

■ THE NEW DIMENSIONS OF WELDING

EWM-coldArc®

EWM / HIGHTEC®
WELDING

SIMPLY MORE



■ WÄRMEREDUZIERTES FÜGEN DÜNNSTER BLECHE

EWM-coldArc®

WÄRMEREDUZIERTES FÜGEN DÜNNSTER BLECHE



Der *Energiereduzierte kurze Lichtbogen*... ...Unmögliches wird möglich!



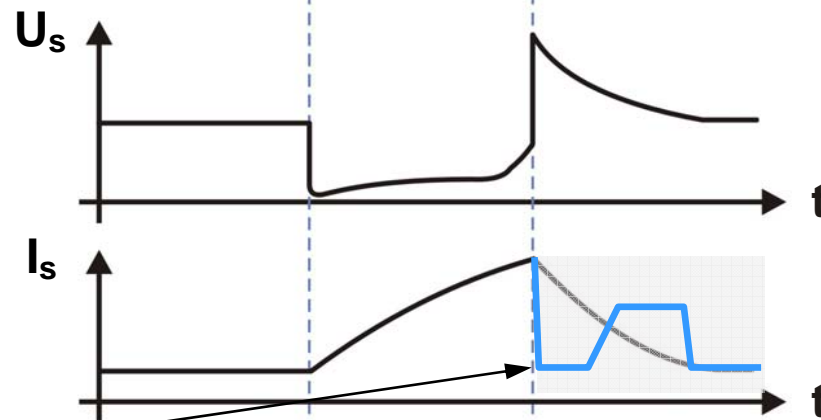
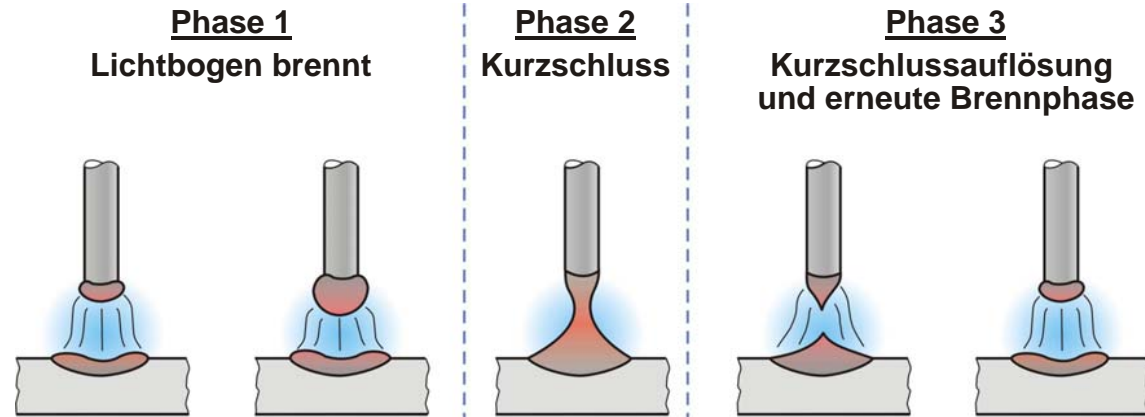
Übersicht

- Prinzip, Lösungsansatz und Werkstoffübergang des **EWM-coldArc®**
- Wärmereduziertes Schweißen dünnster Bleche
- Wärmereduzierte Löten mit CuSi und niedrig schmelzendem Zink-Lotdraht
- Mischverbindungen
- Manuelle und automatisierte MAG-Standardanwendungen

Prinzip wärmeminimierter **coldArc**[®]



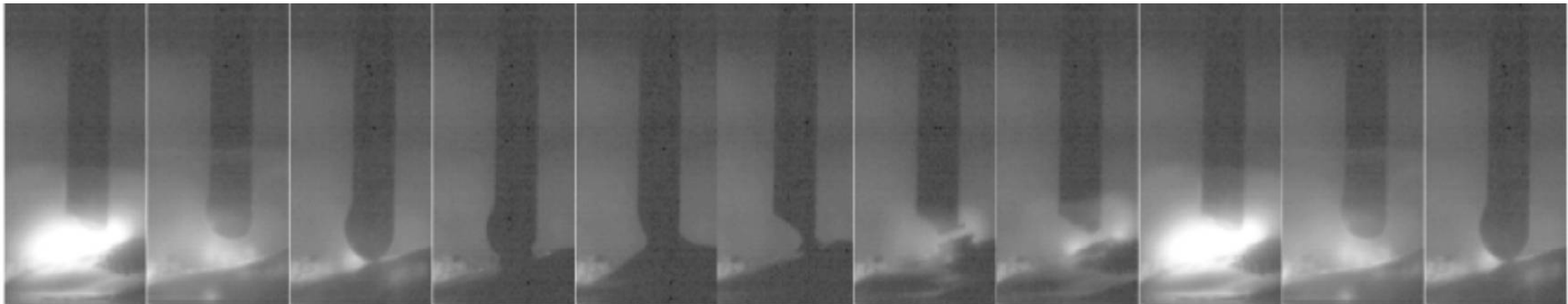
Zünden im Standard-Kurzlichtbogen,
1,0 mm ZnAl4-Lot



