

Schutzgase zum Schweißen und Formieren von CrNi-Stählen

Shielding gases for welding and root shielding of chrome nickel steels

S. Trube und Th. Ammann, Linde Gas AG, Höllriegelskreuth

Schutzgase zum Schweißen und Formieren von CrNi-Stählen

S. Trube und Th. Ammann, Linde Gas AG, Höllriegelskreuth

1. Einführung

Die austenitischen CrNi-Stähle werden nach [1] wie folgt unterschieden:

- ▷ Austenitische Stähle mit/ohne Molybdän
- ▷ Austenitische Stähle mit besonders niedrigem Kohlenstoffgehalt zur Vermeidung der interkristallinen Korrosion
- ▷ Stabilisierte austenitische Stähle mit ebenfalls verbesserter Beständigkeit gegen IK
- ▷ Sog. Superaustenite, die sehr gute Korrosionsbeständigkeit durch vollkommen austenitisches Gefüge aufweisen
- ▷ Austenitisch-ferritische (Duplex-) Stähle. Diese Stahlsorten zeigen durch ihr zweiphasiges Gefüge aus Ferrit und Austenit gute Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion und Lochkorrosion bei gleichzeitig verbesserter Festigkeit und Zähigkeit. Das Ferrit-Austenit-Verhältnis beträgt idealerweise 50/50.

Die austenitischen Stähle sind in der Regel gut schweißgeeignet. Zu beachten ist, daß sich durch den Wärmeeintrag in Verbindung mit Luftsauerstoff auf den Werkstückoberflächen aufgrund von Oxidationsvorgängen Anlauffarben bilden. Da diese Anlauffarben die Korrosionsbeständigkeit von CrNi-Stählen z.T. erheblich beeinträchtigen, sollten sie entweder durch fachgerechtes Formieren vermieden oder aber nach dem Schweißen durch Beizen, Strahlen o.ä. entfernt werden. Die besten Ergebnisse werden durch kombinierten Einsatz der Verfahren erzielt, d.h. durch Formieren oder Strahlen mit jeweils anschließender Beizbehandlung.

Von den unlegierten Stählen unterscheiden sich die nichtrostenden Stähle neben der Korrosionsbeständigkeit durch ihre erheblich geringere Wärmeleitfähigkeit und die höhere Wärmeausdehnung, was zu starkem Verzug führen kann. Weiterhin ist beim Schweißen das Schmelzbad deutlich zähflüssiger.

Die Schutzgase für alle Schutzgasschweißprozesse sind in [2] genormt, und zwar sowohl Schweiß- als auch Wurzelschutzgase. Die Kennzeichnung erfolgt dabei nicht eindeutig, sondern anhand von Konzentrationsbereichen, so daß eine EN-Bezeichnung allein zur Beschreibung eines bestimmten Schutzgasmischungs nicht ausreicht. Dies ist z.B. bei Bestellungen zu beachten.

2. Schutzgase zum MSG-Schweißen

Das MIG-Schweißen unter Reinargon kommt bei nichtrostenden Stählen nur selten zum Einsatz. Ohne aktive Schutzgasbestandteile wie CO₂ oder Sauerstoff brennt der Lichtbogen instabil. Wärmeleitfähigkeit und Ionisationsenergie des Argons sind nur gering, entsprechend schlecht ist die Wärmeeinbringung in das Werkstück. Als Folge davon ist das Schmelzbad sehr zähflüssig und es läuft nur schlecht an den Grundwerkstoff an (Benetzungsverhalten). Das Ergebnis

ist eine unregelmäßig ausgeprägte Naht mit unbefriedigendem Einbrand. Schutzgase zum MSG-Schweißen von hochlegierten Stählen enthalten daher Aktivgasbestandteile, d.h. Zugaben von Sauerstoff oder Kohlendioxid, wodurch der Lichtbogen stabilisiert, das Benetzungsverhalten verbessert und der Wärmeeintrag in das Werkstück erhöht wird.

Argon/Sauerstoff – Gemische zum Schutzgasschweißen von CrNi-Werkstoffen enthalten üblicherweise zwischen 1 und 3 % O₂. Sie bewirken einen stabilen Lichtbogen und einen spritzerarmen Schweißprozeß. Nachteilig sind im Vergleich zu CO₂-haltigen Gasen jedoch der hohe Oxidationsgrad, der geringe Wärmeeintrag und die Porenempfindlichkeit. Der Wärmeeintrag kann zwar durch höhere Sauerstoffgehalte verbessert werden, die Oxidation der Nahtoberfläche verstärkt sich aber in gleichem Maße. Zusätzlich ist mit einer Zunahme festhaftender Schlacken auf der Schweißnaht zu rechnen, die vor dem Beizen durch Schleifen oder Hämmern entfernt werden müssen.

Weitgehend durchgesetzt haben sich zum MSG-Schweißen von CrNi-Stählen daher argonreiche Schutzgase mit CO₂-Anteilen um 2,5 %. Durch Dissoziations- und Rekombinationsvorgänge der CO₂-Moleküle im Lichtbogen ergibt sich ein höherer Wärmeeintrag bei gleichzeitig verbessertem Oxidations- und Porenverhalten. Im Vergleich zu Ar/O₂-Gemischen fällt die Naht aufgrund der höheren Wärmeeinbringung breiter aus, das Anfließen an den Grundwerkstoff erfolgt sicherer.

Zur weiteren Verbesserung des Benetzungsverhaltens sowie zur Steigerung der Schweißgeschwindigkeit können Schutzgase mit zusätzlichen Anteilen von Helium eingesetzt werden, der Heliumanteil bewegt sich dabei üblicherweise zwischen 20 % und 50 %. Im Vergleich zu Argon ist die Ionisierungsenergie und die Wärmeleitfähigkeit des Heliums deutlich größer, was zu einem stärkeren Wärmeeintrag in das Werkstück führt. Das Schmelzbad wird dadurch stärker erwärmt und dünnflüssiger. Die große Wärmeleitfähigkeit des Heliums sorgt für einen verbesserten Wärmeübergang in den Grundwerkstoff, im Querschliff ist deutlich zu erkennen, daß bei etwas größerer Einbrandtiefe die Schweißbraupe breiter ausfließt, Bild 1. Ebenfalls positiven Einfluß haben die He-halti-

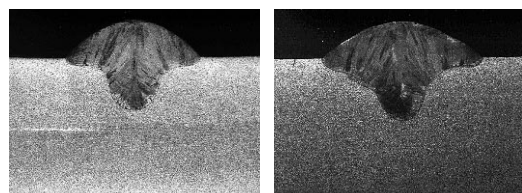


Bild 1: MAG-Schweißen an 1.4301, vollmechanisch, Draht-Ø 1,2 mm, v_{Draht} = 9,4 m/min, Pos. P_A. Ar + 2,5 % CO₂, linkes Teilbild, gegenüber Ar + 2 % CO₂ + 20 % He, rechtes Teilbild

gen Gase beim Schweißen der sehr zähfließenden Mo-legierten CrNi-Werkstoffe. Diese Stähle neigen insbesondere beim Schweißen mit höheren Leistungen zur Bildung von Ablagerungen auf der Oberfläche, die nur sehr schwer zu entfernen sind. Mit He-haltigen Gasen kann diese Tendenz verringert werden.

