

# Versuchsschweissungen an Rohr-Stutzen-Verbindungen aus 1.4435

## Bericht ATS Nr 01/04 alfa-laval

### Versuchsdurchführung

- Grundwerkstoffe
- Zusatzwerkstoffe
- Schutz- und Formiergase
- Verfahrens- und Schweißparameter

### Versuchsergebnisse

- Beobachtungen Schweißprozess
- Metallografischer Befund
- Ferritmessungen
- Vergleichende Korrosionsmessungen
- Rauigkeitsmessungen

### Versuchsdurchführung

Es wurden Schweißungen an Rohr-Stutzen-Verbindungen durchgeführt mit dem Ziel, den Einfluss von verschiedenen Zusatzwerkstoffen und Schutzgasen auf das Nahtaussehen, den Ferritgehalt im Schweißgut, die Rauigkeit und die Korrosionsbeständigkeit zu ermitteln.

### Grundwerkstoffe

#### Rohr

Die längsnahtgeschweißten Rohrstücke bestehen aus dem Werkstoff X2CrNiMo 18-14-3 nach EN 10028-7 (Wst.Nr 1.4435) Charge Nr. 3113191 in der Abmessung ISO DN 32 (42.40 mm x 2.00 mm). Herstellerfirma ist Avesta Polarit Stainless Tubes.

Es handelt sich um Elektrostahl, der im AOD-Konverter sekundärmetallurgisch behandelt wurde. Die Rohrstücke liegen im lösungsgeglühten Zustand (1080 °C, Gasabschreckung) vor. Sie sind innen und aussen geschliffen und poliert und weisen plangedrehte Enden auf. Analyse gem. Werkszeugnis 3.1 B nach EN 10204 in Massen-% (s. Tabelle 1)

Die arithmetische Mittenrauigkeit  $R_a$  wird wie folgt attestiert:

Grundwerkstoff aussen:	0.31
Grundwerkstoff innen:	0.24
Längsschweißnaht aussen:	0.26
Längsschweißnaht innen:	0.26
Der Ferritgehalt ist mit 0.2% angegeben.	

#### Tri-Clamp-Stutzen

Es handelt sich um einen Schweißstutzen aus Werkstoff 1.4435 nach DIN 17440 im geschälten und lösungsgeglühten Zustand. Der Werkstoffhersteller ist Acciaierie Valbruna und er bezeichnet die Charge mit Nr. 3635.

Analyse gem. Werkszeugnis 3.1 B nach EN 10204 in Massen-% (s. Tabelle 1): Signifikant an dieser Charge ist der relativ hoch eingestellte Schwefelgehalt von 0.024%.

#### Zusatzwerkstoffe

Die Versuchsschweißungen wurden mit zwei unterschiedlichen Zusatzwerkstoffen des Herstellers Böhler-Thyssen-Welding durchgeführt. Während der Werkstoff 1.4430 mit der Bezeichnung EAS 4M-IG (Chg. 948479) annähernd als artgleich angesprochen werden kann, ist die zweite Variante, Werkstoff-Nr. 1.4519, Markenname CN20/25 M-IG (Chg. 94743), deutlich überlegiert. Analysen s. Tabelle 1 gem. Werkszeugnissen 2.2 nach EN 10204.

#### Schutz- und Formiergase

Es wurden drei verschiedene Schutzgase bei jeweils dem gleichen Formiergas verwendet.

Die Gaszusammensetzungen waren wie folgt:

Formiergas: 90% Stickstoff, 10% Wasserstoff

Schutzgas 1: Argon 4.8

Schutzgas 2: 97% Argon, 3% Stickstoff (CRONIWIG N3)

Schutzgas 3: 96.2% Argon, 3% Stickstoff, 0.8% Wasserstoff (CRONIWIG Spezial)

Die Mischgenauigkeiten der verwendeten Gase entsprechen den Anforderungen gemäss EN 439.

#### Verfahrens- und Schweißparameter

Es wurden 6 Versuchsschweißungen durchgeführt, wobei zwei verschiedene Zusatzwerkstoffe und drei verschiedene Schutzgase eingesetzt wurden. Das Formiergas war in allen Fällen gleich.

