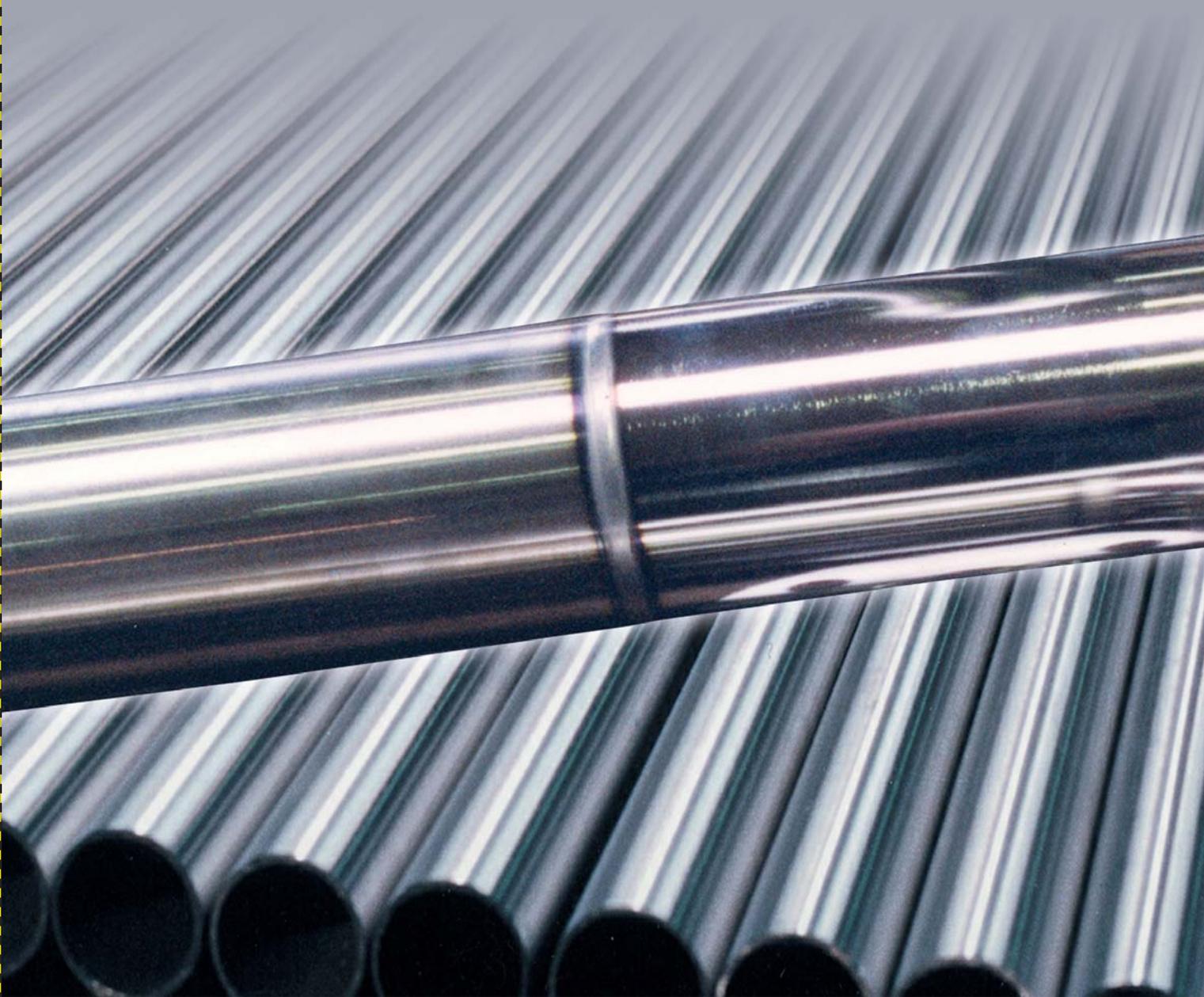


Formieren

Wurzelschutz beim Schweißen



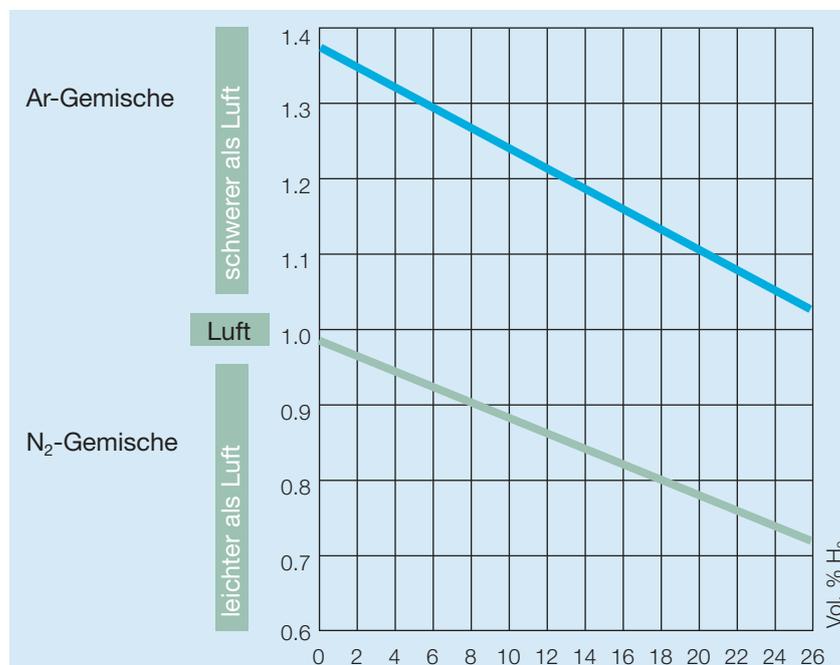
Wurzelschutzgase für alle Anwendungen



Die richtige Auswahl und Anwendung der Gase sind entscheidend für den Erfolg des Wurzelschutzes

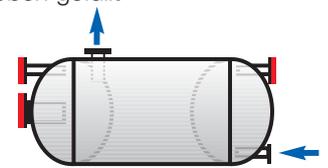
Die Anwendung von Wurzelschutzgasen

Bei der Anwendung von Wurzelschutzgasen kommt der relativen Dichte der Gase eine besondere Bedeutung bei der Gaszuführung zu. In der Praxis hat sich auch gezeigt, dass die zu schweisenden Bauteile nicht dicht verschlossen werden dürfen, da sonst der Sauerstoff nicht entweichen kann.



Gaszuführung bei Behältern:

- Formiergas **schwerer** als Luft
- Gaseintritt unten
- Behälter wird von unten nach oben gefüllt



- Formiergas **leichter** als Luft
- Gaseintritt oben
- Behälter wird von oben nach unten gefüllt



Arbeitssicherheit

- Argon und Stickstoff sind ungiftig und unbrennbar. Sie wirken aber durch die Verdrängung des Sauerstoffes erstickungsfördernd. Es ist darauf zu achten, dass Arbeiten mit diesen Gasen nur in gut belüfteten Räumen ausgeführt werden dürfen.
- Wasserstoffhaltige Wurzelschutzgase sind je nach H₂-Anteil brennbar. Bei einem Anteil von > 10 % H₂ müssen sie abgefackelt werden. Vorsicht Brandgefahr.
- Sicherheitshinweise auf den Flaschenetiketten beachten!

- Die Spülleistung bzw. der Sauerstoffaustrag ist nicht proportional zur eingesetzten Gasmenge bzw. Strömungsgeschwindigkeit.
- Spülmenge und Spülzeit sind abhängig von Volumen und Strömungsgeschwindigkeit.
- Gasarten und Spülzeiten sind fallweise den Anforderungen anzupassen.
- Schlecht vorbereitete Nahtstöße mit offenem Spalt können eine starke Sauerstoffaufnahme verursachen
- Höhere Wasserstoffgehalte im Wurzelschutzgas sind meist nicht erforderlich und müssen zudem abgefackelt werden.
- Selbst kleine Mengen von Titan im Grundwerkstoff bilden mit geringen Mengen von Stickstoff im Formiergas festhaftende Titanitridschichten. N₂-haltige Schutzgase sind somit für die Anwendung nicht geeignet.