3. Schutzgase zum WIG-Schweißen

Zum WIG-Schweißen hochlegierter Stähle stellt Argon nach wie vor das Standard-Schutzgas dar. Mit Schutzgasen, die neben Argon noch einen Anteil von Wasserstoff enthalten, kann die Schweißgeschwindigkeit gesteigert werden, wobei je nach Anwendung H₂-Anteile zwischen 2 % und 20 % üblich sind. Bei Handschweißungen sollte allerdings der Schweißer schrittweise an den erhöhten Wasserstoffanteil im Schutzgas und die daraus resultierende Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit gewöhnt werden. Gehalte von mehr als 6 % H₂ sind für die meisten Schweißaufgaben nicht mehr von Hand zu beherrschen, solche Gase sind den teil- oder vollmechanischen WIG-Prozessen vorbehalten.

Duplex-Stähle sollten wegen ihres hohen Ferritanteiles nicht mit wasserstoffhaltigen Gasen geschweißt werden, um die Gefahr der wasserstoffinduzierten Rißbildung auszuschließen. Außerdem kann es bei einigen hochlegierten Werkstoffen mit steigendem H₂-Gehalt des Schweißschutzgases zu einer Porenbildung kommen. Eine der wichtigsten Regeln beim Schweißen mit wasserstoffhaltigen Schutzgasen ist die Beseitigung von Sauerstoff bzw. Sauerstoffträgern aus dem Lichtbogenbereich. Besonders Anlauffarben, Walzhaut u.ä. sind in diesem Zusammenhang als Sauerstoffträger anzusehen. Als Beispiel sei das WIG-Orbitalschweißen von CrNi-Rohren angeführt. Bei Einsatz H₂-haltiger Schutzgase kommt es beim Überschweißen des Startbereiches oft zur Porenbil-

dung. Dort bilden sich am Schweißbeginn Anlauffarben, d.h. Oxide, die beim Überschweißen nochmals in den Schweißprozeß eingebracht werden.

Auch eine gleichzeitige Anwesenheit von Sauerstoff oder CO₂ in einem wasserstoffhaltigen Schutzgas kann zu vermehrter Porenbildung z.B. beim MAG-Schweißen führen.

Die Eignung H₂-haltiger Gase sollte immer anhand von Versuchsschweißungen überprüft werden.

Einen weiteren Aspekt auf dem Gebiet der WIG-Schutzgase stellen die stickstoffhaltigen Gasemischungen dar. Sie ermöglichen durch die stark austenitisierende Wirkung des Stickstoffs eine Reduktion des Ferritgehaltes im Schweißgut und werden bereits erfolgreich an den nicht ferritfreien Vollausteniten sowie an Duplexstählen eingesetzt. Nicht unerwähnt bleiben darf beim Schweißen mit stickstoffhaltigen Schutzgasen jedoch, daß sich die Standzeit der WIG-Elektrode verringert, d.h. sie muß häufiger nachgeschliffen werden als dies bei Argon der Fall ist.

4. Schutzgase zum Formieren


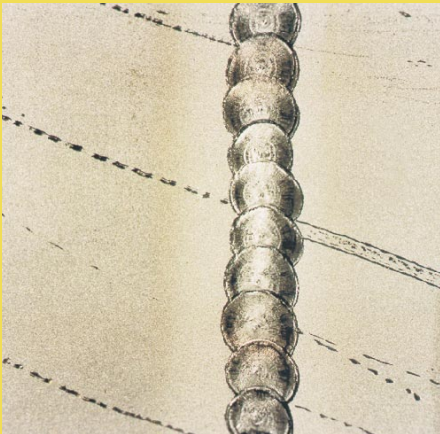
Sinn und Zweck des Formierens ist es, zum einen die Bildung von Anlauffarben bzw. Oxidationen zu verhindern, zum anderen wird durch das Wurzelschutzgas eine sichere Wurzeldurchschweißung aufgrund verringerter Oxidation der Nahtkanten gewährleistet. Wie stark eine solche Oxidation die Bildung einer Wurzel behindern kann, zeigt Bild 2. Während die Naht im rechten Teilbild fachgerecht formiert wurde, konnte sich bei der Naht im linken Teilbild durch den Kontakt mit Luft keine Wurzel ausbilden. Die Werkstückkanten sind aufgrund starker Oxidation nicht zusammengelaufen, erkennbar an der schwarzen Linie in der Nahtmitte.

Rohr 60,3 x 2,9 mm

Werkstoff 1.4571
X6 CrNiMoTi 17 12 2

Oberfläche:
Standardqualität

Step-Programm

Schutzgas		Luft	Argon
Pulszeit	t _p [s]		1,0
Grundzeit	t _G [s]		1,0
Pulsstrom	I _p [A]		105
Grundstrom	I _G [A]		40
Schweißgeschw. v _s		Brennerbewegung nur während t _G mit 11 cm/min	

Bild 2: Ausbildung der Schweißnahtwurzel ohne und mit Wurzelschutz

Unterschieden werden drei Arten der Spülung:

- ▷ Verdrängungsspülung, bei der das spezifische Gewicht des Wurzelschutzgases ausgenutzt wird, um die Luft aus einem Volumen zu verdrängen und durch Schutzgas zu ersetzen, Bild 3,
- ▷ Verdünnungsspülung, bei der das strömende Schutzgas nach und nach den Restsauerstoffgehalt an der Naht herabsetzt,
- ▷ Evakuierungsspülung, bei der das zu spülende Volumen zunächst luftleer gepumpt und anschließend mit Schutzgas gefüllt wird.

