

Aluminium

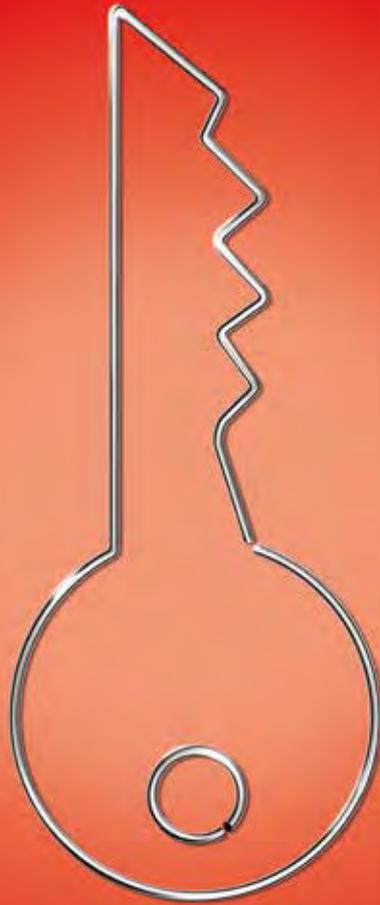
Kupfer

ChromNickel

Nickel

Ihr Schlüssel

zum perfekten Schweißen.



Produktprogramm

Drahtelektroden
Schweißstäbe

mIGAL.CO

WIR SIND AUF DRAHT!

Das Unternehmen

MIGAL.CO – wir sind auf Draht!

MIGAL.CO (vormals MIGWELD) besteht seit dem 1.1.2000 mit dem Firmensitz in Landau/Isar und stellt hochwertige Schweißzusätze für das MSG- und WIG-Schweißen her.

Drahtelektroden von MIGAL.CO zeichnen sich durch hervorragende Drahtfördereigenschaften infolge einer speziellen Oberflächenreinigung und -behandlung bei der Herstellung aus.



Luftaufnahme der MIGAL.CO GmbH



Aluminiumerz - Bauxit

Roboterqualität - konstante Produkte

Die Voraussetzung für erfolgreiches Schweißen mit Industrierobotern in der Großserie ist ein konstantes Produkt, welches von Charge zu Charge gleiche Lichtbogeneigenschaften gewährleistet.

Bereits bei der Gewinnung des Aluminiumerzes Bauxit beginnt hier unsere Qualitätssicherung. Die immer gleiche Lieferkette vom Erz bis zum Walzdraht mit einem Durchmesser von 9,5 mm ergibt Legierungen mit dem permanent identischen Fingerabdruck der Spurenelemente.

Für das Ziehen der Drähte werden ausschließlich schlupffreie Ziehmaschinen höchster Güte verwendet. Dies bedeutet, dass für jeden Ziehstein ein eigener drehzahl geregelter Antrieb vorhanden ist. Der dadurch zuverlässig vermiedene Schlupf sorgt für eine optimale Oberflächengüte.



Bürogebäude



Aluminiumoxid



Schlupffreie Ziehmaschine



Strang aus dem Gießrad

Die MIGAL.CO Qualität

Durchmessertoleranz und Reinheit der Oberfläche

Entsprechend der Norm DIN EN ISO 544 darf der Durchmesser einer 1,2 mm Drahtelektrode zum Metall-Schutzgas-schweißen um +0,01/-0,04 mm von ihrem Nenndurchmesser abweichen.

Durchmesser [mm]	Abweichung	Querschnittsfläche [mm ²]	Abweichung
1,21	0,83%	1,15	1,65%
1,20	0,00%	1,13	0,00%
1,18	-1,67%	1,09	-3,31%
1,16	-3,33%	1,06	-6,48%

MIGAL.CO verwendet für das Ziehen seiner Drähte Ziehsteine aus Diamanten und ist damit in der Lage den Durchmesser auf +0,0/-0,02 mm konstant zu halten.

Dadurch wird die größtmögliche Abweichung in der Drahtvorschubgeschwindigkeit auf 3,31 % begrenzt.

In der Praxis bedeutet das, dass bei einer neuen Drahtcharge die Lichtbogenlängenkorrektur nicht nachgestellt werden muss. Dies ist insbesondere bei jeder mechanisierten oder robotergeführten Schweißung von großer Bedeutung.

Die Reinigung der Oberfläche erfolgt bei MIGAL.CO durch ein mehrfaches mechanisches, spanabhebendes Verfahren, welches in der Fachwelt auch Schälern genannt wird.

Im Gegensatz zu chemischen Reinigungsprozessen wird dadurch die bestmögliche Oberflächenreinheit erzeugt, nämlich pures Metall!



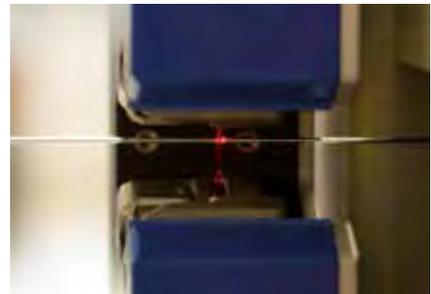
Der Drahtdurchmesser und die Ovalität des Drahtes wird während der Fertigung lückenlos per Laser kontrolliert und Abweichungen führen zu entsprechenden Warnungen oder zum Anhalten der Fertigungsanlage.



Spulmaschine für drallfreie Fässer

Drallfreie Drähte

Für eine optimale Verarbeitung von Drahtelektroden zum MSG-Schweißen müssen diese drallfrei sein. Dies gewährleistet speziell beim Roboterschweißen eine präzise Positionierung des Drahtelektrodenendes im TCP (tool-center-point) und vermeidet die Knotenbildung beim Abspulen von Fässern. Die bei MIGAL.CO eingesetzten Ziehmaschinen weisen spezielle Vorrichtungen auf womit die Drallfreiheit eingestellt werden kann.



Durchmesserkontrolle per Laser



Drallfreie Ziehmaschine

Qualitätsüberwachung

Rückstandsanalyse - Präzision in der Oberflächenbeschichtung

Metallisch reines Aluminium gleitet nicht durch die Drahtfördereinrichtungen und es ist sicherlich ein gut gehütetes Geheimnis jedes Herstellers von Schweißzusätzen wie er es bewerkstelligt einen Kompromiss zwischen guter Gleitfähigkeit und größtmöglicher Reinheit der Oberfläche zu erzielen. Das gilt auch für MIGAL.CO, wengleich wir der Ansicht sind dies besonders gut gelöst zu haben.

Naturgemäß können in jeder Fertigung Fehler unterlaufen die zu unreinen Oberflächen führen, es können jedoch auch falsche Lagerung oder verunreinigte Drahtfördereinrichtungen zu verschmutzten Drahtoberflächen führen. Bei Aluminium ist dies durch die besondere Wasserstoffproblematik (siehe Seite 37) im Gegensatz zu den meisten anderen Metallen von größter Bedeutung und für die Praxis oft mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Wir haben uns deshalb viele Gedanken darüber gemacht, wie wir rasch und vor Ort konkrete Aussagen über die Reinheit der Oberflächen von Schweißzusätzen treffen können und daraus unseren Rückstandsanalysator entwickelt.

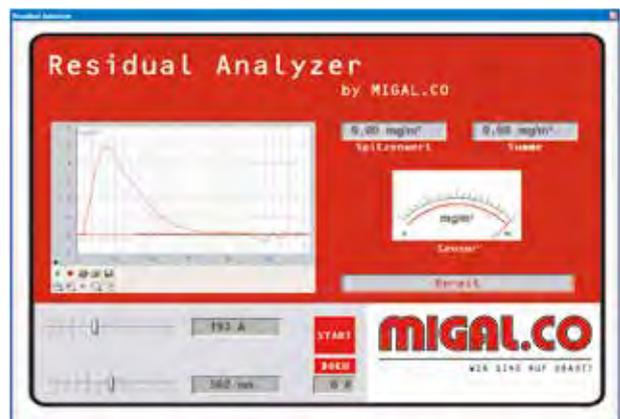


Rückstandsanalysator

Mit einer schnellen und stufenlos einstellbaren Inverter-Stromquelle erhitzen wir die Drahtelektrode bis knapp unter deren Schmelzpunkt, wobei die auf der Oberfläche vorhandenen Verunreinigungen verdampfen und über eine spezielle Einrichtung abgesaugt und nach ihrer Menge gemessen werden.

Die Messergebnisse werden grafisch und numerisch auf einer PC-Benutzeroberfläche ausgewertet und können sauber dokumentiert werden.

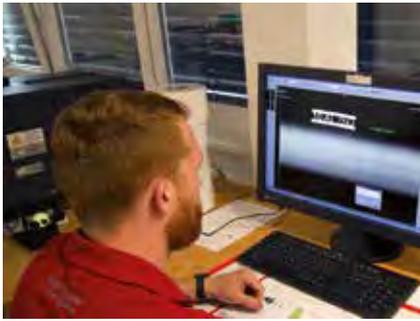
Der Analysator ist mobil und kann auch direkt bei schweißstechnischen Anwendern eingesetzt werden. Somit können wir bei auftretenden Schwierigkeiten wie z. B. Poren sehr rasch eine konkrete Aussage zu der Reinheit der Drahtelektrode treffen.



Bedienoberfläche für Rückstandsanalysator

Qualitätsüberwachung

Schweißroboter und digitales Röntgen



Digitale Röntgenbilder

Die einzig entscheidende Aussage bei der Beurteilung der Produktqualität von Schweißzusätzen liefert nur der Schweißversuch mit anschließender Durchstrahlung.

Ein eigens dafür abgestellter Industrieroboter mit statistischer Prozessanalyse in Verbindung mit einer digitalen Röntgenanlage ermöglicht uns Verarbeitungsqualität und die Porensicherheit unserer Produkte noch vor der Auslieferung nachzuweisen.



Röntgenschrank

Spektralanalyse, Zugversuch und Reibwert

In unserem Labor können wir auch jederzeit die chemische Zusammensetzung unserer Produkte kontrollieren, die Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung der Drähte bestimmen, sowie den Reibwert der Drahtelektroden messen.



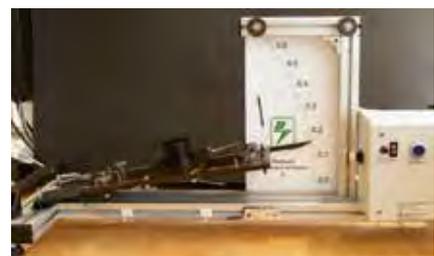
Funkenemissionsspektrometrie



Schweißroboter



Zugversuch



Bestimmung des Reibwertes

Qualitätsüberwachung

Serienmäßige Vakuumverpackung der MIGAL.CO Drahtelektroden

Am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen University wurden von 2013 bis 2016 „Untersuchungen des Einflusses der materialabhängigen Eigenschaften von Aluminiumdrahtelektroden auf die Stabilität und das Schweißergebnis bei Schutzgasschweißprozessen“ durchgeführt.

Diese kamen zu dem klaren Ergebnis, dass nur solche Drähte zu einer Porenbildung im Schweißgut führen, an deren Oberfläche Kondensation stattgefunden hat. Kondensation durch schnelle Wechsel der Umgebungstemperaturen und Luftfeuchtigkeit findet neben der Lagerung von Zusatzwerkstoffen insbesondere auch beim Transport statt, also einem Vorgang, der sich dem direkten Einfluss des Herstellers oder auch Empfängers entziehen kann.

Die bisher eingesetzten Kunststoffverpackungen von Drahtelektroden zum MSG-Schweißen sind keineswegs dicht und dies führt unter Kondensationsbedingungen zur Wasserstoffaufnahme und anschließenden Porenbildung beim Schweißen.

MIGAL.CO, als erster Hersteller weltweit, hat sich konsequenterweise dazu entschlossen alle Drahtelektroden auf Spulen von 0,5 - 40 kg in Aluminiumverbundfolie und Vakuum zu verpacken. Dies gewährleistet die Kontrolle der unversehrten Verpackung durch den Anwender und einen sicheren Schutz der Drahtelektrode gegen Wasserstoffaufnahme, auch bei Lagerung oder Transport während Kondensationsbedingungen.



B300 in Vakuumverpackung



S300 vor dem Schweißen

Das Technologiezentrum

Gewußt wie - wir liefern zum Produkt die Lösung!



Durch die Fortschritte der Mikroelektronik konnte das technologische Werkzeug „Lichtbogen“ in den letzten Jahren beträchtlich weiterentwickelt werden. Neue Verfahrensvarianten wie MSG-Hochleistungsschweißen, MSG-Löten, Flachdrahtschweißen oder das MSG-AC-Schweißen sind entstanden.

Gleichzeitig werden bereits bekannte Verfahren wie z. B. das Plasma-MIG-Schweißen wieder entdeckt oder auch neue Hybridverfahren wie das Laser-MIG-Schweißen entwickelt.

Diese Fortschritte in der Lichtbogentechnik können in Qualität und Produktivität der Schweißverbindungen umgesetzt werden, was aufgrund des globalen Wettbewerbes wichtiger ist denn je.

Die Rahmenbedingungen und Leistungskennwerte dieser neuen Prozesse sind noch nicht in die Literatur eingegangen und es mangelt an ausreichenden Erfahrungswerten. Zu vielfältig sind auch die Werkstoffe, Nahtarten, Positionen, Toleranzen und Anforderungen. Um für den konkreten Anwendungsfall Antworten zu finden gibt es daher nur eine Möglichkeit und die heißt: Ausprobieren!

Um dieses „Ausprobieren“ professionell durchführen zu können und damit unseren Kunden neue und profitable Lösungen anbieten zu können haben wir unser Technologiezentrum gemeinsam mit der Erl GmbH SCHWEISSEN + SCHNEIDEN und der Erl Automation GmbH errichtet. Hier können wir unter praxisgerechten Bedingungen verschiedene Lichtbogenprozesse erproben, miteinander vergleichen und die Ergebnisse anhand von Schweißnahtprüfungen beurteilen und dokumentieren.

Und vor allem sind wir in der Lage diese Lösungen innerhalb kürzester Zeit und auf der Basis von industriell hergestellten Produkten zu entwickeln die dann auch tatsächlich in der Praxis einsetzbar sind. Um unseren Kunden das gesamte Spektrum der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, sowie die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse bieten zu können sind wir Partnerschaften mit Hochschulen und Instituten eingegangen.



Das Internet

Metallzuschläge

Die Metalle, aus welchen unsere Schweißzusätze bestehen, werden an den internationalen Finanzmärkten gehandelt und sind somit täglichen Preisschwankungen unterworfen. Deshalb sind unsere Verkaufspreise immer in den Grundpreis und einen variablen Zuschlag aufgeteilt. Dieser Zuschlag berechnet sich immer aus den Veränderungen der jeweiligen Metallpreise im vergangenen Monat. Auf Wunsch informieren wir Sie gerne detailliert über die jeweiligen Berechnungsgrundlagen.

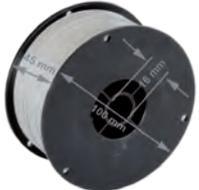
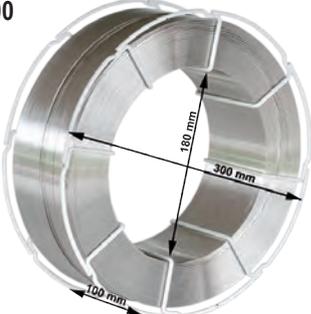
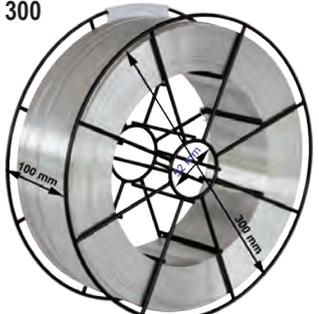
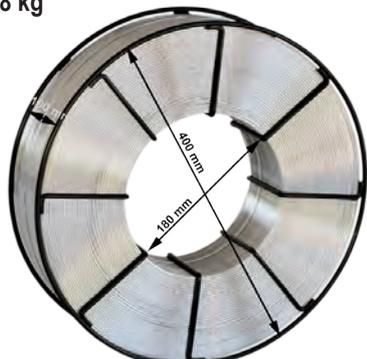
ACHTUNG: Für die Anwendung der Metallzuschläge gilt immer der Liefermonat und nicht der Monat der Auftragserteilung!

Darüber hinausgehend finden Sie viele zusätzlich Informationen wie z. B. unseren Werkstoffrechner, den Taupunktrechner, sowie zusätzliche Produkt- und Anwendungsinformationen.

Surfen Sie einfach zu www.migal.co

The screenshot shows the MIGAL.CO website interface. The main content area displays a table titled 'Metallzuschläge' with columns for 'Bezeichnung', 'Anzahl', 'Stück Nr.', and 'Preis/kg'. Below this, there are several other tables, each with a similar structure, representing different metal categories and their respective prices and changes. The tables are organized into sections like 'Metallzuschläge', 'Metallzuschläge - Invernal-Up-Grüsstähle', 'Metall', 'Metall', 'Metall', and 'Metall'. Each table has columns for 'Bezeichnung', 'Anzahl', 'Stück Nr.', and 'Preis/kg'.

Spulungen und Verpackungen

<p>S 100</p> 	<p>S 200</p> 	<p>S 300</p> 
<p>B 300</p> 		<p>BS 300</p> 
<p>B 400 18 kg</p> 		<p>B 400 40 kg</p> 
<p>WIG-Stäbe</p> 		<p>WIG-Stäbe</p> 

Weitere Informationen zu den Inhalten dieser Seite finden Sie auf www.migal.co

Spulungen und Verpackungen

Das Öko-Fass - auch ökologisch auf Draht



Öko-Fass
auf Universalfasstransportwagen UFTW1

Das Öko-Fass ist für alle Anwender von mechanisierten und robotergestützten Schweißaufgaben geeignet und wird hauptsächlich für Legierungen der 1000er und 4000er Werkstoffgruppe eingesetzt.

Das Öko-Fass enthält 80 kg Aluminiumschweißdraht oder 200 kg Kupferbasisdraht. Von speziellem Interesse für Großanwender ist natürlich auch der für das MIG-Löten mittlerweile in großem Umfang verwendete CuSi3 mit einem Drahtdurchmesser von 1,0 mm. Ohne der ansonsten notwendigen, teuren und wartungsintensiven Abspulvorrichtung können nun MIG-Schweißdrähte aus Großgebinden gefördert werden. Ein integriertes Sichtfenster ermöglicht eine visuelle Drahtendkontrolle.

Nach Gebrauch kann das Fass entweder verbrannt oder als Altpapier entsorgt werden.

Abmessungen: Durchmesser 500 mm, Höhe ohne Abspulhaube 820 mm, Höhe mit Abspulhaube 1080 mm

Das Jumbo-Fass - für wahre Großverbraucher

Das Jumbo-Fass ist die Verpackungsart für alle Großverbraucher von Aluminiumschweißdraht. Es lassen sich sämtliche Aluminiumlegierungen des MIGAL.CO-Lieferprogramms im Jumbo-Fass unterbringen.

Sogar Drahtdurchmesser von 1,0 mm und Legierungen der 5000er Serie können jetzt problemlos verarbeitet werden. Aufgrund des größeren Fassdurchmessers kommt die Drahtelektrode nahezu gerade aus dem Fass und ist deshalb auch besonders gut fürs Laserschweißen geeignet.

Jumbo ist natürlich auch ökologisch und lässt sich einfach entsorgen. Ein integriertes Sichtfenster ermöglicht eine visuelle Drahtendkontrolle.

Abmessungen (LxBxH): 600 x 600 x 900 mm ohne Abspulhaube, Höhe mit Abspulhaube 1250 mm



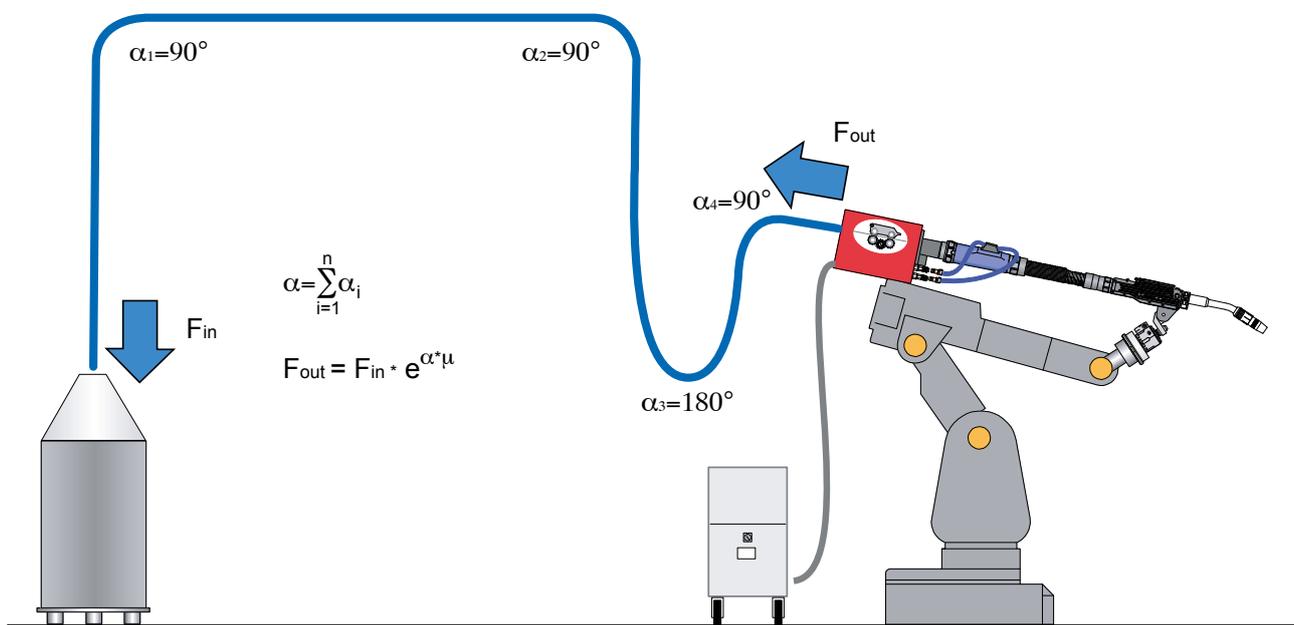
Jumbo-Fass mit Abspulhaube
auf Universalfasstransportwagen UFTW1

Spulungen und Verpackungen

Anlagenanordnung bei der Verwendung von Fässern

Ein störungsfreier Einsatz von Drahtfässern erfordert viel Erfahrung und Know-How. Bereits bei der räumlichen Gestaltung der Schweißeinrichtung ist darauf Augenmerk zu legen.

Gerne unterstützen wir Sie bereits bei der Anlagenplanung - sprechen Sie uns an. Die wesentlichen Kriterien einer erfolgreichen Drahtförderung zeigt die Abbildung.



Schematische Darstellung eines Roboterschweißsystems mit Fassdrahtversorgung und auftretenden Reibungskräften

Für größere Drahtförderlängen vom Fass bis zum Drahtvorschubgerät empfehlen wir unseren Rolliner. Diesen und weiteres passendes Zubehör für Drahtfässer wie z. B. Abspulhauben, Drahtendkontrollen, Förderschläuche, Anschlüsse und Transportmittel finden Sie in unserem Katalog „Drahtförderung“.



Übersichtstabellen

Chemische Zusammensetzungen

Aluminiumlegierungen

	Einzelwerte sind Maximalwerte (%)										Nicht spez. Elemente		
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Be	Ti	Zr	Einzeln	Gesamt	Al
MA-1070	0,20	0,25	0,04	0,03	0,03		0,04	0,0003	0,03		0,03		≥ 99,70
MA-1450	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05		0,07	0,0003	0,10 - 0,20		0,03		≥ 99,50
MA-2319	0,20	0,30	5,80 - 6,80	0,20 - 0,40	0,02		0,10	0,0003	0,10 - 0,20	0,10 - 0,25	0,05	0,15	Rest
MA-4043	4,50 - 6,00	0,60	0,30	0,15	0,20		0,10	0,0003	0,15		0,05	0,15	Rest
MA-4047	11,00 - 13,00	0,60	0,30	0,15	0,10		0,20	0,0003	0,15		0,05	0,15	Rest
MA-5087	0,25	0,40	0,05	0,70 - 1,10	4,50 - 5,20	0,05 - 0,25	0,25	0,0003	0,15	0,10 - 0,20	0,05	0,15	Rest
MA-5183	0,40	0,40	0,10	0,50 - 1,00	4,30 - 5,20	0,05 - 0,25	0,25	0,0003	0,15		0,05	0,15	Rest
MA-5356	0,25	0,40	0,10	0,05 - 0,20	4,50 - 5,50	0,05 - 0,20	0,10	0,0003	0,06 - 0,20		0,05	0,15	Rest
MA-5554	0,25	0,40	0,10	0,50 - 1,00	2,40 - 3,00	0,05 - 0,20	0,25	0,0003	0,05 - 0,20		0,05	0,15	Rest
MA-5556	0,25	0,40	0,10	0,60 - 1,00	5,00 - 5,50	0,05 - 0,20	0,20	0,0003	0,05 - 0,20		0,05	0,15	Rest
MA-5754	0,40	0,40	0,10	0,50	2,60 - 3,60	0,30	0,20	0,0003	0,15		0,05	0,15	Rest

Kupferlegierungen

	Einzelwerte sind Maximalwerte (%)										Andere Gesamt	Cu
	Al	Si	Mn	Ni	Zn	Sn	Pb	Ti	Fe	P		
ML CuAl8	6,00 - 8,50	0,20	0,50		0,20		0,20				0,40	Rest
ML CuAl8Ni2	7,50 - 9,50	0,20	0,50 - 2,50	0,50 - 3,00	0,20		0,02		0,50 - 2,50		0,40	Rest
ML CuAl8Ni6	8,50 - 9,50	0,10	0,60 - 3,50	4,00 - 5,50	0,10		0,02		3,00 - 5,00		0,50	Rest
ML CuAl9Fe	8,50 - 11,00	0,10			0,02		0,02		1,50		0,50	Rest
ML CuMn13Al7	7,00 - 8,50	0,10	11,00 - 14,00	1,50 - 3,00	0,15		0,02		2,00 - 4,00		0,50	Rest
ML CuNi10Fe	0,03	0,20	0,50 - 1,50	9,00 - 11,00			0,02	0,20 - 0,50	0,50 - 2,00	0,007	0,40	Rest
ML CuNi30Fe		0,20	0,50 - 1,50	29,00 - 32,00			0,02	0,20 - 0,50	0,40 - 1,00	0,02	0,50	Rest
ML CuSi28L	0,02	2,80 - 3,00	0,75 - 0,95	0,05	0,10	0,05	0,01		0,10	0,05	0,50	Rest
ML CuSi3	0,01	2,80 - 4,00	0,75 - 1,50		0,20	0,20	0,02		0,30	0,02	0,40	Rest
ML CuSn	0,01	0,10 - 0,50	0,10 - 0,50	0,05		0,50 - 1,00	0,01		0,03	0,015	0,10	Rest
ML CuSn6	0,01				0,10	5,50 - 8,00	0,02		0,10	0,10 - 0,35	0,40	Rest

Sicherheitsdatenblätter stehen unter www.migal.co zur Verfügung!