Gase für den Wurzelschutz



Wurzelschutzgase erhalten bei der schweisstechnischen Verarbeitung von Metallen weitgehend deren Eigenschaften wie Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit.

Gasschutz

Beim Schweißen von Metallen reagieren die zu bearbeitenden Werkstücke sehr empfindlich auf die in der Luft enthaltenen Gase Sauerstoff und Stickstoff. Deshalb wird ein Gasschutz benötigt.

Beim Schutzgasschweißen unterscheiden wir drei Schutzbereiche:

1. Der primäre Gasschutz sorgt für den Schutz des Schmelzbades und der direkt angrenzenden wärmebeeinflussten Zone. Diese Funktion übernimmt die Gasdüse.
2. Der sekundäre Gasschutz soll die fertige Schweissnaht schützen, bis sie soweit abgekühlt ist, dass sie nicht mehr auf den Sauerstoff und Stickstoff der Umgebungsluft reagiert. Dies wird mit Hilfe eines Nachlaufschutzes (Schleppschuh) erreicht.
3. Sehr empfindlich reagiert auch die Wurzelseite der Schweissnaht. Sie muss deshalb durch ein Gas gegen Oxidation geschützt werden. Damit können gleichzeitig die Qualität der Wurzel verbessert und Wurzelfehler vermieden werden.

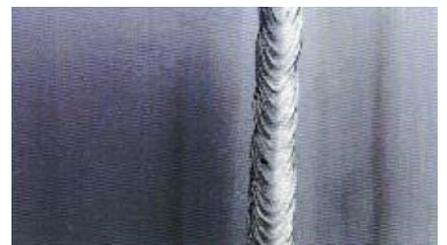
Der Wurzelschutz (Formieren) kommt hauptsächlich bei hochlegierten Werkstoffen wie CrNi-Stählen oder Ni-Legierungen zum Einsatz. Dabei umspülen Schutzgase die hoch erhitzten Nahtwurzel- und Nahttrandbereiche und verdrängen so die Luftatmosphäre.

Beim Wurzelschutz werden inerte oder wasserstoffhaltige Gase eingesetzt. Die Zugabe von Wasserstoff zum Wurzelschutzgas (Formiergas) bindet den Restsauerstoff und verbessert die Wurzelbildung.

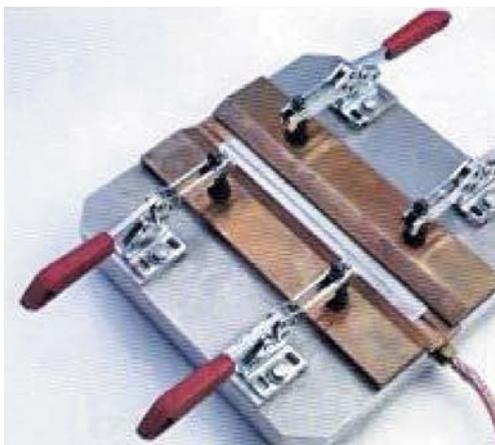
Anwendungsbeispiele



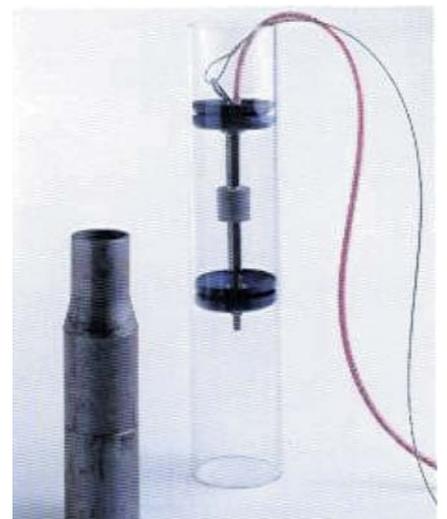
Ohne Wurzelschutz



Mit Wurzelschutz



Für den optimalen Wurzelschutz sind heute für Rohre und Kehlnähte unterschiedliche Formier-
vorrichtungen verfügbar. Bei komplizierten Bauteilgeometrien werden die Vorrichtungen selber konstruiert. Wichtig ist der Einsatz von Sintermetallen, die für eine langsame und gleichmäßige Gasströmung sorgen, wodurch sich ein Verwirbeln der Luft vermeiden lässt.