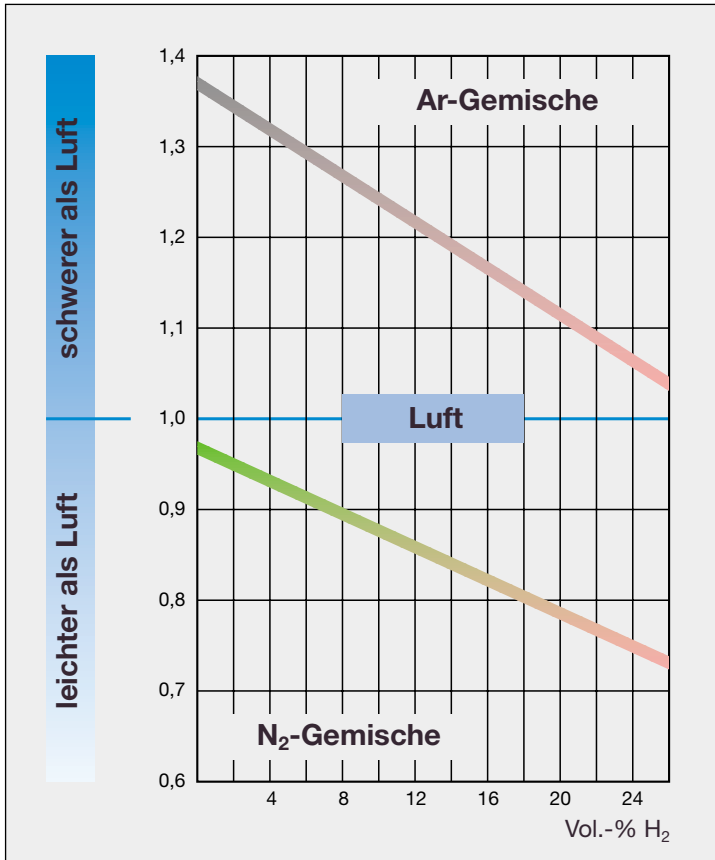


Bild 3: Relative Dichte von Wurzelschutzgasen gegenüber Luft

Eine Übersicht der Schutzgase zum Wurzelschutz zeigt Tabelle 1.

Schutzgas	Werkstoff
Argon	Alle Werkstoffe
Ar/H ₂ -Gemische	Austenitische CrNi-Stähle, Ni und Ni-Basis-Werkstoffe
N ₂ /H ₂ -Gemische	Stähle mit Ausnahme hochfester Feinkornbaustähle, austenitische Stähle (nicht Ti-stabilisiert)
N ₂	Austenitische CrNi-Stähle,
Ar/N ₂ -Gemische	Duplex- und Superduplex-Werkstoffe

Tabelle 1: Wurzelschutzgase für verschiedene Werkstoffe

Für die Auswahl des richtigen Wurzelschutzgases sind verschiedene Kriterien zu berücksichtigen:

- a) Metallurgische Gesichtspunkte.
Kann durch das verwendete Wurzelschutzgas eine Werkstoffschädigung eintreten?

- b) Relative Dichte.
Welche Art der Spülung wird angewendet?

- c) Verfügbarkeit.
Kann das Schweißschutzgas auch als Wurzelschutzgas eingesetzt werden?

Zu a): Ferritische und ferritisch-austenitische (Duplex-) Werkstoffe sollten nicht mit wasserstoffhaltigen Gasen formiert werden, um die Gefahr einer wasserstoffinduzierten Rißbildung auszuschließen. Eine weitere Einschränkung gilt für das Formieren von Titan-stabilisierten Stählen (z.B. 1.4571) mit stickstoffhaltigen Wurzelschutzgasen. In diesem Fall verbinden sich das Titan im Werkstoff und der Stickstoff im Schutzgas zu Titanitrid, das sich auf der Nahtwurzel ablagert und eine deutliche Gelbfärbung hervorruft. Von Anlauffarben ist diese Gelbfärbung leicht zu unterscheiden, da sie nur auf den umgeschmolzenen Nahtbereichen auftritt und nicht im wärmebeeinflussten Grundwerkstoff, Bild 4.

Zu b): z.B. Verdrängungsspülung in einem Behälter. N₂/H₂-Gemische (leichter als Luft) sollten von oben eingeleitet werden, Argon oder Ar/H₂-Gemische (schwerer als Luft) von unten.

Zu c): Wird beispielsweise bei einer mechanisierten WIG-Schweißung ein Ar/H₂-Gemisch als Schweißschutzgas verwendet, so spricht in den meisten Fällen nichts dagegen, dasselbe Gas auch als Wurzelschutzgas einzusetzen, vgl. auch Kapitel 3.

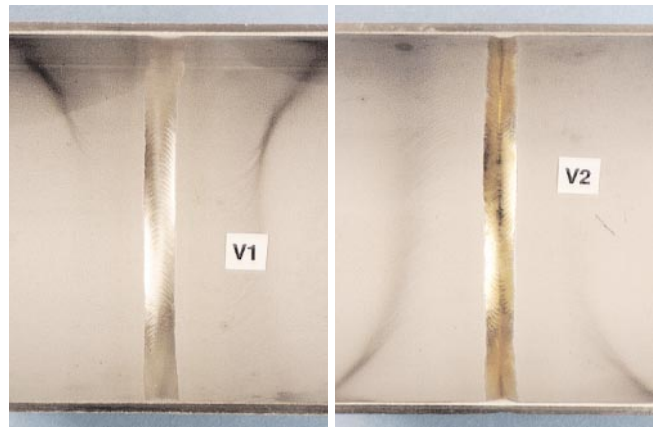


Bild 4: Gelbfärbung der Wurzel durch Titanitrid. Links formiert mit Argon, rechts mit N₂/H₂ 90/10 Werkstoff 1.4571, WIG-Orbital

Wichtigste Kenngröße zur Ermittlung einer ausreichenden Spülzeit ist der Restsauerstoffgehalt im Bereich der Nahtwurzel. Als ausreichend niedrig kann ein Restsauerstoffgehalt von ca. 50 vpm angesehen werden. Dieser Wert sollte jedoch nur als Richtwert dienen, denn die Stärke der Anlauffarbenbildung hängt zusätzlich noch von der Oberflächenbeschaffenheit des Materials und von der eingebrachten Streckenenergie ab.

Durch die unüberschaubare Vielzahl an möglichen Schweißaufgaben und Werkstückgeometrien ist es kaum möglich, Spülzeiten, erlaubte Restsauerstoffmengen und Stärke der Anlauffarbenbildung exakt vorherzusagen. Eine Hilfestellung zur Ermittlung von Vorspülzeiten ist in [3] gegeben. Mit Hilfe des dort vorgestellten Diagramms lassen sich erste Richtwerte zur benötigten Vorspülzeit ermitteln, die jedoch anhand von Versuchen noch überprüft werden sollten, Bild 5.