Die Versuchs-, Proben- und Schliff-Nummern kennzeichnen folgende Varianten:  
 Nr. 1: EAS 4 M-IG; CRONIWIG N3  
 Nr. 2: CN20/25 M-IG; Argon  
 Nr. 3: CN20/25 M-IG; CRONIWIG N3  
 Nr. 4: EAS 4 M-IG; CRONIWIG spezial  
 Nr. 5: EAS 4 M-IG; Argon  
 Nr. 6: CN20/25 M-IG; CRONIWIG spezial

Die Schweißungen wurden nach dem WIG-Verfahren (141) mit Nahtart BW in Position PA ausgeführt. Die verwendete WIG-Anlage Prestotig 250 war in allen Fällen mit einer Wolfram-Elektrode des Typs WL 20, Durchmesser 2.4 mm ausgerüstet.

Eine Skizze des verschweißten Bauteils zeigt Abb. 1:

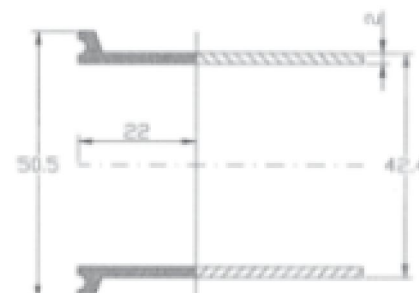


Abb. 1: Rohr-Stutzenverbindung

Alle Schweißungen wurden mit Hilfe einer Drehvorrichtung mit Schweißgeschwindigkeiten im Bereich von 41-50 mm/min ausgeführt. Die Schutzgasmenge betrug in allen Fällen 8 l/min.

### Versuchsergebnisse

#### Beobachtungen beim Schweißen

Die beiden mit Argon geschweißten Varianten «artgleich» und «überlegiert» liessen sich einwandfrei schweißen und benötigten dabei – wie bei diesem Schutzgas üblich – eine gewisse Zeit zur Erzielung der nötigen Schmelztemperatur von Grundwerkstoff und Zusatzstab. In beiden Fällen waren die Fliesseigenschaften als gut anzusprechen.

Beim Wechsel zum Schutzgas mit 3% Stickstoff wurde das Schmelzbad unruhiger und es gab vereinzelt Spritzer beim Schweißen. Die Nahtschuppung tendierte zu einer leichten Unsymmetrie in

Richtung Rohr. Die Standzeit der Wolframelektrode erwies sich als kürzer als unter Argon.

Das Schweißen mit Schutzgas des Typs Ar-N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> erwies sich sehr gut kontrollierbar und konnte mit geringerer Stromstärke und höherer Schweissgeschwindigkeit vorgenommen werden: also insgesamt mit geringerer Streckenenergie.

### Metallografischer Befund

Die Oberflächenbefunde sind in den nebenstehenden Bildern zu sehen. Die Proben 2 und 5 wurden mit Argon geschweisst und zeigen ein einwandfreies Nahtaussehen.

Die Proben 1 und 3 zeigen eine leicht unruhige Oberfläche mit einer dichten Schuppenstruktur. Die Nahtfärbung erscheint matt-grau.

Die Proben 4 und 6 zeigen ein schönes Nahtaussehen und weisen eine etwas weniger dichte Schuppung auf, bedingt durch die leicht höhere Schweissgeschwindigkeit bzw. geringere Stromstärke. Die Naht erscheint etwas glänzender: ein auf die reduzierenden Eigenschaften des wasserstoffhaltigen Schutzgases zurückzuführender Effekt.

Die Querschleife (1–6) mit 15-facher Vergrößerung zeigen in allen Fällen ein fehlerfreies Nahtbild. Es sind keinerlei Poren, Bindefehler, Einbrandkerben oder sonstige Unregelmässigkeiten feststellbar. Im Grundwerkstoff des Rohres deuten sich leichte Mittenseigerungen an.

### Ferritmessungen

Der Ferritgehalt in der Schweissnaht wurde an verschiedenen Punkten auf der Schweissnahtoberfläche mit einem Ferritscope gemessen.

In den einzelnen Varianten wurden die folgenden mittleren Ferritgehalte festgestellt:

Ferritgehalt	
Nr. 1: 0.1%	Nr. 4: 0.8%
Nr. 2: 0.2%	Nr. 5: 3.5%
Nr. 3: 0.2%	Nr. 6: 0.1%

Man erkennt einerseits die ferritsenkende Wirkung von Stickstoff im Schutz-

gas und andererseits den starken Einfluss des überlegierten Schweisszusatzes. Hier macht sich die austenitstabilisierende Wirkung des Legierungselements Nickel deutlich bemerkbar. Generell ist anzumerken, dass bei kleinen Ferritgehalten die Messunsicherheiten bei der Messung grösser werden, da erst ab etwa 0.1% Ferrit eine Magnetisierbarkeit möglich ist.

