollte dafür gesorgt werden, dass die ausgewählten Verfahren keine schädlichen Einflüsse auf die Eigenschaften der Schweißungen und auf die Gesamtkonstruktion haben.

10 Reinigung nach dem Schweißen

Die Korrosionsbeständigkeit von geschweißten Bauteilen aus nichtrostendem Stahl wird durch ihre Oberflächenbedingungen wesentlich beeinflusst. Der Grad der notwendigen Reinigung nach dem Schweißen hängt von den schweißtechnischen Qualitätsanforderungen ab und sollte in der Auslegungsspezifikation festgelegt sein.

Die Reinigung nach dem Schweißen kann durch verschiedene Prozesse, entweder einzeln oder in Kombination, durchgeführt werden, zum Beispiel:

- **Bürsten:** Geeignete Sonderdrahtbürsten mit Borsten aus nichtrostendem Stahl oder anderen verträglichen Werkstoffen sollten angewendet werden. Bei Einsatz dieses Verfahrens können die fest anhaftenden Verunreinigungen meist nicht entfernt werden. Es sollte beachtet werden, dass bei Verwendung mechanischer rotierender Bürsten die Oberfläche durch entstehende Mikrorisse beschädigt werden kann, sodass die Korrosionsbeständigkeit vermindert wird. Falls notwendig, kann nach dem Bürsten ein Beizvorgang folgen.
- **Strahlen:** Durch diese Technik werden fest anhaftende Verunreinigungen entfernt, außerdem werden Druckeigenspannungen auf der Oberfläche erzeugt. Die empfohlenen Strahlmittel schließen Shots aus Glas und aus nichtrostendem Stahl ein. Diese müssen frei sein von Verunreinigungen durch Eisen oder Kohlenstoffstahl.
- **Schleifen:** Es sollten besonders geeignete, eisenfrei und chloridfrei belegte Schleifkörper, Schleifbänder oder -scheiben verwendet werden. Ein übermäßiges Schleifen und damit einhergehende Wärmeentwicklung sollte vermieden werden, um einer Beschädigung der Oberfläche und einer

Verminderung der Dicke des Grundwerkstoffes vorzubeugen. Diese Technik wird angewendet, um starke Oberflächenverunreinigungen zu entfernen und um einen sanften Übergang von der Schweißung zum Grundwerkstoff zu erzeugen.

- **Beizen:** Durch chemische Reaktion werden beim Beizen die Oxide oder Beläge von der Stahloberfläche entfernt. Es wird ein saures Beizmittel verwendet, dessen Zusammensetzung von der Stahlsorte, Beiztemperatur und -zeit abhängt. Eine sorgfältige Entsorgung aller Beizprodukte ist notwendig. Nach dem Beizen ist zur Bildung der Passivschicht eine Passivierung erforderlich.
- **Elektrolytisches Polieren:** Dies wird allgemein bei nichtstabilisierten nichtrostenden Stählen angewendet, um für eine optimale Korrosionsbeständigkeit eine glatte Oberfläche zu erzeugen.

Die wirkungsvollsten Reinigungsprozesse für eine optimale Korrosionsbeständigkeit sind Beizen und elektrolytisches Polieren mit nachfolgenden natürlichen oder induzierten Passivierungsvorgängen.

Anhang A (informativ)

Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen

A.1 Allgemeines

A.1.1 Chemische Zusammensetzung

Die chemischen Zusammensetzungen von typischen austenitischen nichtrostenden Stählen sind in EN 10088-1 aufgeführt. Im Allgemeinen enthalten diese Stähle mindestens 16,5 % Chrom sowie ausreichend Nickel und/oder Mangan, Kohlenstoff und Stickstoff, um ein austenitisches Mikrogefüge zu erzeugen. Sie können außerdem weitere zusätzliche Elemente wie Molybdän, Stickstoff, Titan, Niob, Kupfer, Silicium oder Schwefel enthalten, um besondere Eigenschaften zu verbessern, z. B. Beständigkeit gegen Korrosion und Oxidation sowie die maschinelle Bearbeitbarkeit.

A.1.2 Mikrogefüge

Das Mikrogefüge von austenitischen nichtrostenden Stählen wird durch das Gleichgewicht von ferrit- und austenitstabilisierenden Elementen bestimmt. Die wesentlichen ferritstabilisierenden Elemente sind Chrom, Molybdän und Silicium, während Nickel, Mangan, Kohlenstoff und Stickstoff die hauptsächlichen austenitstabilisierenden Elemente sind. Das Gefüge, das sich im Schweißgut ausbildet, kann aus dem Gleichgewicht von ferrit- und austenitstabilisierenden Elementen unter Verwendung z. B. eines Schaeffler-, DeLong-, W.R.C- oder ESPY-Diagramms vorausgesagt werden.