Übersichtstabellen

Anwendungsgebiete und Verwendungsmöglichkeiten der MIGAL.CO Zusatzwerkstoffe für artgleiche oder artähnliche Grundwerkstoffe

Aluminiumlegierungen

Empfehlungen zur Auswahl der Schweißzusätze für Grundwerkstoffe aus Knet- und Gusslegierungen sind in der DIN EN 1011-4 enthalten. Für MIGAL.CO Schweißzusätze ist ein Auszug aus dieser Norm nachstehend dargestellt.

Auf die einzelnen Grundwerkstoffe bezogen finden Sie einen Werkstoffrechner unter www.migal.co



Tabelle 1 - Gruppeneinteilungen für Zusatzwerkstoffe

Typ	MIGAL.CO Bezeichnung	Legierungsbezeichnung	Chemische Bezeichnung	Bemerkungen
Typ 1	MA-1450 MA-1070	S-1450 S-1070	Al99,5Ti Al 99,7	Ti vermindert die Bildung von Erstarrungsrisen im Schweißgut durch Maßnahmen zur Kornverfeinerung.
Typ 4	MA-4043 MA-4047	S-4043 A S-4047 A	AlSi5 AlSi12(A)	Die Typ 4-Zusatzwerkstoffe oxidieren beim Anodisieren oder durch atmosphärische Einwirkungen und ergeben eine dunkelgraue Verfärbung, dessen Intensität mit größerem Si-Gehalt zunimmt. Derartige Zusatzwerkstoffe ergeben keine gute Farbanpassung zum Grundwerkstoff aus Knetlegierungen. Diese Legierungen werden speziell angewendet, um die Bildung von Erstarrungsrisen in Verbindungen mit hoher Aufmischung und starrer Einspannung vorzubeugen.
Typ 5	MA-5754 MA-5556 MA-5183 MA-5087 MA-5356	S-5754 S-5556 A S-5183 S-5087 S-5356	AlMg3 AlMg5Mn AlMg4,5Mn0,7(A) AlMg4,5MnZr AlMg5Cr(A)	Wenn guter Korrosionswiderstand und die Farbanpassung als entscheidend anzusehen sind, dann sollte der Mg-Gehalt des Zusatzwerkstoffes dem des Grundwerkstoffes gleichen. Wenn eine hohe Dehngrenze und eine hohe Bruchfestigkeit des Schweißgutes als entscheidend anzusehen sind sollte ein Zusatzwerkstoff mit einem Mg-Gehalt von 4,5 % bis 5 % verwendet werden. Cr und Zr vermindern die Anfälligkeit zur Bildung von Erstarrungsrisen durch Maßnahmen zur Kornverfestigung. Zr vermindert die Gefahr von Heißrisen.

Anmerkung: Die Typnummern 1, 4 und 5 stimmen mit der ersten Ziffer der Legierungsbezeichnung überein.

Übersichtstabellen

Tabelle 2 - Auswahl der Zusatzwerkstoffe (Die Typen der Zusatzwerkstoffe sind in Tabelle 1 aufgeführt.)

Auswahl des Zusatzwerkstoffes innerhalb jedes Kastens (Die Ziffern in dieser Tabelle beziehen sich auf die Typnummern nach Tabelle 1.)
 Erste Zeile: Optimale mechanische Eigenschaften
 Zweite Zeile: Optimaler Korrosionswiderstand
 Dritte Zeile: Optimale Schweißneigung

Grundwerkstoff A											
Al	4 1 4										
AlMn	4 oder 5 1 4	4 - 4									
AlMg < 1 % ^a	4 oder 5 1 4	4 4 4	4 4 4								
AlMg 3 %	4 oder 5 5 ^d 4 oder 5	5 5 ^d 4	5 5 ^d 4	5 5 ^d 5							
AlMg 5 % ^b	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5						
AlMgSi ^c	4 oder 5 5 4	4 oder 5 5 4	4 oder 5 5 4	5 5 4	5 5 4	5 oder 4 5 4					
AlZnMg	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5				
AlSiCu < 1 % ^{e,f}	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4			
AlSiMg ^e	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4		
AlSiCu ^{e,f}	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4
AlCu ^c	g	g	g	g	g	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	g g 4
Grundwerkstoff B	Al	AlMn	AlMg < 1 %	AlMg 3 %	AlMg 5 %	AlMgSi	AlZnMg	AlSiCu < 1 %	AlSiMg	AlSiCu	AlCu

Anmerkung 1: Wenn die Grundwerkstofflegierungen etwa ≥ 2 % Mg enthalten und mit Zusatzwerkstoffen der Typen AlSi5 oder AlSi12 geschweißt werden (oder wenn die Grundwerkstoffe ≥ 2 % Si enthalten und mit Zusatzwerkstoffen der AlMg5-Typen geschweißt werden), können sich genügend Mg,Si-Ausscheidungen an der Schmelzlinie bilden, um die Verbindung zu verspröden. Diese Kombinationen werden für dynamisch- oder stoßbeanspruchte Bauteile nicht empfohlen. Wenn diese Legierungskombination nicht vermeidbar ist, können Zusatzwerkstoffe der Typen AlMg5 oder AlSi5 verwendet werden.

Anmerkung 2: Die Grundwerkstoffe sind entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung ohne Bezug auf Knet- oder Gusswerkstoffe aufgeführt.

^a Beim Schweißen ohne Zusatzwerkstoff sind diese Legierungen für die Bildung von Erstarrungsrissen anfällig. Dem kann durch den Einsatz fester Einspannungen oder durch eine Erhöhung des Mg-Gehaltes im Schweißbad über 3 % vorgebeugt werden.

^b Bei bestimmten Umgebungsbedingungen, z. B. beim Einsatz im Temperaturbereich $\geq 65^\circ\text{C}$, können Legierungen mit einem Mg-Gehalt > 3 % für interkristalline Korrosion und/oder Spannungskorrosion anfällig sein. Die Anfälligkeit nimmt mit steigendem Mg-Gehalt und/oder im kaltverfestigten Zustand zu. Die Auswirkung von Schweißgutaufmischungen sollte berücksichtigt werden.

^c Diese Legierungen sind für das Schweißen ohne Zusatzwerkstoff nicht zu empfehlen, da sie für die Bildung von Kaltrissen anfällig sind.

^d Der Widerstand gegen interkristalline Korrosion und Spannungskorrosion von Typ 5 nach Tabelle 1 wird erhöht, wenn der Mg-Gehalt ca. 3 % nicht überschreitet. Bei Einsatzbedingungen, die möglicherweise interkristalline Korrosion und/oder Spannungskorrosion verursachen, sollte der Mg-Gehalt des Schweißguts dem des Grundwerkstoffes ähneln und nicht wesentlich größer sein. Demgemäß ist dies beim Schweißen der Grundwerkstoffe mit den entsprechenden Legierungen für die Zusatzwerkstoffe zu beachten.

^e Der Siliciumgehalt der Zusatzwerkstoffe sollte so ausgewählt werden, dass er die größte Anpassung an denjenigen der Gusslegierungen des Grundwerkstoffes darstellt.

^f Wenn Gusslegierungen druckgegossen werden, sind sie infolge des Gasgehaltes nicht schweißbar.

^g Nicht empfohlen - nicht geeignet für den Grundwerkstoff.

Übersichtstabellen

Anwendungsgebiete und Verwendungsmöglichkeiten der MIGAL.CO Zusatzwerkstoffe für artgleiche oder artähnliche Grundwerkstoffe

Kupferlegierungen

Grundwerkstoff	Zusatzwerkstoff							
	ML CuAl8	ML CuAl8Ni2	ML CuAl8Ni6	ML CuAl9Fe	ML CuMn13Al7	ML CuSi3	ML CuSn	ML CuSn6
2.0040 / OF-Cu						○	●	
2.0070 / SE-Cu						○	●	
2.1030 / CuSn8								●
2.0920 / CuAl8	●							
2.0076 / SW-Cu						○	●	
2.0090 / SF-Cu						○	●	
2.0205 / CuZn0,5						○	●	
2.0220 / CuZn5						●		○
2.0916 / CuAl5	●							
2.1522 / CuSi2Mn						●		
2.1525 / CuSi3Mn						●		
2.0928 / G-CuAl9	●							
CuAl8Fe3				●				
2.0460 / CuZn20Al	●							
2.0230 / CuZn10						●		○
2.0240 / CuZn15						●		○
2.1016 / CuSn4								●
2.0975 / CuAl10Ni		●						
2.0978 / CuAl11Ni6Fe5			●					
2.0980 / CuAl11Ni		●						
CuAl9Fe4Ni1				●				
2.0966 / CuAl10Ni5Fe4			●					
2.1020 / CuSn6								●

- geeignet
- bedingt geeignet

Übersichtstabellen

Anwendungsgebiete und Verwendungsmöglichkeiten der MIGAL.CO Zusatzwerkstoffe für artgleiche oder artähnliche Grundwerkstoffe

Nichtrostende Werkstoffe

In der folgenden Tabelle sind neben der typischen Auswahl von Schweißzusätzen die Standardbezeichnungen für Drahtelektroden und Schweißdrähte/ -stäbe aufgeführt. Genaue Bezeichnungen finden Sie auch in den Datenblättern der einzelnen Produkte.

Vor Beginn der Schweißarbeiten müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden. Diese sind unter anderem die Schweißgeometrie und Aufmischung, Forderungen hinsichtlich der Wärmebehandlung in Verbindung mit dem Schweißprozess, Betriebsbedingungen und -temperaturen etc.

Diese Forderungen können die Auswahl des Schweißzusatzes über die hier gegebenen Empfehlungen hinaus beeinflussen. Auskünfte zu anderen Stählen oder Kombinationen die nicht in der Tabelle angeführt sind erhalten Sie von uns.

Werkstoffnummer	Materialbezeichnung	ASTM AISI UNS	Service- temperatur bis zu °C	1.4316 19.9.LSi	1.4332 24.13.LSi	1.4370 18.8.Mn	1.4430 19.12.3.LSi	1.4462 22.8.3.L	1.4551 19.9.NbSi	1.4576 19.12.3.NbSi
1.4000	X6Cr13	403		●	●	●			●	
1.4001	X7Cr14	429		●	●	●			●	
1.4002	X6CrAl13	405				●				
1.4003	X2CrNi12			●		●			●	
1.4006	X12Cr13	410		●		●			●	
1.4008	GX8CrNi13	CA 15		●		●			●	
1.4016	X6Cr17	430		●		●			●	
1.4021	X20Cr13	420		●		●			●	
1.4024	X15Cr13	410		●		●			●	
1.4027	GX20Cr14	A 217				●				
1.4034	X46Cr13					●				
1.4057	X17CrNi16-2	431				●				
1.4059	GX22CrNi17	A 743				●				
1.4113	X6CrMo17-1	434					●			●
1.4120	X20CrMo13						●			●
1.4120	GX20CrMo13						●			●
1.4122	X39CrMo17-1						●			●
1.4122	GX35CrMo17-1						●			●
1.4301	X5CrNi18-10	304		●					○	
1.4303	X4CrNi18-12	305		●					○	
1.4306	X2CrNi19-11	304L		●					○	
1.4308	GX5CrNi19-10			●					○	
1.4311	X2CrNiN18-10	304LN		●					○	

Übersichtstabellen

Anwendungsgebiete und Verwendungsmöglichkeiten der MIGAL.CO Zusatzwerkstoffe für artgleiche oder artähnliche Grundwerkstoffe

Fortsetzung der Tabelle

Werkstoffnummer	Materialbezeichnung	ASTM AISI UNS	Service- temperatur bis zu °C	1.4316 19.9.LSi	1.4332 24.13.LSi	1.4370 18.8.Mn	1.4430 19.12.3.LSi	1.4462 22.8.3.L	1.4551 19.9.NbSi	1.4576 19.12.3.NbSi
1.4312	GX10CrNi18-8			●					○	
1.4362		S32304						●		
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316					●			○
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	316L					●			○
1.4406	X2CrNiMoN17-11-2	316L					●			○
1.4408	GX5CrNiMo19-11-2						●			○
1.4409	GX2CrNiMo19-11-2						●			○
1.4417		S31500						●		
1.4429	X2CrNiMoN17-13-3	316LN					●			○
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	317L					●			○
1.4436	X3CrNiMo17-13-3	S31600					●			○
1.4437	GX6CrNiMo18-12	S31600					●			○
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	S31803						●		
1.4541	X6CrNiTi18-10	321		○					●	
1.4550	X6CrNiNb18-10	347		○					●	
1.4552	GX5CrNiNb19-11	CF8C		○					●	
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	316 Ti					○			●
1.4580	X6CrNiMoNb17-12-2	316 Cb					○			●
1.4581	GX5CrNiMoNb19-11-2						○			●
1.4583	X10CrNiMoNb18-12	316 Cb					○			●
1.4710 ²			850			○ ¹				
1.4712			850			○ ¹				
1.4713			800			○ ¹				
1.4724		405	850			○ ¹				
1.4825		A297 Gr. CF20	800			○ ¹			● ³	
1.4878		321	800			○ ¹			● ³	

● gleich oder ähnlich legierter Zusatz

○ ungleich oder höher legierter Zusatz (Einsatzbedingungen sind zu prüfen)

¹ Austenitisches Schweißgut mit höherer Duktilität; die Anwendung in schwefelhaltigen Medien oder für farbähnliche Anwendungen erfordern den Einsatz von ähnlich legierten Zusätzen.

² Die Schweißbarkeit des Grundwerkstoffes ist begrenzt.

³ Für Einsatztemperaturen bis 400° Celsius.

Übersichtstabellen

Lauf­längentabellen in Meter ...

... für Aluminiumlegierungen bei einem spezifischen Gewicht von 2,7 g/cm³

Drahtdurchmesser [mm]	Gewicht [g/m]	Spulengewicht [kg]							
		0,5	2	6	7	18	40	80	140
0,8	1,36	368	1.474	4.421	5.158	13.263			
1,0	2,12	236	943	2.829	3.301	8.488			
1,2	3,05	164	655	1.965	2.292	5.895	13.099	26.198	66.020
1,6	5,43	92	368	1.105	1.289	3.316	7.368	14.737	45.847
2,0	8,48	59	236	707	825	2.122	4.716		25.789
2,4	12,21	41	164	491	573	1.474	3.275		

... für Kupferlegierungen bei einem spezifischen Gewicht von 8,9 g/cm³

Drahtdurchmesser [mm]	Gewicht [g/m]	Spulengewicht [kg]			
		3	5	15	200
0,8	4,47	671	1.118	3.353	
1,0	6,99	429	715	2.146	28.612
1,2	10,07	298	497	1.490	19.870
1,6	17,89	168	279	838	11.177
2,0	27,96	107	179	537	
2,4	40,26	75	124	373	

... für nichtrostende Schweißdrähte bei einem spezifischen Gewicht von 7,8 g/cm³

Drahtdurchmesser [mm]	Gewicht [g/m]	Spulengewicht [kg]		
		15	150	300
0,8	3,92	3.826	38.258	76.517
1,0	6,13	2.449	24.485	48.971
1,2	8,82	1.700	17.004	34.007
1,6	15,68	956	9.565	19.129
2,0	24,50	612	6.121	12.243
2,4	35,29	425	4.251	8.502

... für Nickellegierungen bei einem spezifischen Gewicht von 8,5 g/cm³

Drahtdurchmesser [mm]	Gewicht [g/m]	Spulengewicht [kg]
		15
0,8	4,27	3.511
1,0	6,68	2.247
1,2	9,61	1.560
1,6	17,09	878
2,0	26,70	562
2,4	38,45	390

Zulassungen



Zulassungen

(Zertifikate können online auf www.migal.co abgerufen werden)

Aluminiumlegierungen

Zusatzwerkstoff	DNV-GL	ABS	DB	VdTÜV	Bureau Veritas	Lloyds Register
MA-1070						
MA-1450						
MA-4043			•	•		
MA-4047						
MA-5087	•	•	•	•	•	•
MA-5183	•	•	•	•	•	•
MA-5356	•	•	•	•	•	•
MA-5754			•	•		
MA-5554						

Nichtrostende Schweißdrähte

Zusatzwerkstoff	DNV-GL	DB	TÜV MIG	TÜV WIG
1.4316 19.9.LSi		•	•	•
1.4332 24.13.LSi				
1.4370 18.8.Mn		•	•	•
1.4430 19.12.3.LSi	•	•		•
1.4462 22.8.3.L	•		•	•
1.4551 19.9.NbSi		•	•	•
1.4576 19.12.3.NbSi		•	•	•

Aluminiumlegierungen

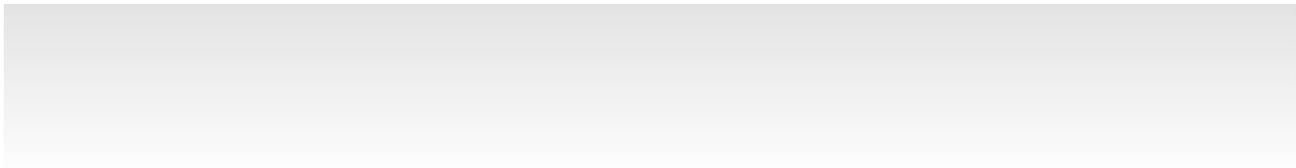
AL99,7 AL99,5Ti

ALCu6MnZrTi

ALSi5
ALSi12

ALMg4,5MnZr
ALMg4,5Mn0,7

ALMg5Cr ALMg2,7Mn
ALMg5Mn ALMg3



MA-1070 AL99,7

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,20 Fe < 0,25 Cu < 0,04 Mn < 0,03 Mg < 0,03 Zn < 0,04 Be < 0,0003 Ti < 0,03 V < 0,05 andere einzeln < 0,03 Al mind. 99,70
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 1070 (Al99,7) Werkstoff Nr. 3.0259
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Die Verarbeitung von Reinaluminium erfordert aufgrund des schmalen Schmelzintervalls besondere Vorkehrungen um Porosität und Heißrisse zu vermeiden. Diese Legierung ersetzt ML 1050. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 34-36 Wärmeleitfähigkeit bei 20°C [W/(m*K)] 210-230 Linearer Wärmeausdehnungskoeff. (20-100°C) [1/K] 23,5*10 ⁻⁶
Mechanische Güterwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze R _{p0,2} [MPa] 20 Zugfestigkeit R _m [MPa] 65 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 35 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-1450 AL99,5Ti

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,25 Fe < 0,40 Cu < 0,05 Mn < 0,05 Mg < 0,05 Zn < 0,07 Be < 0,0003 Ti 0,10-0,20 andere einzeln < 0,03 Al mind. 99,50
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 1450 (Al99,5Ti) Werkstoff Nr. 3.0805
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Die Verarbeitung von Reinaluminium erfordert aufgrund des schmalen Schmelzintervalls besondere Vorkehrungen um Porosität und Heißrisse zu vermeiden. Der Zusatz von Titan wirkt kornfeinernd und reduziert die Gefahr von Heißrissen. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] mind. 35 Wärmeleitfähigkeit bei 20°C [W/(m*K)] 210-230 Linearer Wärmeausdehnungskoeff. (20-100°C) [1/K] 23,5*10 ⁻⁶
Mechanische Güterwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze R _{p0,2} [MPa] 20 Zugfestigkeit R _m [MPa] 65 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 35 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-2319 AlCu6MnZrTi

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,20 Fe < 0,30 Cu 5,80-6,80 Mn 0,20-0,40 Mg < 0,02 V 0,05-0,15 Zn < 0,10 Zr 0,10-0,25 Be < 0,0003 Ti 0,10-0,20 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 2319 (AlCu6MnZrTi) AWS A 5-10 ER 2319
Grundwerkstoffe	AlCu6Mn
Hinweise	Diese Legierung wird hauptsächlich in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 180 Zugfestigkeit R_m [MPa] 240 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] ca. 3 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	auf Anfrage
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-4043 AlSi5

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si 4,50-5,50 Fe < 0,60 Cu < 0,30 Mn < 0,15 Mg < 0,20 Zn < 0,10 Be < 0,0003 Ti < 0,15 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 4043A (AlSi5(A)) Werkstoff Nr. 3.2245 AWS A 5-10 ER 4043
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Diese Legierung wird speziell angewendet um der Bildung von Erstarrungsrissen in Verbindung mit hoher Aufmischung und starrer Einspannung vorzubeugen. Beim Anodisieren ergibt sich eine dunkelgraue Verfärbung. Das Schmelzbad ist sehr flüssig. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 40 Zugfestigkeit R_m [MPa] 120 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 8 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	DB, VdTÜV
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-4047 ALSi12

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si 11,00-13,00 Fe < 0,60 Cu < 0,30 Mn < 0,15 Mg < 0,10 Zn < 0,20 Be < 0,0003 Ti < 0,15 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 4047A (AlSi12(A)) Werkstoff Nr. 3.2585 AWS A 5-10 ER 4047
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Diese Legierung wird speziell angewendet um der Bildung von Erstarrungsrissen in Verbindung mit hoher Aufmischung und starrer Einspannung vorzubeugen. Beim Anodisieren ergibt sich eine dunkelgraue Verfärbung. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 60 Zugfestigkeit R_m [MPa] 130 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 5 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-5087 ALMg4,5MnZr

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,25 Fe < 0,40 Cu < 0,05 Mn 0,70-1,10 Mg 4,50-5,20 Cr 0,05-0,25 Zn < 0,25 Be < 0,0003 Ti < 0,15 Zr 0,10-0,20 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 5087 (AlMg4,5MnZr(A)) Werkstoff Nr. 3.3546
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Das Schweißgut ist heißrißunempfindlich; besonders vorteilhaft bei ungünstigen Einspannverhältnissen mit komplizierten Werkstücken. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 125 Zugfestigkeit R_m [MPa] 275 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 17 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB, DNV-GL, Bureau Veritas, Lloyds Register
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-5183 ALMg4,5Mn0,7

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,40 Fe < 0,40 Cu < 0,10 Mn 0,50-1,00 Mg 4,30-5,20 Cr 0,05-0,25 Zn < 0,25 Be < 0,0003 Ti < 0,15 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 5183 (AlMg4,5Mn0,7(A)) Werkstoff Nr. 3.3548 AWS A 5-10 ER 5183
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Das Schweißgut ist seewasserbeständig. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 125 Zugfestigkeit R_m [MPa] 275 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 17 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB, DNV-GL, Bureau Veritas, Lloyds Register
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-5356 ALMg5Cr

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,25 Fe < 0,40 Cu < 0,10 Mn 0,05-0,20 Mg 4,50-5,50 Cr 0,05-0,20 Zn < 0,10 Be < 0,0003 Ti 0,06-0,20 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 5356 (AlMg5Cr(A)) Werkstoff Nr. 3.3556 AWS A 5-10 ER 5356
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Das Schweißgut ist seewasserbeständig. Geeignet für annähernd farbgleiche Schweißverbindungen an anodisch oxidierbaren (eloxierten) Werkstoffen. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 110 Zugfestigkeit R_m [MPa] 240 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 17 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB, DNV-GL, Bureau Veritas, Lloyds Register
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-5554 ALMg2,7Mn

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,25 Fe < 0,40 Cu < 0,10 Mn 0,50-1,00 Mg 2,40-3,00 Cr 0,05-0,20 Zn < 0,25 Be < 0,0003 Ti 0,05-0,20 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 5554 (AlMg2,7Mn) Werkstoff Nr. 3.3538 AWS A 5-10 ER 5554
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Diese Legierung wurde für Anwendungen bei hohen Temperaturen und gleichzeitiger Vermeidung von Spannungsrißkorrosion entwickelt. Eine Verbindung des Grundwerkstoffes 5454 mit Legierungen aus der 6000 Reihe ist möglich. Das Schweißgut ist seewasserbeständig. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 100 Zugfestigkeit R_m [MPa] 215 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 17 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	VdTÜV, DB
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-5556 ALMg5Mn

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,25 Fe < 0,40 Cu < 0,10 Mn 0,60-1,00 Mg 5,00-5,50 Cr 0,05-0,20 Zn < 0,20 Be < 0,0003 Ti 0,05-0,20 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S AI 5556A (AlMg5Mn) AWS A 5-10 ER 5556
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 125 Zugfestigkeit R_m [MPa] 275 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 17 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	auf Anfrage
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

MA-5754 ALMg3

Schweißstab/Drahtelektrode aus Aluminium

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Si < 0,40 Fe < 0,40 Cu < 0,10 Mn < 0,50 Mg 2,60-3,60 Cr < 0,30 Zn < 0,20 Be < 0,0003 Ti < 0,15 andere einzeln < 0,05 andere gesamt < 0,15
Normbezeichnung	EN ISO 18273 S Al 5754 (AlMg3) Werkstoff Nr. 3.3536
Grundwerkstoffe	Siehe Seite 15.
Hinweise	Das Schweißgut ist seewasserbeständig. Geeignet für annähernd farbgleiche Schweißverbindungen an anodisch oxidierbaren (eloxierten) Werkstoffen. Beachten Sie unsere anwendungstechnischen Hinweise.
Mechanische Gütwerte des Schweißgutes (Richtwerte)	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 80 Zugfestigkeit R_m [MPa] 190 Dehnung A_5 ($L_0=5d_0$) [%] 20 Prüftemperatur [°C] 20
Schweißposition	PA, PB, PC, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Zulassungen	auf Anfrage
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 100 / 0,5 kg 20 Spulen = 10 kg (Karton) S 200 / 2 kg 4 Spulen = 8 kg (Karton) S 300 / 6 kg 56 Spulen = 336 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 7 kg 56 Spulen = 392 kg (Palette) B 400 / 18 kg 28 Spulen = 504 kg (Palette) B 400 / 40 kg 15 Spulen = 600 kg (Palette) Öko-Fass / 80 kg 2 Fässer = 160 kg (Palette) Jumbo-Fass / 140 kg 2 Fässer = 280 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

Anwendungstechnische Hinweise

Anwendungstechnische Hinweise zum Schutzgasschweißen von Aluminium

Der Einsatz von Aluminium und seinen Legierungen nimmt ständig zu. Auch in der Zukunft ist mit einem überproportionalen Zuwachs und der Substitution von Stahl speziell, aber nicht nur, im Mobilitätsbereich zu rechnen. Die steigenden Energiekosten machen den Leichtbau zunehmend wirtschaftlich. Dies führt dazu, dass Fertigungsbetriebe von der Verarbeitung von Stahl auf Aluminium umsteigen oder direkt Aluminiumverarbeiter neu entstehen.