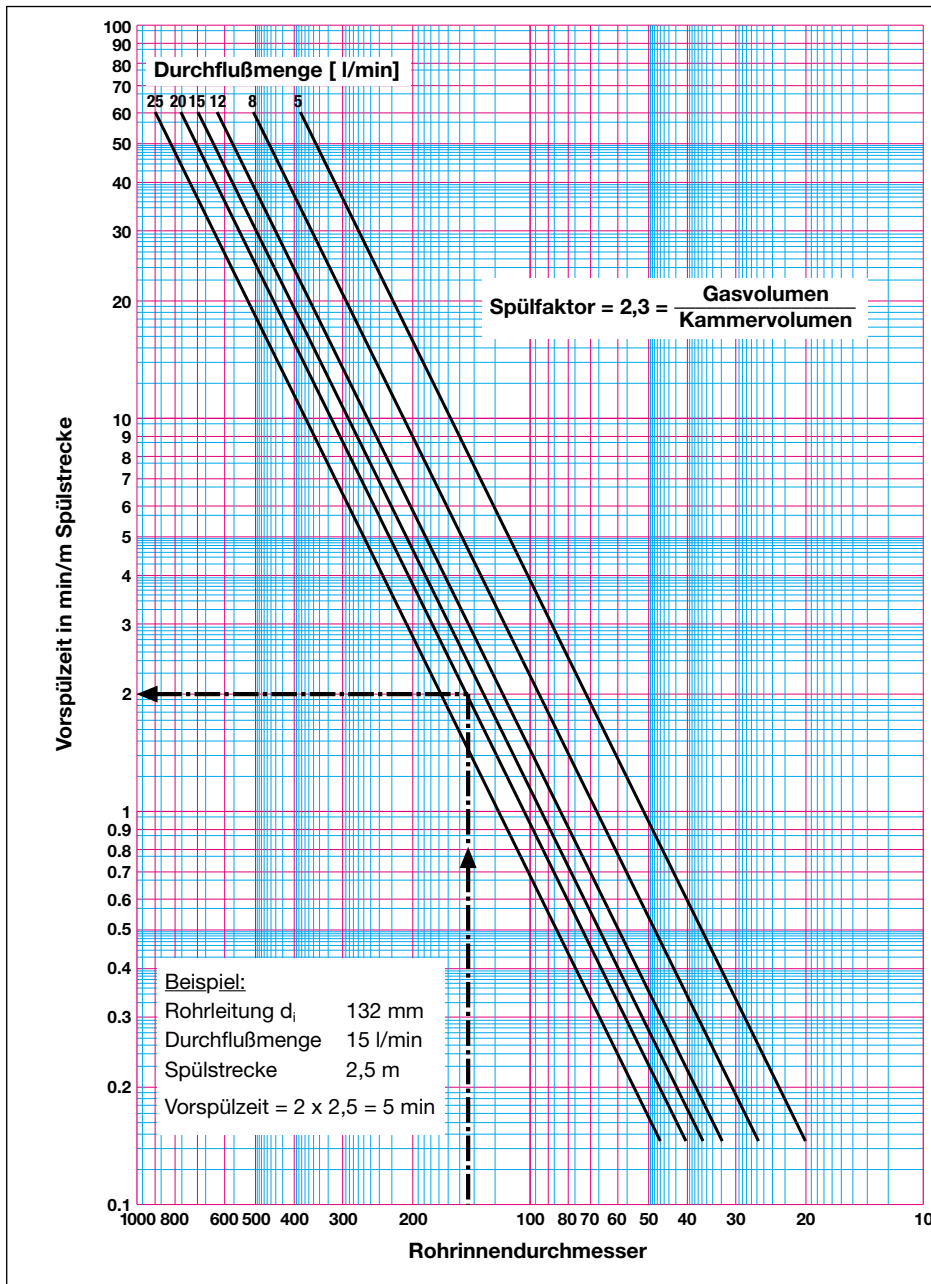


Bild 5: Vorspülzeit in Abhängigkeit vom Rohrinnendurchmesser bei verschiedenen Durchflußmengen [3]

Es gelten allerdings einige Grundregeln zur Anwendung von Wurzelschutzgasen:

- ▷ Das zu spülende Volumen ist möglichst klein zu halten, z.B. durch speziell an das Werkstück angepasste Formier- vorrichtungen.
- ▷ Das Wurzelschutzgas sollte langsam, möglichst großflächig und laminar ausströmen, um Verwirbelungen mit der Luft zu vermeiden. Besonders wichtig ist dies bei der Verdrängungsspülung. Die Spülzeit hängt nicht notwendigerweise mit der Durchflußgeschwindigkeit zusammen. Weniger ist hier oft mehr.

5. Anwendungsbeispiel

Für die Verrohrung eines Chemikaliertankers sollten Rohre aus Duplex-Stahl 1.4462 mit dem WIG-Orbital-Prozeß geschweißt werden. Vorgeschlagen wurde folgendes Verfahren:

Werkstoff	1.4462 (X2 CrNiMoN 22-5-3)
Rohrabmessungen	Ø 54 mm x 2 mm
Schweißverfahren	WIG-Orbital, I-Stoß, ohne Schweißzusatz
Schweißgeschwindigkeit	4,5 cm/min
Pulsfrequenz	2,2 Hz
Grundstrom / Pulsstrom	30A / 60A

Für die Vorversuche wurden verschiedene stickstoffhaltige Schutzgase eingesetzt, um deren Einfluß auf den Ferritgehalt im Schweißgut zu untersuchen. Die Messung des Ferritgehaltes erfolgte zerstörungsfrei mit einem magnetinduktiven Messverfahren, es wurde jeweils der Mittelwert aus 20 Messungen auf dem Umfang der Schweißnahtoberseite gebildet. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt Bild 6. Deutlich zu erkennen ist der Einfluß der verschiedenen Stickstoffanteile im Schweißschutzgas. Der Ferritgehalt im Schweißgut sinkt mit steigendem Stickstoffgehalt.

Im vorliegenden Fall wäre die Verwendung eines Schutzgasgemisches Ar + 2 % N₂ zu empfehlen. Dieses Schutzgas bietet die beste Annäherung an den idealen Ferritgehalt von 50 %, gleichzeitig hält sich der Elektrodenverschleiß noch in Grenzen. Der Verzicht auf den sonst notwendigen Schweißzusatz ermöglicht eine signifikante Kosteneinsparung.