Austenitische nichtrostende Stähle bestehen aus einem austenitischen Grundgefüge, das in unterschiedlichem Maße geringe Mengen Deltaferrit enthalten kann. Der Ferritanteil nimmt beim Schweißen ohne Zugabe eines Zusatzwerkstoffs zu. Andere Stahlsorten sind vollaustenitisch und enthalten selbst nach dem Schweißen keinen Ferrit.

Die austenitischen nichtrostenden Stähle werden normal im lösungsgeglühten Zustand geliefert, dieser umfasst eine Erwärmung auf ungefähr 1 050 °C oder höher mit darauffolgender schneller Abkühlung auf Raumtemperatur. Der Glühprozess ergibt eine Entfestigung des Stahls und vermindert den Deltaferritanteil, sodass sogar bei Stählen, in denen beim Schweißen Deltaferrit gebildet wird, im lösungsgeglühten Zustand meist kein Ferrit enthalten ist.

A.1.3 Austenitische nichtrostende Stahlsorten

A.1.3.1 Normale austenitische nichtrostende Stähle

Die meisten normalen austenitischen nichtrostenden Stähle sind nicht vollaustenitisch, sondern bei ihnen kann sich ein kleiner Anteil Deltaferrit bilden, wenn ohne Zugabe von Zusatzwerkstoffen geschweißt wird. Die normalen nichtrostenden Stähle dieser Gruppe werden jedoch den austenitischen nichtrostenden Stählen zugeordnet, obwohl ein kleiner Ferritanteil vorhanden ist, z. B. nach EN 10088-1 Stahlsorten 1.4301, 1.4401, 1.4436.

Der Kohlenstoffgehalt der normalen austenitischen nichtrostenden Stähle beträgt meistens weniger als 0,06 %.

Um die Bildung von Chromkarbiden beim Schweißen herabzusetzen, werden viele normale Sorten mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (< 0,03 %) erzeugt, die auch nach dem Schweißen widerstandsfähig gegen Korrosion sind, z. B. nach EN 10088-1 Stahlsorten 1.4307, 1.4404, 1.4432.

Eine ähnlich hohe Korrosionsbeständigkeit bei den normalen Stahlsorten kann entweder durch Zugabe von Titan oder von Niob/Tantal erreicht werden, die sich mit dem Kohlenstoff verbinden und die Bildung von Chromkarbiden beim Schweißen verhindern. Diese Sorten werden den „stabilisierten“ austenitischen nichtrostenden Stählen zugeordnet, z. B. nach EN 10088-1 Stahlsorten 1.4541, 1.4550, 1.4571.

A.1.3.2 Vollaustenitische nichtrostende Stähle

Das Gleichgewicht in der Zusammensetzung dieser Stähle ist so eingestellt, dass besondere Eigenschaften wie niedrige magnetische Permeabilität (nicht magnetisch), erhöhte/-r Korrosionsbeständigkeit oder Warmfestigkeit/Oxidationswiderstand erzielt werden, die stets ein vollaustenitisches Gefüge ergeben, z. B. nach EN 10088-1 Stahlsorte 1.4335. Aufgrund ihrer hohen Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen können vollaustenitische Stähle auch für Tieftemperaturanwendungen eingesetzt werden.

Während des Schweißens dieser Stähle ist die Erstarrungsrissegefahr erhöht.

Superaustenite und Stahlsorten mit erhöhter Korrosionsbeständigkeit gehören zur Gruppe der Vollaustenite. Diese Stähle enthalten erhöhte Chromgehalte und Zusätze anderer Elemente einschließlich Molybdän und Stickstoff für eine erhöhte Beständigkeit gegen Lochfraß- und Spaltkorrosion sowie Kupfer für eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit gegen Säuren. Ein höherer Nickelanteil wird hinzugefügt, um das vollaustenitische Gefüge zu stabilisieren. Diese Stähle besitzen eine äußerst hohe Korrosionsbeständigkeit und erfordern beim Schweißen besondere Sorgfalt, um die hohe Korrosionsbeständigkeit des Grundwerkstoffes aufrechtzuhalten, z. B. nach EN 10088-1 Stahlsorten 1.4539, 1.4547.

