

Fachveranstaltung

Schweißtechnische Gemeinschaftsveranstaltung

Mittwoch den 23.11.2005
Wernigerode

Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen

Vorträge:

Auswahl von Schutzgasen für das Schweißen von
Aluminium - und legierungen

Schutzgas - Schweißen von Aluminium

EN 287-2 – Die Handfertigkeit des Schweißers und
deren Einfluss auf die Qualität der Schweißung

Magdeburger Schweißtechnik GmbH

An der Sülze 6 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas

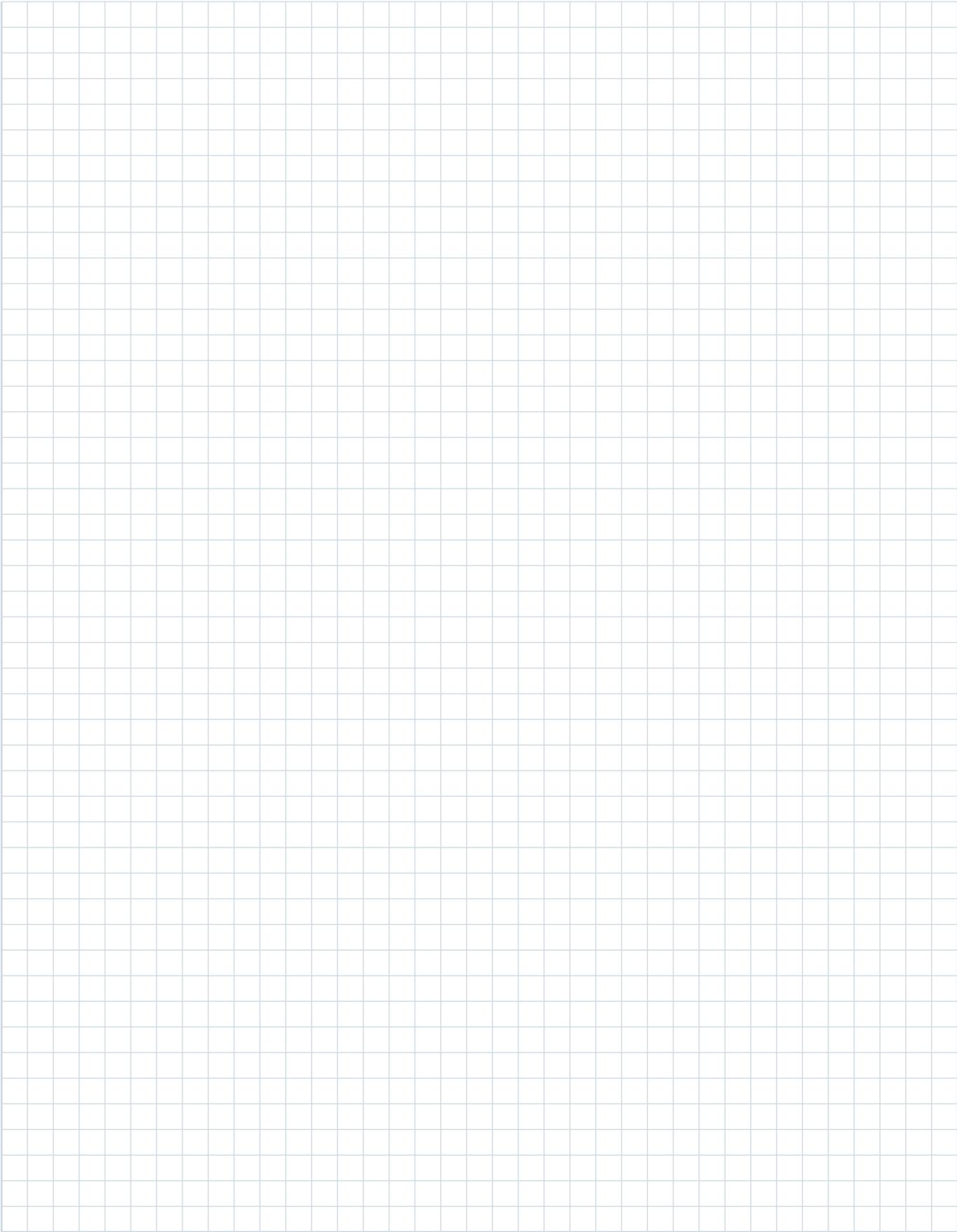
Gradestraße 107 12347 Berlin
Tel.030-60908218 Fax 030-60908174

Teutloff Bildungszentrum Wernigerode

Weinbergstr. 17, 38855 Wernigerode
Tel.: 03943 / 937-154 – Fax: 03943 / 937-199

Fronius Deutschland GmbH

Liebigstraße 15 67661 Kaiserslautern
Tel.0631-35127-0 Fax 0631-35127-50



Fachveranstaltung

Auswahl von Schutzgasen für das Schweißen von Aluminium - und legierungen

Dipl.-Ing. Frank Steller
Gas und Engineering Linde AG

Magdeburger Schweißtechnik GmbH

An der Sülze 6 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas

Gradestraße 107 12347 Berlin
Tel.030-60908218 Fax 030-60908174

Teutloff Bildungszentrum Wernigerode

Weinbergstr. 17, 38855 Wernigerode
Tel.: 03943 / 937-154 – Fax: 03943 / 937-199

Fronius Deutschland GmbH

Liebigstraße 15 67661 Kaiserslautern
Tel.0631-35127-0 Fax 0631-35127-50

Schweißtechnische Gemeinschaftsveranstaltung

Auswahl von Schutzgasen für das Schweißen von Aluminium – und legierungen

Frank Steller
 Linde AG, Linde Gas
 MAV – Hamburg
 Tel.: 040 -853121-223

Auswahl von Schutzgasen für das Schweißen von Aluminium - ein optimierendes Werkzeug



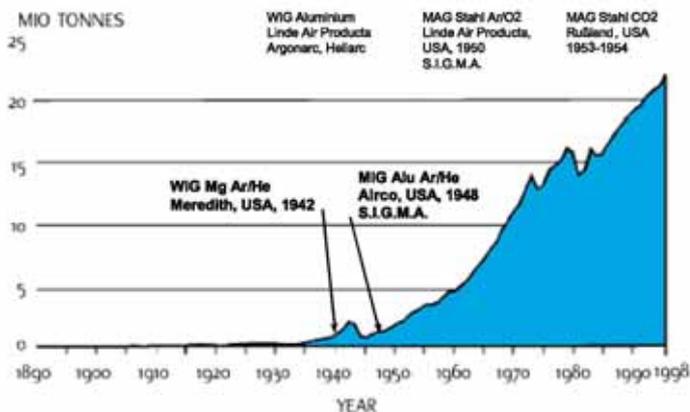
MIG (-) WT 20 Ø 4,0 mm v_{G} = 25 cm/min Helium → Argon → Krypton

Inhalt

1. Ein paar Marktdaten
2. Bezeichnung und Eigenschaften
3. Typische Nahtfehler - und wie man sie vermeidet
4. Helium im Schutzgas - wozu?
5. Dotierte Schutzgase
6. Neue Entwicklungen
7. Zusammenfassung

1. Ein paar Marktdaten

Entwicklung des weltweiten Bedarfs an Primäraluminium



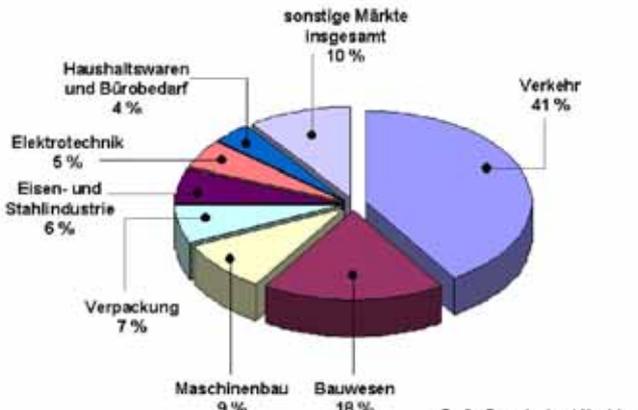
Transport und Bauwesen - die wichtigsten Abnehmer



Der Aluminiumanteil in europäischen Autos wird sich von derzeit 90 Kg auf 130 Kg erhöhen in 2005
 Quelle: EAA, Brüssel



Einsatzgebiete von Aluminium - Deutschland 2001



2. Eigenschaften und Bezeichnung von Aluminiumwerkstoffen

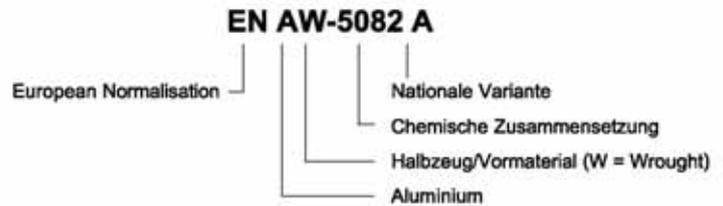
Vergleich der Eigenschaften von Aluminium und Eisen

Eigenschaften	Al	Fe
Atomgewicht [g/Mol]	26,98	55,84
Kristallgitter	kfz	krz
Dichte [g/cm³]	2,70	7,87
E-Modul [Mpa]	67 · 10 ⁹	210 · 10 ⁹
Ausdehnungskoeffizient [1/K]	24 · 10 ⁻⁶	12 · 10 ⁻⁶
R _{pe2} [Mpa/mm²]	~ 10	~ 100
R _m [Mpa/mm²]	~ 50	~ 200
Spezifische Wärme [J/kg·K]	~ 890	~ 460
Schmelzwärme [J/g]	~ 390	~ 272
Schmelztemperatur [°C]	660	1536
W-Leitfähigkeit [W/m·K]	235	75
E-Leitfähigkeit [mΩ·mm²]	38	~ 10
Oxide	Al ₂ O ₃	FeO / Fe ₂ O ₃ / Fe ₃ O ₄
→ Schmelztemperatur [°C]	2050	1400 / 1455 / 1600

Bezeichnung der Aluminiumwerkstoffe /1

1.1 Bezeichnung von Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen
 EN 573-1 legt neue Werkstoffnummern fest, die dem Bezeichnungssystem der Aluminum Association, Washington DC / USA entsprechen