Prinzip des **EWM-coldArc**[®]

Der modifizierte Kurzlichtbogen wird **ausschließlich in der Energiequelle „geregelt“**:

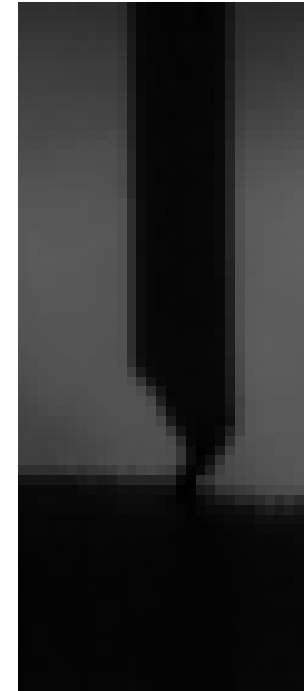
- neuartige hochdynamische Inverterschaltung
 - sehr schnelle, digitale Prozessregelung
 - Mit Standard Brenner
- drastische Verminderung der Leistungsspitze beim Lichtbogen-Wiederzünden
- erhebliche Reduzierung des Wärmeeintrags während der Aufschmelzphase



Aus dem nahezu leistungslosen Werkstoffübergang und der reduzierten Wärmeeinbringung resultiert:

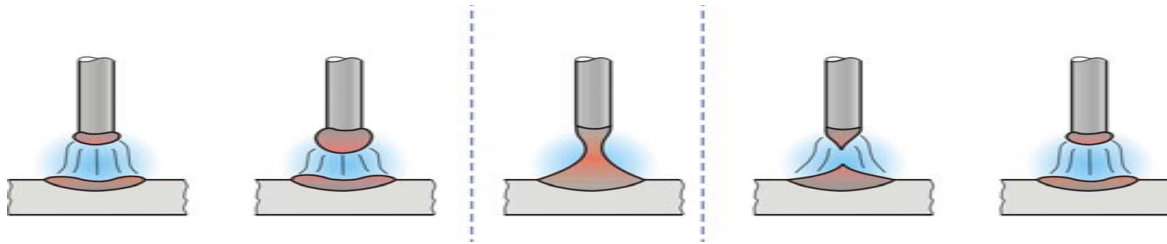
- Erhebliche Verringerung der Blechdicke möglich
- Äußerste Spritzerarmut
- Hervorragende Spaltüberbrückung
- Nahtgeometrie individuell beeinflussbar
- Geringster Materialverzug

Der Werkstoffübergang erfolgt beim **EWM-coldArc®** ohne mechanische Unterstützung durch den Drahtantrieb, d.h. $v_{\text{Draht}} = \text{const.}$



