

Ersetzt Ausgabe April 1986

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Einteilung der Stähle
- 3 Drahtelektroden und Schweißpulver
- 4 Reines Schweißgut
- 5 Schweißverbindung
- 6 Korrosionseigenschaften
- 7 Verarbeitungshinweise
 - 7.1 Fugenvorbereitung
 - 7.2 Badsicherung
 - 7.3 Schweißparameter
 - 7.4 Wärmeleitung
- 8 Nachbehandlung
- 9 Zerstörungsfreie Prüfung
- 10 Schrifttum

1 Einleitung

Die nicht rostenden austenitischen Stähle lassen sich mit nahezu allen in der Praxis üblichen Verfahren schmelz- und widerstandsschweißen.

Ein sehr häufig, vor allem im Apparate-, Behälter- und Rohrleitungsbau eingesetztes Verfahren stellt das Unterpulverschweißen (UP-Schweißen) dar.

Dieses DVS-Merkblatt soll dem Anwender als Leitfaden für das UP-Schweißen austenitischer Stähle dienen, da dieses Verfahren bislang nicht in dem Umfang eingesetzt wird, wie es seiner wirtschaftlichen und qualitativen Merkmalen entspricht.

2 Einteilung der Stähle

Austenitische Stähle und Stahlgussorten zeichnen sich durch besondere physikalische und korrosionschemische Eigenschaften aus. Man unterteilt sie in folgende Gruppen:

- a) Nichtrostende austenitische Stähle, zum Beispiel nach DIN EN 10088, DIN EN 10283, SEW 400, SEW 410.
- b) Kaltzähe austenitische Stähle, zum Beispiel nach SEW 685.
- c) Hochwarmfeste austenitische Stähle, zum Beispiel nach DIN EN 10302, DIN EN 10216-5.
- d) Hitzebeständige austenitische Stähle, zum Beispiel nach SEW 470.

3 Drahtelektroden und Schweißpulver

Für das Unterpulverschweißen der oben genannten Stähle stehen genormte und nicht genormte Schweißzusätze zur Verfügung. Die genormten Qualitäten sind in DIN EN 12072 aufgeführt.

Bei den Schweißzusätzen ist zwischen artgleichen und artfremden Qualitäten zu unterscheiden, wobei letztere nur in Ausnahmefällen Berücksichtigung finden. Ein fremdmetallhaltiges Pulver ist in der Regel das Verbinden mit artgleichen oder artähnlichen Zusätzen, damit spezielle Eigenschaften korrosionschemischer oder physikalischer Art im gesamten Bauteil gewährleistet sind.

Für die UP-Schweißzusätze existieren diverse Schweißpulver. Diese Pulver sind in DIN EN 706 erfasst und bevorzugt der Klasse 2 zugeordnet. Pulver gleicher Klassenzugehörigkeit können unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Es werden sowohl Schmelzpulver als auch agglomerierte Schweißpulver angeboten mit Unterschieden in

- Basizitätsgrad
- mineralogischen Aufbau
- Zu- und Abwandverhalten
- Kornspektrum

Zur Erzielung von EL-C-Schweißgut (Extra-Low-Carbon) sind solche Schweißpulver einzusetzen, die sich in Verbindung mit entsprechend niedrig gekohlten Drahtelektroden bezüglich Kohlenstoffneutralverhalten.

Bei den Schweißzusätzen ist vom Gefügeaufbau des Schweißgutes mit zwischen deltaferrithaltigen und deltaferritfreien, also vollaustenitischen Qualitäten zu unterscheiden. Deltaferrithaltige Schweißzusätze sind im allgemeinen hinsichtlich der Heißrissempfindung im Schweißgut problemlos zu verarbeiten. Vollaustenitische Schweißzusätze bedürfen dagegen trotz Optimierung in der chemischen Zusammensetzung (niedriger Schwefelgehalt, niedriger Siliziumgehalt, hoher Mangangehalt) einer ausgefeilten Schweißtechnologie (siehe Abschnitt 7). Ein vollaustenitisches Schweißgut wird vielfach aus physikalischen (unter anderem unmagnetisch) oder aus korrosionschemischen Gründen gefordert.