Bezeichnungsbeispiel:



Bezeichnung der Aluminiumwerkstoffe /2

Numerische Bezeichnung mit vier Zahlen nach EN 573-1

Legierungsgruppen

EN AW - 1xxx (1000 Reihe) Aluminium 99,00% mindestens oder mehr

- 2xxx (2000)) Haupt-Legierungselement - Kupfer
- 3xxx (3000)) - Mangan
- 4xxx (4000)) - Silizium
- 5xxx (5000)) - Magnesium
- 6xxx (6000)) - Mg + Si
- 7xxx (7000)) - Zink
- 8xxx (8000)) - andere Elemente
- 9xxx (9000)) - nicht benutzt

Chemische Zusammensetzung: siehe EN 573-3

Identifikation einer Legierung - Beispiel

1. durch numerische Bezeichnung

EN AW-5083

oder

2. durch chemische Symbole und - wenn vorhanden - eine Zahl = mittlerer Legierungsgehalt in Prozent

EN AW - Al Mg4,5Mn0,7

Mg = 4,0 - 4,9 %
 Mn = 0,4 - 1,0 % } plus weitere Elemente

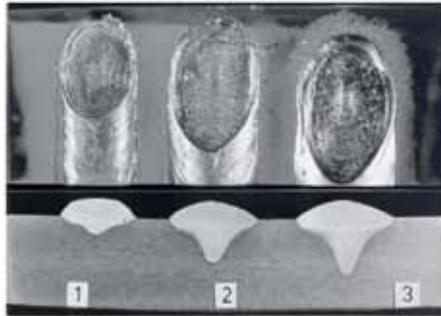
Physikalische Eigenschaften einiger Al-Legierungen

Werkstoff-		Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C Sm/mm ²	Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C W/cm K	Erstarrungs-Bereich °C
Kurzzeichen	Nummer (alt !)			
Al 99,5	3.0255	33,5 - 35,5	2,26 - 2,29	659 - 658
Al Mg 5	3.3555	14 - 19	1,20 - 1,34	625 - 590
Al Mg 4,5 Mn	3.3547	15 - 19	1,20 - 1,30	640 - 575
Al Mg Si 0,5	3.3206	26 - 35	2,0 - 2,4	650 - 615
Al Mg 1 Si Cu	3.3211	23 - 26	1,63	640 - 595
Al Zn 4,5 Mg 1	3.4335	21 - 25	1,54 - 1,67	655 - 610
G - Al Si 12	3.2581	17 - 26	1,3 - 1,9	580 - 570
G - Al Si 10 Mg	3.2381	17 - 26	1,3 - 1,9	600 - 550

Lichtbogenschweißprozesse für Aluminium

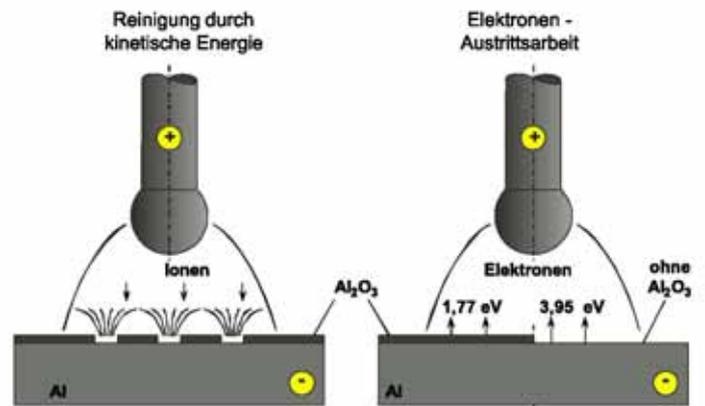
- MIG-Schweißen + Polung der Elektrode, Gleichstrom/ MIGk und MIGs
- MIG-Schweißen + Polung der Elektrode, gepulster Strom / MIGp
- WIG-Schweißen - Wechselstrom
- WIG-Schweißen - Polung der Elektrode, Gleichstrom
- Plasma-Schweißen - Polung, + Polung auch möglich

Einfluss der Legierung auf die Nahtgeometrie

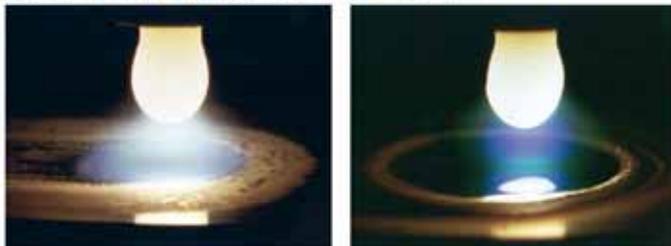


Elektr. Leitfähigkeit [Sm/mm ²]:	~ 17	~ 28	~ 35
Drahtelektrode:	Al Mg 5	Al Si 5	Al 99,5 Ti
Strom / Spannung [A] / [V]:	250 / 26	300 / 28	340 / 29

Reinigungswirkung bei plusgepolter Elektrode



Reinigungswirkung bei WIG-Wechselstrom /1 Kinetische Energie der Gasionen Argon⁺ und Helium⁺



Argon
I = 180 A
U = 18 V

Helium
I = 180 A
U = 27 V

WIG-Wechselstromschweißen von Al Mg 3

WT 20, Ø 4,0 mm v_S = 25 cm/min

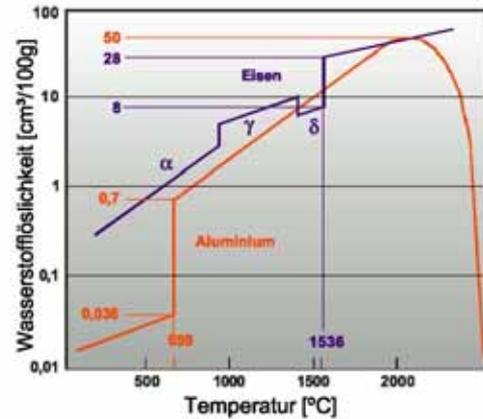
3. Typische Nahtfehler

... und wie man sie vermeidet

Fehler beim Schutzgasschweißen von Al-Legierungen

- Poren
- Bindefehler
- Risse (Heißrisse)
- Entfestigung
- Al_2O_3 Einschlüsse
- Al_2O_3 Trennung
- Verzug

Löslichkeit von Wasserstoff in Aluminium und Eisen



Maßnahmen zur Vermeidung von Porenbildung

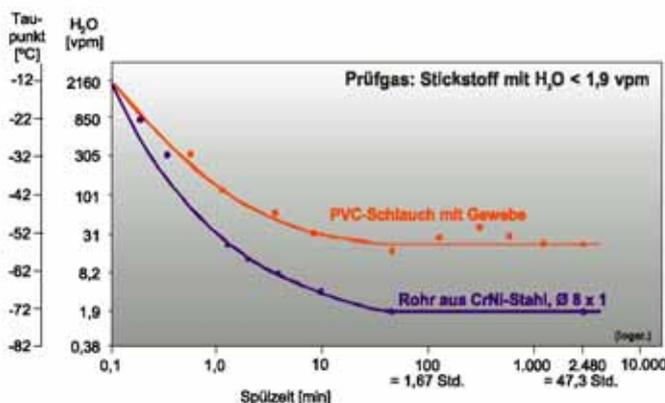
- Nahtbereich sauber und trocken
- Schmelzbad ausgasen lassen
 - großes Wärmeeinbringen: - Vorwärmen
 - hohe Lichtbogen - Leistung
- geeigneter Brenner - Kühlung, Gasführung
- geeigneter Schweißzusatz (Legierung, kein H_2 gelöst)
- Schweißzusatz mit sauberer / trockener Oberfläche
- keine Verunreinigung des Schutzgases

Mögliche Fehlerquellen in der Schweißanlage

Ursachen für Qualitätsminderung:

- Injektorwirkung - Luft
- Leck im Brennerkühlsystem
- Lecks im Gasversorgungssystem
- falsche Schlauchqualität
- zu langer Gasschlauch

Einfluß der Gasführung auf die Gasqualität am Brenner



Einfluss der Schlauchlänge auf den Feuchtigkeitsgehalt

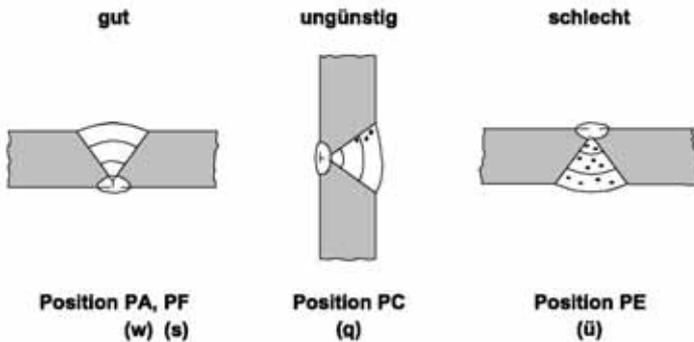
Schlauchlänge [m]	Feuchtigkeitsgehalt H_2O [vpm]
10	39
8	35
6	21
4	18
3	16

Prüfgas : Stickstoff mit H_2O < 1,4 vpm
 Gasmenge : 10 l/min, Spüldauer : 24 Std.