Für höchste Anforderungen



Das „Formieren“ – vor allem von CrNi-Stählen – erfordert eine grosse Erfahrung und besondere Sorgfalt. Die Spezialisten von Carbagas liefern Ihnen das optimale Gas und unterstützen Sie mit ihrem Know-how.

Anwendungsbereiche von Wurzelschutzgasen (Formiergasen)

Gas	Bezeichnung nach EN 14175	Werkstoffe
Argon	I1	Alle Werkstoffe
Stickstoff	N1	Austenitische CrNi-Stähle, Duplexstähle
Stickstoff / Wasserstoff	N5	Austenitische CrNi-Stähle
Argon / Wasserstoff	R2	Austenitische CrNi-Stähle, Nickel und Nickel-Basis-Werkstoffe
Argon / Stickstoff	N2	Austenitische CrNi-Stähle, Duplex- und Superduplexstähle

Beispiele verschiedener Oxidationsgrade (Verfärbungen)



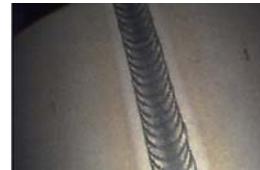
Rest O₂ 310 ppm



Rest O₂ 145 ppm



Rest O₂ 38 ppm



Rest O₂ 21 ppm



Rest O₂ 5 ppm

Schlauchleitungen

Die Verbindungen von der Formiergasflasche zum Werkstück werden in der Regel mittels Schläuchen erstellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Schlauchmaterialien sehr unterschiedliche Feuchtigkeits- und Sauerstoffdurchlässigkeiten aufweisen können. Die Schlauchleitungen sollten deshalb möglichst kurz gehalten werden. Nach längeren Arbeitsunterbrüchen, vor allem bei hoher Luftfeuchtigkeit, müssen Schläuche immer vorgespült werden. Bei der Verarbeitung von gasempfindlichen Werkstoffen (z.B. Titan und Tantal) wird, sofern möglich, der Einsatz von Rohren statt Schläuchen empfohlen.



Gasdiffusion verschiedener Schläuche mit Helium 100 l / h Spülmenge bei 4 bar (Schlauchdurchmesser 6 mm)			
Sauerstoff O ₂		Wasser H ₂ O	
1. Urethan	1 ppm	1. Teflon	1 – 2 ppm
2. Polyethylen	1 ppm	2. Polyethylen	1 – 2 ppm
3. PVC	2 ppm	3. PVC	6 ppm
4. Autogenschlauch	4 ppm	4. Autogenschlauch	15 ppm
5. Teflon	16 ppm	5. Urethan	18 ppm

Polyethylen ist sehr gut geeignet, aber in den meisten Fällen wird PVC verwendet.

Qualität und Korrosionsbeständigkeit



Das Formieren bildet bei Qualitätsschweissarbeiten, wie z.B. bei der Fertigung von hochlegierten korrosionsbeständigen Komponenten, eine notwendige Massnahme für die Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit.

Spülzeiten

Die Vorspülzeiten beruhen meistens auf Erfahrungswerten. Diese können aber auch mit Hilfe von Restsauerstoffmessungen bestimmt werden. Generell ist ein maximaler Sauerstoffgehalt von 20 ppm zu empfehlen.