Da die Fertigungsprozesse und die verwendeten Begriffe von Stahl oft nur wenig abweichen, werden allzu oft grundlegende Fehler in der Verarbeitung gemacht, welche zu teurer Nacharbeit, Ausschuss und Terminverzug führen. Tatsächlich sind viele Eigenschaften von Aluminium geradezu entgegengesetzt zu Stahl und deren Kenntnis ist für eine sichere Verarbeitung unbedingt nötig.

Physikalische Größen von chemisch reinem Aluminium (im Vergleich zu Eisen)

Eigenschaften	Einheit	Al	Fe	Verhältnis
Atomgewicht	[g/Mol]	26,98	55,84	≈ 1 zu 2
Kristallgitter		kubisch flächenzentriert	kubisch raumzentriert	
Dichte	[g/cm ³]	2,70	7,87	≈ 1 zu 3
Elastizitätsmodul	[Gpa]	67	210	≈ 1 zu 3
Ausdehnungskoeffizient	[1/K]	24 · 10 ⁻⁶	12 · 10 ⁻⁶	≈ 2 zu 1
R _{p0,2}	[MPa]	≈ 10	≈ 100	≈ 1 zu 10
Zugfestigkeit R _m	[MPa]	≈ 50	≈ 200	≈ 1 zu 4
Spezifische Wärme	[J/kg·K]	≈ 890	≈ 460	≈ 2 zu 1
Schmelzwärme	[J/g]	≈ 390	≈ 272	≈ 1,5 zu 1
Schmelztemperatur	[°C]	660	1536	≈ 1 zu 2,5
Wärmeleitfähigkeit	[W/m·K]	235	75	≈ 3 zu 1
Elektrische Leitfähigkeit	[m/Ω·mm ²]	38	≈ 10	≈ 4 zu 1
Oxide		Al ₂ O ₃	FeO / Fe ₂ O ₃ / Fe ₃ O ₄	
Schmelztemperatur der Oxide	[°C]	2050	1400 / 1455 / 1600	bei Fe ähnlich dem Metall bei Al ca. 3 x so hoch
Dichte der Oxide	[g/cm ³]	3,89	5,7 / 5,24 / ≈ 5,0	Fe-Oxide sind leichter als Metall; Al-Oxid schwerer

Tabelle: Physikalische Eigenschaften von Aluminium zu Eisen

Auswirkungen der Unterschiede in den physikalischen Größen von Stahl zu Aluminium auf das Schmelzschweißen

Die Unterschiede in Dichte, Elastizitätsmodul und der Festigkeit sind für das praktische Schweißen kaum von Relevanz, natürlich jedoch für die Konstruktion der Bauteile.

Die gute elektrische Leitfähigkeit von Aluminium kann zu Schwierigkeiten beim Zünden des Lichtbogens führen und die ebenso hohe Wärmeleitfähigkeit zu Bindefehlern am Nahtanfang und zu vorlaufender Schweißwärme. Auf diese Aspekte

Anwendungstechnische Hinweise

wird in weiterer Folge detailliert eingegangen. Die gute Wärmeleitfähigkeit kann ebenso zu einer starken Erwärmung von Schweißvorrichtungen und damit zu Dimensionsabweichungen führen, denen mit einer entsprechend stabilen Ausführung und eventuell einer zusätzlichen Kühlung begegnet werden muss. Grundsätzlich führen hohe Wärmeleitfähigkeit und Ausdehnungskoeffizient zu einem stärkeren Verzug beim Schweißen von Aluminium. Dies ist in Konstruktion und im Vorrichtungsbau zu berücksichtigen.

Ein ganz besonderes Augenmerk ist auf die Oxidschicht und die Löslichkeit von Wasserstoff zu richten.

Oxidschicht

Aluminium bildet an Atmosphäre sofort eine Oxidschicht im Wesentlichen aus amorphem Al_2O_3 . Sie besteht aus zwei übereinander liegenden Teilschichten und zwar

- einer nahezu porenfreien Grund- oder Sperrschicht aus amorphem Aluminiumoxid und
- einer porösen wasserhaltigen Deckschicht mit geringen kristallinen Anteilen an Al-Hydroxiden und Bayerit.

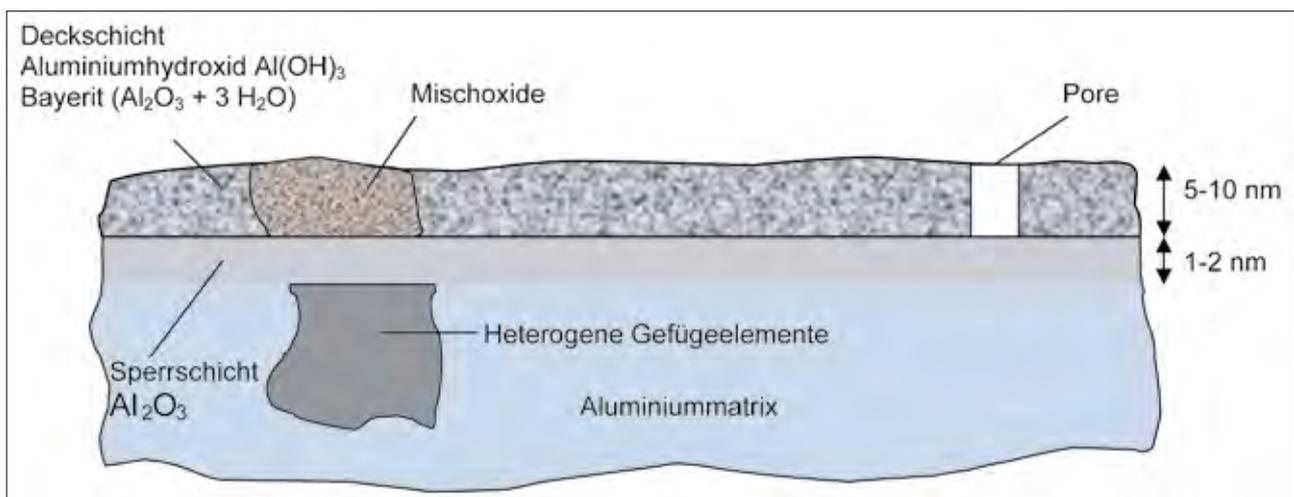


Abbildung: Aufbau einer natürlichen Oxidschicht (schematisch)

Die Dicke der Oxidschicht nimmt mit Zeit, Temperatur und Sauerstoffangebot zu. Obwohl die Oxidschicht sehr dicht ist, einen Schmelzpunkt von ca. 2.300° Celsius aufweist und die Aluminiumoberfläche vor weiterer Korrosion schützt, kann diese auch porös sein und Feuchtigkeit aufnehmen.

Der Oberflächenzustand von Aluminium beeinflusst beim MIG und WIG-Schweißen

- die Lichtbogenstabilität (für einen stabilen Lichtbogen ist das Vorhandensein von Al-Oxid notwendig)
- die Geometrie des Lichtbogenbrennflecks
- den Spannungsabfall im Lichtbogen und damit die Lichtbogenlänge
- die Schweißnahtgeometrie
- die Schweißnahtgüte
- die Reproduzierbarkeit des Prozesses speziell beim mechanisierten Schweißen

Anwendungstechnische Hinweise

Da die Ausbildung der Oxidschicht aufgrund der extrem geringen Dicken im Nanometerbereich in der Praxis derzeit kaum messbar ist bleibt oft nur die Möglichkeit durch chemische Methoden (Beizen) die Oxidschicht vollständig zu entfernen und durch Lagerung unter definierten Umgebungs- und Zeitbedingungen beim nachfolgenden Schweißen eine definierte Schichtdicke zu erzielen.

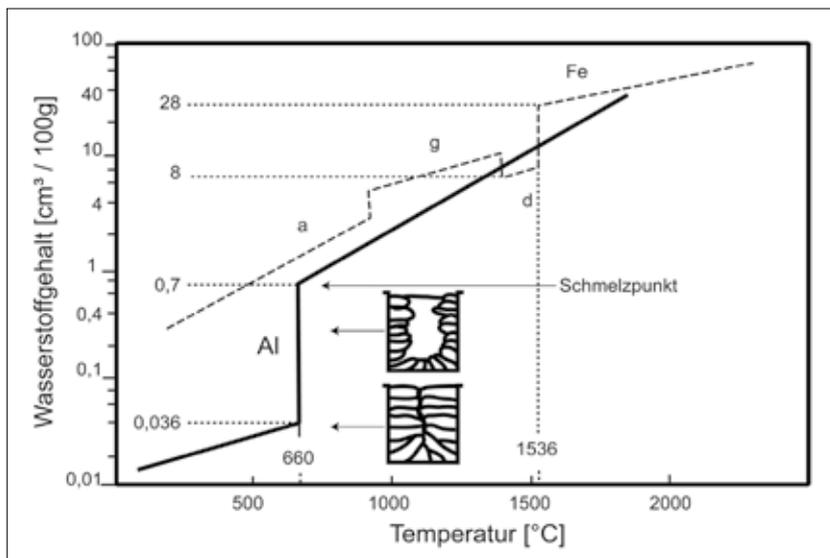
Bemerkenswert ist ferner, dass die Dichte des Aluminiumoxids im Vergleich zum Metall höher ist. Bei Eisen haben die Oxide ein geringeres Gewicht als das Metall und schwimmen deshalb beim Schmelzschweißen auf der Oberfläche. Bei Aluminium sinken die Oxide im Schmelzbad nach unten und können Oxideinschlüsse verursachen.

Löslichkeit von Wasserstoff

Von allen Gasen ist in Aluminium nur Wasserstoff löslich. Verglichen mit der Löslichkeit von Gasen in Eisenlegierungen ist das Lösungsvermögen gering.

Die Löslichkeit von Wasserstoff in Aluminium hängt von dessen Legierungsgehalt und von der Temperatur ab. Die gelöste Menge wird zusätzlich vom Wasserstoffangebot bestimmt, das in der Regel als Wasserstoffpartialdruck angegeben wird. Die gelöste Menge wird üblicherweise in ml des gelösten Gases pro 100 g Metall angegeben. (1013 mbar und 0° Celsius; 1 ppm = 1,1124 ml/100g)

Da die Löslichkeit von Wasserstoff in Aluminium während der Abkühlung bei einer Temperatur von ca. 600°C sprunghaft (1:20) abnimmt kommt es während der Erstarrung des Schmelzgutes häufig zu Poren bedingt durch Wasserstoff. Bei Reinaluminium ist die Porenanfälligkeit am gravierendsten, während bei den Legierungen der Löslichkeitssprung geringer ist. Dies führt naturgemäß zu geringerer Porosität.



Diese Umstände führen dazu, dass das Vorhandensein von Wasserstoffporen beim MIG-Schweißen von Aluminium nahezu unvermeidbar ist. Poren haben negative Auswirkungen auf die statische und dynamische Festigkeit der Verbindung und können auch sonst störend sein. Beim mechanischen Abarbeiten der Nähte treten die Poren zutage und stören aus optischen Gründen oder Verringern die Lackhaftung.

Abnahmeorgane bei abnahmepflichtigen Bauwerken finden die Beurteilung schwierig, ob die Porigkeit noch akzeptabel ist oder nicht und sowohl Hersteller als auch Kunden finden es einfach handwerklich inakzeptabel.

Abbildung: Löslichkeit von Wasserstoff in Aluminium und Eisen

Anwendungstechnische Hinweise

Die grundsätzliche Lösung liegt darin, das Wasserstoffangebot so gering wie möglich zu halten. Allgemein wird ein Wasserstoffgehalt von ca. 0,2 bis 0,3 ml/100g als die Obergrenze dafür gehalten, dass keine oder kaum Poren auftreten. Dieser Grenzwert wird in der Praxis häufig erheblich überschritten. Quellen des Wasserstoffs sind Grundwerkstoff, Zusatzwerkstoff, Schutzgas, Atmosphäre. Eine möglichst saubere Lagerung und Verarbeitung der Werkstoffe, Vorbehandlung der Oberflächen und Vermeidung aller sonstigen Wasserstoffquellen sind oberstes Gebot.

Oberflächenbehandlung vor dem Schweißen

Aufgrund der oben beschriebenen Eigenschaften ist der Oberflächenbehandlung der Grund- und Zusatzwerkstoffe beim Schutzgasschweißen von Aluminium ein weitaus höherer Stellenwert zuzuschreiben als beispielsweise bei Stahl. Die Frage ob eine Reinigung vor dem Schweißen erforderlich ist kann nur so beantwortet werden: Wenn porenarme, hochfeste und konstante Schweißnähte erzielt werden sollen ist eine gründliche Reinigung nach erprobten, festgelegten und reproduzierbaren Verfahrensabläufen unbedingt erforderlich.

Wir haben die folgenden grundlegenden Richtlinien für die Lagerung, Reinigung, Nahtvorbereitung und das Schweißen zusammengestellt.

Lagerung und Handling

Grundwerkstoffe

Bleche und Profile sollen vertikal und mit einem genügenden Abstand zueinander gelagert werden um eine ausreichende Luftzirkulation zu ermöglichen und Kontaktpunkte zueinander zu vermeiden. Das Lager muss überdacht und vorzugsweise beheizt sein, wobei die Temperatur möglichst konstant zu halten ist. Eine kontrollierte Luftfeuchtigkeit ist wünschenswert.

Zusatzwerkstoff

Ein beheizter Lagerraum mit konstanter Temperatur und falls möglich kontrollierter Luftfeuchtigkeit ist von großer Bedeutung. Vor der Verarbeitung sind die Schweißzusätze für mindestens 24 Stunden in der gleichen Umgebung wie die Grundwerkstoffe in Originalverpackung aufzubewahren um eine Anpassung der Temperatur mit der Umgebung zu ermöglichen. Ein Schutz vor Staub und anderer Verschmutzung muss jederzeit gewährleistet sein.

Kondensation

Die atmosphärischen Einflüsse von Luftfeuchtigkeit und Temperatur können zu verschiedenen Jahreszeiten die Fertigungsbedingungen entscheidend verändern. So wie Feuchtigkeit auf einem kühlen Bierglas kondensiert kann dies auch auf Aluminiumoberflächen auftreten. Dafür maßgebend ist der Temperaturunterschied zwischen Luft und Metall, sowie die relative Luftfeuchtigkeit. In der folgenden Tabelle wird der Taupunkt bei verschiedenen Temperaturunterschieden und Luftfeuchten beispielsweise angegeben. Unter www.migal.co steht ein Taupunktrechner zur Verfügung.

Anwendungstechnische Hinweise

$(T_{\text{Luft}} - T_{\text{Metall}})^{\circ}$	Relative Luftfeuchtigkeit	$(T_{\text{Luft}} - T_{\text{Metall}})^{\circ}$	Relative Luftfeuchtigkeit
$^{\circ}\text{C}$	%	$^{\circ}\text{C}$	%
0	100	12	44
1	93	13	41
2	87	14	38
3	81	15	36
4	75	16	34
5*	70*	18	30
6	66	20	26
7	61	22	23
8	57	24	21
9	53	26	18
10	50	28	16
11	48	30	14

Tabelle: Kondensation von Wasser in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz von Metall zu Luft

* Beispiel: Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70 % kondensiert Feuchtigkeit auf der Metalloberfläche bei einem Temperaturunterschied von nur 5° Celsius. Das Auftreten von Kondensation ist unbedingt zu vermeiden.

Nahtvorbereitung

Plasmaschneiden

Es ist auf einen möglichst konzentrierten Lichtbogen und auf eine geringe Wärmeeinbringung zu achten. Speziell bei Legierungen der Gruppen 2XXX, 6XXX, und 7XXX kann es in der Wärmeeinflusszone zur Rissbildung kommen und die anschließende mechanische Abarbeitung der Schnittkante bis zu 3 mm und mehr wird erforderlich. Legierungen der Gruppen 1XXX, 3XXX, und 5XXX können hingegen meist ohne weitere Bearbeitung verschweißt werden.

Mechanische Bearbeitung

Drehen, Fräsen und andere spanabhebende Verfahren sind grundsätzlich am besten geeignet. Schmier- oder Kühlmittel dürfen jedoch nicht verwendet werden und die Werkzeuge müssen scharfe Schneidkanten aufweisen um das Schmieren des Metalls zu vermeiden. Besonders geeignet sind Fräsringe und Schweißnahtwurzelöffner von MIGAL.CO, siehe dazu www.migal.co/fraesen-statt-schleifen

Beim Sägen und Schleifen sollen ausschließlich Produkte verwendet werden welche vom jeweiligen Hersteller für Aluminium empfohlen werden. Beim Bürsten ist darauf zu achten, dass Edelstahlbürsten verwendet werden um Einschlüsse von Kohlenstoffstahl im Grundwerkstoff zu vermeiden. Der Drahtdurchmesser der Bürsten soll zwischen 0,1 und 0,25 mm bei den weicheren Aluminiumlegierungen und zwischen 0,25 und 0,4 mm bei den härteren Legierungen liegen. Zu dünne Drähte werden an deren Enden häufig verbogen und sind dann nicht mehr in der Lage die Verunreinigungen tatsächlich zu entfernen, sondern „verschmieren“ diese dann nur mehr. Zu dicke Drähte erzeugen zu tiefe Riefen im Werkstoff. Ähnliche Gesichtspunkte sind beim Reinigen durch Sandstrahlen zu berücksichtigen. Die Auswahl des Strahlgutes soll mit dem Hersteller abgestimmt werden. Luftdruckwerkzeuge sollen ihre Abluft nach hinten auslassen um eine Kontamination der Oberfläche mit Öl zu vermeiden.

Anwendungstechnische Hinweise

Chemische Reinigung

Die Reinigung der zu fügenden Bauteile soll möglichst kurz vor dem Schweißvorgang durchgeführt werden. Mögliche Reinigungsmethoden sind das Beizen in alkalischen Lösungen und der Einsatz von Lösungsmitteln auf Kohlenwasserstoffbasis (Alkohol, Azeton etc.). Trotz des hohen Aufwandes ist dem Beizen der Vorzug zu geben. Der Einsatz von Lösungsmitteln ist in vielen Fällen aufgrund des Arbeitsschutzes bedenklich, da Rückstände von Lösungsmitteln durch den Lichtbogen in gesundheitsschädliche Gase und Dämpfe umgewandelt werden.

Schutzgasschweißen von Aluminium

Allgemeines

Das Schmelzschweißen von Aluminium bezogen auf die Menge des abgesetzten Zusatzes wird hauptsächlich mit dem MIG (Metall Inert Gas)-Prozess durchgeführt. Neben dem MIG-Schweißen hat das WIG (Wolfram Inert Gas)-Schweißen eine größere Bedeutung im Behälter- und Apparatebau und bei der Verarbeitung von Blechdicken unterhalb von 2 mm. Gegenwärtig erfolgt jedoch speziell im Blechdickenbereich unterhalb von 2 mm eine Substitution des WIG-Schweißens durch das MIG-Schweißen. Der Grund dafür liegt in den Fortschritten der MIG-Impulsschweißtechnik, welche es ermöglicht dünnere Bleche prozeßsicher zu verarbeiten.

Die Gemeinsamkeit des MIG- mit dem WIG-Prozess liegt im inerten Schutzgas (Argon, Helium oder Gemische aus Argon und Helium) und dem Schmelzbad. Die hauptsächlichen Unterschiede liegen in der Elektrode und der verwendeten Stromquelle. Während beim MIG-Schweißen als Elektrode der Zusatzwerkstoff selbst verwendet wird und die Stromquelle eine Konstantspannungscharakteristik aufweist, wird beim WIG-Schweißen eine nicht abschmelzende Wolframelektrode verwendet und die Stromquelle weist eine Konstantstromcharakteristik auf.

Während das MIG-Schweißen sehr gut mechanisierbar (Roboter) ist, ist dies beim WIG-Schweißen nur bedingt möglich. Deshalb und wegen der grundsätzlich höheren Abschmelzleistung des MIG-Prozesses erfährt das MIG-Schweißen zukünftig eine weiterhin zunehmende Bedeutung.

Zusatzwerkstoffe

Die Auswahl des richtigen Schweißzusatzes kann aufgrund der Tabellen in diesem Katalog oder mit dem Werkstoffrechner unter www.migal.co vorgenommen werden. Diese Hilfsmittel können jedoch nicht alle konstruktiven und metallurgischen Besonderheiten und den Festigkeitszustand des Grundwerkstoffes berücksichtigen. Aus diesem Grund kann auf eigene Untersuchungen und Versuche vor einer Produktionsfreigabe in vielen Fällen nicht verzichtet werden. Die Qualität und die Prozeßsicherheit des Fügevorganges kann mit der Qualität des Zusatzwerkstoffes in unmittelbaren Zusammenhang gebracht werden.

MIG-Schweißen

Zusatzwerkstoffe von MIGAL.CO sind hochrein und weisen eine spezielle Oberflächenbehandlung auf. Beim MIG-Schweißen ist der Zusatzwerkstoff auch gleichzeitig die Elektrode und wird in einem automatischen Prozess von der Drahtspule über ein Drahtvorschubsystem durch ein Brennerschlauchpaket und ein Kontaktrohr dem Lichtbogen zugeführt. Der Schweißstrom wird der Drahtelektrode erst kurz vor dem Lichtbogen übergeben. Die Gleiteigenschaft und die Reinheit der Oberfläche sind für einen störungsfreien Ablauf der Drahtförderung ausschlaggebend und MIGAL.CO-Drahtelektroden

Anwendungstechnische Hinweise

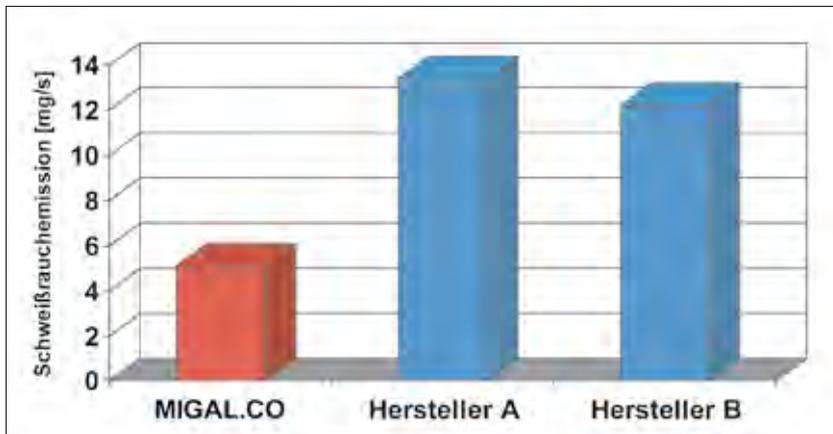


Abbildung: Drahtelektrodenvergleich in Bezug auf Schweißrauchemission

sind dafür optimiert. Sie zeichnen sich durch einen stabilen und reproduzierbaren Zündvorgang und durch einen geringen Gleitwiderstand im Schlauchpaket aus. Ein sehr angenehmer Nebeneffekt der Oberflächenreinheit ist die deutlich geringere Bildung von Schweißrauch, welcher in nicht unbeträchtlichem Maße durch die Verdampfung von Unreinheiten der Drahtoberfläche entstehen kann. Schweißnähte mit MIGAL.CO-Drahtelektroden zeichnen sich durch geringste Porosität und höchstmögliche Festigkeit aus.

Die geringe Schweißrauchbildung wurde durch Messungen des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit, St. Augustin anhand von Drahtelektroden der Legierung AlSi5 1,2 mm im Vergleich zu anderen handelsüblichen Produkten nachgewiesen.