Hochwarmfeste austenitische Stähle werden aus Gründen der Zeitstandfestigkeit grundsätzlich mit vollaustenitischem Schweißgut geschweißt.

Tabelle 1 zeigt die Zuordnung der Drahtelektroden zu den Stahlqualitäten.

4 Reines Schweißgut

Neben der chemischen Zusammensetzung der Drahtelektrode interessiert die Zusammensetzung des reinen Schweißgutes, da hier die Einflüsse des Schweißpulvers – obwohl allgemein nur als Schweißhilfsstoff bezeichnet – und der Schweißtechnologie (Schweißparameter) erfasst werden.

Reines Schweißgut wird durch eine 10-Lagen-Auftragschweißung, zum Beispiel in Anlehnung an DVS 0907-1, hergestellt. Die Vermischung mit dem Grundwerkstoff ist bei dieser Probe vernachlässigbar klein.

Dieses Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Lichtbogenschweißen“

Tabelle 1. Zusammenstellung der austenitischen Stähle und Stahlgussorten und Zuordnung der Unterpulver-Drahtelektroden.

Werkstoff-Nr. ¹⁾	Stähle nach DIN EN 10088	Unterpulver-Drahtelektroden ³⁾		Bemerkungen ⁴⁾
		artgleich	artähnlich ²⁾	
1.4301 1.4303 1.4310 1.4318 1.6902	X 5 CrNi18-10 X 4 CrNi 18-12 X 10 CrNi18-8 X 2 CrNi18-7 G X 6 CrNi 18-10 (SEW 685)	1.4302 UPX5CrNi19 9 - DIN 8556	(1.4316) DIN EN 12072-S 19 9 L oder (1.4551) DIN EN 12072-S 19 9 Nb	
1.4306 1.4311	X 2 CrNi19-11 X 2 CrNi18-10	(1.4316) DIN EN 12072-S 19 9 L	1.4302 oder (1.4551)	
1.4541 1.4550 1.4878 1.6905	X 6 CrNiTi 18-10 X 6 CrNiNb18-10 X 12 CrNiTi 18 9 (SEW 470) G X 5 CrNiNb 18-10	(1.4551) DIN EN 12072-S 19 9 Nb	1.4302 oder (1.4316)	
1.4401 1.4408 1.4436	X 5 CrNiMo 17-12-2 G X 5 CrNiMo 19-11-2 (EN 10283) X 3 CrNiMo 17-13-3	1.4403 UP X 5 CrNiMo 19 11-DIN 8556	(1.4430) DIN EN 12072-S 19 12 3 L oder (1.4576) DIN EN 12072 - S 19 12 3 Nb	
1.4404 1.4406 (1.4429) 1.4435	X 2 CrNiMo 17-12-2 X 2 CrNiMoN 17-11-2 (X 2 CrNiMoN 17-13-3) X 2 CrNiMo 18-14-3	(1.4430) DIN EN 12072-S 19 12 3 L	1.4403 oder (1.4576)	für 1.4429 auch vollaustenitische Schweißzusätze
1.4571 1.4580 1.4581 1.4583	X 6 CrNiMoTi 17-12-2 X 6 CrNiMoNb 17-12-2 G X 5 CrNiMoNb 19-11-2 (EN 10283) X 10 CrNiMoNb 18 12	(1.4576) DIN EN 12072-S 19 12 3 Nb		
1.4465 1.4505 1.4506 1.4577 1.4539	X 1 CrNiMoN 25-25-2 (SEW 400) X 4 NiCrMoCuNb 20-18-2 (SEW 400) X 5 NiCrMoCuTi 20-18 (-) X 3 CrNiMoTi 25-25 (SEW 400) X 1 NiCrMoCu 25-20-5	nicht bekannt für 1.4539: DIN EN 12072 - SZ 20 25 5 Cu NL	nicht bekannt	
1.4439 1.4449	X 2 CrNiMoN 17-13-5 X 3 CrNiMo 18-12-3 (EN 10222-5)	artgleiche bzw. artähnliche Schweißzusätze existieren für 1.4439: DIN EN 12072-S 18 16 Cu NL		
1.4828 1.4841 1.4845	X 15 CrNiSi 20-12 (SEW 470) X 15 CrNiSi 25-20 (SEW 470) X 12 CrNi 25-21 (SEW 470)	DIN EN 12072-S 22 12 Mn DIN EN 12072-S 25 20 Mn DIN EN 12072-S 25 20 Mn		
1.4919 1.4945 1.4948 1.4949 1.4961 1.4981 1.4986 1.4988	X 6 CrNiMo 17-13 (DIN 17460) X 6 CrNiWNB 16-16 X 6 CrNi 18-11 (DIN 17460) X 3 CrNiN 18-11 (DIN 17460) X 8 CrNiNb 16-13 (DIN 17460) X 8 CrNiMoNb 16-16 (DIN 17460) X 8 CrNiMoNBn 16-16 (DIN 17240) X 8 CrNiMoVNb 16-13 (DIN 17460)			Für diese hochwärmfesten Stähle existieren einige angleiche oder artähnliche Schweißzusätze, z. B. für 1.4948 und 1.4949. Für andere Stähle dieser Gruppe sind Zusätze für das UP-Schweißen nicht bekannt.