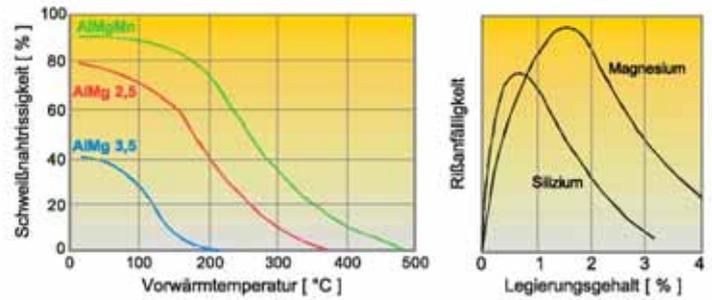
(Schlauch - Nr. 1 von EZS - 1079)

Porenbildung beim Schutzgasschweißen

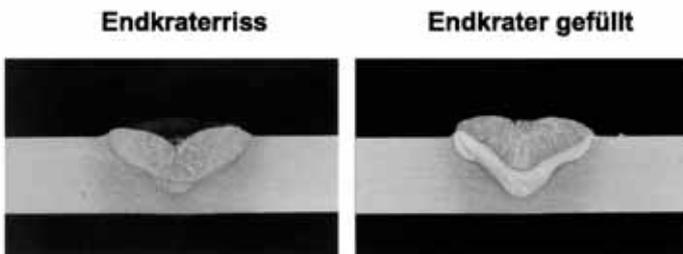
Einfluß der Schweißposition auf Lage und Verteilung der Poren



Rissvermeidung - Einfluss von Vorwärmtemperatur und Legierungsgehalt



Vermeidung von Endkraterrissen



Möglichkeiten zur Rissvermeidung

- Gehalt an Cu, Pb, Zn begrenzen
- Schweißzusatz mit entsprechendem Si - und / oder Mg - Gehalt
- Schweißzusatz mit Zr (Bauwesen ?)
- Endkrater auf Auslaufblech
- Einsatz eines Endkraterfüllprogramms

Wurzelfehler und Oxideinschlüsse beim Al-Schweißen

Falsch: ohne Anfasung



- Wurzelfehler
- Oxideinschlüsse
- Rißgefahr im Wurzelbereich durch Oxide

Richtig: mit Anfasung



- sauber erfaßte Wurzel
- keine Oxideinschlüsse
- keine Rißgefahr durch Oxide

Fehlervermeidung beim Al-Schweißen

Al₂O₃ - Einschlüsse vermeiden

- Reinigungswirkung durch Polung (+ / ~)
- Al₂O₃ mechanisch beseitigen
- verhindern von Al₂O₃ - Bildung während des Schweißens

Einfluss der Polarität beim WIG - Schweißen von Aluminium

Wechselstrom

Gleichstrom

Argon

VARIGON® He 50
50% He + 50% Ar

VARIGON® He 90
90% He + 10% Ar



300 A

300 A

220 A

GW : AlMgSi 1 $s = 5$ mm
ZW : AISi 5 $\varnothing = 1,6$ mm
 $v_s = 50$ cm/min

Keine Reinigungswirkung

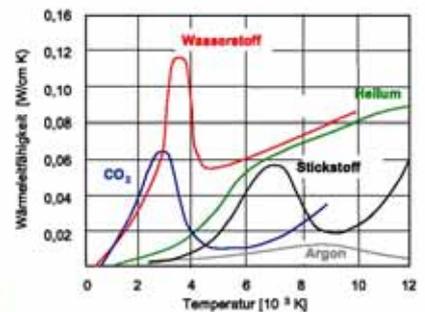
4. Helium im Schutzgas - wozu?

Eigenschaften der Schutzgaskomponenten - Inerte Gase

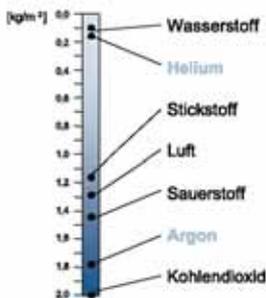
- Ar**
 - inertes Gas => keine Reaktion mit dem Werkstoff
 - schwerer als Luft => effizienter Schutz der Schmelze vor Lufteinfluß
 - leicht zu ionisieren => erleichtert das Zünden des Lichtbogens
- He**
 - inertes Gas => keine Reaktion mit dem Werkstoff
 - leichter als Luft => höherer Volumenstrom erforderlich
 - schwer zu ionisieren => steigender He-Anteil erschwert Lichtbogenzündung
 - höhere Schweißspannung als bei Ar erforderlich => verringert die Gefahr von Flankenblende
 - breiter Lichtbogen => verbesserter Wärmetransfer vom Lichtbogen zum Bauteil
 - hohe Wärmeleitfähigkeit => verbessert Benetzung und Einbrand, flachere Naht, => teilweise höhere Schweißgeschwindigkeit möglich

Eigenschaften von Schweißschutzgasen, die den Schweißvorgang beeinflussen

- Ionisationsenergie
- Dissoziationsenergie
- Dichte der Gase
- Wärmeleitfähigkeit
- Chemische Reaktionsfähigkeit



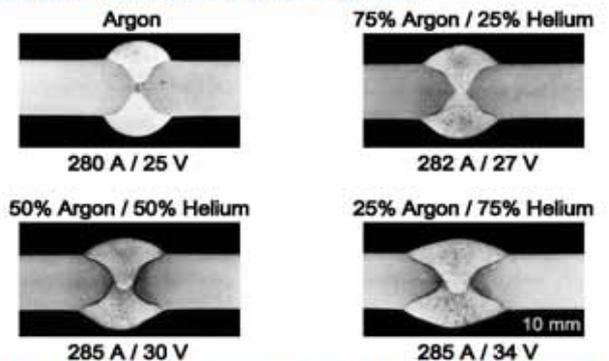
Dichte und Ionisierungsenergie



Dichte
1 bar
15°C

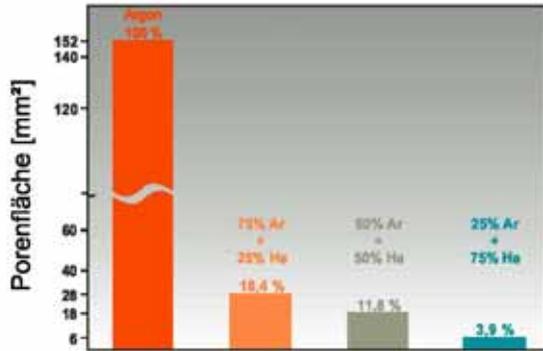
Ionisierungsenergie

Einfluss des Heliums beim MIG-Schweißen



AlMg3 / S-AlMg 4,5 Mn $\varnothing 1,6$ mm, $v_s = 9,7$ m/min, $v_g = 62$ cm/min

Porenreduktion beim MIG-Schweißen von Al 99,5



I-Naht, Lage-Gegenlage, Nahtlänge 370 mm, Blechdicke 10 mm

Linde AG, MAV, Frank Stöber | Schweißverfahrenbeurteilung/Beurteilung des Metallbaus | 1/08 11 2004

37

Korrekturfaktoren für Argon-Durchfließmesser

Ar %	Schutzgaszusammensetzung					Korrekturfaktor
	He %	CO ₂ %	O ₂ %	H ₂ %		
• 100	-	-	-	-	• 1	
-	-	100	-	-	0,95	
97,5	-	2,5	-	-	ca. 1	
82	-	18	-	-	0,99	
91	-	5	4	-	ca. 1	
92	-	-	8	-	ca. 1	
• 75	25	-	-	-	• 1,14	
• 50	50	-	-	-	• 1,35	
• 25	75	-	-	-	• 1,75	
-	100	-	-	-	3,16	
-	20	80	-	-	1,05	
-	50	20	-	-	1,29	
93,5	-	-	-	6,5	1,03	

Linde AG, MAV, Frank Stöber | Schweißverfahrenbeurteilung/Beurteilung des Metallbaus | 1/08 11 2004

Vorteile von heliumhaltigen Schutzgasen gegenüber Argon

- Verbesserung der Nahtgeometrie
Naht breiter - flacher
Einbrand tiefer - runder
- Höhere Schweißgeschwindigkeit - dadurch:
Lichtbogen - Brennzeit kürzer
- Porenbildung geringer - dadurch:
Nacharbeit gering / null
- Teilweise bessere mechanische Gütewerte

Linde AG, MAV, Frank Stöber | Schweißverfahrenbeurteilung/Beurteilung des Metallbaus | 1/08 11 2004

Heliumhaltige Schutzgase - was ist zu beachten?

Heliumhaltige Schutzgase haben abweichende Eigenschaften gegenüber Argon!

- bei MIG Spannung erhöhen - Ionisation
bei WIG automatisch
- geringere Dichte → höhere Gasmenge
- Durchfließmesser für Argon können weiter verwendet werden.
- Korrekturfaktoren zur tatsächlichen Durchflussmengen Ermittlung

38

Linde AG, MAV, Frank Stöber | Schweißverfahrenbeurteilung/Beurteilung des Metallbaus | 1/08 11 2004

40

MIG - Schweißen von Aluminium-Behältern mit VARIGON He 50



MIG - Schweißen von Aluminium - Behältern mit Varigon® He 50:

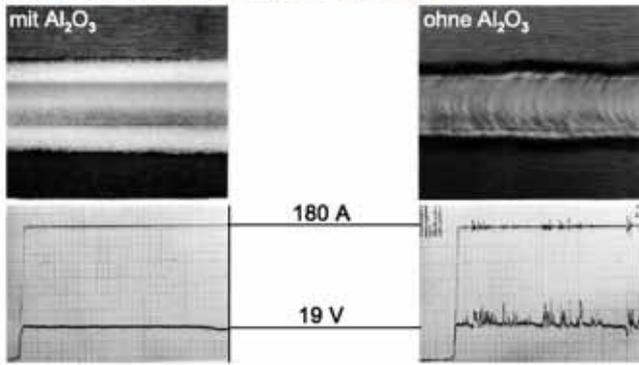
Erhebliche Kostenreduzierung durch Verdoppelung der Schweißgeschwindigkeit und Reduzierung der Lichtbogenbrennzeit um 50 % gegenüber Argon

Linde AG, MAV, Frank Stöber | Schweißverfahrenbeurteilung/Beurteilung des Metallbaus | 1/08 11 2004

41

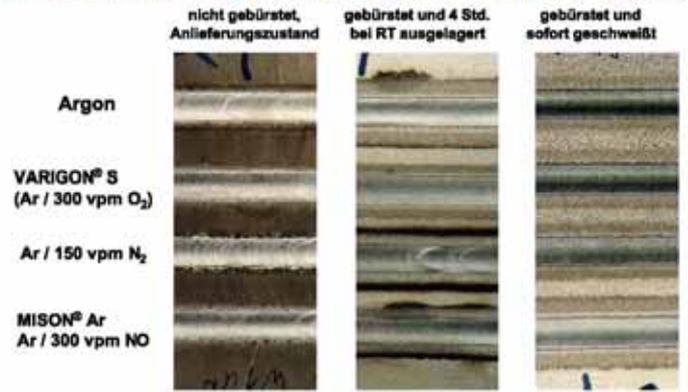
5. Dotierte Schutzgase

Lichtbogenstabilität beim WIG - Schweißen



Grundwerkstoff: AlMg 3, I-Stoß, Blechdicke 3 mm
 Kaltdraht: S-AlMg 5, Ø1,6 mm
 Schutzgas: Argon