Die Drahtfördereinrichtung ist gemäß den Vorschriften des Geräteherstellers für die Verarbeitung von Aluminium auszustatten. Das betrifft die Formgebung der Drahtvorschubrollen, die Verwendung von Kunststoffseelen und die Auswahl der Kontaktrohre.

Gegenüber der Verarbeitung von Stahldrähten ist der Innendurchmesser des Kontaktrohres größer zu wählen. Beispielsweise hat sich ein Bohrungsdurchmesser von 1,6 mm des Kontaktrohres für 1,2 mm Drahtdurchmesser bewährt. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Drahtelektrode auf ihrem Weg von der Spule bis zum Lichtbogen an keiner Stelle scheuert und deren Oberfläche nicht beschädigt wird. Weiters ist zu beachten, dass Reinaluminium und Aluminium-Silizium-Legierungen weicher als Aluminium-Magnesium-Legierungen sind und deshalb bei ausschließlich geschobenen Drahtvorschubsystemen mit kürzeren Brennerschlauchpaketen verarbeitet werden sollen. Eine Länge von 3 m des Brennerschlauchpaketes soll in diesem Fall nicht überschritten werden, wogegen dieses bei AlMg-Legierungen eine Länge von 4 m erreichen darf. Bei mechanischen und automatischen Schweißprozessen (Roboter und Automaten) sollen Brennerschlauchpaketlängen von 1,5 bis 2 m nicht überschritten werden und im Interesse eines störungsfreien Ablaufes ist der Einsatz von gezogenen Drahtvorschubsystemen (Drahtantrieb im Schweißbrenner) oder kombinierten Systemen (Push-Pull) zu empfehlen.

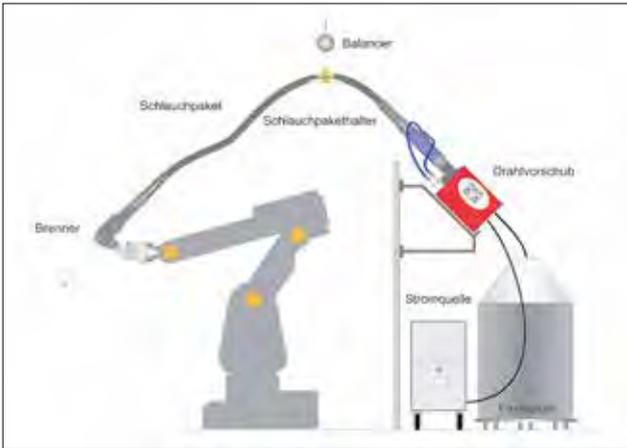
Drahtförderung

Drahtvorschubsysteme für MSG-Schweißanlagen wurden zunächst für die Förderung von Stahldrähten entwickelt, ebenso wie meistens alle anderen Schweißbedingungen aus der Stahlschweißung abgeleitet wurden. Stahldrähte haben generell eine gute Gleitfähigkeit und eine hohe Knicksteifigkeit. Beides gilt für Aluminium nicht. Dies macht speziell die Förderung der weichen AlSi und der Reinaluminiumlegierungen sehr schwierig. Keinesfalls dürfen Aluminiumdrähte durch eine Drahtführungsseele gezogen werden, da es dadurch zu einer selbstverstärkenden Bremswirkung kommt.

Während es bei Drahtvorschubsystemen mit 7 kg (B300 oder S300) Spulen kaum notwendig ist, den Draht durch eine Drahtführungsseele zu ziehen, ist dies bei Großspulensystemen sehr oft der Fall. Um dieser Problematik zu begegnen

Anwendungstechnische Hinweise

wurden in den vergangenen 5 Jahren Abspulsysteme mit Push-Push Antrieb entwickelt. Bei derartigen Systemen wird entweder die Drahtspule angetrieben und direkt von einer Drahtfördereinheit übernommen oder der Draht aus unmittelbarer Nähe aus einer Fassspule gezogen. Die dem Drahtgebilde direkt zugeordnete Drahtfördereinheit schiebt die Drahtelektrode in die Drahtführungsseele mit Überschuß (Push). Eine zweite Drahtfördereinheit befindet sich direkt am Schweißbrenner und gibt die Prozessdrahtgeschwindigkeit vor. Diese schiebt den Draht das letzte kurze Stück bis zur Stromkontaktdüse (Push).



Zum Abspulen von B-400 40 kg Spulen sind spezielle Abspulvorrichtungen notwendig, während dies bei den Öko- und Jumbo-Fässern nicht notwendig ist. Es ist jedoch auf eine möglichst kurze Verbindung des Fasses mit dem Drahtvorschubgerät (siehe Abbildung) zu achten. Falls längere Verbindungen zwischen Fass und Drahtvorschubgerät notwendig sind empfehlen wir unseren **Rolliner**.

Ein komplettes Produktprogramm betreffend der Verbindung von Großspulen oder Fässern mit Drahtvorschubgeräten finden Sie in unserem **Katalog „Drahtförderung“**.

Zünden des Lichtbogens

Aluminium hat eine wesentlich bessere elektrische Leitfähigkeit als Stahl. Dadurch ist es schwierig im Kurzschluss eine ausreichende ohmsche Erwärmung ($I^2 \cdot R$) des Drahtendes zu erhalten um das Schutzgas zu ionisieren und den Lichtbogen zu zünden. Zusätzlich sind die Oberflächen mit einer harten und isolierenden Aluminiumoxidschicht versehen welche vor dem Kurzschluss erst durchbrochen werden muss. Bei konventionellen MIG-Stromquellen konnte dieses Zündproblem oft nur durch speziell optimierte Drosseln teilweise gelöst werden. Durch die Fortschritte der elektronischen Stromquellen ist es möglich geworden den Zündstrom ausreichend schnell ansteigen zu lassen und anschließend rasch zu den Prozessparametern zurück zu kommen.

Seit einigen Jahren ist auch eine Lichtbogenzündung mit Drahrückzug verfügbar. Dabei wird die Drahtelektrode langsam zum Werkstück gefördert bis der Kurzschluss entsteht. Anschließend wird die Elektrode einige Millimeter zurückgezogen und ein zunächst leistungsarmer Lichtbogen gezündet. In weiterer Folge wird der Lichtbogen rasch auf die gewünschten Prozessparameter gebracht. Dadurch bietet sich die Möglichkeit den MIG-Lichtbogen typischerweise spritzerfrei und innerhalb eines engen Zeitfensters zu zünden. Diese Art der Lichtbogenzündung ist jedoch auf einen Drahtantrieb in unmittelbarer Nähe des Schweißbrenners angewiesen um den Draht exakt bewegen zu können. Dies führt zu einem größeren und schwereren Brenner mit Nachteilen sowohl in teilmechanisierten als auch mechanisierten Anwendungen.

Keine oder zu geringe Aufschmelzung am Nahtanfang und Füllen des Endkraters am Nahtende

Bedingt durch die hohe Wärmeleitfähigkeit von Aluminium ist es nach dem Zünden des Lichtbogens sehr schwierig, ausreichend Wärme zuzuführen um den Grundwerkstoff aufzuschmelzen. In weiterer Folge des Schweißprozesses läuft die Wärme im Werkstück derart rasch vor, dass am Nahtende ungünstige Bedingungen für eine saubere Endkraterfüllung

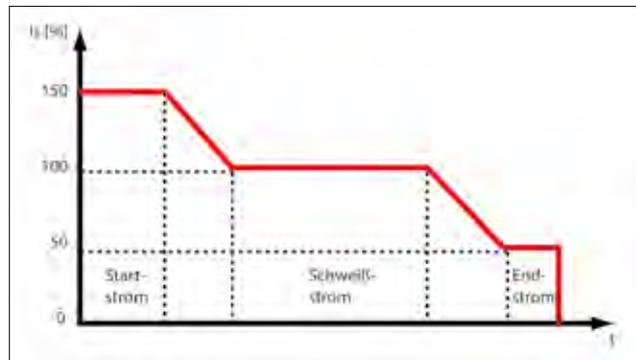


Abbildung: Stromprogramm mit erhöhtem Anfangs- und verringertem Endstrom

Anwendungstechnische Hinweise

entstehen. Zu diesem Zweck wurden von den Stromquellenherstellern Stromprogramme in die Ablaufsteuerung integriert wodurch am Nahtanfang erhöhte und am Nahtende reduzierte Lichtbogenleistungen eingestellt werden können. Dies führt tatsächlich zu einer Verbesserung, wenngleich dennoch nicht mit Sicherheit Anfangsbindefehler, Poren und Endkraterisse vermieden werden können. Erhöhte Lichtbogenleistung geht beim MSG-Schweißen immer auch mit einem höheren Drahtangebot (Drahtvorschubgeschwindigkeit) bzw. am Nahtende mit geringerer Drahtzufuhr einher. Genau das umgekehrte Verhältnis wäre erforderlich.

Falls möglich sollten deshalb folgende zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden:

- Verwendung von Anlauf- und Auslaufblechen
- Zünden bzw. Beenden der Schweißnaht im Grundwerkstoff
- Vorwärmen
- Gekühlte Schweißvorrichtungen

Schwarzer Niederschlag auf und neben der Naht

Bei vielen Anwendungen (Paletten für die chemische und Nahrungsmittelindustrie, Leitern, Gerüste) stört der schwarze Niederschlag. Dieser ist zwar relativ einfach durch Bürsten zu entfernen, erfolgt jedoch zusätzliche Arbeitsgänge die an schlecht zugänglichen Stellen oft nur manuell durchzuführen sind.

Der Niederschlag erfolgt aufgrund der Verdampfung und anschließenden Absetzung von Magnesiumoxid. Magnesium ist ein Legierungselement von Aluminium welches die Festigkeit des Werkstoffes beträchtlich erhöht und in der Regel unverzichtbar ist.

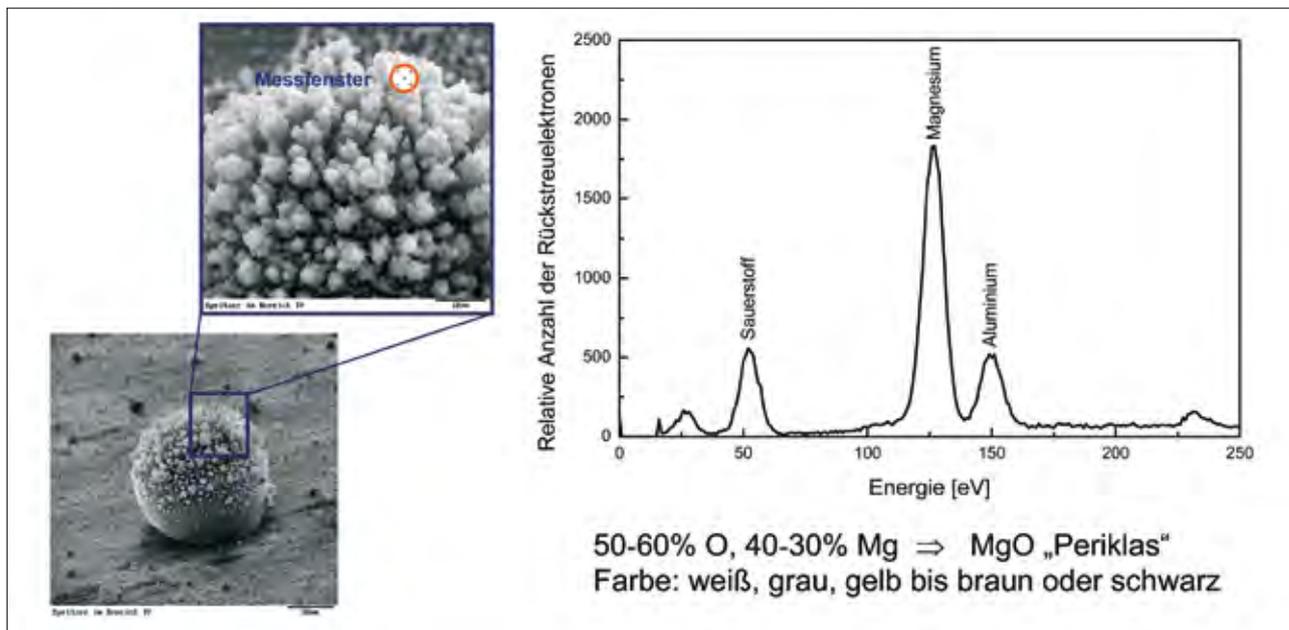


Abbildung: EDS-Analyse des schwarzen Niederschlags

Magnesiumoxid ist meist in weißer Form bekannt. Eine EDS-Analyse beseitigt jedoch jeden Zweifel dass es sich dabei um MgO handelt, welches neben seiner weißen Erscheinungsform auch Farben über grau, gelb, braun bis hin zu schwarz annehmen kann.

Anwendungstechnische Hinweise

Folgende Möglichkeiten bestehen um die MgO-Bildung zu reduzieren:

- Einsatz von Drahtelektroden mit geringem oder ohne Mg-Gehalt (AlMg3, AlSi5)
- Optimierte Impulsparameter für möglichst geringe Metaldampfbildung
- Vermeidung schlechter Nahtzugänglichkeit und daraus folgender ungünstiger Brenneranstellung
- Sichere Schutzgasabdeckung um die Zufuhr von Sauerstoff gering zu halten

Besonderheiten beim Schutzgasschweißen

MIG-Schweißen

Drahtabrieb an metallischen Kanten

Es muss sichergestellt sein, dass die Drahtelektrode während der Förderung von der Spule bis zum Kontaktrohr nicht über harte bzw. metallische Kanten gleitet und dadurch beschädigt wird. Neuralgische Punkte sind beispielsweise in den nebenstehenden schematischen Abbildungen dargestellt. Führungsrohre und Einlaufdüsen nahe den Vorschubrollen sind oft nicht präzise genug eingestellt, haben einen zu kleinen Durchmesser, oder weisen einen Grat auf. Ähnliches gilt für die Kontaktrohre die in häufigen Fällen nicht für weiche Drähte geeignet sind. Der Bohrungsdurchmesser von Kontaktrohren muss für Aluminium um ca. 0,2 mm größer sein als bei Stahl. Kontaktrohre für Stahl sind meist um ca. 0,15-0,2 mm größer gebohrt als der Drahtdurchmesser, was somit bedeutet, dass Kontaktrohre für Aluminium um ca. 0,35-0,4 mm größer als der Durchmesser des Drahtes gebohrt sein müssen.

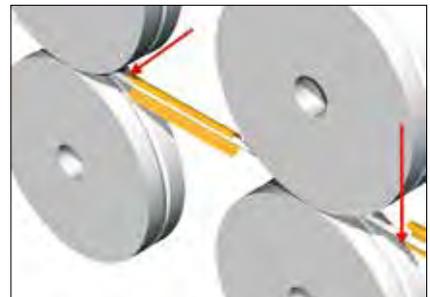


Abbildung: Schlecht ausgerichtetes Drahtfördersystem

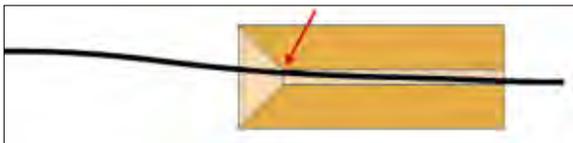


Abbildung: Drahtabrieb am Kontaktrohr

Falsch ausgeführte Drahtvorschubrollen

Drahtvorschubrollen für Aluminium und Kupferdrähte müssen vom Hersteller speziell für Aluminium hergestellt sein. Häufig wird eine sogenannte Halbrundnut oder ähnliche Nutform angeboten.

Die Abbildung zeigt häufige Fehler in Verbindung mit Drahtvorschubrollen. Der Anpressdruck der Drahtvorschubrollen muß so gering wie möglich eingestellt werden. Keinesfalls darf dieser bei auftretenden Vorschubstörungen erhöht werden, sondern es muß nach den Gründen für diese Störungen gesucht und diese behoben werden.

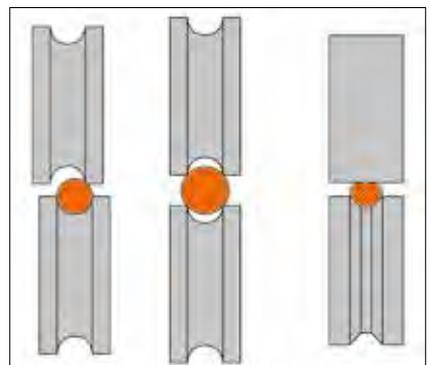


Abbildung: Unpassende Vorschubrollen

Feuchtigkeit und Undichtheit in den Gasschläuchen

Häufig ist festzustellen, dass die Ursache für Wasserstoffporosität im Zustand der Gasschläuche begründet ist. So kommt es vor, dass Gas- und Wasserschläuche vertauscht wurden und so Wasser in die Gasschläuche gelangt ist. Grundsätzlich sollen Gasschläuche nach einem derartigen Vorkommnis ausgetauscht werden, da ein vollständiges Trocknen nicht mehr möglich ist. Ein weiterer Grund für Feuchtigkeitsaufnahme liegt in porösem oder ungeeignetem Schlauchmaterial.

Anwendungstechnische Hinweise

$$\dot{n}_i = \frac{P_i}{\delta} \cdot (p_{i, \text{innen}} - p_{i, \text{außen}})$$

\dot{n}_i ... Spezifischer Molenstrom der Komponente i

P_i ... Permeabilität des Schlauchmaterials

δ ... Dicke der Schlauchwand

p_i ... Partialdruck der Komponente i

Gemäß dem Fick'schen Gesetz diffundieren Massen (Gase) auch durch sonst scheinbar dichte Materialien hindurch, falls innen ein geringerer Partialdruck der jeweiligen Komponente herrscht als außen. Feuchtigkeit in der Außenluft diffundiert somit durch eine Schlauchwand wenn sich innen trockenes Schutzgas befindet. Abhilfe kann lediglich durch eine möglichst geringe Permeabilität des Schlauchmaterials, durch kurze Schläuche und durch eine größere Wanddicke geschaffen werden.

Verschmutzung

Die Drahtvorschubsysteme und speziell alle Teile die mit der Drahtelektrode in Kontakt kommen müssen sehr sauber gehalten werden. Die Verwendung von Schmiermitteln und von Schweißspray sind unbedingt zu vermeiden. Die Drahtspulen müssen immer abgedeckt werden und vor Staub und Feuchtigkeit geschützt sein.

Reibung im Drahtfördersystem

Aluminium hat grundsätzlich sehr schlechte Gleiteigenschaften. Dennoch ist es beim MIG-Schweißen notwendig den Draht durch mehrere Meter lange Drahtführungsseelen zu fördern. Dem Werkstoff der Drahtführungsseelen kommt daher große Bedeutung zu. Bei geöffneten Spannhebeln der Drahtvorschubrollen muss es möglich sein den Draht durch Festhalten mit 2 Fingern und mäßigem Kraftaufwand durch das gesamte Vorschubsystem hindurchzuschieben. Einen guten Anhaltspunkt für die Reibung im Drahtfördersystem findet sich bei modernen Schweißstromquellen durch die Messung des Motorstroms des Vorschubmotors. Dieser soll kaum über dem Leerlaufwert liegen und soll regelmässig überwacht werden.

Zu langer Lichtbogen

Die Einstellung eines zu langen Lichtbogens führt häufig zur Aufnahme von großen Mengen an Atmosphäre in die Lichtbogensäule. Daraus resultiert Porosität und Oxideinschlüsse. Somit müssen die Schweißparameter stets so optimiert werden, dass ein möglichst kurzer Lichtbogen eingestellt ist. Dazu ist häufig viel Erfahrung und die Einflussnahme des Schweißanlagenherstellers nötig.

WIG-Schweißen

Beim WIG-Schweißen ist zusätzlich darauf zu achten, dass auch angebrochene Packungen von Schweißstäben immer verschlossen bleiben und vor Feuchtigkeit und Staub geschützt sind. Beispielsweise ist es günstig nur so viele Schweißstäbe zu entnehmen, wie man für die nächsten Stunden der Schweißstätigkeit benötigt. Unmittelbar vor der Verarbeitung kann der Schweißstab mit feiner Stahlwolle gereinigt werden. Der Schweißstab soll nicht mit bloßer Hand geführt werden und die verwendeten Handschuhe müssen trocken und fettfrei sein. Es ist darauf zu achten, dass das Ende des Schweißstabes solange im Schutzgasstrom des Schweißbrenners verbleibt bis es ausreichend abgekühlt ist um eine übermäßige Oxidation zu vermeiden. Die obenstehenden Richtlinien bezüglich Feuchtigkeit und Undichtheit in den Gasschläuchen gelten sinngemäß ebenso für das WIG-Schweißen.

Anwendungstechnische Hinweise

Vorwärmen und Zwischenlagentemperatur

Vorwärmen kann aus folgenden Gründen angewendet werden:

- um die Feuchtigkeit vor dem Schweißen zu entfernen, z. B. beim Schweißen auf Baustellen;
- um Unregelmäßigkeiten beim Kaltstart zu vermeiden;
- um einen Wärmeausgleich beim Schweißen sehr großer Dickenunterschiede zu erzielen;
- um die Auswirkungen der Abkühlungen beim Schweißen dicker Teile zu vermindern.

Die Zeitdauer der Temperaturbeaufschlagung muss so kurz wie möglich sein, um nachteilige Auswirkungen zu vermeiden. Eine zu hohe Vorwärmtemperatur kann die Festigkeit der Verbindung negativ beeinflussen. Durch die Verwendung von Argon-Helium-Gemischen oder Helium anstelle von Argon kann die Vorwärmtemperatur möglicherweise reduziert werden, oder es kann fallweise auf das Vorwärmen vollständig verzichtet werden.

Grundwerkstoff	Maximale Vorwärmtemperatur [°C]	Maximale Zwischenlagentemperatur [°C]
Nichtaushärtbare Legierungen (1xxx, 3xxx, 5xxx, AlSi-Guss, AlMg-Guss)	120	120
Aushärtbare Legierungen (6xxx, AlSiMg-Guss, AlSiCu-Guss)	120	100
7xxx	100	80

Die Zwischenlagentemperatur sollte aus folgenden Gründen überwacht werden:

- um einer Verminderung der mechanischen Eigenschaften durch Überhitzung vorzubeugen;
- um die Größe der Erweichungszone in der WEZ zu vermindern;
- um das Ausmaß der Ausscheidungen in der WEZ, z. B. durch Überaltern, zu vermindern.

Es wird empfohlen, dass die Temperatur der Verbindung bei Beginn jeder der aufeinanderfolgenden Schweißraupen die entsprechenden Werte, die in der Tabelle aufgeführt sind, nicht überschreitet.

Anodisieren (Eloxieren)

Beim Anodisieren kann es zu einer Verfärbung der Schweißnaht im Vergleich zum Grundwerkstoff kommen. Silizium führt zu grauen bis schwarzen Schweißnähten und Mangan zu einer leicht gelblichen Verfärbung. Somit sind nur die Schweißzusätze AlMg3, AlMg5, sowie die Reinaluminiumlegierungen Al99,7 und Al99,5Ti für das Eloxieren einzusetzen. Es soll auf eine möglichst gleiche Legierung des Schweißzusatzes im Vergleich zum Grundwerkstoff geachtet werden. Eine Erprobung der jeweils verwendeten Charge vor der Fertigung ist bei farbkritischen Anwendungen sehr zu empfehlen.

Richtige Lagerung

Unsere Schweißzusätze sind so zu lagern, dass der Taupunkt während der gesamten Lagerzeit nicht unterschritten wird. Dies lässt sich sicher durch einen geheizten Raum mit einer Temperatur von mindestens 15° Celsius und einer relativen Luftfeuchte von weniger als 50 % erreichen. Ist dies nicht möglich, kann gegebenenfalls auf Spezialverpackungen zurück gegriffen werden.

Anwendungstechnische Hinweise

Eine Lagerung bei zu hohen Temperaturen (> 25° Celsius) ist ebenfalls zu vermeiden, da sich das aufgebrauchte Gleitmittel dadurch zu schnell verflüchtigen kann.

Bei einer Lagerentnahme muss stets das Produkt mit dem ältesten Produktionsdatum gewählt werden (FIFO)! Schweißzusätze die nicht vollständig verbraucht wurden, müssen für eine Lagerung wieder verpackt werden.



Augenscheinlich beschädigte oder nass gewordene Verpackungen von Schweißzusätzen dürfen erst nach einer Freigabe durch eine qualifizierte Person (Hersteller, Schweißaufsicht) verwendet werden. Eine Trocknung von nass gewordenen Schweißdrähten oder -stäben ist grundsätzlich nicht möglich.

Eine maximale Lagerdauer kann nicht pauschal angegeben werden. Im Zweifel ist eine Eignung durch Schweißversuche nachzuweisen.

Schweißnahtfehler und ihre Vermeidung

Fehler	Hauptgründe	Vorbeugung und Gegenmaßnahmen
Porosität	Verunreinigter Zusatzwerkstoff. Feuchtigkeit an der Oberfläche des Zusatzwerkstoffes.	Verbessern der Sauberkeit des Zusatzwerkstoffes und der Umgebung. Schweißen oberhalb des Taupunktes.
	Verunreinigter Schweißnahtbereich. Feuchtigkeit an der Oberfläche der Verbindung.	Reinigen und Trocknen des Schweißnahtbereichs, z. B. Vorwärmen. Sicherstellen, dass sich der Werkstoff vor dem Schweißen auf Raumtemperatur befindet.
	Ungünstige Schweißpositionen.	Wenn möglich, Schweißpositionen PA, PB, PF verwenden.
	Zeit für die Entgasung zu kurz.	Erhöhen der Wärmeeinbringung und/oder Vorwärmen. Ändern der Nahtvorbereitung.
	Unsauberes Schutzgas, infolge Leck im Kühlwasser- oder Gasversorgungssystem.	Beseitigen des Lecks.
	Unsauberes Schutzgas, infolge Eindringen von Feuchtigkeit. Ungeeignete Schlauchqualität.	Verwenden von Gasen in Übereinstimmung mit EN 439. Sicherstellen der geeigneten Schlauchqualität, ersetzen von brüchigen Schläuchen und die Schlauchlänge so kurz wie möglich halten.
	Nichtlaminare Gasströmung infolge zu großer oder zu kleiner Durchflussgeschwindigkeit sowie durch Luftzug.	Optimierung der Einstellung für die Gasströmung. Vermeiden von Luftzug.
	Lichtbogenspannung zu hoch.	Optimieren der Lichtbogenspannung.
Brenneranstellwinkel zu klein.	Richtigen Brenneranstellwinkel anwenden.	