### Vergleichende Korrosionsmessungen

Es wurden vergleichende Messungen der Korrosionsbeständigkeit durchgeführt. Das Messprinzip beruht auf der Bestimmung des Lochfrasspotenzials. Dabei wird durch eine stetige allmähliche Erhöhung des Potenzials der Durchbruch determiniert. Ein hohes Lochfrasspotenzial bedeutet, dass der nichtrostende Stahl eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweist. Spannungen unterhalb des Lochfrasspotenzials bewirken ein passives Verhalten der Oberfläche, Spannungen darüber bewirken Lochfrasskorrosion.

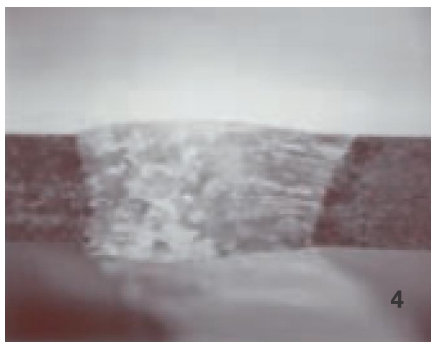
Die Messungen wurden in einer ersten Versuchsreihe mit einem Elektrolyten bestehend aus 1-molarer Natriumchloridlösung mit einem Prüfpotenzial von 140 mV durchgeführt, und zwar an beiden Grundwerkstoffen, im Bereich der Schweissnaht und der Wärmeeinflusszone, jeweils auf den Aussenseiten.

Da die Kalibrierung des Messgeräts nicht mit ausreichender Sicherheit reproduzierbar gelang, fielen die Messergebnisse nicht interpretierbar und reproduzierbar aus. Vermutlich wurde für die Messungen ein zu starker Elektrolyt verwendet.

Daher wird eine zweite Versuchsreihe mit einer 0.1-molaren Natriumchloridlösung und einem Prüfpotenzial von 180 mV notwendig sein.

Aus Erfahrung mit dem gleichen Werkstoff lässt sich jedoch ableiten, dass eine Korrosionsbeständigkeit analog dem Grundwerkstoff mit dem überlegierten Schweissgut erzielt wird, wenn die Bildung von Anlaufarben während des Schweißens durch Formieren unterbun-





den wird oder durch nachträgliches Beizen oder Schleifen jegliche Anlaufarben entfernt werden.

### Rauigkeitsmessungen

An Probe 5 wurden Oberflächenrauigkeiten bestimmt. Der arithmetische Mittenrauwert wurde an verschiedenen Messorten auf der Innenseite der Probe 5 bestimmt; dabei zeigte sich folgender Befund:

Rohr 20 mm neben Naht Ra = 0.5 µm  
 Stutzen Ra = 0.3 µm  
 Rohr nach Schweißen Ra = 0.2 µm  
 Stutzen nach Schweißen Ra = 0.2 µm

### Zusammenfassung

Es sollten Schweißverbindungen zwischen Rohren und Clamp-Stutzen hergestellt werden, die im pharmazeutischen Bereich und bei Anwendungen mit Reinstwasser eingesetzt werden. Die Eignung der Schweißverbindungen für diesen Zweck war zu prüfen.

Die durchgeführten Versuchsschweißungen zeigen, dass mittels WIG-Schweißung zwischen Rohr und Stutzen aus 1.4435 eine Schweißverbindung mit einer guten Nahtqualität und einem tiefem Ferritgehalt hergestellt werden kann, wenn mit einem überle-

giertem Zusatzwerkstoff des Typs 1.4519 und einem Schutzgas, bestehend aus 3% Stickstoff, 0.8% Wasserstoff, Rest Argon, gearbeitet wird.

### Schweissausführung

Martin Offenhäuser  
 TIG-Lehrschweisser / SFM  
 INOX – Schweißtechnik GmbH

Dipl.-Ing. Eberhard Brune, PanGas  
 Leiter Schweiß- und Schneidtechnik

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti
<b>Rohr</b>	0.018	0.44	1.62	0.026	0.001	17.23	12.6	2.57	-	-
<b>Clamp-Stutzen</b>	0.017	0.36	1.64	0.025	0.024	17.2	12.7	2.6	-	0.039
<b>EAS4M-IG</b>	0.017	0.45	1.83	0.012	0.009	18.73	12.19	2.54	0.1	-
<b>CN 20-25 M-IG</b>	0.019	0.69	4.58	0.014	0.002	19.77	25.82	6.09	1.45	-

Tabelle 1: Werkstoff-Analysen