Einfluss von Dotierungen im Schutzgas auf die Nahtoberfläche



WIG-Wechselstromschweißen AlMgSi 1, Wolfram, Ø4,8 mm, $v_s = 70$ cm/min, $I = 300$ A

Einfluss der Dotierungen auf den Einbrand

Schutzgas	Argon	VARIGON® S (Ar / 300 vpm O ₂)	Ar / 150 vpm N ₂	MISON® Ar Ar / 300 vpm NO
Oberfläche				
nicht gebürstet, Anlieferungszustand				
gebürstet und 4 Std. bei RT ausgelagert				
gebürstet und sofort geschweißt				

WIG-Wechselstromschweißen AlMgSi 1, Wolfram, Ø4,8 mm, $v_s = 70$ cm/min, $I = 300$ A

MIG-Schweißen mit dotierten Argon/Helium - Gemischen



LKW-Seitenwände MIG - geschweißt mit MISON® He 20

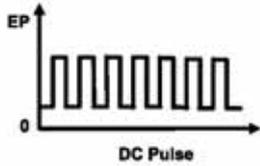


Vorteile dotierter Schutzgase

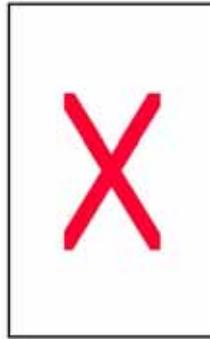
- Ruhigerer Lichtbogen
- Fast keine Spritzer
- Feinere Nahtschuppung
- (Etwas tieferer Einbrand)

6. Neue Entwicklungen

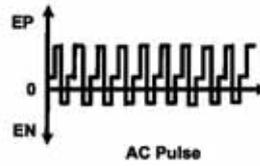
MIG-Wechselstrom - Schweißen /1



Konventioneller MIGp-Prozeß



MIG-Wechselstrom - Schweißen /2



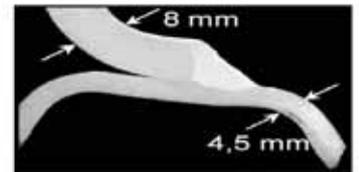
MIG - AC Schweißen mit VARIGON®

Vorteile des MIG-AC - Schweißens: Spaltüberbrückung und Einbrand bei dünnen Blechen

Draht: A5356 (AlMg5), 1,2 mm, Grundmaterial A5052 (AlMg), 1,5 mm + 1,0 mm, 60 A, 90 cm/min			
Spalt	0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm
DC Puls			Unmöglich
AC Puls (EN:20%)			

Source: OTC Daitan Europe

Time Twin Hochleistungsschweißprozess - Alu - Felge



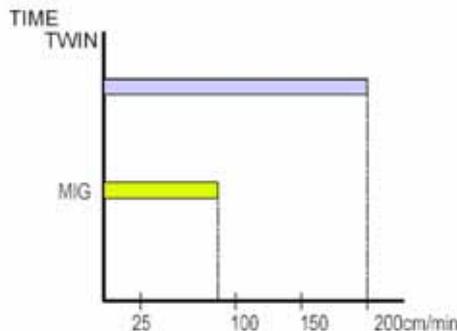
Vs: 130 cm/min
Vd: 33 m/min
I1 + I2: 560 A

Quelle: Fronius

Möglichkeiten Schweißposition PA Time Twin Hochleistungsschweißprozess



Quelle: Fronius



Time Twin Hochleistungsschweißprozess Aluminium - Profil

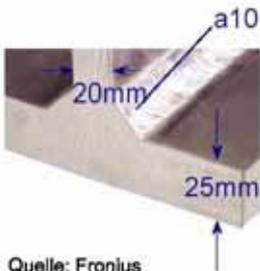


Grundwerkstoff: AlMgSi 0,7
Blechdicke: 2,3 mm
Zusatzwerkstoff: AlMg 4,5
MnZr
Drahtdurchmesser: 1,2mm
Schweißgeschw.: 200 cm/min
Schweißstrom 1+2: 340 A
Position: PC

Quelle: Fronius

Time Twin Hochleistungsschweißprozess - Kehlnaht

Position PA



Quelle: Fronius

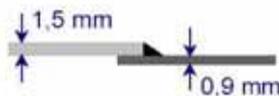
Grundwerkstoff : AlMg 3
 Zusatzwerkstoff : AlMg 4,5 Mn
 Drahtdurchmesser: 1,2mm
 Schweißgeschw.: 35cm/min
 Schweißstrom 1+2 : 550A
 Abschmelzleistung : 5,5kg/h
 Schutzgas: 50/50 He Ar
 Einlagig gependelt

Time Twin Hochleistungsschweißverfahren - Boiler

mit 2 Brenner gleichzeitig

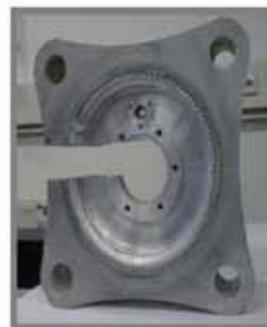
Grundmaterial: AlMg 3
 Materialdicke: 3 mm
 Zusatzwerkst.: AlMg4,5MnZr
 Schweißpos.: PA
 Schweißgeschw.: 190 cm/min

Quelle: Fronius

Time Twin Hochleistungsschweißprozess – Aluminium - Behälter

Grundwerkstoff: AlMg 3
 Zusatzwerkstoff: AlMg 4,5 Mn
 Vs: 250 cm/min
 Schweißstrom: 280 A
 Schutzgas: Argon

Quelle: Fronius

Time Twin Hochleistungsschweißprozess – Aluminium – Komponenten (Holland)

Grundmaterial: AlMg 3/ AlMg Si
 Zusatzwerkstoff: AlMg 5 1,6 mm
 Gas: Argon/Helium 70/30
 Schweißpos.: PB
 Schweißgeschw.: 90 cm/min

Quelle: Fronius

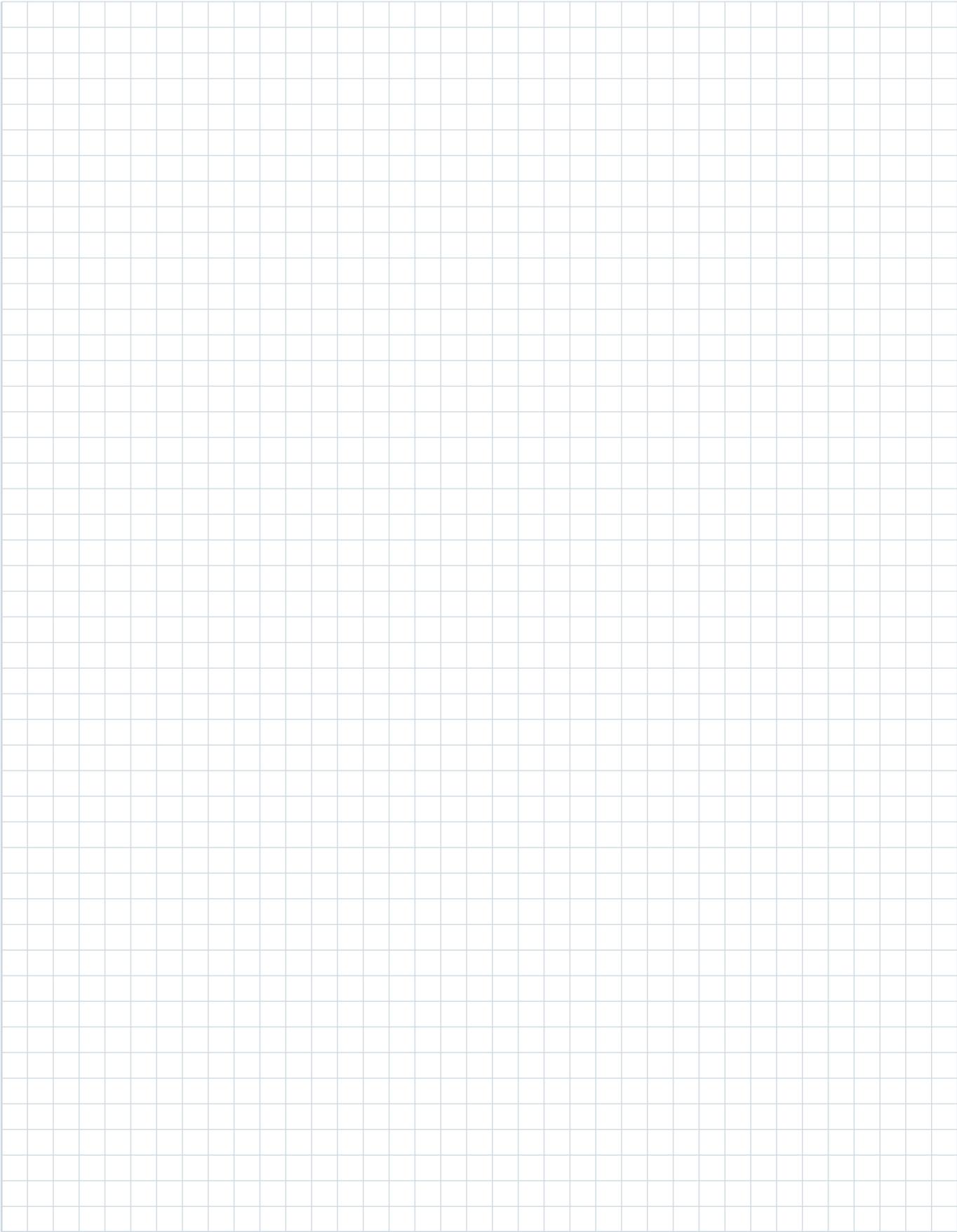
Schutzgase für das Schweißen von Aluminium

Schutzgas	Anwendung - Vorteile durch He bzw. O ₂ oder NO
Argon	<ul style="list-style-type: none"> am häufigsten verwendetes Schutzgas
VARIGON® He 15 VARIGON® He 30 VARIGON® He 50	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Nahtgeometrie (Einbrand, Nahtbreite) Verminderung von Bindefehlern Verminderung von Porosität Höhere Schweißgeschwindigkeit
VARIGON® S VARIGON® He 15 S VARIGON® He 30 S MISON® Ar MISON® He 30	<ul style="list-style-type: none"> Vorteile durch Helium - siehe oben Dotierung bewirkt Lichtbogenstabilisierung dadurch: Feinere Nahtschuppung Keine Spritzer
VARIGON® He 90	<ul style="list-style-type: none"> WIG = (-)

Aluminium kann schön sein...