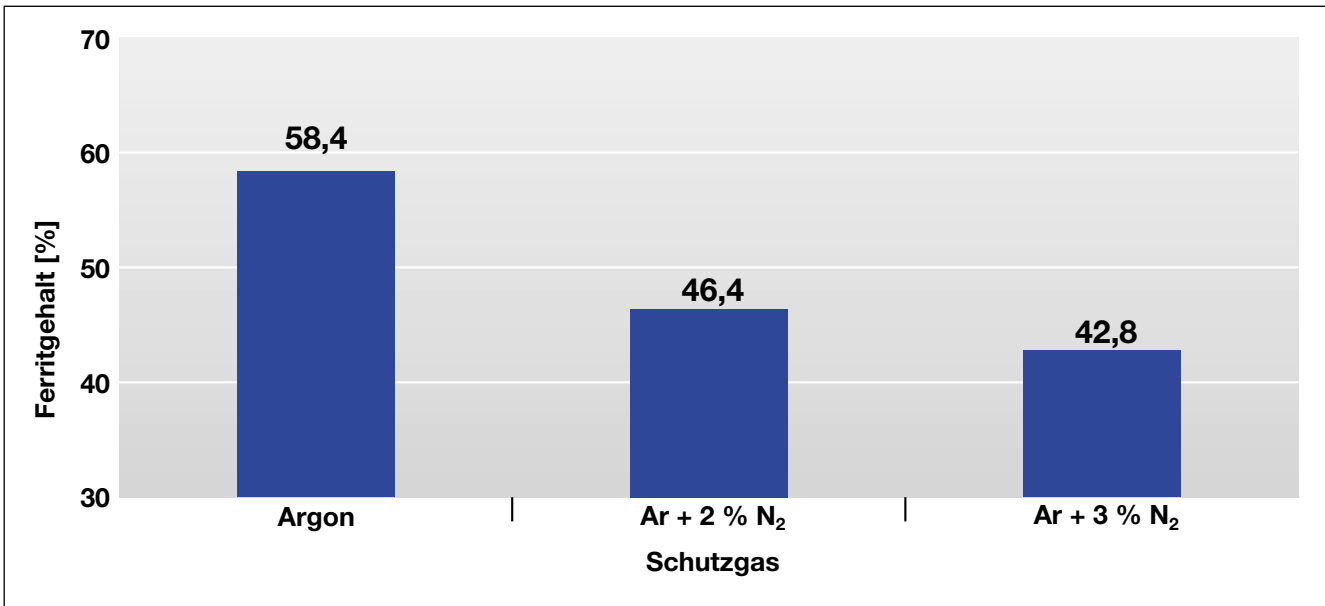


Bild 6: Ferritgehalte im Schweißgut in Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt im Schweißschutzgas

6. Schrifttum

- [1] N.N.: DIN EN 10088 T1
„Nichtrostende Stähle. Teil 1:
Verzeichnis der nichtrostenden Stähle“,
Ausgabe August 1995, Beuth-Verlag, Berlin.
- [2] N.N.: DIN EN 439
„Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und Schneiden“,
Ausgabe Mai 1995, Beuth-Verlag, Berlin.
- [3] N.N.: DVS-Merkblatt 0937
„Wurzelschutz beim Schutzgasschweißen“,
DVS-Verlag Düsseldorf, 1990.

Shielding gases for welding and root shielding of chrome nickel steels

S. Trube and Th. Ammann, Linde Gas AG, Hoellriegelskreuth

Introduction

According to [1], the following distinctions are drawn between austenitic chrome nickel steels:

- ▷ austenitic steels with/without molybdenum,
- ▷ austenitic steels with especially low carbon content to avoid intercrystalline corrosion,
- ▷ stabilised austenitic steels, also with improved resistance to intercrystalline corrosion,
- ▷ fully austenitic steels, which have very good corrosion resistance as a result of a completely austenitic structure, and
- ▷ austenitic-ferritic (duplex) steels. As a result of their two-phase structure of ferrite and austenite, these steel grades feature good resistance to stress corrosion cracking and pitting corrosion with simultaneously improved strength and toughness. The ideal ferrite/austenite ratio is 50:50.

The weldability of austenitic steels is generally very good. It should be noted that tarnish forms on the workpiece surfaces as a result of oxidation processes caused by the heat input in conjunction with the oxygen in the air. Since this tarnish impairs the corrosion resistance of chrome nickel steels considerably in part, it should either be avoided by proper forming or removed after welding by pickling, sandblasting or a similar process. The best results are achieved by combined use of both processes, i.e. by forming or sandblasting followed by pickling treatment.

The stainless steels differ from the unalloyed steels not only in their corrosion resistance, but also in their considerably lower thermal conductivity and higher thermal expansion, which can result in strong distortion. Moreover, the melt is significantly more viscous in welding.

The shielding gases for all shielding-gas welding processes are standardised in [2] for both welding shielding gases as well as root shielding gases. The characterisation is not definite, but performed on the basis of concentration ranges, with the result that an EN designation alone does not suffice to describe a certain shielding gas mixture. This must be noted, for example, in orders.

Shielding gases for MSG welding

MIG welding under pure argon is not used often on stainless steels. Without active shielding gas components like CO₂ or oxygen, the arc is unstable. The thermal conductivity and ionisation energy of argon are low, the heat input in the workpiece correspondingly poor. As a result of this the melt is very viscous, the metal transfer and the wetting characteristics are poor. This leads to an irregular seam with unsatisfactory penetration. Therefore shielding gases for MSG welding of high-alloy steels usually contain active gas components, i.e. addi-

tives of oxygen or carbon dioxide, which stabilise the arc, improve the wetting characteristics and increase the heat input into the workpiece.

Argon/Oxygen mixtures for shielding gas welding of chrome nickel materials contain between 1 and 3% O₂. They produce a stable arc and a low-spatter welding process. Compared to gases containing CO₂ disadvantages are, however, the high degree of oxidation, the low heat input and the susceptibility to pore formation. Although the heat input can be improved by using higher oxygen contents, this increases oxidation on the seam surface to the same extent. Further, an increase in adherent faults on the weld seam, which have to be removed before pickling by grinding or hammering, is likely.

Shielding gases rich in argon and with CO₂ contents around 2.5% have therefore largely won through for MSG welding of chrome nickel steels. As a result of dissociation and recombination processes of the CO₂ molecules in the arc, a higher heat input is attained with simultaneously improved oxidation and pore characteristics. Compared to Ar/O₂ mixtures, the seam is wider and melting on to the base material safer because of the higher heat input.

Shielding gases with additional contents of helium can be used to improve the wetting characteristics further and to increase the welding speed. The helium content is usually between 20% and 50%. Compared to argon, the ionisation energy and thermal conductivity of the helium are considerably higher, which results in stronger heat input into the workpiece. As a result the melt is heated more strongly and becomes more fluid. The high thermal conductivity of the helium provides for an improved heat transmission in the base material, and in the cross-section it can clearly be seen that with a little larger root penetration, the welding bead is wider (figure 1). The gases with helium also have a positive influence on welding of very viscous molybdenum-alloyed chrome nickel materials. These steels tend, especially when welding at higher powers, to form deposits on the surface, which can only be removed with difficulty. This tendency can be reduced by using gases containing helium.

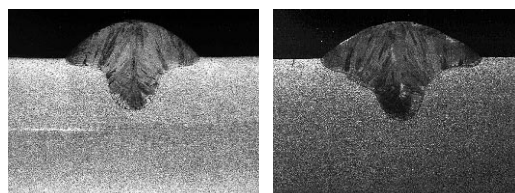


Figure 1: MAG welding on 1.4301, fully mechanical, wire Ø 1.2 mm, $v_{\text{Wire}} = 9.4 \text{ m/min}$, P_A position. Ar + 2.5% CO₂, left side, compared to Ar + 2% CO₂ + 20% He, right side

Shielding gases for TIG welding

Argon still is the standard shielding gas for TIG welding of high-alloy steels. The welding speed can be increased with shielding gases containing hydrogen – normal hydrogen content between 2% and 20% depending on the application – in addition to the argon. In the case of manual welding, however, the welder should gradually be accustomed to the increased hydrogen content in the shielding gas and the resultant increase in the welding speed. Contents of more than 6% hydrogen can no longer be controlled by hand in the case of most welding jobs. Such gases remain the preserve of semi- or fully mechanical TIG processes.

