

Tipps für Praktiker.

Formieren.

Inhalt:

1. Warum formieren?
2. Wurzelschutzgase – Werkstoffe
3. Vorrichtungen zum Formieren
4. Anwendungshinweise
5. Arbeitssicherheit

Schweissnaht **ohne** Wurzelschutz



Schweissnaht **mit** Wurzelschutz



1. Warum formieren?

Beim Schweißen korrosionsbeständiger Stähle, z. B. nicht rostender Stähle, werden die erhitzten Nahtbereiche durch den Luftsauerstoff oxidiert. Sie sind dann nicht mehr korrosionsbeständig.

Bei Zugänglichkeit lassen sich die Oxidschichten, auch Anlauffarben genannt, durch Verfahren wie Bürsten oder Beizen entfernen, um die Korrosionseigenschaften wiederherzustellen. Eine andere Möglichkeit ist das Verhindern der Anlauffarben durch Schutz der erwärmten Nahtbereiche vor dem Sauerstoff mit Gasen. Das Verdrängen der Luft und Umspülen des Wurzelbereiches nennt man Formieren. Mit dem Wurzelschutzgas muss beim Abkühlen so lange gespült werden, bis keine Reaktion mit der Luft mehr stattfinden kann.

Dieser Vorgang verbessert die Qualität der Wurzel. Er ist in einigen Fällen auch notwendig, wenn die Nahtunterseite zugänglich ist. Bei reaktiven Werkstoffen wie Titan oder Zirkonium muss nicht nur der Wurzelbereich, sondern auch die Nahtoberseite hinter der Schweißstelle mit einem Schleppschuh geschützt werden. Es kann auch in einer Kammer mit einem inerten Gas geschweisst werden, da beim Schweißen die Komponenten der Luft zu einer Versprödung der Werkstoffe führen.



Kammer zum Schweißen in Inertgas-Atmosphäre, Bild: E. Jankus

2. Wurzelschutzgase – Werkstoffe

Als Wurzelschutzgase werden eingesetzt:

- Argon als inertes nicht reagierendes Schutzgas
- Stickstoff als quasi-inertes reaktionsträges Schutzgas
- Gemische aus Argon bzw. Stickstoff mit Wasserstoff als reduzierende Schutzgase

Beim Orbitalschweißen mit geschlossenen Kammern müssen Schweißschutzgas und Wurzelschutzgas gleich sein.

Empfohlene Wurzelschutzgase für verschiedene Werkstoffarten:

Wurzelschutzgase	Werkstoffe
HYDRARGON® 2 bis 10	austenitische CrNi-Stähle, Nickel und Nickel-Basis-Werkstoffe
Formiergas 95/5 bis 75/25 *	austenitische CrNi-Stähle, Stähle mit Ausnahme hochfester Feinkornbaustähle
Argon 4.6	alle schweißgeeigneten Werkstoffe
Argon 5.0	gasempfindliche Werkstoffe wie Titan
CRONIWIG® N3 Stickstoff (N ₂) *	Duplex- und Superduplexstähle austenitische CrNi-Stähle

* Bei titanstabilisierten nicht rostenden Stählen tritt bei Anwendung von Stickstoff bzw. Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch eine Titanitrid-Bildung auf der durchgeschweißten Wurzel auf (Gelbfärbung). Über das Belassen dieses Titan-Nitrides muss von Fall zu Fall entschieden werden.



Titanstabilisierter Rostfrei-Stahl:
Gelbfärbung unter N₂/H₂



Titanstabilisierter Rostfrei-Stahl:
formiert mit Ar/H₂

3. Vorrichtungen zum Formieren

Je nach Bauteil werden unterschiedliche Vorrichtungen zum Formieren eingesetzt. Von grosser Bedeutung ist, dass die Formiergase durch Siebbleche oder Sintermetall mit geringer Strömungsgeschwindigkeit der Schweissstelle zugeführt werden. Dadurch wird das Einwirbeln von Luft weitgehend vermieden und der Formiervorgang effektiv gestaltet.

Vorrichtungen für Rohre, Längs- und Kehlnähte sind erhältlich. Für diese Formiereinrichtungen gibt es Angaben zur Gasmenge und Vorspülzeit bis zum Schweissbeginn.



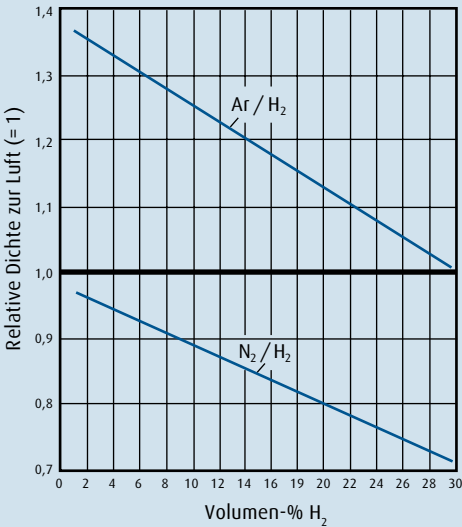
Für Freiformteile werden Formiervorrichtungen von Fachfirmen in Zusammenarbeit mit dem Verarbeiter hergestellt.