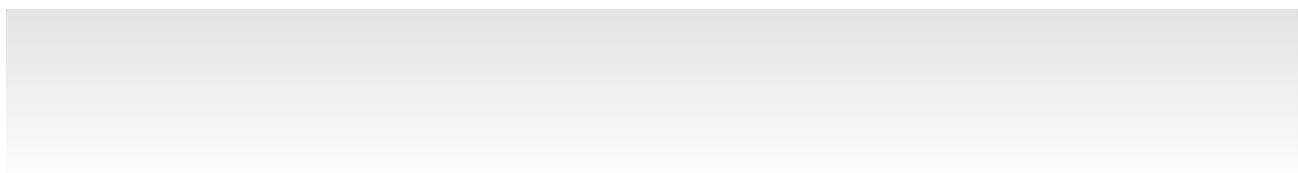
Anwendungstechnische Hinweise

Fehler	Hauptgründe	Vorbeugung und Gegenmaßnahmen
Oxideinschlüsse	Bildung von Oxiden im Lichtbogen oder im Schweißbad durch Aufnahme von Sauerstoff infolge einer unterbrochenen oder ungenügenden Gasströmung.	Siehe Porosität. Optimierung der Einstellung der Gasströmung, vermeiden von Zugluft.
	Unzureichende Reinigung des Nahtbereiches und/oder der vorhergehenden Schweißraupen.	Sicherstellen, dass der Nahtbereich und die vorhergehenden Schweißraupen gereinigt werden.
	Sauerstoffüberschuss in der Vorwärmflamme.	Optimierung der Flamme.
	Falsche Handhabung der Schweißstäbe beim WIG-Schweißen.	Kein Herausziehen des Schweißstabendes aus dem Schutzgasbereich.
Risse	Erstarrungseigenschaften des Schweißbades.	Auswahl eines Zusatzwerkstoffes, um eine optimale Schweißbarkeit sicherzustellen. Den Endkrater auf das Auslaufblech legen, oder mit einem Kraterfüllprogramm arbeiten.
	Innere Spannungen.	Wahl einer Schweißfolge, die die Eigenspannungen und den Verzug mindert.
	Wiederaufschmelzen von Bestandteilen mit niedrigem Schmelzpunkt, die sich an den Korngrenzen in der WEZ ausscheiden.	Vermindern der Wärmeeinbringung und der Zwischenlagentemperatur. Vermindern der Rissanfälligkeit durch Einsatz einer Ein-Raupen-Schweißtechnik. Verminderung der inneren Spannungen. Auswählen eines geeigneten Zusatzwerkstoffes (z. B. 4xxx-Reihe).
Wolframeinschlüsse	Wolframeinschlüsse infolge überhöhter Stromstärke oder durch Eintauchen in das Schweißbad.	Vermindern der Stromstärke oder Auswahl eines grösseren Elektrodendurchmessers. Die Spitze der Wolframelektrode nicht in das Schweißbad eintauchen.
Kupfereinschlüsse	Kupfereinschlüsse beim MIG-Schweißen infolge Überhitzung.	Auswählen eines Brenners und einer Kontaktspitze, die für die Stromstärke geeignet sind.
	Aufnahme von Kupfer aus der Unterlage.	Ersetzen der Schweißbadsicherung aus Kupfer, falls notwendig, durch solche aus nichtrostendem Stahl, Aluminium oder Keramik.

Weiterführende Literatur

1. Schweißen und Hartlöten von Aluminiumwerkstoffen, Fachbuchreihe Schweißtechnik, H. Schoer, 2002, ISBN: 978-3-87155-190-1
2. Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure, Teil 4: Geschweißte Aluminiumkonstruktionen, Fachbuchreihe Schweißtechnik, A. Neumann, Prof. Dr.-Ing. A. Hobbacher, 1993, ISBN: 978-3-87155-131-4
3. DVS-Merkblatt 0913-Teil 1, MIG-Schweißen von Aluminium – Werkstoffspezifische Grundlagen, Mai 2008
4. DVS-Merkblatt 0913-Teil 2, MIG-Schweißen von Aluminium – Geräte, Prozesse, Hilfsstoffe, Mai 2008
5. DVS-Merkblatt 0913-Teil 3, MIG-Schweißen von Aluminium – Anwendungstechnische Hinweise, Mai 2008

Kupferlegierungen



ML CuAl8

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al 6,00-8,50 Si < 0,20 Mn < 0,50 Zn < 0,20 Pb < 0,02 andere gesamt < 0,40
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6100 (CuAl7) DIN 1733 SG-CuAl8 Werkstoff Nr. 2.0921 BS 2901 part 3 C 28 AWS A 5.7 ER Cu Al-A1
Grundwerkstoffe	CuAl5; CuAl8; CuAl9; CuZn20Al
Hinweise	Zusatzwerkstoff zum Verbindungs- und Auftragsschweißen von Al-Bronzen, Messing, Stahl- und Grauguß, sowie zum MSG-Löten von C-Stahl mit und ohne Beschichtung. Gut geeignet für Verbindungsschweißungen von Stahl und Kupfer. Das Schweißgut ist korrosions- und brackwasserbeständig und verschleißfest.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 8 Dichte [kg/dm ³] 7,7 Solidus-Temperatur [°C] 1030 Liquidus-Temperatur [°C] 1040 Zugfestigkeit R _m [MPa] 390 - 450 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 45 Härte [HB] 140
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 200 / 5 kg n/a S 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) B 300 / 3 kg n/a B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) Öko-Fass / 200 kg 2 Fässer = 400 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

ML CuAl8Ni2

Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al 7,00-9,50 Si < 0,20 Mn 0,50-2,50 Ni (einschl. Co) 0,50-3,00 Zn < 0,20 Pb < 0,02 Fe 0,50-2,50 andere gesamt < 0,40
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6327 (CuAl8Ni2Fe2Mn2) DIN 1733 SG-CuAl8Ni2 Werkstoff Nr. 2.0922 BS 2901 part 3 C 29
Grundwerkstoffe	CuAl10Ni; CuAl11Ni; generell Kupfer-Aluminium-Nickel Legierungen
Hinweise	Zusatzwerkstoff für Cu-Al-Ni-Werkstoffe und für Verbindungsschweißungen von Stahl mit Cu-Al Legierungen. Auftragsschweißungen von Al-Bronzen und aluminiumbeschichteten Stählen. Einsetzbar für Grauguss im Maschinenbau, Schiffsbau und chem. Industrie. Sehr gute Meerwasserbeständigkeit (z.B. Auftragsschweißungen an Schiffsschrauben). Für mehrlagige Auftragsschweißungen auf Stählen wird das MIG-Impulsverfahren empfohlen.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 5 Dichte [kg/dm ³] 7,5 Solidus-Temperatur [°C] 1030 Liquidus-Temperatur [°C] 1050 Zugfestigkeit R _m [MPa] 430-540 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 30 Härte [HB] 130-150
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette)

ML CuAl8Ni6

Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al 8,50-9,50 Si < 0,10 Mn 0,60-3,50 Ni (einschl. Co) 4,00-5,50 Zn < 0,10 Pb < 0,02 Fe 3,00-5,00 andere gesamt < 0,50
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6328 (CuAl9Ni5Fe3Mn2) DIN 1733 SG-CuAl8Ni6 Werkstoff Nr. 2.0923 BS 2901 part 3 C 26 Ni AWS A 5.7 ER CuNiAl
Grundwerkstoffe	CuAl11Ni6Fe5; CuAl10Ni5Fe4; generell Kupfer-Aluminium-Nickel-Legierungen
Hinweise	Zusatzwerkstoff für Cu-Al-Ni-Werkstoffe und für Guß- und Schmiedeteile aus Nickel-Aluminium-Bronzen. Auftragsschweißungen von Al-Bronzen und Stähle, sowie Mehrstofflegierungen. Sehr gute Meerwasserbeständigkeit (z.B. Auftragsschweißungen an Schiffsschrauben). Hohe Verschleiß- und Abriebbeständigkeit. Gut geeignet für Lager, Ventile, Turbinen, Pumpen etc.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 4 Dichte [kg/dm ³] 7,5 Solidus-Temperatur [°C] 1015 Liquidus-Temperatur [°C] 1045 Zugfestigkeit R _m [MPa] 450-560 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 10 Härte [HB] 150-170
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette)

ML CuAl9Fe

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al 8,50 - 11,00 Si < 0,10 Zn < 0,02 Pb < 0,02 Fe < 1,50 andere gesamt < 0,50
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6180 (CuAl10Fe1) DIN 1733 SG-Cu Al 10 Fe Werkstoff Nr. 2.0937 BS 2901 Part 3 C 13 AWS A 5.7 ER CuAl – A2
Grundwerkstoffe	CuAl8Fe3
Hinweise	Zusatzwerkstoff zum Verbindungs- und Auftragsschweißen von Grundwerkstoffen ähnlicher Zusammensetzung, Mangan-Silizium-Bronzen und einigen Kupfer-Nickel-Legierungen. Gut geeignet für Verbindungsschweißungen von Stahl und Kupfer. Das Schweißgut ist seewasserbeständig. Sehr gut geeignet für das Flamspritzen.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 8 Dichte [kg/dm ³] 7,7 Solidus-Temperatur [°C] 1030 Liquidus-Temperatur [°C] 1040 Zugfestigkeit R _m [MPa] 390 - 500 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 35 Härte [HB] 140 - 160
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) Öko-Fass / 200 kg 2 Fässer = 400 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

ML CuMn13Al7

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al 7,00-8,50 Si < 0,10 Mn 11,00-14,00 Ni (einschl. Co) 1,50-3,00 Zn < 0,15 Pb < 0,02 Fe 2,00-4,00 andere gesamt < 0,50
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6338 (CuMn13Al8Fe3Ni2) DIN 1733 SG-CuMn13Al7 Werkstoff Nr. 2.1367 BS 2901 part 3 C 22 AWS A 5.7 ER CuMnNiAl
Grundwerkstoffe	Seewasserbeständige, Zn-freie CuAl-Legierungen hoher Härte und Festigkeit.
Hinweise	ML CuMn13Al7 ist eine Mangan-Nickel-Aluminium Bronze für seewasserbeständige Verbindungsschweißungen, insbesondere bei Erosion, Korrosion und Kavitation. Einsetzbar für verschleißfeste Auftragsschweißungen an Cu-Legierungen, C Mn-Stählen und Grauguß.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 3-5 Dichte [kg/dm ³] 7,4 Solidus-Temperatur [°C] 945 Liquidus-Temperatur [°C] 985 Zugfestigkeit R _m [MPa] 800-900 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 10 Härte [HB] 180-240
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG ~
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

ML CuNi10Fe

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni 9,00-11,00 Fe 0,50-2,00 C < 0,03 Mn 0,50-1,50 Si < 0,20 Ti 0,20-0,50 Al < 0,03 S < 0,02 P < 0,007 Pb < 0,02 andere gesamt < 0,40
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 7061 (CuNi10) DIN 1733 SG-CuNi10Fe Werkstoff Nr. 2.0873 BS 2901 part 3 C 16
Grundwerkstoffe	Gut geeignet für hochbeanspruchte korrosionsbeständige Auftragschweißungen auf Gusseisen und auf un- und niedriglegierten Stählen, seewasserbeständige CuZn-Legierungen. Gut geeignet für Schweißungen an CuNi-Werkstoffen. Besonders im Anlagenbau empfohlen.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 5 Therm. Leitfähigkeit [W/m K] 45 Dichte [kg/dm ³] 8,9 Schmelzpunkt [°C] 1.150 Zugfestigkeit R _m [MPa] 300 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 40 Elastizitätsmodul [MPa] 126.000
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg Länge 1.000 mm

ML CuNi30Fe

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni 29,00-32,00 Fe 0,40-1,00 C < 0,05 Mn 0,50-1,50 Si < 0,20 Ti 0,20-0,50 S < 0,015 P < 0,02 Pb < 0,02 andere gesamt < 0,50
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 7158 (CuNi30Mn1FeTi) DIN 1733 SG-CuNi30Fe Werkstoff Nr. 2.0837 AWS A 5.7 ER CuNi BS 2901 part 3 C 18
Grundwerkstoffe	Gut geeignet für hochbeanspruchte korrosionsbeständige Auftragsschweißungen auf Gusseisen und auf un- und niedriglegierten Stählen, sowie seewasserbeständige CuZn-Legierungen. Gut geeignet für Schweißungen an CuNi-Werkstoffen. Besonders empfehlenswert im Bereich Anlagenbau.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 2 Therm. Leitfähigkeit [W/m K] 30 Dichte [kg/dm ³] 8,9 Schmelzpunkt [°C] 1.210 Zugfestigkeit R _m [MPa] 400 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 35
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg Länge 1.000 mm

ML CuSi28L

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al < 0,02 Si 2,80-3,00 Mn 0,75-0,95 Sn < 0,05 Zn < 0,10 Pb < 0,01 Fe < 0,10 Ni < 0,05 P < 0,05 andere gesamt < 0,50
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6560 (CuSi3Mn1) DIN 1733 SG-CuSi3 Werkstoff Nr. 2.1461 BS 2901 part 3 C 9 AWS A 5.7 ER CuSi-A
Grundwerkstoffe	CuZn5; CuZn10; CuZn15; CuSi2Mn; CuSi3Mn
Hinweise	Modifizierter CuSi3 speziell für das Laserlöten und MSG-Löten in der Automobilindustrie.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 3-4 Dichte [kg/dm ³] 8,5 Solidus-Temperatur [°C] 910 Liquidus-Temperatur [°C] 1025 Zugfestigkeit R _m [MPa] 330-370 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 40 Härte [HB] 80-90
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 200 / 5 kg n/a S 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) B 300 / 3 kg n/a B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) Öko-Fass / 200 kg 2 Fässer = 400 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

ML CuSi3

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al < 0,02 Si 2,80-4,00 Mn 0,50-1,50 Sn < 0,20 Zn < 0,40 Pb < 0,02 Fe < 0,50 P < 0,05 andere gesamt < 0,50
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 6560 (CuSi3Mn1) DIN 1733 SG-CuSi3 Werkstoff Nr. 2.1461 BS 2901 Part 3 C 9 AWS A 5.7 ER CuSi – A
Grundwerkstoffe	CuZn5; CuZn10; CuZn15; CuSi2Mn; CuSi3Mn
Hinweise	Zusatzwerkstoff zum Verbindungsschweißen von Kupfer, Kupfer-Silizium und Kupfer-Zink-Legierungen. Gut geeignet für Verbindungsschweißungen von Stahl und Kupfer und für Auftragsschweißungen auf Stahl. Hohe Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit. Sehr häufig für das Lichtbogenlöten von elektrolytisch- oder feuerverzinkten Feinblechen eingesetzt.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 3-4 Dichte [kg/dm ³] 8,5 Solidus-Temperatur [°C] 910 Liquidus-Temperatur [°C] 1025 Zugfestigkeit R _m [MPa] 330 - 370 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 40 Härte [HB] 80 - 90
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG -
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 200 / 5 kg n/a S 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) B 300 / 3 kg n/a B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) Öko-Fass / 200 kg 2 Fässer = 400 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

ML CuSn

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al < 0,01 Si 0,10-0,40 Mn 0,10-0,40 Ni (einschl. Co) < 0,10 Sn 0,50-1,00 Pb < 0,01 Fe < 0,03 P < 0,015 andere gesamt < 0,20
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 1898A (CuSn1MnSi) DIN 1733 SG-CuSn Werkstoff Nr. 2.1006 BS 2901 part 3 C 7 AWS A 5.7 ER Cu
Grundwerkstoffe	OF-Cu; SE-Cu; SW-Cu; SF-Cu; CuZn0,5
Hinweise	Zusatzwerkstoff zum Verbindungsschweißen von hochbeanspruchten Kupferwerkstoffen. Exzellente Fließeigenschaften. Porenfreie Schweißnähte für Anwendungen im Apparate- und Behälterbau.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 15-20 Dichte [kg/dm ³] 8,9 Solidus-Temperatur [°C] 1020 Liquidus-Temperatur [°C] 1050 Zugfestigkeit R _m [MPa] 210-245 Härte [HB] 60-80
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG -
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) B 300 / 3 kg n/a B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) Öko-Fass / 200 kg 2 Fässer = 400 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

ML CuSn6

Schweißstab/Drahtelektrode aus Kupfer

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Al < 0,01 Zn < 0,10 Sn 4,00-7,00 Pb < 0,02 Fe < 0,10 P 0,01-0,40 andere gesamt < 0,20
Normbezeichnung	ISO 24373 S Cu 5180A (CuSn6P) DIN 1733 SG-CuSn6 Werkstoff Nr. 2.1022 BS 2901 Part 3 C 11 AWS A 5.7 ER CuSn – A
Grundwerkstoffe	CuSn4; CuSn6; CuSn8
Hinweise	Zusatzwerkstoff zum Verbindungs- und Auftragsschweißen an Bronzen. Zähes und porenfreies Schweißgut mit kontrolliertem Phosphorgehalt.
Physikalische Eigenschaften (Richtwerte)	Elektr. Leitfähigkeit [S*m/mm ²] 9 Dichte [kg/dm ³] 8,7 Solidus-Temperatur [°C] 910 Liquidus-Temperatur [°C] 1040 Zugfestigkeit R _m [MPa] 320 - 360 Dehnung A ₅ (L ₀ =5d ₀) [%] 25 Härte [HB] 80 - 90
Schweißposition	PA, PB, PC, PE, PF
Schutzgas	I1, I2, I3 (Schweißargon, Helium oder Argon/Helium-Gemische)
Polung	MIG =+, WIG -
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten Verpackungseinheiten S 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) B 300 / BS 300 / 15 kg 25 Spulen = 375 kg (Palette) Öko-Fass / 200 kg 2 Fässer = 400 kg (Palette)
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 10 kg Länge 1.000 mm

Anwendungstechnische Hinweise

Lichtbogenlöten

Allgemeines

Steigende Forderungen nach der Verminderung von Schäden führen in vielen Branchen zum Einsatz von beschichteten Stahlblechen. Unter den verschiedenen Möglichkeiten, den Stahl vor Korrosion zu schützen, kommt dem Zink einerseits wegen seiner günstigen Korrosionseigenschaften und andererseits wegen seines niedrigen Preises eine besondere Bedeutung zu.

Der Korrosionsschutz durch eine Zinkoberfläche kann durch das nachträgliche Feuerverzinken fertig bearbeiteter Bauteile bzw. Baugruppen erfolgen. Dies ist bei komplizierten Werkstücken aus Gründen des Verzuges durch das Eintauchen in flüssiges Zink oftmals nicht möglich. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, veredelte - also verzinkte - Flachzeuge weiter zu verarbeiten. Diese vorveredelten Flachzeuge können entweder elektrolytisch oder mittels Feuerverzinkung mit Zink beschichtet werden. Die auf das Grundmaterial aufgebrachte Zinkschicht beträgt je nach Herstellverfahren typisch zwischen 1 und 20 µm. Große Mengen verzinkten Feinbleches werden im Automobilbau, in der Bauwirtschaft, in der Lüftungs- und Klimatechnik, in der Haustechnik, für die Herstellung von Weißware und in der Möbelindustrie eingesetzt.

Nicht nur wegen seiner Fähigkeit zur Bildung von Deckschichten mit Barrierewirkung, die erst wegkorrodieren muss, bevor der Stahl rostet, hat Zink seine große Bedeutung für den Korrosionsschutz von Stahl erlangt, sondern auch wegen seiner kathodischen Schutzwirkung. Kommt es zu einer Beschädigung der schützenden Zinkschicht, so bewirkt der Zinküberzug auf Eisen einen kathodischen Schutz. Diese Schutzwirkung wirkt auf die Distanz von 1 bis 2 mm der unbeschichteten Fläche. Durch die kathodische Fernschutzwirkung des Zinks werden sowohl die nicht beschichteten Schnittkanten der Bleche als auch Mikrorisse, die durch Kaltumformung entstehen sowie die Umgebung von Schweißnähten, in der das Zink verdampft, geschützt. Ebenso kann aufgrund des kathodischen Schutzes eine Unterrostung der Zinkschicht von der Schnittkante her weitgehend ausgeschlossen werden.

Lichtbogenlöten von verzinkten Blechen

Zink beginnt bei etwa 420° Grad Celsius zu schmelzen und bei etwa 906° Grad Celsius zu verdampfen. Diese Eigenschaften wirken sich ungünstig auf jeden Schweißprozeß aus, da damit verbunden bereits weit vor dem Schmelzen des Grundwerkstoffes der Verdampfungsprozeß des Zinks eingeleitet wird. Die Zinkdämpfe und Oxide können zu Poren, Bindefehlern, Rißbildung und zu einem instabil brennenden Lichtbogen führen. Daher ist es für verzinkte Bleche günstiger, wenn weniger Wärme eingebracht wird, beziehungsweise der Grundwerkstoff nicht aufgeschmolzen wird.

Eine Alternative beim Schweißen verzinkter Bleche ist deshalb der Einsatz von Zusatzwerkstoffen auf Kupferbasis (Bronzen). Besonders bekannt sind Drähte mit Kupfersilizium-, (z. B. ML CuSi3) und Aluminiumbronze-Legierungen (ML CuAl8).

Folgende Vorteile können sich beim Einsatz dieser Drähte ergeben:

- keine Korrosion der Lötnaht
- minimaler Spritzerauswurf
- geringer Abbrand der Beschichtung
- niedrige Wärmeeinbringung
- einfache Nachbearbeitung der Naht
- kathodische Schutzwirkung des Grundwerkstoffes im unmittelbaren Nahtbereich

Anwendungstechnische Hinweise

Diese Bronzedrähte haben durch den hohen Kupferanteil einen relativ geringen Schmelzpunkt (je nach Legierungsbestandteile etwa 1000 bis 1080°C). Der Grundwerkstoff wird nicht aufgeschmolzen, d.h. die Verbindung entspricht eher einer Lötung. Bei den Lichtbogenlötprozessen sind üblicherweise keine Flussmittel erforderlich.

Einteilung der Lichtbogenlötprozesse

Die Lichtbogenlötprozesse können in Metallschutzgas- (MSG-) und Wolframschutzgas (WSG)-Lötprozesse unterteilt werden. Das Prinzip des Lichtbogenlötens ist weitgehend identisch mit dem MSG-Schweißen bzw. dem (Wolfram-)Plasma-Schweißen mit drahtförmigem Zusatzwerkstoff.

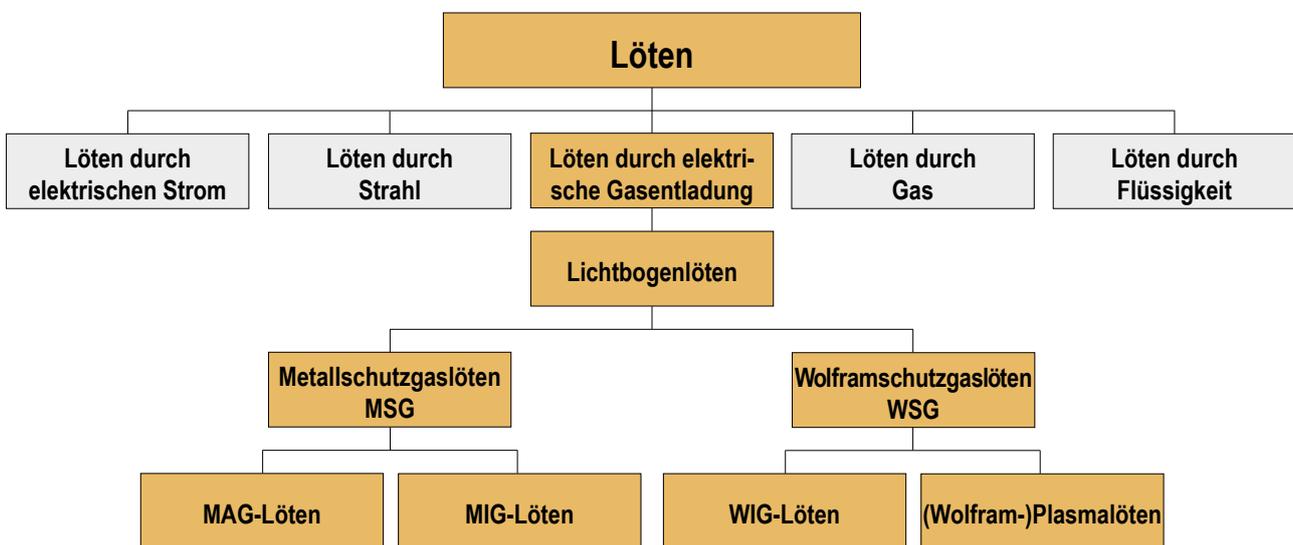


Abbildung: Einteilung der Lötverfahren

MSG-Löten

Das MSG-Löten unterscheidet sich vom MIG- bzw. MAG-Schweißen durch die Verwendung von Drahtelektroden auf Kupferbasis als Zusatzwerkstoff. Dieses Verfahren wird üblicherweise in der Kurz- bzw. Impulslichtbogentechnik in sämtlichen Lötpositionen eingesetzt. Auf eine besondere Nahtvorbereitung wird meist verzichtet.