Due to their high ferrite content, duplex steels should not be welded with hydrogenous gases in order to prevent the risk of hydrogen-induced cracking. In addition, pore formation can occur on some high-alloyed materials as the hydrogen content in the welding shielding gas rises. One of the main rules when welding with hydrogenous shielding gases is the elimination of oxygen or oxygen carriers from the area of the arc. The prime oxygen carriers in this regard are tarnish, rolling skin, etc. For example, in TIG orbital welding of chrome nickel tubes with hydrogenous shielding gases pores often form when welding over the start area again at the end of the welding process. Tarnish, i.e. oxides, forms there at the start of welding and is then reintroduced into the welding process when finishing the weld.

The simultaneous presence of oxygen or carbon dioxide in a hydrogenous shielding gas can also lead to increased pore formation, e.g. in MAG welding.

The suitability of hydrogenous gases should always be checked in test welds.

Nitrogenous gas mixtures represent a further aspect in the field of TIG shielding gases. Due to the strong austenitising effect of the nitrogen, they enable a reduction in the ferrite content in the welding deposit and are already being used successfully on non ferrite-free full austenites and duplex steels. It must, however, also be said that the lifetime of the TIG electrode is reduced when welding with nitrogenous shielding gases, i.e. it must be reground more frequently than is the case with argon.

Gases for root shielding

The aim and object of root shielding is firstly to prevent the formation of tarnish or oxidation and secondly a safe root penetration is guaranteed by the root shielding gas due to reduced oxidation of the seam edges. Figure 2 shows how strongly such oxidation can impair the formation of a root. While the seam on the right was formed properly, no root was able to form in the case of the seam on the left because of the contact with air. Due to the strong oxidation, the workpiece edges did not join, recognisable by the black line in the middle of the seam.

A distinction is drawn between three types of purging:

- ▷ displacement purging, in which the specific weight of the root shielding gas is used to displace the air from a volume and replace it with shielding gas (figure 3),
- ▷ dilution purging, in which the flowing shielding gas gradually reduces the residual oxygen content at the seam,
- ▷ evacuation purging, in which the volume being purged is first pumped empty of air and then filled with shielding gas.

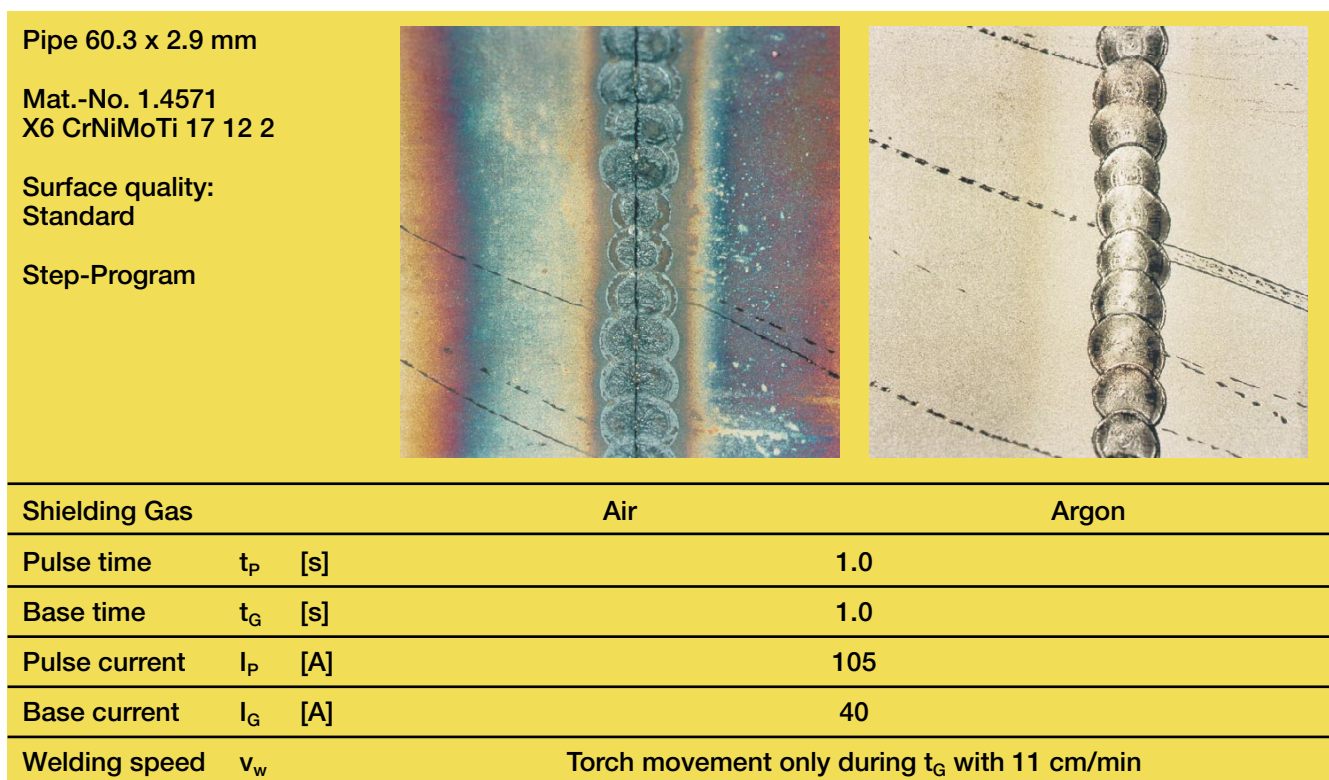


Figure 2: Formation of the weld seam root without and with root shielding

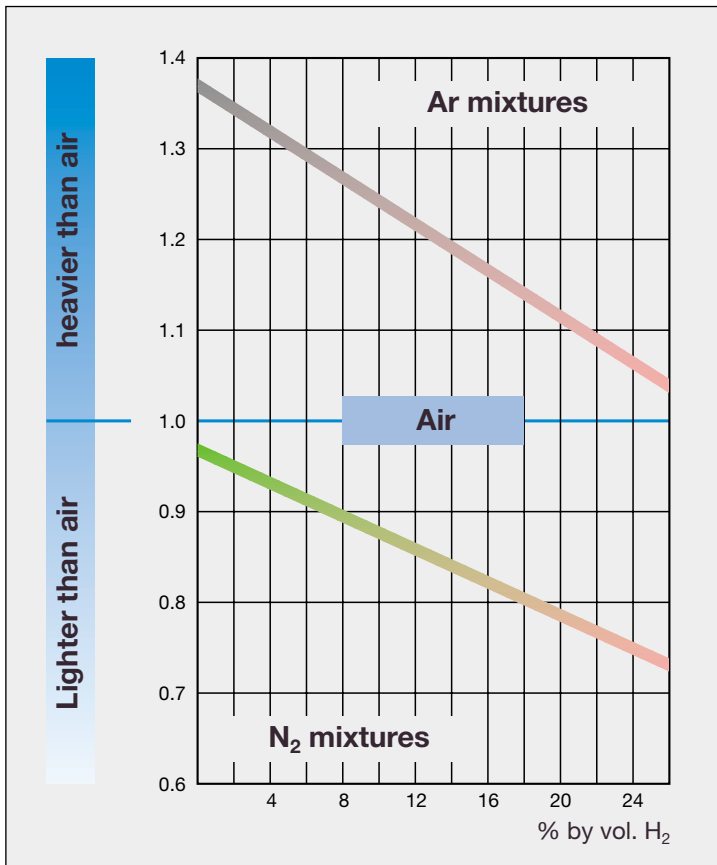


Figure 3: Relative density of root shielding gases compared to air

Table 1 gives an overview of the shielding gases for root shielding.