A.1.3.3 Andere Varianten mit verbesserten Eigenschaften

Es sind andere austenitische nichtrostende Stähle vorhanden, bei denen die chemische Zusammensetzung angepasst ist, um bestimmte Eigenschaften zu verbessern. Abhängig von der vorliegenden chemischen Zusammensetzung gehört jede dieser Stahlsorten zu einer der vorgenannten Gruppen (A.1.3.1 und A.1.3.2) und sollte mit den gleichen Vorsichtsmaßnahmen geschweißt werden.

- a) **Stickstofflegierte austenitische Stähle mit hoher Dehngrenze.** Diese Stähle enthalten einen geringen Stickstoffzusatz (bis zu 0,45 %) und ergeben damit eine Erhöhung der Dehngrenze (0,2 %). Der Stickstoff kann sowohl zu normalen als auch zu nichtrostenden Stahlsorten mit niedrigem Kohlenstoffgehalt hinzugegeben werden. Stickstoff ist ein austenitstabilisierendes Element und kann eine Verminderung des Deltaferritgehaltes beim Schweißen zur Folge haben.
- b) **Warmfeste austenitische Stähle.** Stähle für den Einsatz bei hohen Temperaturen können einen erhöhten Chrom- und/oder Siliciumgehalt enthalten, sodass sie über einen erhöhten Oxidationswiderstand verfügen. Durch Zugaben von Molybdän, Stickstoff, Aluminium, Kohlenstoff, seltenen Erden, Titan und/oder Niob können ebenfalls die Eigenschaften für hohe Temperaturen verbessert werden.
- c) **Austenitische Stähle mit verbesserter Zerspanbarkeit.** Die Stahlsorten mit verbesserter Zerspanbarkeit enthalten einen erhöhten Schwefelgehalt (bis zu 0,35 %) und/oder andere zusätzliche Elemente wie Kalzium oder Selen. Die Folge ist, dass sie meist eine Verminderung der Schweißseignung und der Korrosionsbeständigkeit aufweisen.

A.2 Schweißtechnische Auswirkungen

A.2.1 Schweißtechnische Angaben

Alle in der Praxis üblichen Schweißprozesse, die in EN 1011-1 aufgeführt sind, sind für das Schweißen austenitischer nichtrostender Stähle geeignet.

Die Wärmeeinbringung sollte niedrig sein, um die Gefahren aus Verzug, durch Heißrissbildungen, durch Sensibilisierungen und durch intermetallische Ausscheidungen zu vermindern.

Vorwärmen sollte beim Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen vermieden werden, da die zusätzliche Wärmeeinbringung die Gefahr von Verzug, Heißrissbildung, Sensibilisierung und intermetallische Ausscheidung steigert.

Fugenvorbereitungen zum Schweißen gleichen denen für die Kohlenstoffstähle, obwohl unterschiedliche Winkel und Stegabstände verwendet werden können, z. B. können die stickstofflegierten Stähle eine breitere Nahtvorbereitung erfordern.

Beim Schweißen dünner Rohre oder Bleche kann eine Schweißnaht durch Aufschmelzen der Stirnflächen der Verbindung ohne Zusatzwerkstoff hergestellt werden.

A.2.2 Schweißzusätze

Alle Schweißzusätze sollten in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers/Lieferanten ausgewählt werden.

Falls erforderlich, sollten die Zusatzwerkstoffe/Schweißstäbe entsprechend EN ISO 3581, EN ISO 14343, EN ISO 14174 oder EN ISO 17633 ausgewählt werden.

Die Schweißzusätze für normale austenitische nichtrostende Stähle werden meist so festgelegt, dass sie im abgeschmolzenen Schweißgutbereich einen Ferritgehalt zwischen 3 FN und 15 FN ergeben, um Heißrissen zu widerstehen.

Allgemein können die Diagramme nach Schaeffler, DeLong, W.R.C oder EPSY angewendet werden, um festzustellen, ob der Schweißzusatz den richtigen Ferritgehalt ergibt, wobei die Auswirkungen der Vermischungen zu beachten sind.

Vollaustenitische nichtrostende Stähle sind nicht magnetisch. Die Anwesenheit von Deltaferrit im Austenit ergibt einen niedrigen Magnetisierungsgrad, diese Eigenschaft wird zur Messung des Ferritanteils im Schweißgut nach dem Schweißen benutzt.