Kurzlichtbogenprozeß

Der Kurzlichtbogenprozeß erlaubt ein MSG-Löten mit geringem Wärmeeintrag. Bei geringer Lichtbogenleistung kommt es zum Tropfenübergang im Kurzschluß (Kurzlichtbogenprozeß).

Impulslichtbogen

Die Impulslichtbogentechnologie erlaubt einen kurzschlußarmen, gut steuerbaren Werkstoffübergang mit guter Spaltüberbrückbarkeit beim Löten von Kehlnähten am Überlappstoß. Im allgemeinen führt der Impulslichtbogenprozeß zu

Anwendungstechnische Hinweise

flacherer Nahtausbildung als der Kurzlichtbogenprozess. Da Beschichtungen auch beim MSG-Löten im Impulslichtbogen zu Prozessinstabilitäten führen, ist es günstig, einen möglichst kurzen Lichtbogen einzusetzen. Unter argonreichen Schutzgasen kann bei optimaler Parameterwahl ein spritzerarmer Lötprozess eingestellt werden. Um die Wärmeeinbringung so gering wie möglich zu halten, muß mit einem niedrigen Grundstrom gearbeitet werden.

Spezielle Anforderungen an die Löt einrichtung

Das MSG-Löten stellt spezielle Anforderungen an die Stromquelle. Damit bei Dünnblechen die Zinkverdampfung möglichst gering bleibt, wird bei geringer Leistung gelötet. Deshalb muss die Stromquelle unbedingt einen weit nach unten reichenden Regelbereich aufweisen. Gleichzeitig muss der Lichtbogen im unteren Leistungsbereich besonders stabil sein. Dazu ist eine niedrig eingestellte Grundstromstärke ebenso wichtig wie eine schnell reagierende Regelung für kurze Lichtbogenlängen.

Beim MIG-Löten ist abhängig von Zusatzwerkstoff und Schutzgas eine jeweils differenzierte Impulsform erforderlich. Insgesamt gesehen lassen sich gute Löt ergebnisse auf verzinkten Blechen mit den meisten am Markt befindlichen Impulsstromquellen erzielen. Es kann jedoch notwendig sein, eine entsprechende Kennlinie vom Hersteller zu beziehen.

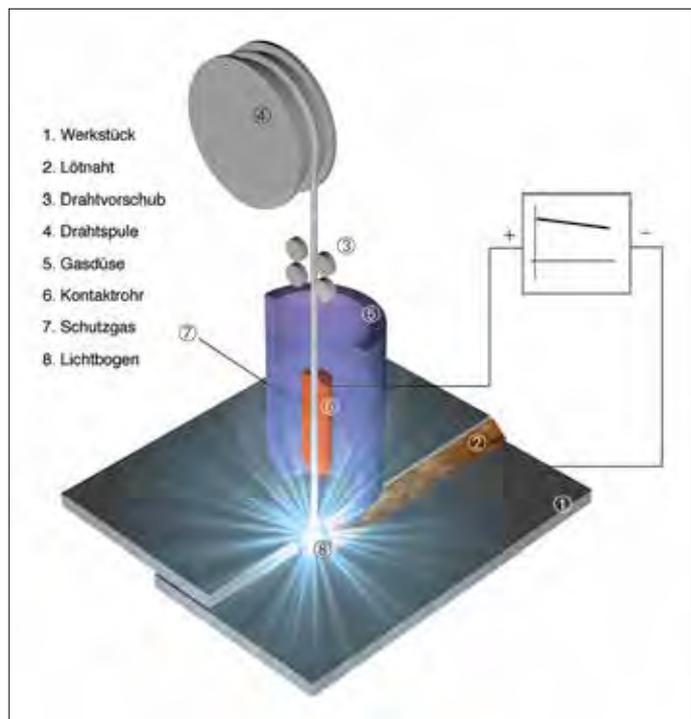


Abbildung: Schematische Darstellung MSG-Löten

Da die üblicherweise verwendeten Zusatzwerkstoffe im Vergleich zu Stahlschweißdrähten weicher sind, müssen an die Fördereinheiten höhere Anforderungen gestellt und ähnlich wie bei Al- oder Fülldraht Antriebe mit Halbrundnutrollen verwendet werden. Der Drahtvorschubmotor soll zur Sicherstellung konstanter Vorschubgeschwindigkeit drehzahl geregelt sein. Die Brennerschlauchpakete müssen mit einer Kunststoffseele ausgestattet sein. Werden Schlauchpakete mit Längen von mehr als 3 m für den manuellen Einsatz bzw. mehr als 1,5 m für den Robotereinsatz benötigt, ist ein zusätzlicher Drahtvorschubmotor z. B. am Brenner empfehlenswert. Für den automatisierten Betrieb sind wassergekühlte Schweißbrenner empfehlenswert.

Verfahrenstechnische Hinweise

Zusätzliche wichtige Einflussgrößen für die Nahtqualität beim MIG-Löten sind die Brenneranstellung und -führung. Bei stechend gelöteten Blechen wärmt der vorlaufende Lichtbogen die Zinkschicht so weit vor, dass sie unmittelbar vor dem Ablösen des Zusatzdrahttropfens bis auf eine Restschicht verdampfen kann. Die Wärmeenergie des schmelzflüssigen Zusatztropfens verdampft die verbleibende Restzinkschicht. Da es sich lediglich um geringe Mengen an Zinkdampf im noch schmelzflüssigen Lot handelt, reicht die Entgasungszeit bis zum Erstarren aus, um eine Porenbildung zu vermeiden.

Anwendungstechnische Hinweise

WIG-Löten

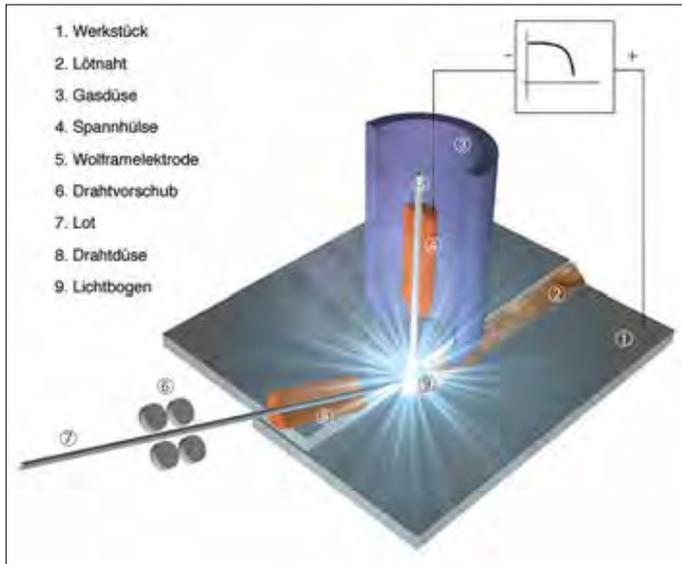


Abbildung: Schematische Darstellung WIG-Löten

Beim manuellen WIG-Löten wird üblicherweise stabförmiges Lot ähnlich wie beim autogenen Hartlöten („Flammlöten“) in den Lichtbogen geführt. Beim automatisierten WIG-(Kaltdraht-)Löten werden drahtförmige Kupferbasiszusätze mechanisch in den Lichtbogen gefördert. Es wird überwiegend mit kontinuierlichem Lichtbogen gearbeitet. Wannenlage und Fallposition sollten anderen Lötpositionen vorgezogen werden.

Spezielle Anforderungen an die Löt Einrichtung

Zum Löten eignen sich alle handelsüblichen WIG-Gleichstromquellen. Impulsstromquellen sind nicht erforderlich. Für die meisten Anwendungen sind Stromstärken von 20-150 A ausreichend. Zum automatischen Löten wird ein Kaltdrahtvorschubgerät benötigt.

Plasma-Löten

Beim Plasmalöten kann sowohl mit gepulstem als auch mit kontinuierlichem Lichtbogenstrom gearbeitet werden. Wannenlage und Fallposition sollten anderen Lötpositionen vorgezogen werden. Im Gegensatz zum MSG-Löten wird beim Plasmalöten der Zusatzwerkstoff nicht stromführend in den eingeschnürten Lichtbogen geführt. Das Abschmelzen des Zusatzwerkstoffes ist somit (nahezu) unabhängig von der zugeführten Streckenenergie, somit ist die Nahtgeometrie in weiten Bereichen beeinflussbar.

Plasmalöten mit stromführender Zusatzdrahtzufuhr wird als **Plasmaheißdrahtverfahren** bezeichnet. Diese Verfahrensvariante unterscheidet sich grundsätzlich nur in der Art und Weise der stromführenden Zusatzwerkstoffzufuhr. Die erhöhte Temperatur des Zusatzwerkstoffes kann in Bearbeitungsgeschwindigkeit umgesetzt werden und wird zur Reduzierung von Verzug genutzt.

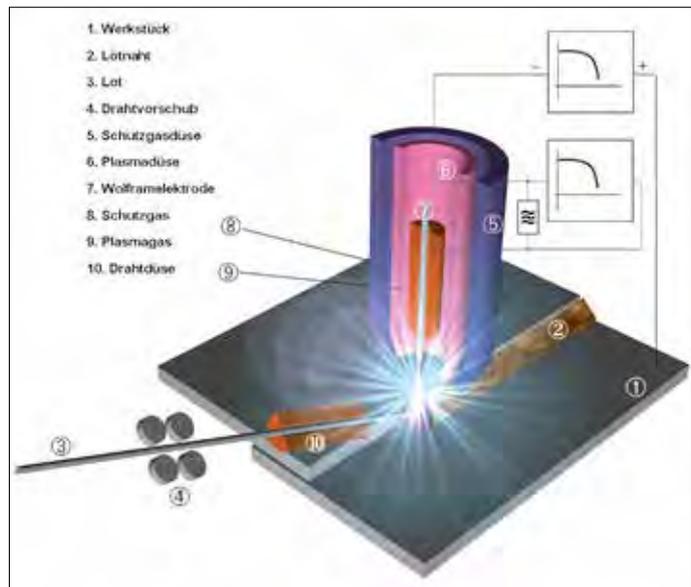


Abbildung: Schematische Darstellung Plasma-Löten

Anwendungstechnische Hinweise

Spezielle Anforderungen an die Lötleinrichtung

Sowohl für den Standard- als auch den Impulslötbetrieb ist eine Stromquelle mit steil fallender statischer Kennlinie erforderlich. Die Stromquelle ist mit einer Zündeinheit zur berührungslosen Zündung des Plasmalichtbogens ausgestattet. Üblicherweise handelt es sich um eine Hochfrequenzeinheit, die den Lichtbogen direkt zwischen Werkstück und Elektrode oder einen Hilfslichtbogen zwischen Elektrode und einer Brennerdüse zündet.

Für manuelle Anwendungen werden im allgemeinen Lötstromstärken im Bereich von 5 - 75 A gewählt. Vollmechanisierte oder Roboteranwendungen benötigen unter üblichen Bedingungen bis 250 A. Plasmabrenner sind grundsätzlich wassergekühlt, um die Prozeßwärme abzuführen und produktionsgerechte Standzeiten zu garantieren. Der Draht wird extern, nicht stromführend, zugeführt. Durch die Trennung von Drahtzufuhrmenge und Lichtbogenstromstärke eröffnet sich die Möglichkeit, z. B. Reparaturlötungen durch erneutes Aufschmelzen ohne Drahtzufuhr durchzuführen.

Werkstoffe für das Lichtbogenlöten

Grundwerkstoffe

Die Lichtbogenlötprozesse werden im allgemeinen an unbeschichteten und metallisch überzogenen Stahlfeinblechen im Dickenbereich bis maximal 3,0 mm eingesetzt. Bei höherfesten Stahlfeinblechen ist zu berücksichtigen, daß die Festigkeit des Lotes i. d. R. niedriger ist als die Festigkeit der Grundwerkstoffe.

Eine Besonderheit ist das Fügen von artverschiedenen Grundwerkstoffen, z. B. von Kupferlegierung mit Stahl. Diese Verbindungen besitzen aufgrund der unterschiedlichen Schmelzbereiche der Grundwerkstoffe einen Doppelcharakter: auf der Stahlseite liegt eine Lötverbindung, auf der Kupferseite eine Schweißverbindung vor.

Auch Edelstahl kann sinnvoll mit den Lichtbogenlötprozessen gefügt werden. Insbesondere die geringere Wärmeeinbringung kann bei langen Nähten (mehrere Meter) und dünnen Blechen von erheblichem Vorteil sein, da der Bauteilverzug wesentlich verringert wird. Die bessere Spaltüberbrückbarkeit sorgt für eine höhere Verträglichkeit von Bauteiltoleranzen. Als Zusatzwerkstoff wird ML CuAl8 empfohlen. Der Farbunterschied zwischen dem Grundwerkstoff und dem Zusatzwerkstoff ist zu beachten.

Oberflächenbeschichtungen und -vorbehandlung

Bleche mit Zinkschichtdicken bis 15 µm sind im allgemeinen problemlos mittels Lichtbogenlötprozessen zu verbinden. Werden z. B. feuerverzinkte oder stückverzinkte Bauteile mit dickeren Zinkschichten verwendet, sollten ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden. Für aluminisierte Grundwerkstoffe werden aluminiumhaltige Lote empfohlen. Zusätzlich können verzinkte Bleche organisch beschichtet sein, was eine Anpassung der Bearbeitungsparameter erforderlich macht.

Damit es zu einer metallurgischen Wechselwirkung zwischen dem Grundwerkstoff und dem benetzenden flüssigen Lot kommt, sollte die Grenzfläche zum Lot weitgehend metallisch blank und frei von Verunreinigungen sein. Schmutz, Fett, Bearbeitungsrückstände, Wachs, Klebstoffe oder Öl führen zu einer Qualitätsminderung (Porenbildung, Bindefehler etc.) und sollten entweder durch chemische und/oder mechanische Oberflächenbehandlungsverfahren entfernt werden.

Anwendungstechnische Hinweise

Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe

Lotwerkstoffe

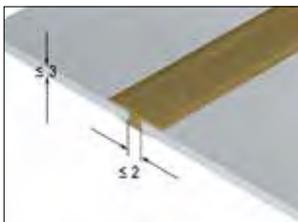
Für das Lichtbogenlöten werden hauptsächlich die Drahtelektroden und Schweißstäbe ML CuSi3 und ML CuAl8 eingesetzt. Beim MIG-Löten wird hauptsächlich ein Drahtdurchmesser von 1.0 mm verwendet. Traditionell hat sich in Deutschland eher der ML CuSi3 durchgesetzt, während in anderen Ländern für ähnliche Aufgaben oft die Legierung ML CuAl8 herangezogen wird. ML CuAl8 wird für das MIG-Löten von Edelstahl eingesetzt, sowie für Verbindungen bei denen das optische Aussehen der Nahtoberfläche wichtig ist. Dies kann beispielsweise in der Möbelindustrie von größerer Bedeutung sein.

MIGAL.CO Drahtelektroden und Schweißstäbe sind für das Lichtbogenlöten optimiert. Die Drahtelektroden zeichnen sich durch eine für die Drahtförderung optimale Härte aus und weisen beste Gleiteigenschaften auf.

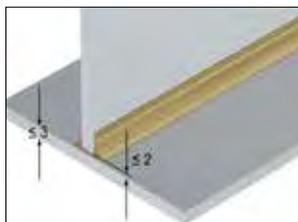
Schutzgase

Zum Lichtbogenlöten werden üblicherweise Argon oder Ar-Gemische mit Beimischungen von CO₂ oder O₂ eingesetzt. Bei Lotwerkstoffen mit Si- oder Sn-Anteil sind geringe Aktivanteile von CO₂ oder O₂ vorteilhaft. Sie stabilisieren den Lichtbogen, verringern die Porenneigung, erhöhen aber den Wärmeeintrag in den Grundwerkstoff. Bei Lotwerkstoffen mit Al-Anteilen bieten sich Ar-He-Gemische ohne Aktivanteil an. N₂-Zusätze stabilisieren zwar den Lichtbogen und bewirken eine breite Naht, sie können aber zu ganz erheblicher Porenbildung führen. H₂ als Schutzgaskomponente eignet sich zur Steigerung der Lötorschubgeschwindigkeit, kann aber ebenfalls zu Porosität führen. Zur gezielten Abstimmung des Schutzgases auf die Löttaufgabe sollten die Erfahrungen der Schutzgashersteller genutzt werden.

Stoßarten



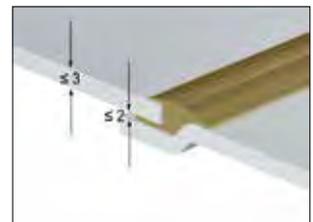
I-Naht



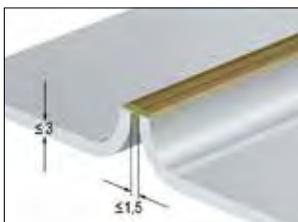
Kehlnaht



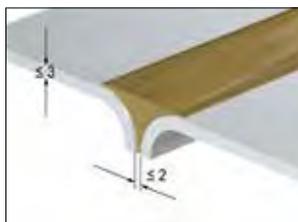
Kehlnaht am Überlappstoß



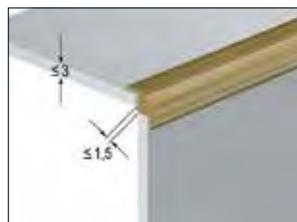
Kehlnaht am abgesetzten Überlappstoß



Stirnflächennaht



Bördelnaht



Kehlnaht am Eckstoß

Anwendungstechnische Hinweise

Arbeitsschutz

Es sind geeignete Arbeitsplatzabsaugungen bei manuellen Lötstationen erforderlich bzw. falls nötig, Schutzgasbrenner mit geeigneter integrierter Absaugung zu verwenden. Werden mit Kupferbasisloten hergestellte Lötnahte abgeschliffen, müssen die MAK-Werte für Feinstäube eingehalten werden. Geeignete Arbeitsplatzabsaugungen sind in diesen Bereichen zu installieren.

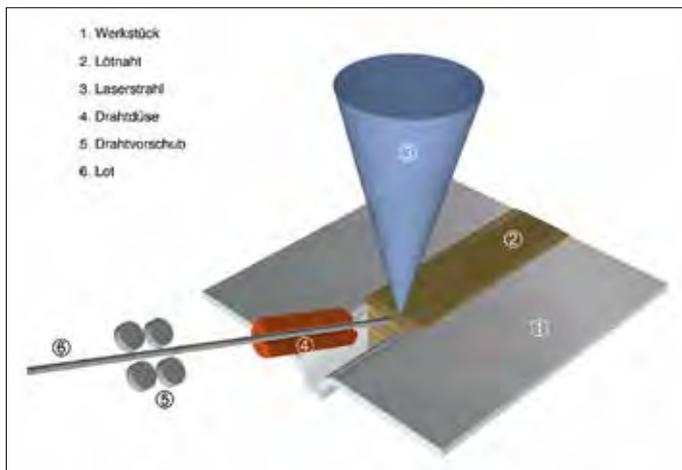
Aus Gründen von Arbeitssicherheit und Wirtschaftlichkeit muß auf jeden Fall eine „Zinkoxid-Flockenbildung“ (weißer Belag auf dem Blech bzw. als Schwebeteilchen) durch geeignete Reduzierung der Energieeinbringung vermieden werden.

Weiterführende Literatur

1. DVS-Merkblatt M 0938-1, Lichtbogenlöten - Grundlagen, Verfahren, Anforderungen an die Anlagentechnik
2. DVS-Merkblatt M 0938-2, Lichtbogenlöten - Anwendungshinweise

Laserstrahlhartlöten

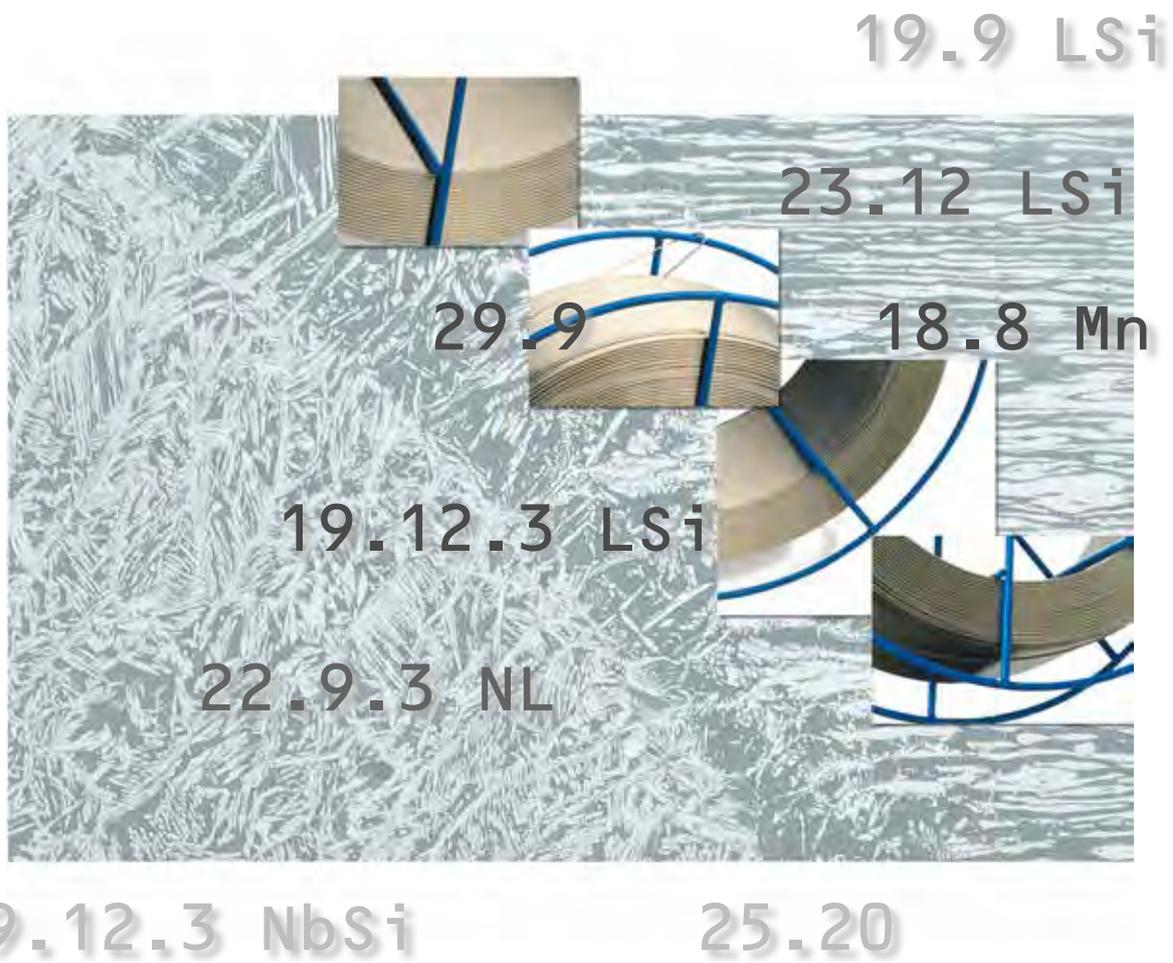
Bei der Großserienproduktion im Fahrzeugbau kommt neben den Lichtbogenlötprozessen auch das Laserstrahlhartlöten zum Einsatz.



Der Laser als Wärmequelle schmilzt den Zusatzwerkstoff und es kommt wie beim Lichtbogenlöten ebenfalls zu einem Hartlötprozess. Einsetzbare Nahtarten sind die dargestellte Bördelnaht und Kehlnähte. Der Prozess ermöglicht sehr hohe Fügegeschwindigkeiten von mehreren Metern pro Minute bei gleichzeitig sehr geringer Wärmeeinbringung und dadurch geringem Bauteilverzug. Im Automobilbau werden damit sogenannte „Class A“ Verbindungen hergestellt. Diese können ohne wesentliche Nachbearbeitung im sichtbaren Aussenhautbereich der Fahrzeugkarosserie verwendet werden.

Für eine weitere Steigerung der Schweißgeschwindigkeit kann der Prozess durch eine strombelastete Drahtelektrode zum Laserheißdrahtlöten erweitert werden.

Nichtrostende Werkstoffe (CrNi-Legierungen)



Nichtrostende Werkstoffe

Nichtrostende Schweißzusätze von MIGAL.CO - besser als die Norm

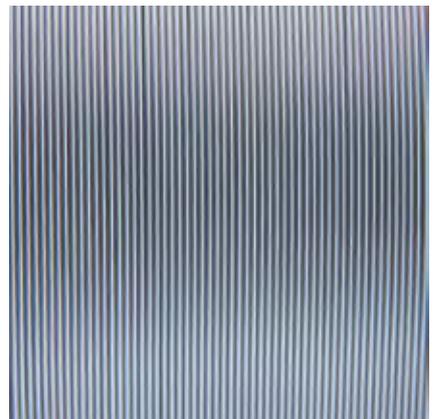
MIGAL.CO liefert auch nichtrostende Schweißzusätze in höchster Qualität.

Die hohe Güte der Drahtoberfläche offenbart sich auf den ersten Blick. Das gleichmäßig silberne Schimmern beweist die geringe Rauigkeit und die hohe Konstanz der Fertigung.

Erfahrene Techniker in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen entwickeln die Schweißprodukte und -prozesse ständig weiter, damit unsere Kunden beste Schweißergebnisse und höchste Produktivität erzielen.

Nutzen Sie unser Know-How

Unsere Erfahrung und das praktische Know-How stehen Ihnen zur Verfügung, um Ihre Schweißaufgaben zu lösen und Ihre Produktivität zu steigern.