Formiereinrichtung für Kehlnähte, Bild: E. Jankus

4. Anwendungshinweise

Die besten Vorrichtungen bleiben wirkungslos, wenn bestimmte Anwendungsregeln nicht beachtet werden. Von Bedeutung ist beim Verdrängungsspülen die relative Dichte der Gase zur Luft.



Relative Dichte von Wurzelschutzgasen

Besonders beim Spülen von Behältern und Rohren ist auf Folgendes zu achten:

- Leichtere Gase von oben,
- schwerere Gase von unten einbringen.
- Die Auswahl des Gases hängt von der Lage der Schweißnaht am Bauteil ab.

Der Formiervorgang muss Folgendes umfassen:

- Das Verdrängen der Luft im Wurzelbereich vor dem Schweißen.
- Die Aufrechterhaltung des Spülens während des Schweißens.
- Das Spülen bei der Abkühlung nach dem Schweißen, bis keine Oxidation mehr auftritt. Bei nicht rostenden Stählen beträgt diese Temperatur 250 °C.
- Diese drei Schritte müssen auch beim Heften erfolgen, da beim Überschweißen die Oxide nicht entfernt werden.

Die sich bildenden Anlauffarben sind abhängig vom Restsauerstoffgehalt und der Wärmeeinbringung beim Schweißen. Beim Schweißen der nicht rostenden Stähle sind gelbe Anlauffarben für viele Anwendungen zulässig. Dies entspricht dann einem bekannten Restsauerstoffgehalt.

Bei nicht rostenden Stählen wird in der Regel eine genügende Verdünnung erreicht, wenn das ca. 5- bis 6-Fache des geometrischen Volumens als Wurzelschutzgasmenge eingesetzt wird.

Beispiel:

Rohrinnendurchmesser	= 132 mm
Spülstrecke	= 1000 mm
Rohrvolumen	= 14 l
Gasdurchfluss	= 12 l/min
Spülfaktor	= 6
Gasvolumen 6×14	= 84 l
Spülzeit 84:12	= 7 min

Das Beispiel bezieht sich auf eine Rohrlänge von 1 m und gilt nur, wenn das Wurzelschutzgas langsam, gleichmässig und ohne Verwirbelung die Luft im Rohr verdrängt. Formiereinrichtungen begrenzen deshalb das Volumen im Nahtbereich und führen das Wurzelschutzgas gleichmässig durch Sinterwerkstoffe ein.

Angaben über Gasmengen und Spülzeiten bei Formiereinrichtungen beziehen sich auf Schweißstösse ohne Spalt. Durch einen Schweißspalt tritt eine Injektorwirkung auf. Das Abdichten des Schweißstosses mit Klebebändern oder Blechmanschetten hat sich bewährt.



Abdichten des Schweißstosses während des Schweißens, Bild: E. Jankus

Von Bedeutung sind ebenfalls die für die Zufuhr des Formiergases verwendeten Schlauchleitungen, weil die Feuchtigkeits- und Sauerstoffdurchlässigkeit vom Material abhängt. Gummischläuche mit Gewebeeinlagen und Schläuche auf Basis von Teflon sind am besten geeignet. Bei der Verarbeitung der reaktiven Werkstoffe (Titan u. a.) und bei Duplexstählen werden metallische Rohre eingesetzt.

Zur Überprüfung der Betriebsbedingungen oder im Rahmen der Qualitätssicherung kann es notwendig sein, den Restsauerstoffgehalt vor dem Heften und Schweißen zu messen. Formiereinrichtungen enthalten eine Zuführung für die Messsonden. Spezielle Messgeräte messen die geringen Sauerstoffgehalte, die im Bereich von einigen ppm liegen müssen. 1 ppm bedeutet, dass auf 1 Million Atome nur 1 Atom Sauerstoff kommt.



Messeinrichtungen zum Bestimmen des Restsauerstoffgehaltes,
Bild: E. Jankus

5. Arbeitssicherheit

Die wasserstoffhaltigen Formiergase sind – abhängig vom Wasserstoffgehalt – brennbar. Brennbare Gemische sind dann gegeben, wenn der Anteil des Wasserstoffs in der Luft zwischen 4 und 75 Vol. % liegt. Im Wurzelbereich ist unter den Arbeitsbedingungen keine Luft mit 21 % Sauerstoff vorhanden, damit besteht keine Entzündungsgefahr.

Für Formieraufgaben an Bauteilen mit schwer zugänglichen Bereichen kann ein sicheres Verdrängen der Luft nicht gewährleistet werden. Hier können Formiergase unter 4 Vol. % Wasserstoff, Argon bzw. Stickstoff verwendet werden.

Das Formiergas tritt aus dem Formierbereich in die Umgebung aus. Je kleiner das Volumen des Arbeitsraumes ist, je grösser ist die Gefahr der Anreicherung in der Luft. Stickstoff und Argon sind nicht giftig und brennbar, können jedoch den Sauerstoff verdrängen und somit besteht eine erhöhte Erstickungsgefahr. Be- und Entlüftung können deshalb notwendig sein.

Bei Verwendung von wasserstoffhaltigen Wurzelschutzgasen können explosionsfähige Gemische in engen Räumen entstehen. Formiergase ab 10 % Wasserstoff können am Gasaustritt abgefackelt werden. Bei diesem Vorgang muss mit Hinweisschildern gewarnt werden, weil die Flamme fast unsichtbar brennt.