Die chemische Zusammensetzung des Schweißzusatzes ist üblicherweise in Bezug auf den Grundwerkstoff leicht überlegiert, um die Korrosionsbeständigkeit durch Ausgleich von Legierungsverlusten, Seigerungseinflüssen, Einschlüssen und Oberflächenunregelmäßigkeiten innerhalb des Schweißgutes zu optimieren.

Die vollaustenitischen nichtrostenden Stähle erfordern den Einsatz von etwa gleichartigen oder leicht überlegierten Schweißzusätzen. Sie sind heißrissanfällig. Die in A.3.1 aufgeführten Vorsichtsmaßnahmen sollten deshalb befolgt werden. Die Schweißzusätze können einen erhöhten Mangananteil aufweisen, um die Heißrissgefahr zu verringern.

Meistens werden für superaustenitische Stähle Nickelbasis-Schweißzusätze verwendet.

Für das WIG-Schweißen sind als Schutzgase Argon, Argon-Wasserstoff-, Argon-Helium-Gemische oder Kombinationen dieser Gase nach EN ISO 14175 üblich.

Die Zugabe entweder von Wasserstoff oder Helium zum Argon (nach EN ISO 14175) erlaubt oftmals eine höhere Schweißgeschwindigkeit. Die reduzierende Wirkung der wasserstoffhaltigen Gase kann außerdem saubere Schweißnähte ergeben.

Da eine große Anzahl von Schutzgasen für das MIG-/MAG-Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen jetzt verfügbar ist, sollten sie nach EN 14175 ausgewählt werden.

A.3 Folgerungen für das Schweißen

A.3.1 Rissbildung

Infolge ihrer hohen Duktilität und Zähigkeit leiden die austenitischen nichtrostenden Stähle nach dem Schweißen selten unter Kaltrissen.

Einige Bauteile aus austenitischen nichtrostenden Stählen können jedoch für Heißrissbildungen anfällig sein; dies schließt Rissbildungen während der Erstarrung (Erstarrungsrisse) und Rissbildungen in der Wärmeeinflusszone, im Schweißgut oder im Grundwerkstoff (Aufschmelzungsrisse) ein. Diese Rissbildung ist mit Fremdelementen wie Schwefel und Phosphor verbunden, deren Seigerungen in interdendritischen Bereichen und an den Korngrenzen niedrigschmelzende Phasen bilden. Die während der Abkühlung des Schweißgutes auftretenden Schrumpfkkräfte können die noch flüssigen Häute auseinanderziehen und einen Riss erzeugen.

Die Art der Erstarrung hat einen großen Einfluss auf den Widerstand gegen die Heißrissbildung. Austenitische nichtrostende Stähle können als Ferrit, Austenit oder als Mischung dieser Phasen abhängig von ihrer Zusammensetzung erstarren. Die ferritische Erstarrung ergibt eine sehr viel geringere Empfindlichkeit gegenüber Heißrissbildung. Die normalen austenitischen nichtrostenden Stahlsorten sind meist chemisch so ausgewogen, dass sie eine ferritische Erstarrung mit einem Ferritanteil von ≥ 3 FN liefern und die Gefahr zur Erstarrungsrisbildung verringert wird (siehe EN ISO 8249 zur Bestimmung des Ferritgehaltes).

Die Heißrissbildung ist auch von den Schweißbedingungen abhängig. Eine hohe Schweißgeschwindigkeit erzeugt tränenförmige Schmelzbäder, die eine Mittellinienseigerung von Fremdelementen fördern und die Gefahr von Rissbildungen erhöhen. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Schweißstromstärke und Schweißgeschwindigkeit ist notwendig, um optimale Schweißbedingungen zu erzielen.

Weitere Empfehlungen zur Vermeidung von Heißrissbildungen enthalten die folgenden Hinweise:

- a) Für normale austenitische nichtrostende Stähle Schweißzusätze auswählen, die einen Ferritgehalt zwischen 3 FN und 15 FN im Schweißgut ergeben.
- b) Für vollaustenitische nichtrostende Stähle Zusatzwerkstoffe mit geringerem Gehalt an Verunreinigungen und mit erhöhtem Mangangehalt auswählen.
- c) Optimale Reinheit sicherstellen.
- d) Verformungsbehinderung an der Verbindung verringern.
- e) Niedrige Wärmeeinbringungen anwenden und größere Schweißbäder vermeiden.
- f) Zwischenlagentemperatur verringern (höchstens 150 °C).
- g) Schweißgeschwindigkeit verringern.
- h) Das Verhältnis zwischen Breite und Tiefe des Schmelzbades sollte ungefähr zwischen 1 und 1,5 liegen.