Danke
für die Aufmerksamkeit





Fachveranstaltung

Schweißen von Aluminium MIG, WIG – Hochleistungsverfahren aus Sicht des Geräteherstellers

Dipl.-Ing. Klaus-Peter Schmidt
Fronius Deutschland GmbH

Magdeburger Schweißtechnik GmbH

An der Sülze 6 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas

Gradestraße 107 12347 Berlin
Tel.030-60908218 Fax 030-60908174

Teutloff Bildungszentrum Wernigerode

Weinbergstr. 17, 38855 Wernigerode
Tel.: 03943 / 937-154 – Fax: 03943 / 937-199

Fronius Deutschland GmbH

Liebigstraße 15 67661 Kaiserslautern
Tel.0631-35127-0 Fax 0631-35127-50



Schutzgas-Schweißen von Aluminium

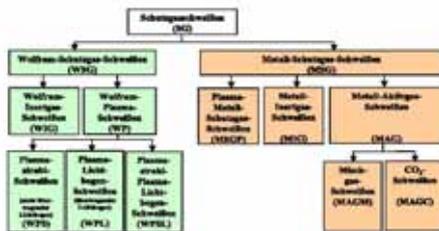
- MIG-Schweißen
- WIG-Schweißen
- Hochleistungsschweißverfahren
- CMT-Schweißen

Dipl.-Ing. Klaus-Peter Schmidt



FRONIUS Deutschland GmbH
Liebigstraße 15
67661 Kaiserslautern

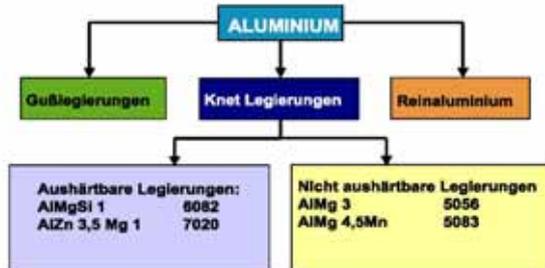
Übersicht der Schweißverfahren:



Stahl im Vergleich zu Aluminium:

	AlMg 3	St 360
Dichte g/cm ³	2,7	7,85
Zugfestigkeit Rm N/mm ²	160	360
Schmelzbereich C°	595-640	1460-1530
Elektr. Leitfähigkeit m/Ω mm ²	20	6
Therm. Leitfähigkeit W/K m	150	53
Therm. Ausdehnung 1/°C	2,3	1,15

Einteilung von Aluminium:



Anwendung von Aluminium:



Elektroindustrie Al 99,5



Bleche, Rohre, Profile AlMg AlMgSi



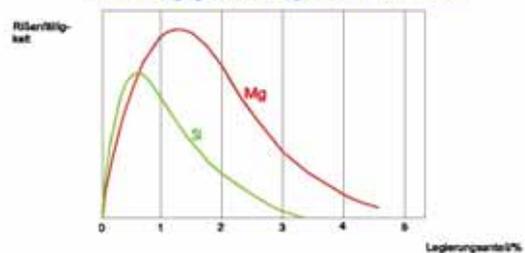
Guß AlSi

Legierungselemente von Aluminium

Magnesium (Mg):	0,3 - 7%	höhere Festigkeit, feineres Gefüge
Mangan (Mn):	0,3 - 1,2%	bessere Korrosionsbeständigkeit (Salzwasser), höhere Festigkeit
Kupfer (Cu):	< 5%	höhere Festigkeit, wichtig für die Aushärtung, geringere Korrosionsbeständigkeit
Silizium (Si):	< 12%	Guß, beeinflusst das Fließverhalten

Rissneigung von Aluminium-Legierungen:

Abhängig vom Mg- und Si-Anteil



Zusatzwerkstoffe für Aluminium:

AlSi1	AlSi2	AlSi3	AlSi4	AlSi5	AlSi6	AlSi7	AlSi8	AlSi9	AlSi10	AlSi11	AlSi12	AlSi13	AlSi14	AlSi15	AlSi16	AlSi17	AlSi18	AlSi19	AlSi20	AlSi21	AlSi22	AlSi23	AlSi24	AlSi25	AlSi26	AlSi27	AlSi28	AlSi29	AlSi30	AlSi31	AlSi32	AlSi33	AlSi34	AlSi35	AlSi36	AlSi37	AlSi38	AlSi39	AlSi40	AlSi41	AlSi42	AlSi43	AlSi44	AlSi45	AlSi46	AlSi47	AlSi48	AlSi49	AlSi50	AlSi51	AlSi52	AlSi53	AlSi54	AlSi55	AlSi56	AlSi57	AlSi58	AlSi59	AlSi60	AlSi61	AlSi62	AlSi63	AlSi64	AlSi65	AlSi66	AlSi67	AlSi68	AlSi69	AlSi70	AlSi71	AlSi72	AlSi73	AlSi74	AlSi75	AlSi76	AlSi77	AlSi78	AlSi79	AlSi80	AlSi81	AlSi82	AlSi83	AlSi84	AlSi85	AlSi86	AlSi87	AlSi88	AlSi89	AlSi90	AlSi91	AlSi92	AlSi93	AlSi94	AlSi95	AlSi96	AlSi97	AlSi98	AlSi99	AlSi100
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

Schutzgase zum Schweißen von Aluminium:

Argon:

- meist verwendet
- guter Lichtbogenträger
- gute Zündeligenschaften
- tiefer (fingerförmiger) Einbrand

Helium:

- 9 x besserer Wärmeträger
- schnellere Schweißgeschwindigkeit
- weniger Poren
- Breiterer und tieferer Einbrand

Vorteil von Helium beim MSG-Schweißen von Aluminium:

Argon



- besserer Einbrand
- Vorwärmeeffekt
- höhere Schweißgeschwindigkeit
- weniger Poren

Ar/He 50/50



Reinigen von Aluminium:

- entfernen von Öl und Fett mit Alkohol
- CrNi- Drahtbürste verwenden
- spezielle Aluminiumfellen verwenden
- Stahl und Aluminium trennen!
- Sauberkeit im Arbeitsbereich!

Vorwärmen von Aluminium:

- Vorwärmung zwischen 100°C und 200°C
- vorwärmen ab ca. 10 mm Materialstärke
- mit Autogenflamme vorwärmen
- nie Propan oder Butan verwenden (Poren!)

Was ist beim MSG-Schweißen von Aluminium zu beachten:

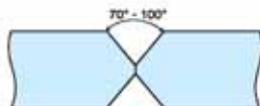
- Reduzierung von Wasserstoff (Poren): (Feuchtigkeit / feuchte Luft)
- normalerweise keinen Spalt verwenden
- Schweißen mit Spalt nur mit Badstütze aus CrNi oder Keramik
- keine Kupferunterlage verwenden
- größere Öffnungswinkel verwenden: 70° bis 100°

Nahtvorbereitung bei Aluminium:

< 4 mm



> 4 mm



Schweißen ohne Poren:

Grundmaterial: AlMgSi 1 / 6082 / 12mm

Zusatz: AISi 5 Ø 1,2mm

Schutzgas: 15 l/min Argon

Vorwärmung: 130°C vorgewärmt

Lagenanzahl: 4-Lagen

Ergebnis: KEINE Poren!



Anforderungen an die Lichtbogen-Stromquellen:

Die Stromquellen für das Lichtbogen-Schweißen müssen unterschiedliche Anforderungen erfüllen, damit eine einwandfreie Schweißung ermöglicht wird. Hierzu zählen:

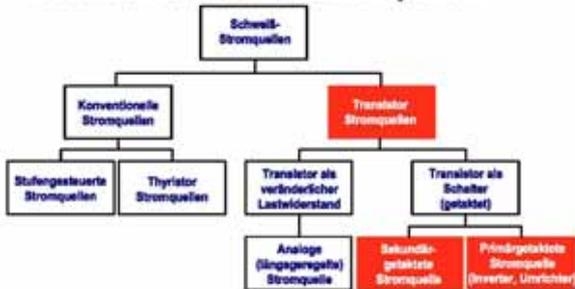
- das Bewirken einer **guten Plasma-Stabilität**, auch im unterem Leistungsbereich=> Invertergeräte mit 100 kHz
- die **richtige Reaktion auf die Tropfenabildung** und Kurzschlüsse während des Materialtransports und
- die **richtige Reaktion auf mögliche Abstandsänderungen** der Elektrode zum Schmelzbad =>genau und schnelle Lichtbogenlängen-Regelung (**digitale Regler**) ist erforderlich.

Diesen Anforderungen sind unterschiedliche Zeltbereiche zugeordnet, in denen sich die Stromquelle entsprechend optimal verhalten muss.