Bevor mit dem Schweißen begonnen werden kann, muss die Wurzelseite mit Schutzgas gespült werden, um die Sauerstoffkonzentration zu vermindern. Einen wesentlichen Einfluss auf eine oxidfreie Nahtwurzel hat die Vorspülzeit. Sie ist auch aus wirtschaftlichen Überlegungen wichtig. Eine zu kurze Spülzeit führt zu Fehlern in der Nahtwurzel und damit evtl. zu aufwendigen Reparaturarbeiten. Eine zu lange Spülzeit sorgt für überhöhte Gaskosten. Die Tabelle zeigt einige Beispiele für die Berechnung von Spülzeiten und Durchflussmengen bei verschiedenen Rohrdimensionen. Die notierten Werte sind mit der Rohrlänge (in Meter!) zu multiplizieren.

Spülgas l/min Rohr Ø mm	5 l/min.	10 l/min.	12 l/min.	14 l/min.	16 l/min.	18 l/min.	20 l/min.	25 l/min.
	Spülzeiten in Sek./1 m Rohrlänge							
Ø 17.2 mm	8.4	4.2	3.5	3.0	2.6	2.3	2.1	1.7
Ø 21.3 mm	12.8	6.4	5.3	4.6	4.0	3.6	3.2	2.6
Ø 26.9 mm	20.5	10.2	8.5	7.3	6.4	5.7	5.1	4.1
Ø 33.7 mm	32.1	16.1	13.4	11.5	10.0	8.9	8.0	6.4
Ø 42.4 mm	50.8	25.4	21.2	18.2	15.9	14.1	12.7	10.2
Ø 48.3 mm	66.0	33.0	27.5	23.6	20.6	18.3	16.5	13.2
Ø 60.3 mm	102.8	51.4	42.8	36.7	32.1	28.6	25.7	20.6
Ø 65.0 mm	119.5	59.7	49.8	42.7	37.3	33.2	29.9	23.9
Ø 70.0 mm	138.5	69.3	57.7	49.5	43.3	38.5	34.6	27.7
Ø 76.1 mm	163.7	81.9	68.2	58.5	51.2	45.5	40.9	32.7
Ø 82.5 mm	192.4	96.2	80.2	68.7	60.1	53.5	48.1	38.5
Ø 88.9 mm	223.5	111.7	93.1	79.8	69.8	62.1	55.9	44.7
Ø 90.0 mm	229.0	114.5	95.4	81.8	71.6	63.6	57.3	45.8
Ø 101.6 mm	291.9	145.9	121.6	104.2	91.2	81.1	73.0	58.4
Ø 108.0 mm	329.8	164.9	137.4	117.8	103.1	91.6	82.4	66.0

Neben den dargestellten Richtwerten sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Eignung des Formiergases gegenüber dem Werkstoff
- Art des Formiergases (H₂-Anteil, Dichte)
- Zuführungsart des Formiergases
- Abdeckungsmöglichkeiten der Nähte (Dichtheit des Schweissteils)
- Volumen und Geometrie des zu spülenden Behälters

Die optimale Spülmenge

Die optimale Spülmenge lässt sich am exaktesten durch einen Schweißversuch ermitteln. Dies lohnt sich aber nur bei Serienarbeiten. Um Verwirbelungen mit Luft zu vermeiden, muss die Einströmgeschwindigkeit möglichst klein gehalten werden. Sie ist abhängig von Leitungsdurchmesser und Strömungsmenge.

Carbagas

Kontakt

Hauptsitz
Hofgut - 3073 Gümligen
Tel. 031 950 50 50
Fax 031 950 50 51
info@carbagas.ch
www.carbagas.ch

Bern
Waldeggstrasse 38
3097 Liebefeld-Bern
Tel. 031 978 78 00
Fax 031 978 78 02

Basel
Kohlenstrasse 40
4013 Basel
Tel. 061 386 45 45
Fax 061 386 45 00

Zürich
Klotenerstrasse 20
8153 Rümlang
Tel. 044 818 87 00
Fax 044 817 17 78

Lausanne
4, Rue du Grand-Pré
1000 Lausanne 16
Tel. 021 621 11 11
Fax 021 621 11 12