Vollaustenitische nichtrostende Stähle sind infolge ihrer Erstarrungsart anfällig für die Bildung von Erstarrungsrisen. Beim Schweißen derartiger Stähle ist es daher notwendig, mit Ausnahme von a) so viele der vorgenannten Vorsichtsmaßnahmen wie möglich einzuschließen.

A.3.2 Mechanische Eigenschaften

Die Dehngrenze und die Zugfestigkeit der Schweißnähte bei austenitischen nichtrostenden Stählen sind im Allgemeinen etwa gleich oder höher als die des Grundwerkstoffes. Die Duktilität kann leicht vermindert sein,

bleibt jedoch hervorragend. Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT) ist deshalb meist nicht notwendig.

Die Duktilität und Zähigkeit der Schweißung kann verschlechtert werden, wenn eine beträchtliche Menge intermetallischer Ausscheidungen wie Sigma-Phase und Chi-Phase gebildet werden. Diese treten meist nur bei Stählen mit einem hohen Chrom-, Molybdän- und Siliciumgehalt auf, wenn hohe Wärmeeinbringungen angewendet werden. Hohe Wärmeeinbringungen sollten deshalb bei höher legierten austenitischen nichtrostenden Stählen vermieden werden.

A.3.3 Korrosionsbeständigkeit

A.3.3.1 Sensibilisierung oder Gefügezerfall in der Schweißung

Eine gute Korrosionsbeständigkeit hängt von einer gleichmäßigen Verteilung der Elemente Chrom und Molybdän im Grundwerkstoff und im Schweißgut ab. Eine Sensibilisierung durch Karbide und Nitride oder Ausscheidung von intermetallischen Phasen wie die Sigma-Phase, die eine örtliche Verarmung von Chrom und/oder Molybdän ergeben könnte, sollte vermieden werden. Die Gefahr der Sensibilisierung wird durch den Einsatz von Stahlsorten mit niedrigem Kohlenstoffgehalt ($\leq 0,030\%$) oder durch Verwendung von stabilisierten (Titan, Niob/Tantal) Stählen und Schweißzusätzen vermindert.

Um die Gefahr der Aufnahme von Kohlenstoff und Stickstoff auszuschließen, sollten Verunreinigungen der Schweißung und der Wärmeeinflusszone (WEZ) vermieden werden. Schutzgase, die mehr als 2,5 % CO₂ enthalten, sollten deshalb vermieden werden, es sei denn, dies wird vom Hersteller/Lieferanten der Zusatzwerkstoffe besonders empfohlen.

Um die Gefahr der Ausscheidung intermetallischer Phasen während des Schweißens zu vermindern, sollte die Wärmeeinbringung und die Zwischenlagentemperatur niedrig gehalten werden.

A.3.3.2 Spannungskorrosion

Spannungskorrosion kann in austenitischen nichtrostenden Stählen auftreten, wenn sie Kombinationen ungünstiger Bedingungen ausgesetzt sind, diese schließen aggressive Medien (wie Halogenidlösungen), erhöhte Temperaturen und aufgebrachte Zugspannungen ein. Eigenspannungen durch Schweißen oder Schleifen können bei ungünstigen Umgebungsbedingungen oftmals genügen, um eine derartige aggressive Situation zu verursachen. Es ist deshalb ratsam, sicherzustellen, dass Eigenspannungen in Fertigungen verringert werden, die für diese Art der Aggressivität anfällig sein können.

Die Beständigkeit gegen Spannungskorrosion kann durch den Einsatz von ferritischen oder Duplex-Stahlsorten sowie superaustenitischen Stählen mit hohen Nickelgehalten entscheidend erhöht werden (normale ferritische nichtrostende Stahlsorten weisen jedoch eine verminderte Beständigkeit gegen allgemeine Korrosion auf).

A.3.4 Verzug

Infolge ihrer höheren Wärmeausdehnung und ihrer geringeren Wärmeleitfähigkeit verglichen mit Kohlenstoffstählen sind austenitische nichtrostende Stähle bedeutend verzugsanfälliger als Kohlenstoffstähle oder andere nichtrostende Stähle. Empfehlungen zur Verringerung des Verzuges werden in Abschnitt 9 wiedergegeben.

A.4 Behandlung nach dem Schweißen

A.4.1 Wärmebehandlung

Eine Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen (PWHT) ist für austenitische nichtrostende Stähle meist nicht notwendig. Wärmebehandlungen können jedoch mitunter notwendig sein, um die Spannungen nach