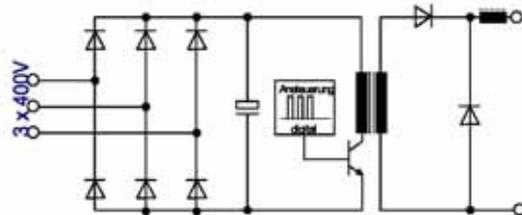
Allgemeine Anforderungen eines Lichtbogen- Schweißprozesses an die Lichtbogen-Schweißstromquellen:

Plasma-Stabilität	µs bis ms-Bereich (< 1 ms)
Materialtransport	ms-Bereich (= 1 bis 20 ms)
Lichtbogen-Längenstabilität	ms bis µs-Bereich (< 0,1 s)

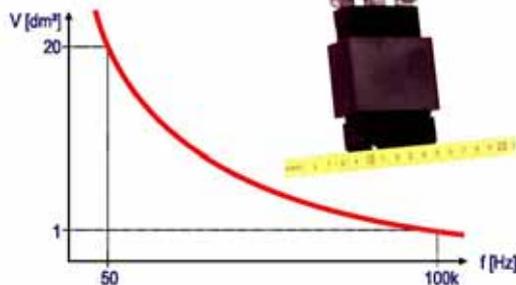
Bauarten der Schweißstromquellen:



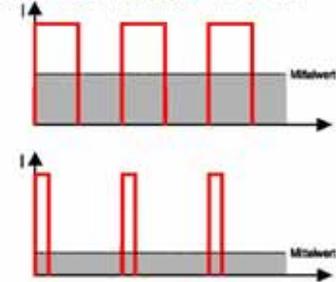
Primärgetaktete Stromquelle:



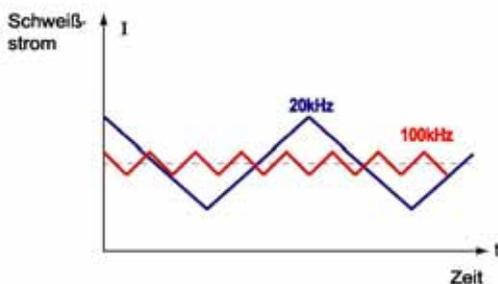
Haupttransformator:



Pulsweitenmodulation – PWM:



Stromwelligkeit:



Digitale Revolution: TRANS (PULS) SYNERGIC



TPS 2700	TS/TPS 4000	TS/TPS 5000
270 Ampere	400 Ampere	500 Ampere
27 kg	37 kg	38 kg

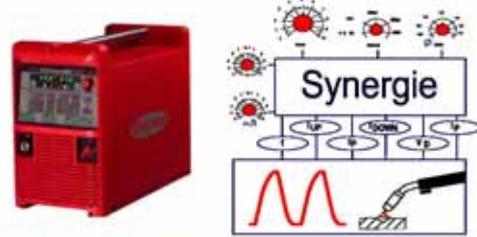
**Für den Anwender wichtig:
LOCAL NET bzw. Zweidraht-Technik für die
Kommunikation**

Beispiel:
MSG-
Schweißanlage



Synergic-Betrieb:

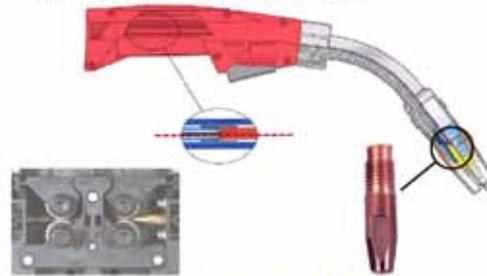
- große Anzahl von Parametern für optimalen Normal- und Impulslichtbogen vorprogrammiert („Einknopf-Bedienung“)



Bedienung: COMFORT



Optimierte Drahtförderung:



Ausrüstung: Alu

Nutformen:

- Trapeznut**
 - Fe
 - Cr Ni
 - Un-, niedrig- oder hochlegierte Massivdrähte
- Halbrundnut glatt**
 - Aluminium
 - Cu Si 3 / Cu Al 8
 - Bronzedrähte
- Halbrundnut gerillt**
 - Voll- und Fülldrähte verschiedener Legierungen
 - CrNi
 - Große Drahtdurchmesser

Vorschubrollen für MSG – Aluminium:



Halbrundprofil:

- keine Deformierung der Drahtelektrode
- für alle weichen Drahtelektroden: Al / CuSi usw.
- für jeden Durchmesser: extra Drahtförderrollen
- 4-Rollenantrieb ist von Vorteil

Kunststoffseelen für MSG – Aluminium:



- Teflon:**
 - beste Fördereigenschaften
 - unempfindlich gegen hohe Temperaturen
 - hoher Verschleiß
- Graphit Kombiseele:**
 - geringer Verschleiß, da relativ hart
 - empfindlich gegen hohe Temperaturen
 - Bronzespirale im Brennerhals verwenden

Zwangkontaktierung:



Durch definierten Stromübergang:

- sichere Zündung
- stabiler Lichtbogen
- weniger Spritzer

Handschweißbrenner: *PT-Drive*

- Anwendung bei weichen Drähten, z.B.: Aluminium, CuSi
- Schlauchpaketlängen bis zu 10m
- Planetar-Antrieb
- leichte Handhabung durch geringe Baugröße und optimierte Gewichtsverhältnisse
- hochwertige Schlauchpaketkomponenten
- gas- und wassergekühlt
- Standard-Verschleißteile
- Multilock-System



Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

JOBMASTER:



- integrierte Fernregelung
- digitale Parameteranzeige
- Parameterabruf
- Job - Abruf

Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

Fernsteller und Fernbedienungseinheiten:

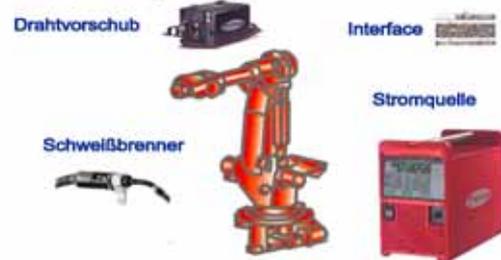


z.B.: TR2000

RCU 5000 i

Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

Roboter Komplettsysteme:



Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

Schweißprogramm - UPDATE



Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

Spritzfreies Aluminiumzünden:

SPATTER FREE IGNITION



Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

Vorteile der SFI- Zündung:

- konventionelle Zündung ca. 500 A
- SFI-Zündung bei ca. 20 A
- höhere Lebensdauer der Stromdüsen
- 100% reproduzierbare Zündung
- Zündung mit langem Stickout: kein Problem

Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

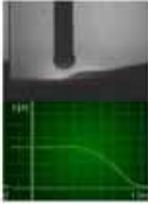
Perfektes Pulsen: der gesteuerte Tropfenübergang

- kontrollierter, kurzschlussfreier Werkstoffübergang mit exakt einem Tropfen pro Impuls
- spritzerarm
- verschiedene Impulsformen für unterschiedliche Draht-Gas-Kombinationen

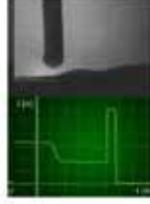


Fronius Gemeinschaftsveranstaltung: Schweißtechnische Verarbeitung von Aluminiumwerkstoffen Stück-Peter Schmitt

Schweißende (Endpuls):

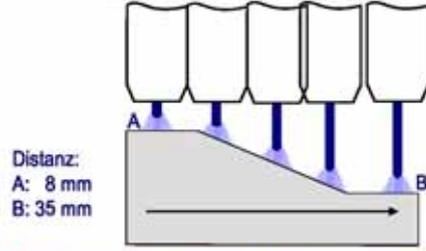


konventionelle Thyristoranlage



digitale Schweißanlage

Lichtbogenlängenkontrolle:



Distanz:
A: 8 mm
B: 35 mm

- Änderung des Abstandes zwischen Kontaktrühr und Werkstück

Startprogramm: Aluminium



Vorteile des Synchronpulses:



- optimiertes Nahtaussehen
- Spaltüberbrückbarkeit
- Vermeidung der Pendelung: speziell bei automatisierter Anwendung (Beispiel: AUDI)
- einstellbare Eindringtiefe
- für Sonderanwendungen (dünn / dick- Verbindung)

Nahtaussehen durch den Synchronpuls

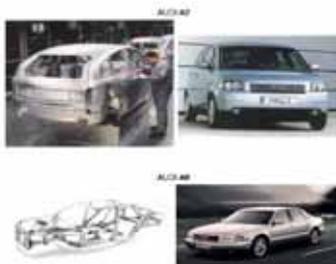


Zusammenfassung:

Die neue Schweißgeräte Technologien bringen:

- höchste Präzision durch die Digitaltechnik
- verbesserte Zündung
- optimierter Lichtbogen: Synergie-Kennlinien
- variable Impulsformen
- schnelle Lichtbogenlängenregelungen
- flexible Einsatzmöglichkeiten

Anwendungen in der Automobilindustrie:



MagicWave / TransTig:



TransTig / MagicWave 1700
170 A bei 35% ED
15 kg

TransTig / MagicWave 2200
220 A bei 35% ED
24 kg:
Stromquelle +
Kühlkreis FK 2200



TransTig 4000/5000 MagicWave 4000/5000



TT 4000 / MW 4000
 400 A bei 50% E.D. (Tu=40°)
 365 A bei 100% E.D. (Tu=25°)
 52,2 kg

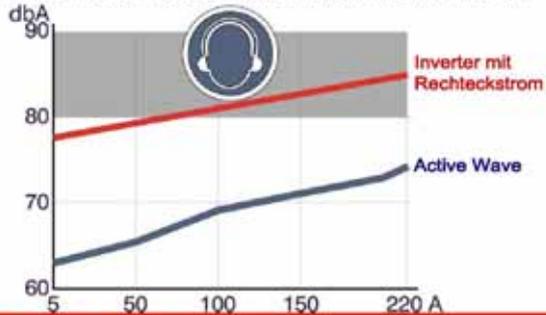
TT 5000 / MW 5000
 500 A bei 40% E.D. (Tu=40°)
 450 A bei 100% E.D. (Tu=25°)
 52,7 kg



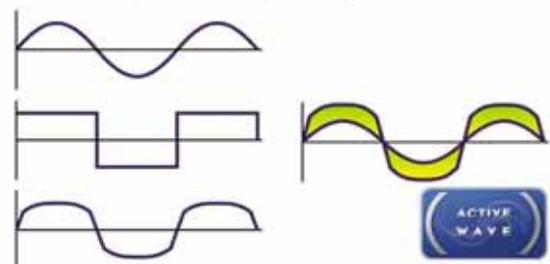
Benutzeroberfläche: MagicWave 2200



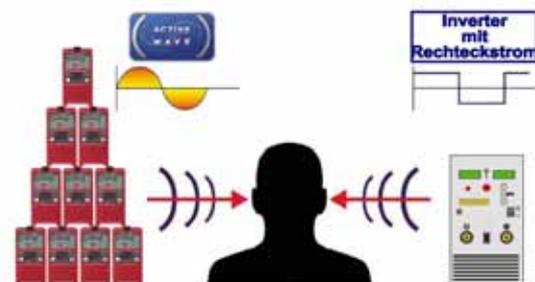
Reduzierte Lautstärke durch Active Wave:



AC-Schweißen ohne Hochfrequenzüberlagerung:



Reduzierte Lautstärke durch Active Wave:

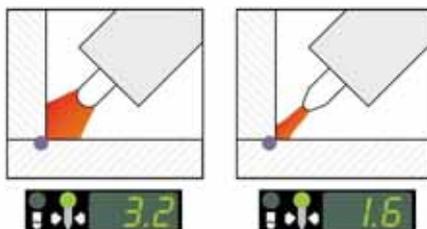


JobMaster-TIG, der intelligente Schweißbrenner:

- Integrierte Fernbedienung
- Digitale Parameteranzeige
- Job-Abruf
- Anzeige „aktivierte Kalottenbildung“
- Thermischer Überlastschutz
- Frei wählbarer Remote-Parameter



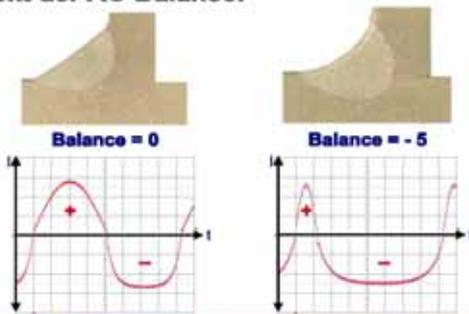
Kehlnaht / Wurzelbildung:



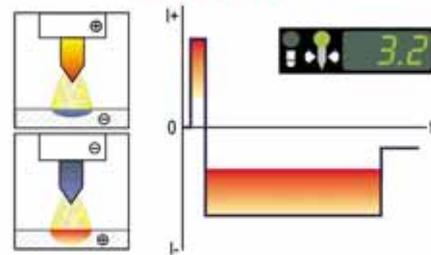
Automatische Kalottenbildung:



Effekt der AC-Balance:



RPI-Zündung: *Magic Wave*



WIG-Schweißen von Aluminium mit DC-Minuspolung und Helium als Schutzgas:



WIG-Schweißen von Aluminium mit DC-Minuspolung und Helium als Schutzgas:

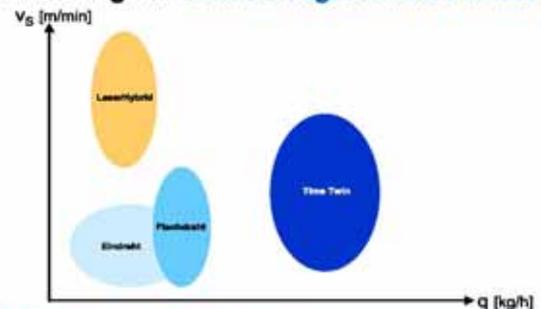


- Helium ist notwendig
- nicht jede Legierung ist schweißbar
- hohe Handfertigkeit ist nötig
- Zündung ist problematisch
Verbesserung:
Ar/He-Umschaltung

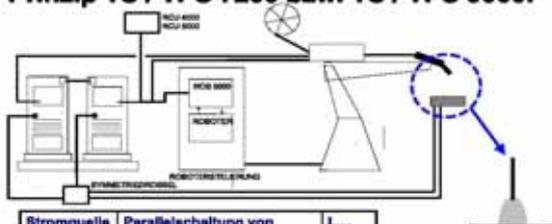
Einleitung: Hochleistungsschweißen

- Forderung der Anwender nach Schweißverfahren mit größeren Abschmelzleistungen sind:
 - Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit
 - Erhöhung des Nahtquerschnittes
- größere Abschmelzleistung sind erreichbar durch:
 - Erhöhung der Drahtfördergeschwindigkeit
 - Erhöhung des Drahtquerschnittes
 - Einsatz mehrerer gleichzeitig abschmelzender Drahtelektroden

Einteilung der Hochleistungsschweiß-Prozesse



Prinzip TS / TPS 7200 bzw. TS / TPS 9000:



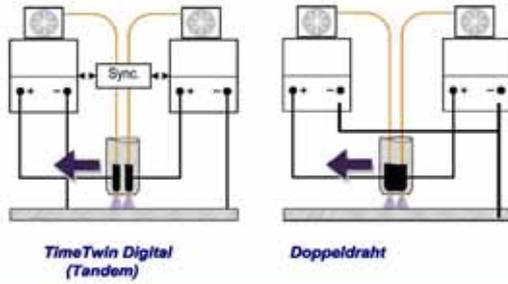
Stromquelle	Parallelschaltung von	I_{max}
TPS 9000	2x TPS 5000	900 A
TPS 7200	2x TPS 4000	720 A
TS 9000	2x TS 5000	900 A
TS 7200	2x TS 4000	720 A

„Eindrakttechnik“

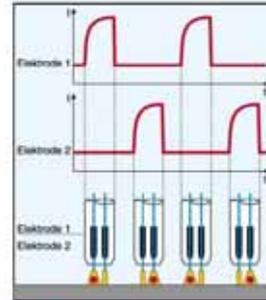
Stromquelle TPS 9000 mit Drahtvorschub:



Verfahrensprinzip: *Tandem- / Doppeldraht*



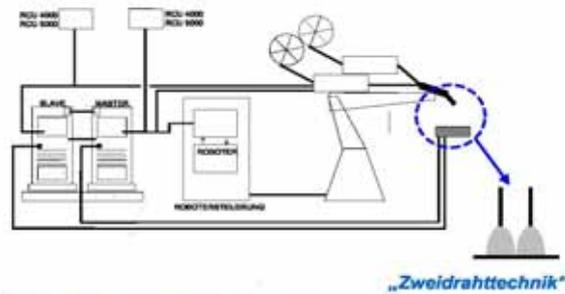
Werkstoffübergang / Modulationsart: Puls / Puls (Beispiel)



Modulationsart: Puls / Puls



Prinzip Time Twin Digital 4000 / 5000:



Stromquelle Time Twin Digital 5000:



Schweißverfahren:

Eindrahttechnik:

- TS / TPS 7200 bzw. TS / TPS 9000
 - MSG-Standard / Puls (TPS)- Hochleistungs-Schweißen
 - MSG-Hochleistungs-Fülldraht-Schweißen
 - MSG-Hochleistungs-Flachdraht-Schweißen

Zweidrahttechnik:

- Time Twin Digital 4000 / 5000
 - MSG-Tandem-Standard / Puls-Schweißen
 - MSG-Tandem-Standard/ Puls-Hochleistungs-Schweißen
 - MIG-Tandem-Löten

Schweißbrenner Robacta Twin:



- Direktkühlung von Gasdüse und Kontaktrohr
- voneinander isolierte Drahtelektroden

Schweißbrenner Robacta Drive Twin:



- Gewicht 6.2 kg (inklusive Brennerkörper)
- Drahtvorschub bis 22 m/min

Voraussetzungen:

- exakte Brennerführung
- hohe Bahngenauigkeit
- präzise Nahtvorbereitung
- Nahtführungssysteme
- umfangreiche Steuerungsmöglichkeiten:
höhere Anforderungen an den Bediener

Zusammenfassung TimeTwin Digital (Tandem)

- Kontrolle über beide Drahtelektroden
 - Leistung
 - Lichtbogenlänge
- perfekte Tropfenablösung
- stabiler Lichtbogen
- wenig Spritzer
- hohe Schweißgeschwindigkeit
- hohe Abschmelzleistung
- beide Schweißrichtungen möglich
(reduziert Taktzeit)
- Eindraht-Schweißen möglich

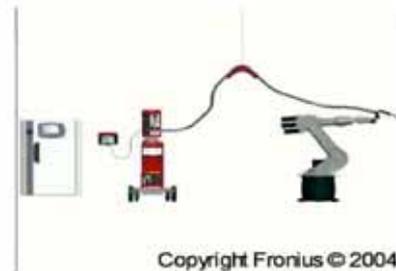


Das neue Schweißverfahren:

CMT

- CMT ist Abkürzung für **C**old **M**etal **T**ransfer
- Kurzlichtbogenprozess
mit völlig neuer Methode zur Tropfenablösung
- Werkstoffübergang relativ kalt,
verglichen mit herkömmlichem MSG-Prozess
- nahezu spritzerloses Schweißen

Der CMT-Prozess – eine Revolution in der Fügetechnik:



Die Antriebseinheit – eine innovative Lösung:



- innovativer Motoraufbau – Motorgehäuse = Brennergehäuse
- geringe Größe und Gewicht durch Leichtbaukonzept (1,6 kg)
- verbesserte Wärmeableitung
- Elektronik in eigener Elektronikbox – Schutzklasse IP23

Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Prozesses – das Nahtaussehen:

- praktisch spritzerfreie Schweißnähte durch markante Unterschiede des CMT-Schweißverfahrens gegenüber den bekannten Schweißverfahren
- vereinzelte Spritzer, z.B.: bei extremen Brenneranstellungen möglich



Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Schweißverfahrens – die Lichtbogenlänge:

- präzise Lichtbogenlängenregelung:
 - herkömmliches MSG-Schweißen:
Erfassung der Lichtbogenlänge über Spannung
Nachteil: Einfluss der Werkstückoberfläche und Schweißgeschwindigkeit etc. auf Spannung
 - CMT:
mechanische Erfassung und Einstellung der Lichtbogenlänge
Vorteil: Lichtbogenlänge unabhängig von Einflüssen der Werkstückoberfläche und Schweißgeschwindigkeit

Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Schweißverfahrens – die Lichtbogenlänge:



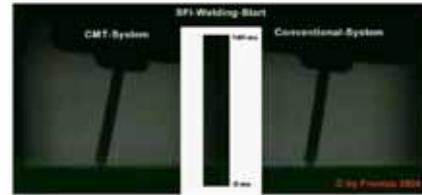
Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Schweißverfahrens – die Schweißgeschwindigkeit:

- extrem toleranter Schweißprozess mit großem Prozessfenster – z.B. hinsichtlich Schweißgeschwindigkeit



Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Schweißverfahrens – die Zündung:

- Zündablauf wesentlich schneller wie bisher
- Aufschmelzen des Grundwerkstoffs in sehr kurzer Zeit



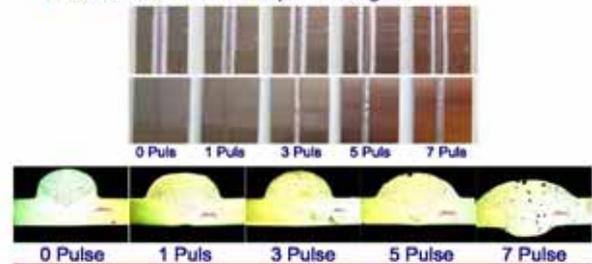
Revolutionäre Eigenschaften CMT-Schweißverfahrens – die Kombinationen:

- Kombination CMT-Prozess mit Impulslichtbogen: zur Beeinflussung der Wärmeeinbringung und Nahtgeometrie
- wichtig bei der Spaltüberbrückung bzw. zur Steigerung der Schweißgeschwindigkeit



Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Schweißverfahrens - die Kombinationen:

- Kombination CMT mit Impulslichtbogen:



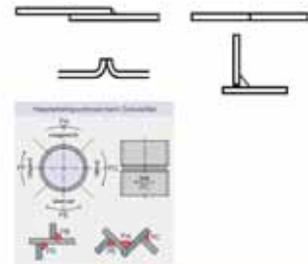
Revolutionäre Eigenschaften des CMT-Prozesses – die Grenzen:

- obere Leistungsgrenze des reinen CMT-Prozesses wird durch Beginn des Überganglichtbogens bestimmt
- untere Leistungsgrenze des CMT-Prozesses wird durch die erforderliche Nahtausbildung bestimmt



Anwendungen des CMT-Prozesses:

- Nahtarten:
 - Überlappnaht
 - Stumpfnaht
 - Bördelnaht
 - Kehlnaht
- Positionen:
 - PA
 - PB
 - PC
 - PG



Anwendung: Dünnblechschweißen



- Aluminium-Stumpfnaht
- Blechdicke: d=0,8 mm
- Schweißgeschwindigkeit: 1,50 m/min
- Schweißung ohne Badstütze
- sichere Erfassung der Wurzel ohne Durchfallen der Schweißnaht



schweißt besser

Fachveranstaltung

EN 287-2 – Die Handfertigkeit des Schweißers und deren Einfluss auf die Qualität der Schweißung

Herr Zwehn
Teutloff Bildungszentrum Wernigerode

Magdeburger Schweißtechnik GmbH
An der Sülze 6 39179 Barleben
Tel. 039203-75193 Fax 039203-751940

Linde AG Geschäftsbereich Linde Gas
Gradestraße 107 12347 Berlin
Tel.030-60908218 Fax 030-60908174

Teutloff Bildungszentrum Wernigerode
Weinbergstr. 17, 38855 Wernigerode
Tel.: 03943 / 937-154 – Fax: 03943 / 937-199

Fronius Deutschland GmbH
Liebigstraße 15 67661 Kaiserslautern
Tel.0631-35127-0 Fax 0631-35127-50



Schweißtechnik

EN 287 – 2

Die Handfertigkeit des Schweißers und deren Einfluss auf die Qualität der Schweißung

Herr Zwehn
Teutloff Bildungszentrum Wernigerode

Der Werkstoff

- Das dritthäufigste Element in der Erdschale
- Nur 8% des Gewichts von Kristall
- Nur ca. 33% des Gewichts von Stahl
- Sehr hohe Festigkeiten in Legierungsform
- Korrosionsbeständig
- Niedriger Schmelzpunkt ca. 660 °C

Die Probleme

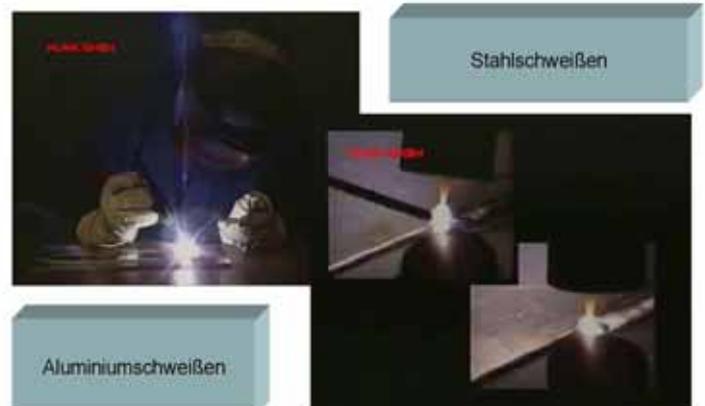
- Hohe Wärmeableitung
- Hohe Wärmeausdehnung
- In reiner Form geringe Festigkeit
- Durch Wärmeeinwirkung Aufhebung der Festigkeit
- Widerstandsfähige Oxidschicht

Aluminium-Oxid

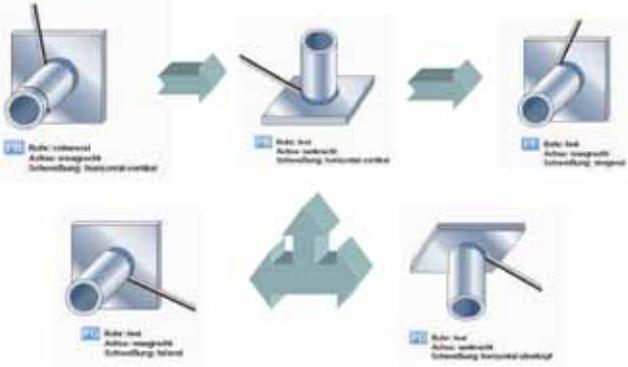
- Schmelzpunkt 2050°C
- Stärke ca. 10nm
- Fast so hart wie Diamanten
- Es ist einfärbbar
- Es ist sehr hitze- und korrosionsbeständig
- Bereitet große Probleme beim Schweißen



Der Unterschied



Schweißpositionen Rohrkehlnähte

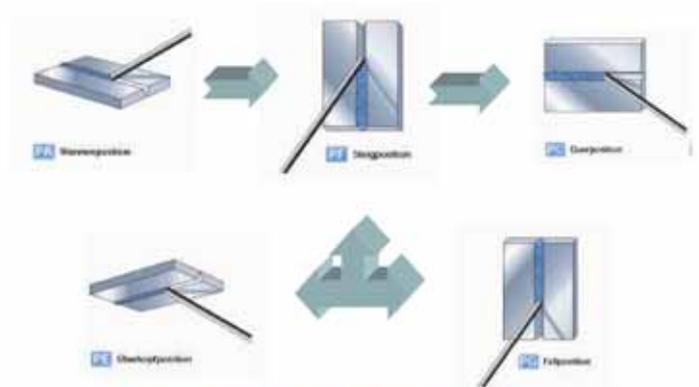


Schweißtechnik

TEUTLOFF

13

Schweißpositionen Blechstumpfnähte

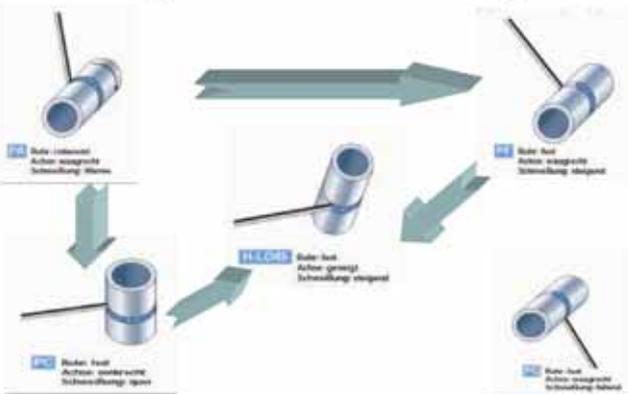


Schweißtechnik

TEUTLOFF

14

Schweißpositionen Rohrstumpfnähte

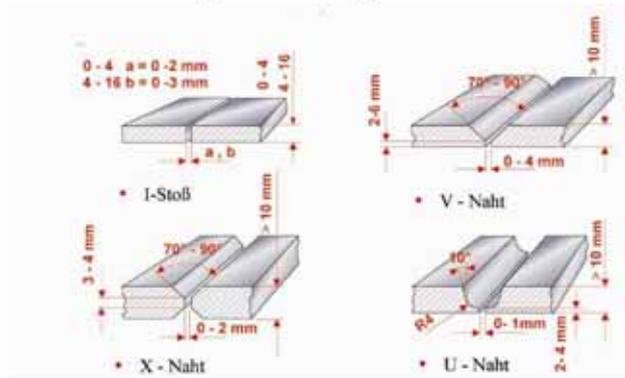


Schweißtechnik

TEUTLOFF

15

Beispiel Fugenformen



Schweißtechnik

TEUTLOFF

16

Betriebliche Voraussetzungen

- Personal
- Werkstätten → Schwarz und Aluminium getrennt
- Maschinelle Voraussetzungen
- Lagerung der Schweißzusätze
- Sauberkeit bei der Bearbeitung
- Spezielle Werkzeuge

Schweißtechnik

TEUTLOFF

17

Wahl der Schweißmethode

- Abhängig von den betrieblichen Bedingungen
- Abhängig von den maschinellen Bedingungen
- Abhängig von den personellen Bedingungen
- Vorteile und Nachteile der einzelnen Schweißverfahren

Schweißtechnik

TEUTLOFF

18

WIG Aluminium

Vorteile:

- Sehr schöne Nahtoberfläche
- Qualitativ sehr gute Schweißung
- Gute Positionsbeherrschbarkeit

Nachteile:

- Teuere Maschinentchnik
- Langsam
- Schweißer brauchen länger zum Erlernen
- Neigt zu Poren und Heißrissen

MIG Aluminium

Vorteile:

- Hohe Produktion
- Schweißen in allen Positionen
- Leicht zu schweißen bei einfachen Anwendungen
- Einfachere Mechanisierung

Nachteile:

- Drahtzufuhrstörung
- Wetterempfindlich
- Porositätsgefahr
- Probleme bei Schweißstart und -ende
- Probleme bei schwierigen Positionen