1) und entsprechend Stahlgussorten

2) Unter bestimmten Voraussetzungen (Korrosionsbedingungen, Betriebstemperatur, Wärmebehandlung usw.) auch einsetzbar

3) Pulverhinweise siehe Abschnitt 3

4) Bei der Fertigung Überwachungspflichtiger Anlagen sind die entsprechenden Regelwerke zu beachten.

Die metallurgische Wirkung des Schweißpulvers, das heißt der Zu- bzw. Abbrand einzelner Elemente, wird über den Vergleich der chemischen Zusammensetzung der Drahtelektrode und der oberen Lage der 10-Lagen-Auftragsschweißung ermittelt. Neben der Veränderung des Gehaltes einzelner Elemente interessiert auch der Legierungsvektor [1, 2]. Er stellt die Addition der Zu- und/oder Abbrandwerte bei der Bestimmung der Chrom- und Nickel-Äquivalente (zum Beispiel nach Schaeffler) dar. Bei ferrithaltigem Schweißgut ist der Legierungsvektor für das Vorausbestimmen des zu erwartenden Deltaferritgehaltes nützlich, Bild 1. Die grundsätzlichen Tendenzen des Zu- und Abbrandverhaltens in Abhängigkeit von den Schweißparametern sind in DVS 0907-3 beschrieben. Die Festlegung der mechanisch-technologischen Gütewerte des reinen Schweißgutes wird mit der Schweißgutprobe nach DIN EN 10021 durchgeführt.

5 Schweißverbindung

Neben den speziellen Werkstoffanforderungen (mechanisch, physikalisch, korrosionschemisch) an eine Schweißverbindung ist in jedem Fall die Rissfreiheit gefordert. Bei austenitischen Schweißverbindungen besteht im wesentlichen nur die Gefahr von Heißrissbildungen in Form von Erstarrungs- oder Wiederaufschmelzungsrissen. Auf die positive Wirkung des Deltaferrits in austenitischem Schweißgut ist bereits hingewiesen worden. Die Bestimmung der Zusammensetzung des Schweißgutes einer Y-Naht und die sich daraus ergebenden Ferritgehalte verdeutlicht Bild 2. Aber nicht der bei Raumtemperatur messbare Ferrit ist entscheidend und in jedem Fall aussagefähig, sondern die Art der Erstarrung. Gefährdet (heißrissgefährdet) ist besonders ein Schweißgut, welches primär austenitisch erstarrt. Ein primär ferritisch erstarrendes Schweißgut ist dagegen als rissicher zu bezeichnen [3; 4]. In Bild 3 ist die für die primär austenitische Erstarrung maßgebende Grenzlinie nach Thier mit eingetragen. Die chemische Zusammensetzung des Schweißgutes einer