Shielding gas	Material
Argon	All materials
Ar/H ₂ mixtures	Austenitic chrome nickel steels, nickel and nickel-based materials
N ₂ /H ₂ mixtures	Steels with the exception of high-tensile fine grain steels, austenitic steels (not titanium-stabilised)
N ₂ Ar/N ₂ mixtures	Austenitic chrome nickel steels, Duplex and superduplex materials

Table 1: Root shielding gases for various materials

Various criteria must be considered in selecting the right root shielding gas:

- Metallurgical viewpoints:
can the material be damaged by the root shielding gas?
- Relative density:
which type of purging is used?
- Availability:
can the welding shielding gas also be used as root shielding gas?

Re a): Ferritic and ferritic-austenitic (duplex) materials should not be formed with hydrogenous gases to prevent the risk of hydrogen-induced cracking.
A further restriction applies to the root shielding of titanium-stabilised steels (e.g. 1.4571) with nitrogenous root shielding gases. In this case the titanium in the

material and the nitrogen in the shielding gas combine to form titanium nitride, which is deposited on the seam root and causes noticeable yellowing. This yellowing is easy to distinguish from tarnish because it only occurs on the remelted seam areas and not in the heat-influenced base material (figure 4).

Re b): For example, displacement purging in a tank. N₂/H₂ mixtures (lighter than air) should be introduced from above, argon or Ar/H₂ mixtures (heavier than air) from below.

Re c): If, for example, an Ar/H₂ mixture is used as welding shielding gas for mechanised TIG welding, in most cases nothing speaks against using the same gas as root shielding gas as well (cf. chap. 3).

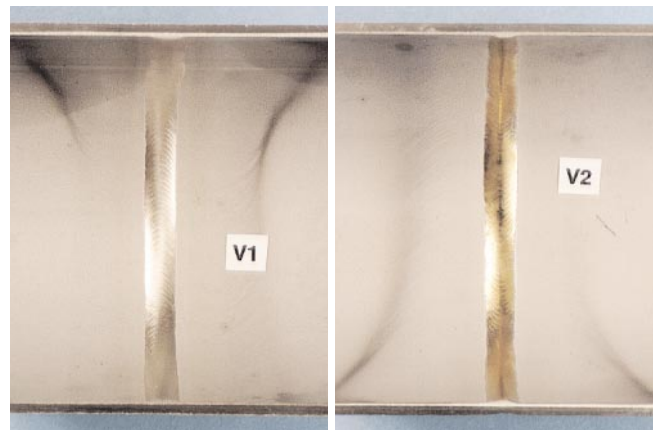


Figure 4: Yellowing of the root by titanium nitride. Left formed with argon, right with N₂/H₂ 90/10 Material 1.4571, TIG orbital

The most important parameter for determining an adequate purge time is the residual oxygen content in the area of the seam root. A residual oxygen content of approx. 50 vpm can be seen as adequately low. This value should, however, only be used as a guide because the thickness of the tarnish also depends on the surface quality of the material and on the section energy introduced.

Due to the many different possible welding jobs and work-piece geometries, it is virtually impossible to predict exact purge times, permissible residual oxygen quantities and the thickness of tarnishing. An aid for the calculation of pre-purge times is given in [3]. First guide values for the necessary pre-purge time can be calculated with the help of the diagram given there, although they then should still be checked in tests (figure 5).