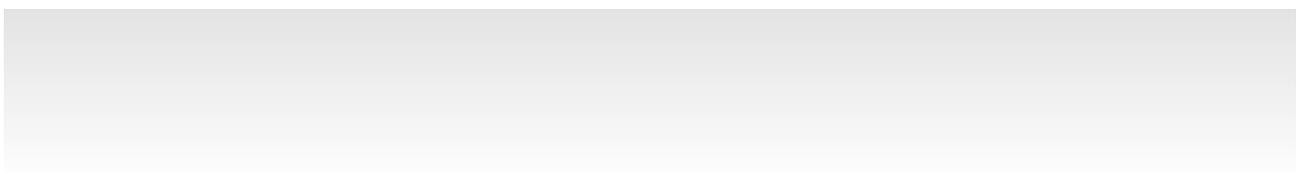
Auswahl des Schweißzusatzes

Die Auswahl des Schweißzusatzes ist für die Qualität des Endproduktes entscheidend. Der Schweißzusatz muß über die jeweils erforderlichen Schweißigenschaften verfügen und eine rissfreie Schweißnaht herstellen. Der wichtigste Faktor bei der Auswahl ist natürlich der Grundwerkstoff, aber auch der Schweißprozess kann einen Einfluß auf die Auswahl des Zusatzes haben. Bei Auftragsschweißungen müssen außerdem die Schweißparameter besonders berücksichtigt werden.

Ausgewogene Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung des Schweißzusatzes entspricht im Normalfall der des Grundwerkstoffes, z.B. Grundwerkstoff EN-Nr.: 1.4301 (18 % Cr, 8 % Ni) wird mit einem Schweißzusatz 19 9 LSi verschweißt. Als Regel gilt, dass der Gehalt der Hauptlegierungselemente (Cr, Ni und Mo) im Schweiß-zusatz etwas höher als im Grundwerkstoff ist, um Abbrände und Seigerungen im Schweißgut auszugleichen.

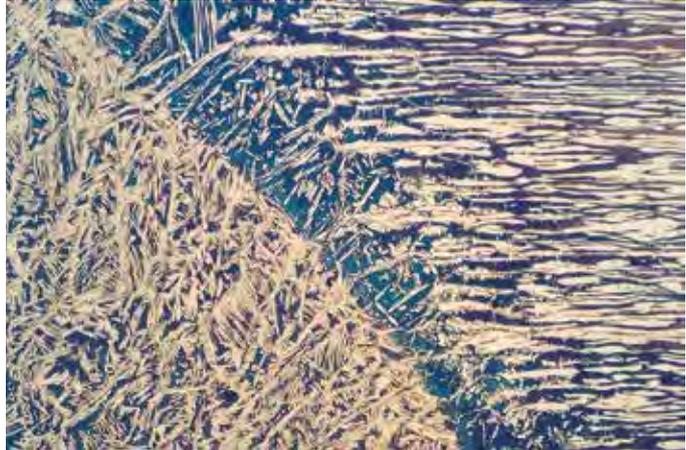
Verunreinigungen im Schweißzusatz sind dagegen niedriger als im Grundwerkstoff, um Heißrißbildungen zu vermeiden, den Lichtbogen zu stabilisieren und die Fließ- und Benetzungseigenschaften zu optimieren. Bei austenitischen Schweißzusätzen (19 9 LSi, 19 12 3 LSi, 19 9 Nb) kann die Heißrißbildung in der Praxis dadurch vermieden werden, daß über die chemische Zusammensetzung eine ferritische Erstarrung erfolgt. Ein Ferrit-Gehalt im Schweißgut von ca. 10 % (10 FN) ist ausreichend, sofern die Aufmischung mit dem Grundwerkstoff nicht extrem hoch ist.



Nichtrostende Werkstoffe

Varianten des selben Schweißzusatzes

Beim MSG-Schweißen hat ein höherer Siliziumgehalt Vorteile weil hier der Lichtbogen am stabilsten ist und die Schweißnähte feinschuppiger werden. Beim WIG-Schweißen sind die Vorteile nicht so stark ausgeprägt, aufgrund der Verfügbarkeit haben wir uns dazu entschlossen auch diese Werkstoffe in Si-Ausführung auf Lager zu halten.



Einfachere Lagerhaltung

Aus Gründen der Lagerhaltung verwenden viele Verarbeiter nur einen Schweißzusatz um verschiedene Grundwerkstoffe zu verbinden. Molybdän hat sich in allen Medien bewährt, außer in hochkonzentrierter, heißer Salpetersäure.

Aus diesem Grund kann der Schweißzusatz 19 12 3 LSi im Normalfall für die Grundwerkstoffe 1.4301, 1.4404, 1.4435, und 1.4301, 1.4306 verwendet werden. Die vereinfachte Lagerhaltung und Vermeidung von Werkstoffverwechslung gleichen den höheren Preis für den Schweißzusatz im Vergleich zum 19 9 LSi wieder aus.

Lieferformen

Öko-Fass

Drahtelektrodendurchmesser 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 mm
Außendurchmesser des Fasses 500 mm
Höhe ohne Abspulhaube 820 mm
Höhe mit Abspulhaube 1080 mm
Nettogewicht 250 kg

Drahtkorbspule BS 300

Drahtelektrodendurchmesser 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 mm
Nettogewicht 15 kg, lagengespult
Umweltfreundlich: leere Spule kann als Metallschrott entsorgt werden.

Stäbe

Durchmesser 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0 mm
Stablänge 1000 mm
Nettogewicht 5 kg, Pappkarton-Verpackung
Jeder Stab zur Identifikation geprägt.

1.4316 ML 19.9 LSi

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C ≤ 0,025 Si 0,90 Mn 1,80 P ≤ 0,025 S ≤ 0,015 Cr 20 Ni 10,5 Mo ≤ 0,5 Co ≤ 0,2 Cu ≤ 0,2 N 0,06
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 19 9 L Si Werkstoffnummer 1.4316 AWS ER 308LSi
Grundwerkstoffe	Zum Schweißen stabilisierter und nichtstabilisierter, nichtrostender Cr-Ni-Stähle, z. B. 1.4301, 1.4306, 1.4541, 1.4550, für Betriebstemperaturen bis 350° C. Tieftemperaturanwendung bis -269° C, abhängig vom Schweißprozeß. Auch für Stähle mit max. 19 % Chrom.
Korrosionsbeständigkeit	Gute, allgemeine Korrosionsbeständigkeit und aufgrund des niedrigen C-Gehaltes gute Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 390 (20°C); 290 (400°C) Zugfestigkeit R_m [MPa] 600 (20°C); 440 (400°C) Dehnung A [%] 42 (20°C); 24 (400°C) Einschnürung [%] 60 Kerbschlagarbeit V [J] 120 (20°C); 50 (-196°C) Härte [Vickers] 160 Ferritnummer aus Richtanalyse DeLong 11 Wärmeleitfähigkeit bei Temperatur ° Celsius 20 100 300 500 Wärmeleitfähigkeit [W/m °C] 15 16 19 21 Wärmeausdehnung per °C, von 20°C - 400°C 18×10^{-6} Dichte [g/cm ³] 7,9
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	TÜV, DB
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4332 ML 23.12 LSi

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C ≤ 0,025 Si 0,90 Mn 1,80 P ≤ 0,025 S ≤ 0,015 Cr 23,5 Ni 13,5 Mo ≤ 0,4 N 0,10
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 23 12 L Si Werkstoffnummer 1.4332 AWS ER 309LSi
Grundwerkstoffe	Verbindungsschweißen von Kombinationen verschiedener Stahltypen z. B. austenitischen nichtrostenden Stählen mit unlegierten/niedriglegierten Stählen. Zum Schweißen nichtrostender Cr-Ni-Stähle vom Typ 22 12 und Cr-Stähle, z. B. in der KfZ-Industrie.
Korrosionsbeständigkeit	Die Korrosionsbeständigkeit ist den entsprechenden Grundwerkstoffen ähnlich. Beim Verbindungsschweißen von nichtrostenden zu un- bzw. niedriglegierten Stählen ist die Korrosionsbeständigkeit von sekundärer Bedeutung.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 400 Zugfestigkeit R_m [MPa] 600 Dehnung A [%] 35 Einschnürung [%] 55 Kerbschlagarbeit V [J] 140 Härte [Vickers] 200 Ferritnummer aus Richtanalyse DeLong 10 Wärmeleitfähigkeit bei Temperatur ° Celsius 20 100 300 500 Wärmeleitfähigkeit [W/m °C] 14 15 17 19 Wärmeausdehnung per °C, von 20°C - 400°C 18×10^{-6} Dichte [g/cm ³] 7,9
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	TÜV
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4337 ML 29.9

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C ≤ 0,10 Si 0,40 Mn 1,80 P ≤ 0,025 S ≤ 0,015 Cr 30,5 Ni 9,2 Mo ≤ 0,3 Cu ≤ 0,3
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 29.9 Werkstoffnummer 1.4337 AWS ER 312
Grundwerkstoffe	Gut geeignet für Verbindungen und Auftragungen an artgleichen oder artähnlichen Stählen und Stahlguß. Zähe Verbindungen an un- und niedriglegierten Baustählen mit höherer Festigkeit, sowie an Manganhartstahl und CrNiMn-Stählen, zwischen artverschiedenen Werkstoffen, z. B. zwischen nichtrostenden oder hitzebeständigen und unlegierten/legierten Stählen/Stahlguß.
Korrosionsbeständigkeit	Gute Beständigkeit gegen Nasskorrosion bis 300° Celsius. Zusätzlich hohe Warmrissicherheit und gute Zähigkeit bei hoher Streckgrenze.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 500 Zugfestigkeit R_m [MPa] 750 Dehnung A [%] 20 Kerbschlagarbeit V [J] 25
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	keine
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4370 ML 18.8 Mn

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C 0,08 Si 0,90 Mn 7,0 P ≤ 0,025 S ≤ 0,015 Cr 18 Ni 8 Mo ≤ 0,5 Co ≤ 0,5 Cu ≤ 0,1 N 0,06
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 18 8 Mn Werkstoffnummer 1.4370 AWS ER 307
Grundwerkstoffe	Zum Schweißen kaltverfestigender Stähle, Panzerplatten, austenitischer Mn-Stähle. Auch für nichtrostende Stähle mit ca. 18 % Chrom, z. B. in der Kfz-Industrie. Verbindungsschweißungen von Kohlenstoff- und niedriglegierten Stählen mit Cr-Ni- und Cr-Ni-Mo-Stählen und für Auftragschweißungen. (Bei Anlagen in überwachungspflichtigen Anlagen bis max. 300° C).
Korrosionsbeständigkeit	Die Korrosionsbeständigkeit ist den entsprechenden Grundwerkstoffen ähnlich. Beim Verbindungsschweißen von nichtrostenden zu un- bzw. niedriglegierten Stählen ist die Korrosionsbeständigkeit von sekundärer Bedeutung.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 460 Zugfestigkeit R_m [MPa] 650 Dehnung A [%] 41 Einschnürung [%] 61 Kerbschlagarbeit V [J] 140 Härte [Vickers] 200 Wärmeleitfähigkeit bei Temperatur ° Celsius 20 100 300 500 Wärmeleitfähigkeit [W/m °C] 15 16 18 20 Wärmeausdehnung per °C, von 20°C - 400°C 18×10^{-6} Dichte [g/cm ³] 7,8
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	TÜV
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4430 ML 19.12.3 LSi

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C..... ≤ 0,025 Si..... 0,90 Mn..... 1,8 P..... ≤ 0,025 S..... ≤ 0,015 Cr..... 18,5 Ni..... 12 Mo..... 2,6 Co..... ≤ 0,2 Cu..... ≤ 0,2 N..... 0,06
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 19 12 3 LSi Werkstoffnummer 1.4430 AWS ER 316LSi
Grundwerkstoffe	Zum Schweißen stabilisierter und nichtstabilisierter nichtrostender Cr-Ni-Mo-Stähle und Cr-Ni-Stähle, z. B. 1.4401, 1.4404, 1.4571, sowie 1.4301, 1.4306, 1.4541, 1.4550, für Betriebstemperaturen bis 400° C. Auch für Stähle mit max. 19 % Chrom.
Korrosionsbeständigkeit	Gute allgemeine Korrosionsbeständigkeit und aufgrund des niedrigen C-Gehaltes gute Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion. Durch den Mo-Gehalt wird eine gute Beständigkeit gegen Lochfrasskorrosion erreicht.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze R _{p0,2} [MPa] 400 (20°C); 290 (400°C) Zugfestigkeit R _m [MPa] 610 (20°C); 440 (400°C) Dehnung A [%]..... 37 (20°C); 29 (400°C) Einschnürung [%] 68 Kerbschlagarbeit V [J] 130 (20°C); 50 (-196°C) Härte [Vickers]..... 160 Wärmeleitfähigkeit bei Temperatur ° Celsius..... 20 100 300 500 Wärmeleitfähigkeit [W/m °C] 15 16 19 21 Wärmeausdehnung per °C, von 20°C - 400°C..... 18 x 10 ⁻⁶ Dichte [g/cm ³] 7,9
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	TÜV, DB
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4462 ML 22.9.3 NL

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C ≤ 0,020 Si 0,50 Mn 1,6 P ≤ 0,020 S ≤ 0,015 Cr 23 Ni 9 Mo 3,2 N 0,16
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 22 9 3 N L Werkstoffnummer 1.4462 AWS ER 2209
Grundwerkstoffe	Zum Schweißen nichtrostender Duplex-Stähle, z. B. 1.4417, 1.4462 und 1.4362.
Korrosionsbeständigkeit	Sehr gute Beständigkeit gegen interkristalline und Lochfrasskorrosion. Gute Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion, speziell in schwefelwasserstoff- und chloridhaltigen Medien.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa] 600 (20°C); 420 (300°C) Zugfestigkeit R_m [MPa] 750 (20°C); 600 (300°C) Dehnung A [%] 25 (20°C); 20 (300°C) Kerbschlagarbeit V [J] 130 (20°C); 50 (-196°C) Härte [Vickers] 240 Wärmeleitfähigkeit [W/m °C] 16 Wärmeausdehnung per °C, von 20°C - 400°C $14,5 \times 10^{-6}$ Dichte [g/cm ³] 7,9
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	TÜV
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4576 ML 19.12.3 NbSi

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C..... 0,04 Si..... 0,90 Mn..... 1,2 P..... ≤ 0,025 S..... ≤ 0,015 Cr..... 18,5 Ni..... 12,5 Mo..... 2,6 Nb..... ≥ 12xC ≤ 0,6 Co..... ≤ 0,2 Cu..... ≤ 0,2 N..... 0,065
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 19 12 3 NbSi Werkstoffnummer 1.4576 AWS ER 318Si
Grundwerkstoffe	Zum Schweißen stabilisierter und nichtstabilisierter nichtrostender Cr-Ni-Mo-Stähle und Cr-Ni-Stähle, z. B. 1.4401, 1.4404, 1.4571, sowie 1.4301, 1.4306, 1.4541, 1.4550, für Betriebstemperaturen bis 400° C.
Korrosionsbeständigkeit	Gute allgemeine Korrosionsbeständigkeit und aufgrund des Nb-Gehaltes gute Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion. Durch den Mo-Gehalt wird eine gute Beständigkeit gegen Lochfrasskorrosion erreicht.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze R _{p0,2} [MPa] 400 (20°C); 390 (400°C) Zugfestigkeit R _m [MPa] 610 (20°C); 540 (400°C) Dehnung A [%]..... 35 (20°C); 30 (400°C) Einschnürung [%] 60 Kerbschlagarbeit V [J] 110 (20°C); 40 (-196°C) Härte [Vickers]..... 160 Wärmeleitfähigkeit bei Temperatur ° Celsius..... 20 100 300 500 Wärmeleitfähigkeit [W/m °C] 15 16 21 23 Wärmeausdehnung per °C, von 20°C - 400°C..... 18 x 10 ⁻⁶ Dichte [g/cm ³] 8,0
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	TÜV
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

1.4842 ML 25.20

Nichtrostende Drahtelektroden/Schweißstäbe

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	C..... 0,12 Si 0,40 Mn 1,80 P ≤ 0,025 S ≤ 0,015 Cr..... 26,0 Ni 20,7 Mo ≤ 0,5 Cu..... ≤ 0,4
Normbezeichnung	DIN EN ISO 14343-A/G 25.20 Werkstoffnummer 1.4842 AWS ER 310
Grundwerkstoffe	Auftragsschweißungen und Verbindungen an artgleichen/artähnlichen hitzebeständigen Stählen/Stahlguß.
Korrosionsbeständigkeit	Zunderbeständig bis 1050° Celsius.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Streckgrenze R _{p0,2} [MPa] 320 Zugfestigkeit R _m [MPa] 550 Dehnung A [%]..... 25 Kerbschlagarbeit V [J] 80
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Zulassungen	keine
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten: BS 300 / 15 kg; Fass / 250 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg / Länge 1.000 mm

Anwendungstechnische Hinweise

Empfehlungen zur Schutzgasauswahl zum Schweißen nichtrostender Stähle

Schutz der Schweißnaht



Die Hauptaufgaben des Schutzgases bestehen darin, den Schweißbereich während des Schweißvorgangs vor atmosphärischen Einflüssen, also vor Oxidation und Stickstoffnahme, zu schützen und den Lichtbogen zu stabilisieren. Die Auswahl des Schutzgases kann einen Einfluss auf die Eigenschaften des Lichtbogens haben.

MSG-Schweißen

Die Weiterentwicklung der Schweißmaschinen und die Auswahl des Schutzgases trägt zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beim MSG-Schweißen bei. Dies hat zu einem größeren Einsatz des MSG-Prozesses geführt.

Das Basisgas zum MSG-Schweißen ist ein Inertgas - Argon (Ar) oder Helium (He) oder eine Mischung von beiden. Weiterhin kann durch einen geringfügigen Zusatz von Sauerstoff (O₂) oder Kohlendioxid (CO₂) der Lichtbogen stabilisiert und das Fließverhalten und die Qualität des Schweißguts verbessert werden. Für nichtrostende Stähle sind außerdem Schutzgase mit geringen Mengen Wasserstoff (H₂) erhältlich.



WIG- und Plasmaschweißen

Im Normalfall wird zum WIG-Schweißen als Schutzgas Argon, Helium oder eine Mischung aus Beiden eingesetzt. In einigen Fällen wird Stickstoff (N₂) und/oder Wasserstoff (H₂) hinzugefügt, um bestimmte Eigenschaften zu erzielen.

Schutzgase mit Wasserstoff können beispielsweise für viele herkömmliche Edelstähle zur Erhöhung der Produktivität eingesetzt werden. Wenn Stickstoff zugefügt wird, können dadurch die Eigenschaften des Schweißguts verbessert werden. Oxidierende Gasanteile werden nicht hinzugefügt, weil sie die Wolframelektrode zerstören.

Gas	Grundwerkstoff					
	Austenitisch	Duplex	Ferritisch	Voll austenitisch	Super Duplex	Nickelbasis-Legierungen
MSG Schweißen						
Ar	○	○	○	●	● a)	●
He	○	○	○	●	● a)	●
Ar + He	○	○	○	●	● a)	●
Ar + (1-3) % O ₂	● b)	● b)	● b)	● c)	● b)	
Ar + (1-3) % CO ₂ d)	● e)	● e)	● e)	● c)	● e)	
Ar + 30 % He + (1-3) % O ₂	● f)	● f)	● f)	● c)	● f)	
Ar + 30 % He + (1-3) % CO ₂ d)	● f)	● f)	● f)	● c)	● f)	
Ar + 30 % He + (1-2) % N ₂				● g)	●	

Anwendungstechnische Hinweise

Gas	Grundwerkstoff					
	Austenitisch	Duplex	Ferritisch	Voll austenitisch	Super Duplex	Nickelbasis-Legierungen
WIG Schweißen						
Ar	●	●	●	●	●	
He	●	●	●	●	●	●
Ar + He	●	●	●	●	●	● h)
Ar + (2-5) % H ₂	● i)			● i)		● i)
Ar + (1-2) % N ₂		●			●	
Ar + 30 % He + (1-2) % N ₂		●			●	

● empfohlen ○ bedingt empfohlen

- a) Ar vorzugsweise beim MSG-Impuls-Schweißen.
 b) Besseres Fließverhalten des Schweißbades als mit Ar.
 c) Nicht für 22.12.HT and 27.31.4LCu besser Ar.
 d) Nicht zum Sprühlichtbogenschweißen, wenn ein besonders niedriger Kohlenstoffgehalt gefordert ist.
 e) Besseres Fließverhalten des Schweißbades als mit Ar. Bessere Kurzlichtbogeneigenschaften als bei Ar + (1-3)% CO₂.
 f) Besseres Fließverhalten des Schweißbades als mit Ar. Bessere Kurzlichtbogeneigenschaften als bei Ar + (1-3)% CO₂.
 g) Für Qualitäten die mit Stickstoff legiert sind.
 h) Ar + 30 % He bietet bessere Fließigenschaften als Ar.
 i) Vorzugsweise zum automatischen Schweißen. Hohe Schweißgeschwindigkeit. Risiko der Porosität bei Mehrlagenbetrieb.

Wurzelschutz



Ein perfektes Schweißgut ohne Beeinträchtigung der Korrosionsbeständigkeit und mechanischen Eigenschaften kann nur erzielt werden, wenn ein Wurzelschutz angewendet wird, der zu sehr niedrigen Sauerstoffgehalten führt.

Optimale Ergebnisse können bei bis zu maximal 20 ppm Sauerstoff (O₂) auf der Wurzelseite erzielt werden. Dies kann mit speziellen Vorrichtungen erreicht und mit einem modernen Sauerstoffmessgerät überwacht werden.

Reines Argon ist das am häufigsten verwendete Gas für den Wurzelschutz bei nichtrostenden Stählen. Formiergas (90 % N₂ + 10 % H₂) ist eine ausgezeichnete Alternative für austenitische Standard-Stähle. Das Gas enthält eine aktive

Komponente Wasserstoff (H₂) durch die der Sauerstoffanteil im Schweißbereich reduziert wird. Stickstoff kann bei Duplex-Stählen eingesetzt werden um einen Stickstoffverlust im Schweißgut zu verhindern.

Tipps zum Heftschweißen

Heftschweißungen sollen nicht kleiner als die spezifizierte Wurzelnaht sein und den gleichen Qualitätsstandards derselben entsprechen. Die Länge der Heftnaht soll nicht kleiner als das Vierfache der größeren Blechdicke sein und bei Blechdicken von mehr als 50 mm ist eine noch stärkere Ausführung in Betracht zu ziehen. Dies kann auch eine zweilagige Schweißung beinhalten. Beim Einsatz niederfester Schweißzusätze für höherfeste Grundwerkstoffe ist ebenfalls eine besondere Betrachtung notwendig.

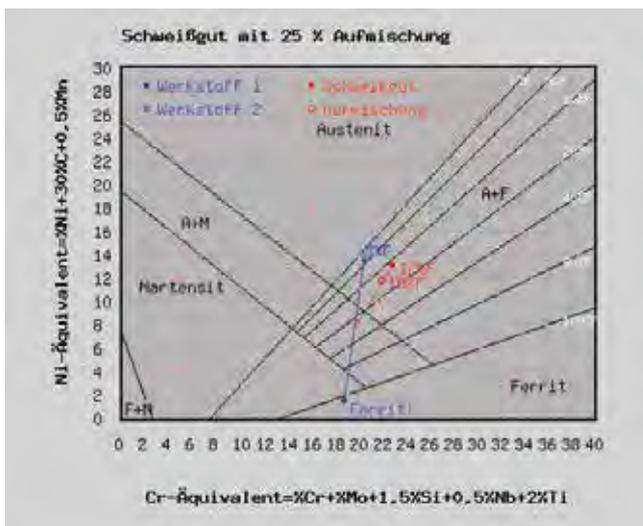
Anwendungstechnische Hinweise

Beim automatischen oder mechanisierten Schweißen ist die Aufnahme des Heftschweißens in der Schweißanweisung notwendig.

Wenn eine Heftnaht in der fertigen Schweißnaht verbleibt ist diese entsprechend auszuführen und durch einen qualifizierten Schweißer vorzunehmen. Die Heftschweißungen sind rissfrei auszuführen und vor der Überschweißung zu reinigen. Risse sind vor dem Überschweißen vollständig zu entfernen. Heftschweißungen, welche nicht in der fertigen Naht verbleiben, sind vollständig zu entfernen.

Alle zusätzlichen Hilfsvorrichtungen, welche für den Zusammenbau des Bauteiles benötigt werden, sind so auszuführen, dass diese anschließend wieder leicht zu entfernen sind. Die Bauteiloberfläche muss nach dem Entfernen durch z. B. Meisseln oder Schneiden sauber überschliffen werden. Ein Nachweis der Rissfreiheit kann durch entsprechende zerstörungsfreie Prüfmethode (Farbeindringprüfung) erfolgen.

Schäffler Diagramm - verschiedene Grundwerkstoffe



Das Nickel-Äquivalent und das Chrom-Äquivalent sind Kenngrößen, die Aufschluss über die Gefügeanteile in nichtrostenden Stählen geben. Nickel und Chrom sind in diesen Stahlsorten in erheblichen Massengehalten vorhanden. Nickel ist ein Austenitbildner und Chrom dagegen ein Ferritbildner. Trägt man das Nickel-Äquivalent über dem Chrom-Äquivalent für nichtrostenden Stahl in einem Diagramm nach Schäffler auf, kann man die jeweils auftretenden Gefügeanteile an Martensit, Austenit und Ferrit ablesen.

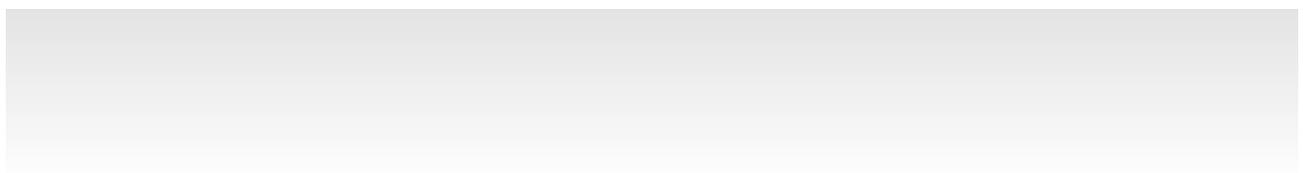
Berechnung

Nach Eingabe der Analysen der zu verschweißenden Werkstoffe und der Analyse des Schweißgutes, werden die Chrom- und Nickel-Äquivalente berechnet und in einem Diagramm ausgegeben.

Eine Online-Berechnungshilfe finden Sie auf www.migal.co

Für das Schäffler Diagramm stehen 3 unterschiedliche Versionen zur Verfügung:

- für die Verbindung zweier unterschiedlicher Grundwerkstoffe mit Schweißzusatz (siehe nachfolgendes Beispiel)
- für die Verbindung zweier unterschiedlicher Grundwerkstoffe ohne Schweißzusatz
- für die Darstellung der Istanalyse und den Bereich der Normanalyse eines Werkstoffs



Anwendungstechnische Hinweise

Die Beispieldaten können Sie überschreiben und die rot hinterlegten Felder zeigen die Ergebnisse.

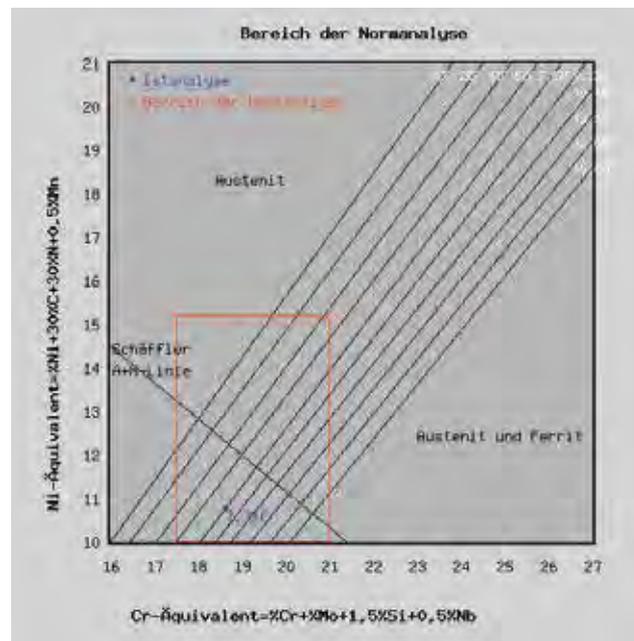
Zusammensetzung	Werkstoff 1	Werkstoff 2	Schweißgut
Kohlenstoff C [%]	<input type="text" value="0,04"/>	<input type="text" value="0,02"/>	<input type="text" value="0,02"/>
Silizium Si [%]	<input type="text" value="0,50"/>	<input type="text" value="0,50"/>	<input type="text" value="0,80"/>
Mangan Mn [%]	<input type="text" value="0,50"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>
Chrom Cr [%]	<input type="text" value="17,0"/>	<input type="text" value="17,50"/>	<input type="text" value="19,00"/>
Molybdän Mo [%]	<input type="text" value="1,10"/>	<input type="text" value="2,25"/>	<input type="text" value="2,70"/>
Nickel Ni [%]	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="12,50"/>	<input type="text" value="12,00"/>
Niob Nb [%]	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Titan Ti [%]	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Chrom Äquivalent [%]	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nickel Äquivalent [%]	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Aufmischung	<input type="text" value="25"/> [%]	Ni Äquivalent <input type="text"/>	Cr Äquivalent <input type="text"/>
<input type="button" value="Berechnen"/>			

De Long Diagramm für Bereich der Normanalyse

Das Nickel-Äquivalent und das Chrom-Äquivalent sind Kenngrößen, die Aufschluss über die Gefügeanteile in nichtrostenden Stählen geben. Nickel und Chrom sind in diesen Stahlsorten in erheblichen Massengehalten vorhanden. Nickel ist ein Austenitbildner und Chrom dagegen ein Ferritbildner. Trägt man das Nickel-Äquivalent über dem Chrom-Äquivalent für nichtrostenden Stahl in einem Diagramm nach De Long auf, kann man die jeweils auftretenden Gefügeanteile an Austenit und Ferrit ablesen. Besonders beim Schweißen hochlegierter Stähle kommt das De Long-Diagramm zum Einsatz. Im Gegensatz zum Schöffler Diagramm wird bei De Long Stickstoff mit in die Berechnung des Nickel-Äquivalents einbezogen. Dieses Diagramm erlaubt innerhalb eines engeren Analysenbereichs eine genauere Abschätzung des Ferritgehaltes.

Berechnung

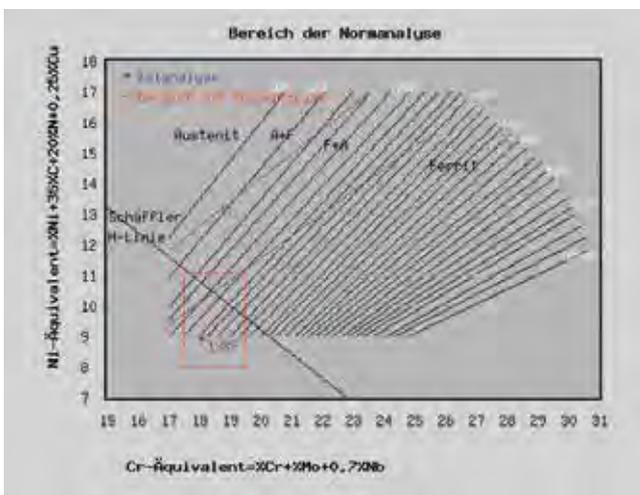
Nach Eingabe des Bereiches der Normanalyse und der Ist-Analyse des Werkstücks werden die Chrom- und Nickel-Äquivalente berechnet und in einem Diagramm ausgegeben.



Anwendungstechnische Hinweise

WRC-1992 Diagramm für Bereich der Normanalyse

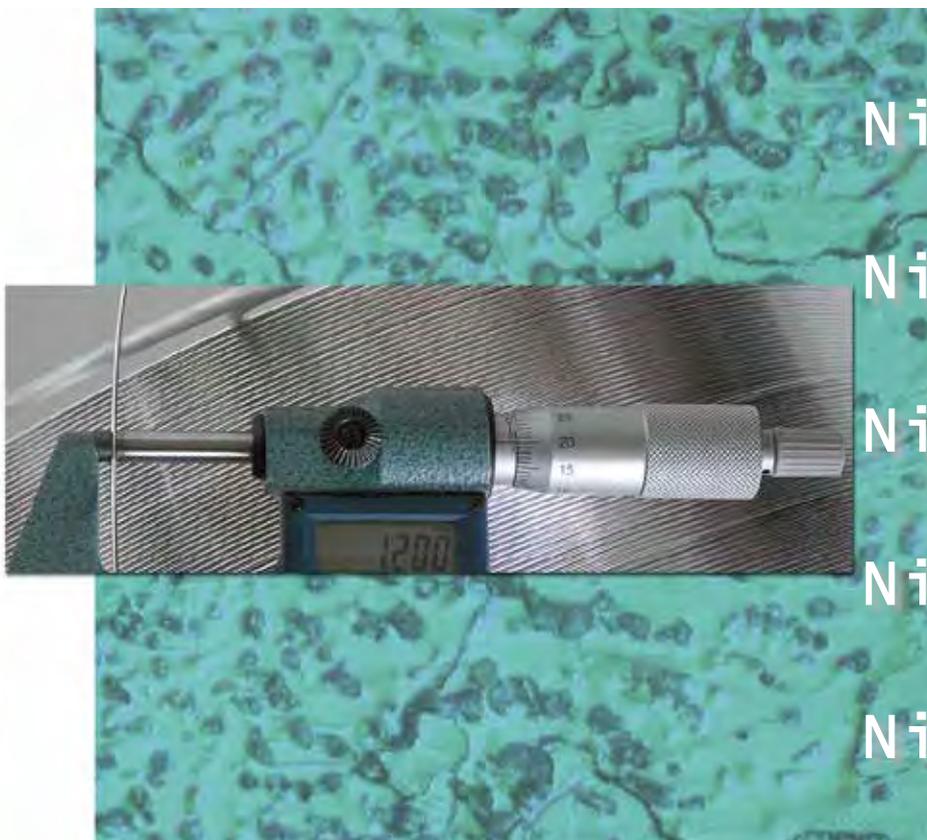
Das Nickel-Äquivalent und das Chrom-Äquivalent sind Kenngrößen, die Aufschluss über die Gefügeanteile in nicht-rostenden Stählen geben. Nickel und Chrom sind in diesen Stahlsorten in erheblichen Massengehalten vorhanden. Nickel ist ein Austenitbildner und Chrom dagegen ein Ferritbildner. Trägt man das Nickel-Äquivalent über dem Chrom-Äquivalent für nichtrostenden Stahl in einem WRC1992 Diagramm auf, kann man die jeweils auftretenden Gefügeanteile an Austenit und Ferrit ablesen. Besonders beim Schweißen hochlegierter Stähle kommt das WRC-1992-Diagramm zum Einsatz, welches heute als verbessertes Schöffler oder De Long Diagramm akzeptiert wird.



Berechnung

Nach Eingabe des Bereiches der Normanalyse und der Ist-Analyse des Werkstücks, werden die Chrom- und Nickel-Äquivalente berechnet und in einem Diagramm ausgegeben.

Nickellegierungen



NiCr20Nb

NiCr21Mo9Nb

NiCu30MnTi

NiFe2

NiTi4

NiCr20Nb

Schweißstab/Drahtelektrode für Nickellegierungen

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni ≥ 67,00 Cr 18,00-22,00 Fe ≤ 3,00 C ≤ 0,05 Mn 2,50-3,50 Si ≤ 0,50 Cu ≤ 0,50 Ti ≤ 0,75 Nb ≤ 3,00 S ≤ 0,015
Normbezeichnung	EN ISO 18274 S Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb) DIN 1736 SG - NiCr20Nb Werkstoff Nr. 2.4806 AWS A 5.14 ER NiCr-3 BS 2901 NA 35
Anwendung	Ni-Basis-Massivdraht für korrosionsbeständige, warmfeste und tieftemperaturbeständige Verbindungen im chemischen Apparate- und Kesselbau. Das Schweißgut ist zunderbeständig bis 1000° C und kaltzäh bis -196° C. Geeignet für Austenit-Ferrit-Verbindungen bis 550° C. Mischverbindungen: Ni-Basis mit Austenit / Ni-Basis mit Ferrit / Austenit mit Ferrit bis 550° C
Grundwerkstoffe	2.4630 NiCr20Ti; 2.4631 NiCr21TiAl; 2.4669 NiCr15Fe7TiAl; 2.4816 NiCr15Fe 2.4817 LC-NiCr15Fe; 2.4851 NiCr23Fe; 2.4867 NiCr60 15; 2.4869 NiCr80 20 2.4870 NiCr 10; 2.4951 NiCr20Ti; 1.5637 12 Ni 14; 1.5662 X8Ni9; 1.5680 12Ni19 1.6900 X12CrNi18 9; 1.6901 GX8CrNi18 10; 1.6903 X10CrNiTi18 10 1.6906 X5CrNi18 10
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Zugfestigkeit R _m [MPa] 800 Spezifischer elektr. Widerstand [Ohm mm ² /m] 1,10 Dichte [g/cm ³] 8,3 Schmelzpunkt [°C] 1.400
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten BS 300 / 15 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg Länge 1.000 mm

NiCr21Mo9Nb

Schweißstab/Drahtelektrode für Nickellegierungen

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni $\geq 60,00$ Cr 20,00-23,00 Fe $\leq 5,00$ C $\leq 0,10$ Mn 0,50 Si $\leq 0,50$ Cu $\leq 0,50$ Ti $\leq 0,40$ Al $\leq 0,40$ Mo 8,00-10,00 Nb 3,15-4,15 S $\leq 0,015$ P $\leq 0,02$ Co $\leq 1,00$
Normbezeichnung	EN ISO 18274 S Ni 6625 (NiCr22Mo9Nb) DIN 1736 SG - NiCr21Mo9Nb Werkstoff Nr. 2.4831 AWS A 5.14 ER NiCrMo-3
Anwendung	Für Verbindungen und Auftragungen im chemischen Apparate- und Behälterbau für artgleiche, artähnliche, hochfeste und korrosionsbeständige Ni-Legierungen. Geeignet für Austenit-Ferrit-Verbindungen bei Betriebstemperaturen bis 550° C. Das Schweißgut ist zunderbeständig bis 1100° C und kaltzäh bis -196° C. Mischverbind.: Ni-Basis mit Austenit / Ni-Basis mit Ferrit / Austenit mit Ferrit bis 550° C
Grundwerkstoffe	1.4558 X2NiCrAlTi32-20; 2.4631 NiCr20TiAl; 2.4605 NiCr23Mo16Al 2.4618 NiCr22Mo6Cu; 2.4619 NiCr22Mo7Cu; 2.4630 NiCr20Ti 2.4641 NiCr21Mo6Cu; 2.4660 NiCr20CuMo; 2.4951 NiCr; 2.4816 NiCr15Fe 2.4817 LC-NiCu15Fe; 2.4851 NiCr23Fe; 2.4856 NiCr22Mo9Nb; 2.4858 NiCr21Mo 1.4951 X6CrNi25-20; 1.5662 X8Ni9; 1.5680 X12Ni5; 1.5681 GX10Ni5 1.6907 X3CrNiN18-10; 1.6967 X3CrNiMoN18-4; 1.4876 X10NiCrAlTi32-20 1.4959 X8NiCrAlTi32-21; Alloy 800, 800HT
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Zugfestigkeit R_m [MPa] 800 Spezifischer elektr. Widerstand [Ohm mm ² /m] 1,28 Dichte [g/cm ³] 8,4 Schmelzpunkt [°C] 1.350 Thermische Leitfähigkeit [W/m K] 9,8 Thermische Ausdehnung 20 - 100 °C [1/K] $13 \cdot 10^{-6}$ Elastizitätsmodul [N/mm ²] 200.000
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten BS 300 / 15 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg Länge 1.000 mm

NiCu30MnTi

Schweißstab/Drahtelektrode für Nickellegierungen

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni ≥ 62,00 Fe 0,50-2,50 C ≤ 0,15 Mn 2,00-4,00 Si ≤ 1,00 Cu 28,00-34,00 Ti 1,50-3,50 Al ≤ 1,00 Nb ≤ 0,50 S ≤ 0,015 P ≤ 0,02
Normbezeichnung	EN ISO 18274 S Ni 4060 (NiCu30Mn3Ti) DIN 1736 SG - NiCu30MnTi Werkstoff Nr. 2.4377 AWS A 5.14 ER NiCu-7 BS 2901 NA 33
Anwendung	Verbindungsschweißen von Nickel-Kupfer-Legierungen, Verbindungen von Kupferlegierungen mit Stählen (Schwarz-Rot-Verbindungen). Plattierungen, Pufferungen, Schweißen von Monel 400 und 404.
Grundwerkstoffe	2.4360 NiCu 30 Fe; 2.4361 LC-NiCu 30 Fe; 2.4365 G-NiCu Nb; 2.4375 NiCu 30 Al
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Zugfestigkeit R _m [MPa] 550 Streckgrenze R _{p0,2} [MPa] 250 Bruchdehnung A ₂₀₀ [%] 35 Härte [HV] 135 Spezifischer elektr. Widerstand [Ohm mm ² /m] 0,62 Dichte [g/cm ³] 8,5 Schmelzpunkt [°C] 1.330
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten BS 300 / 15 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg Länge 1.000 mm

NiFe2

Schweißstab/Drahtelektrode für Nickellegierungen

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni $\geq 53,00$ Fe Rest C $\leq 0,20$ Mn $1,00-4,00$ Si $\leq 0,30$ Cu $\leq 2,50$ Ti $0,20-0,50$ Al $\leq 0,20$ S $\leq 0,02$ P $\leq 0,02$
Normbezeichnung	DIN 8573 SG - NiFe2 AWS A 5.14 ER NiFe-CI
Anwendung	Nickel-Eisen Schutzgasdraht für Verbindungs- und Auftragsschweißungen an Grauguss, Sphäroguss und Temperguss sowie für Mischverbindungen mit Stahl. Reparatur-, Fertigungs- und Konstruktionsschweißungen nach dem Kaltschweißverfahren.
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Zugfestigkeit R_m [MPa] 800 Spezifischer elektr. Widerstand [Ohm mm ² /m] 0,4 Dichte [g/cm ³] 8,4 Schmelzpunkt [°C] 1.440
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂
Polung	MIG =+
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten BS 300 / 15 kg

NiTi4

Schweißstab/Drahtelektrode für Nickellegierungen

Richtanalyse des Schweißzusatzes in %	Ni ≥ 93,00 Fe ≤ 0,70 C ≤ 0,05 Mn 0,80 Si ≤ 0,80 Cu ≤ 0,20 Ti ≤ 4,00 Al ≤ 1,00 S ≤ 0,01
Normbezeichnung	EN ISO 18274 S Ni 2061 (NiTi3) DIN 1736 SG - NiTi4 Werkstoff Nr. 2.4155 AWS A 5.14 ER Ni-1 BS 2901 NA 32
Anwendung	Drahtelektrode aus Nickel mit besonders hohem Ni-Gehalt für Verbindungsschweißen von Reinnickel und Nickellegierungen sowie Gusseisen, Stahl, Stahlguss und Kupfer. Die Legierung ist auch geeignet für Plattierungen und Pufferlagen.
Grundwerkstoffe	2.4056; 2.4062; 2.4066 Nickel 200; Nickel 201; Nickel 99
Physikalische Eigenschaften bei 20° C (Richtwerte)	Zugfestigkeit R _m [MPa] 550 Streckgrenze R _{p0,2} [MPa] 250 Bruchdehnung A ₂₀₀ [%] 35 Härte [HV] 135 Spezifischer elektr. Widerstand [Ohm mm ² /m] 0,29 Dichte [g/cm ³] 8,7 Schmelzpunkt [°C] 1.430
Schutzgas	MIG: Ar+1-3% O ₂ , Ar+1-3% CO ₂ , Ar+He+O ₂ , Ar+He+CO ₂ , Ar+He+CO ₂ +H ₂ WIG: Ar, He, Ar+He, Ar+2-5% H ₂
Polung	MIG =+, WIG =-
Abmessungen Ø	MIG-Drahtelektroden [mm] 1,0; 1,2; 1,6 WIG-Stäbe [mm] 1,6; 2,0; 2,4
Verpackung Drahtelektroden	Spulungsarten BS 300 / 15 kg
Verpackung WIG-Stäbe	Karton 5 kg Länge 1.000 mm

Inhaltsverzeichnis

Das Unternehmen	3
Roboterqualität - konstante Produkte	3
Die MIGAL.CO Qualität	4
Durchmessertoleranz und Reinheit der Oberfläche	4
Drallfreie Drähte	4
Qualitätsüberwachung.....	5-7
Rückstandsanalyse - Präzision in der Oberflächenbeschichtung	5
Schweißroboter und digitales Röntgen	6
Spektralanalyse, Zugversuch und Reibwert	6
Serienmässige Vakuumverpackung der MIGAL.CO Drahtelektroden	7
Das Technologiezentrum	8
Das Internet	9-10
E-Commerce	9
Werkzeugnisse	9
Lagerliste	9
Metallzuschläge	10
Spulungen und Verpackungen	11-13
Übersicht	11
Das Öko-Fass	12
Das Jumbo-Fass	12
Anlagenanordnung bei der Verwendung von Fässern	13
Übersichtstabellen	14-21
Chemische Zusammensetzungen	14
Werkstofftabelle Al	15-16
Werkstofftabelle Cu	17
Werkstofftabelle CrNi	18-19
Laufängentabellen	20
Zulassungen	21
Schweißstäbe/Drahtelektroden aus Aluminiumlegierungen	23-34
MA-1070 • Al 99,7	24
MA-1450 • Al 99,5Ti	25
MA-2319 • AlCu6MnZrTi	26
MA-4043 • AlSi5	27
MA-4047 • AlSi12	28
MA-5087 • AlMg4,5MnZr	29
MA-5183 • AlMg4,5Mn0,7	30
MA-5356 • AlMg5Cr	31
MA-5554 • AlMg2,7Mn	32
MA-5556 • AlMg5Mn	33
MA-5754 • AlMg3	34

Inhaltsverzeichnis

Anwendungstechnische Hinweise: Aluminiumlegierungen	35-48
Physikalische Größen von chemisch reinem Aluminium (im Vergleich zu Eisen)	35
Auswirkungen der Unterschiede in den physikalischen Größen von Stahl zu Aluminium auf das Schmelzschweißen	35
Oxidschicht	36
Löslichkeit von Wasserstoff	37
Oberflächenbehandlung vor dem Schweißen	38
Lagerung und Handling	38
Grundwerkstoffe	38
Zusatzwerkstoffe	38
Kondensation	38
Nahtvorbereitung	39
Plasmaschneiden	39
Mechanische Bearbeitung	39
Chemische Reinigung	40
Schutzgasschweißen von Aluminium	40-44
Allgemeines	40
Zusatzwerkstoffe	40
MIG-Schweißen	40
Drahtförderung	41
Zünden des Lichtbogens	42
Keine oder zu geringe Aufschmelzung am Nahtanfang und Füllen des Endkraters am Nahtende	42
Schwarzer Niederschlag auf und neben der Naht	43
Besonderheiten beim Schutzgasschweißen	44-45
MIG-Schweißen	44
Drahtabrieb an metallischen Kanten	44
Falsch ausgeführte Drahtvorschubrollen	44
Feuchtigkeit und Undichtheit in den Gasschläuchen	44
Verschmutzung	45
Reibung im Drahtfördersystem	45
Zu langer Lichtbogen	45
WIG-Schweißen	45
Vorwärmen und Zwischenlagentemperatur	46
Anodisieren (Eloxieren)	46
Richtige Lagerung	46-47
Schweißnahtfehler und ihre Vermeidung	47-48
Weiterführende Literatur	48

Inhaltsverzeichnis

Schweißstäbe/Drahtelektroden aus Kupferlegierungen	49-60
ML CuAl8	50
ML CuAl8Ni2	51
ML CuAl8Ni6	52
ML CuAl9Fe	53
ML CuMn13Al7	54
ML CuNi10Fe	55
ML CuNi30Fe	56
ML CuSi28L	57
ML CuSi3	58
ML CuSn	59
ML CuSn6	60
Anwendungstechnische Hinweise: Kupferlegierungen	61-67
Lichtbogenlöten	61
Allgemeines	61
Lichtbogenlöten von verzinkten Blechen	61
Einteilung der Lichtbogenlötprozesse	62
MSG-Löten	62
Kurzlichtbogenprozeß	62
Impulslichtbogen	62
Spezielle Anforderungen an die Löt einrichtung	63
Verfahrenstechnische Hinweise	63
WIG-Löten	64
Spezielle Anforderungen an die Löt einrichtung	64
Plasma-Löten	64
Spezielle Anforderungen an die Löt einrichtung	65
Werkstoffe für das Lichtbogenlöten	65
Grundwerkstoffe	65
Oberflächenbeschichtungen und -vorbehandlung	65
Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe	66
Lotwerkstoffe	66
Schutzgase	66
Stoßarten	66
Arbeitsschutz	67
Weiterführende Literatur	67
Laserstrahlhartlöten	67

Inhaltsverzeichnis

Schweißstäbe/Drahtelektroden aus nichtrostenden Werkstoffen	69-79
Nichtrostende Schweißzusätze von MIGAL.CO - besser als die Norm	70
Forschung & Entwicklung, Know-How	70
Auswahl des Schweißzusatzes	70
Ausgewogene Zusammensetzung	70
Varianten des selben Schweißzusatzes	71
Einfachere Lagerhaltung	71
Lieferformen	71
1.4316 • ML 19.9 LSi	72
1.4332 • ML 23.12 LSi	73
1.4337 • ML 29.9	74
1.4370 • ML 18.8 Mn	75
1.4430 • ML 19.12.3 LSi	76
1.4462 • ML 22.9.3 NL	77
1.4576 • ML 19.12.3 NbSi	78
1.4842 • ML 25.20	79
Anwendungstechnische Hinweise: Nichtrostende Werkstoffe	80-84
Empfehlungen zur Schutzgasauswahl zum Schweißen nichtrostender Stähle	80
Schutz der Schweißnaht	80
MSG-Schweißen	80
WIG- und Plasmaschweißen	80
Wurzelschutz	81
Tipps zum Heftschweißen	81
Schäffler Diagramm - verschiedene Grundwerkstoffe	82
De Long Diagramm für Bereich der Normanalyse	83
WRC-1992 Diagramm für Bereich der Normanalyse	84
Schweißstäbe/Drahtelektroden aus Nickellegierungen	85-90
NiCr20Nb	86
NiCr21Mo9Nb	87
NiCu30MnTi	88
NiFe2	89
NiTi4	90
Inhaltsverzeichnis	91-94

www.migal.co

MIGAL.CO GmbH

D-94405 Landau/Isar, Wattstraße 2

Fon +49(0)9951/69 0 59-0

Fax +49(0)9951/69 0 59-3900

Email info@migal.co