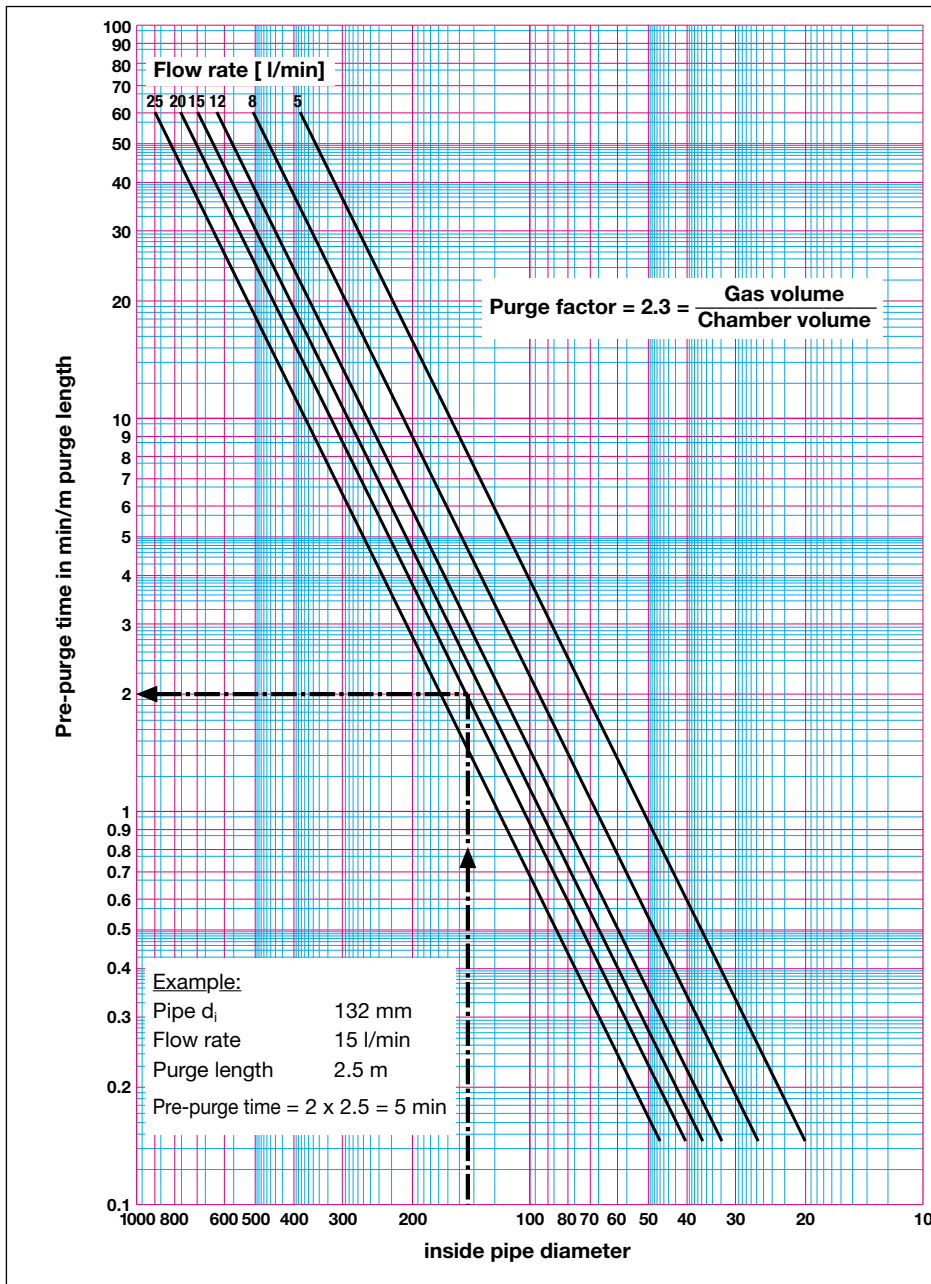


Figure 5: Pre-purge time in dependence on inside pipe diameter at different flow rates [3]

A number of basic rules, however, apply to the use of root shielding gases:

- ▷ The volume that is to be purged should be kept as small as possible, e.g. through forming devices adapted specially to the workpiece.
- ▷ The root shielding gas should flow out slowly, over as large an area as possible and steadily in order to avoid turbulence with the air. This is especially important in the case of displacement purging. A higher purge gas flow rate does not necessarily cause a reduced purging time. Less is often more here.

Application example

For the piping of a chemical tanker pipes of duplex steel 1.4462 were to be welded with the TIG orbital process. The following method was proposed:

Material	1.4462 (X2 CrNiMoN 22-5-3)
Pipe dimensions	Ø 54 mm x 2 mm
Welding method	TIG-Orbital, pulsed current, without filler material
Welding speed	4.5 cm/min
Pulse frequency	2.2 Hz
Base current / Pulse current	30A / 60A

Various nitrogenous shielding gases were used for the preliminary tests to investigate their influence on the ferrite content in the welding deposit. The ferrite content was measured using a magneto-inductive measuring device. The mean value of 20 measurements on the girth of the top of the weld seam was formed in each case. The results are summarised in figure 6. The influence of the different nitrogen contents in the welding shielding gas can clearly be seen. The ferrite content in the welding deposit drops as the nitrogen content increases.

In this particular case use of a shielding gas mixture Ar + 2% N₂ would be recommendable. This shielding gas comes closest to producing a result with the ideal ferrite content of 50%, while the electrode consumption simultaneously still remains within bounds. Dispensing with the otherwise necessary welding filler enables a significant saving in costs.

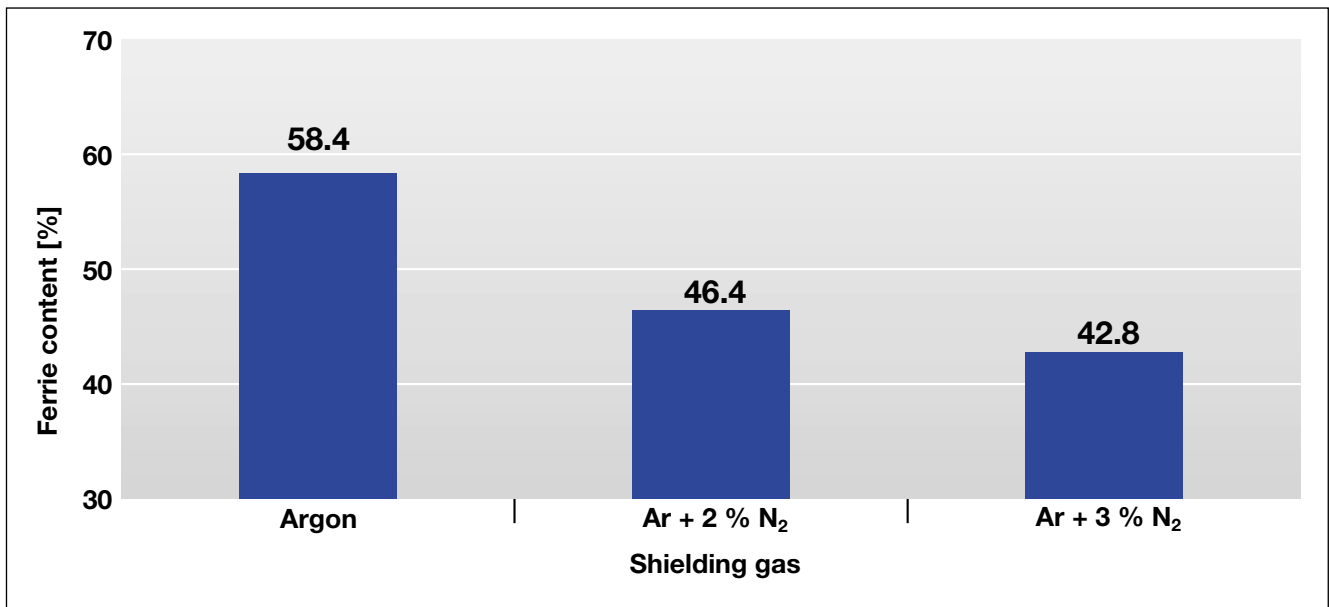


Figure 6: Ferrite contents in the welding deposit depending on the nitrogen content in the welding shielding gas

Literature

- [1] N.N.: DIN EN 10088 T1
 "Nichtrostende Stähle. Teil 1:
 Verzeichnis der nichtrostenden Stähle",
 Ausgabe August 1995, Beuth-Verlag, Berlin.
- [2] N.N.: DIN EN 439
 "Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und Schneiden",
 Ausgabe Mai 1995, Beuth-Verlag, Berlin.
- [3] N.N.: DVS-Merkblatt 0937
 "Wurzelschutz beim Schutzgasschweißen",
 DVS-Verlag Düsseldorf, 1990.

Competence. Where you need it.

Linde industrial gases are used in manufacturing, metallurgy, food processing, medicine, power and the environment. In each area, Linde complements your specific knowledge with an expertise and competence in gas technology that can bring lasting and concrete benefits.

Speaking your language and understanding your specific processes and concerns, Linde can make your gases work harder for you. We can offer know-how, customer-specific hardware and total gas handling. Linde and AGA have now combined their resources. To your advantage. Our local expertise is supported by a global network and database of applications knowledge.

With all of this at your service, it's not hard to turn the gas you use from a production cost into a productivity-enhancing investment.



Linde Gas AG
Seitnerstrasse 70
82049 Höllriegelskreuth
Phone: ++49 89 7446-0
Fax: ++49 89 7446-1230
www.lindegas.com

At your service.