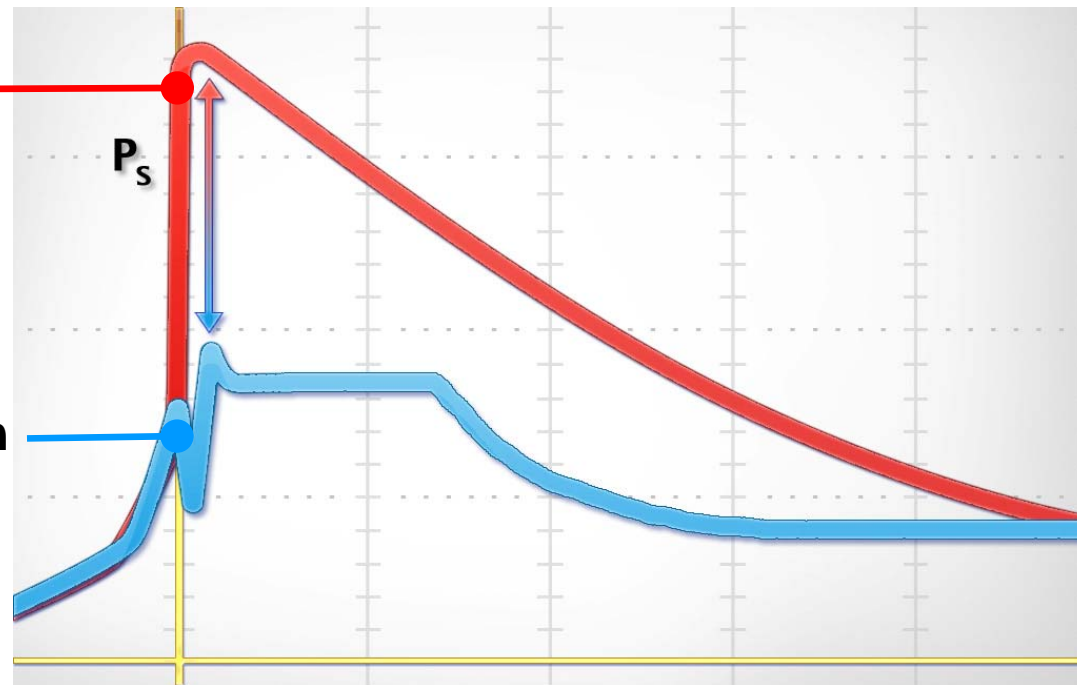
HG-Film, 8.000 B/s

Minimierte Lichtbogen-Leistung beim Wiederzünden



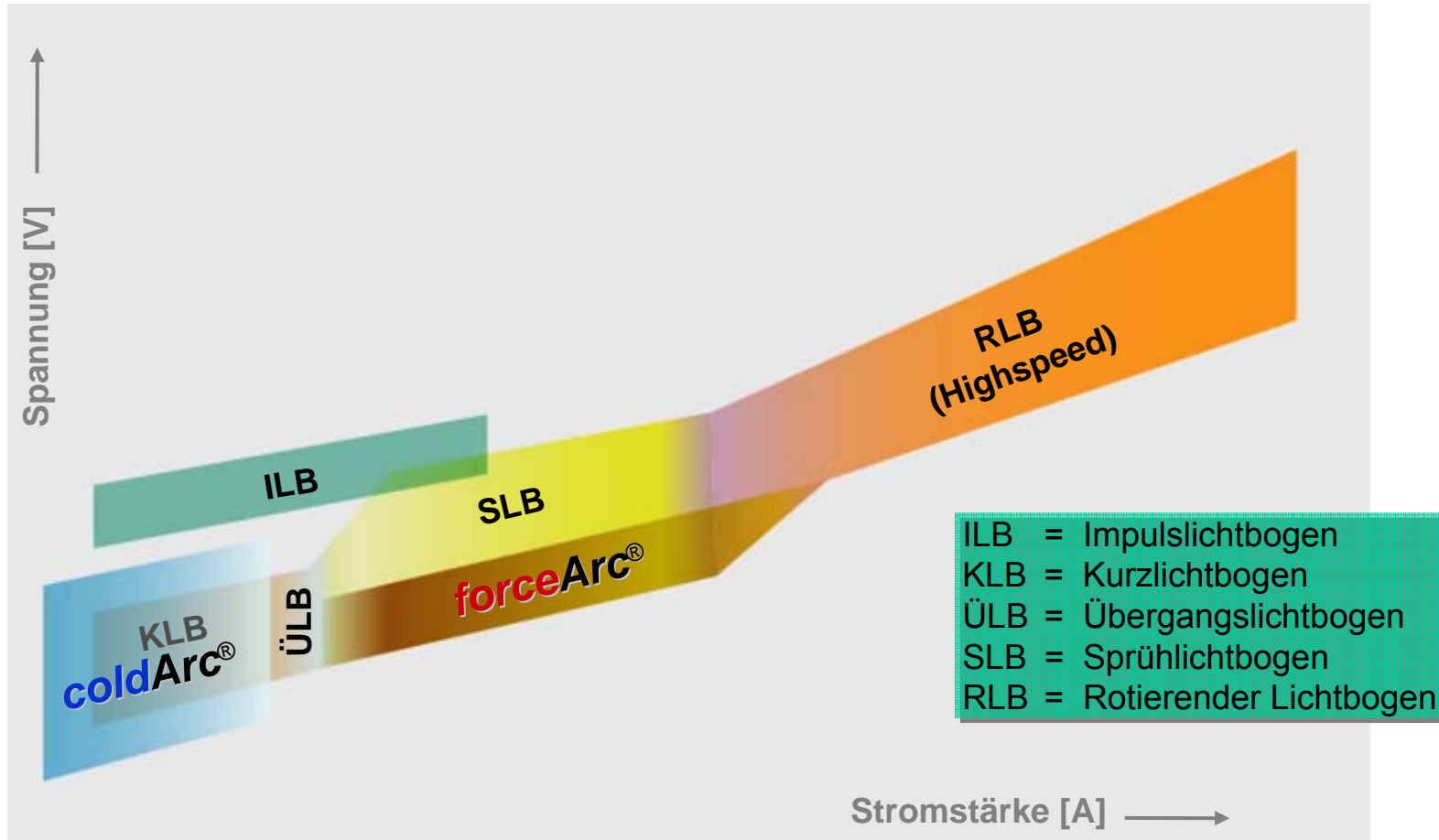
Standard-Kurzlichtbogen

EWM-coldArc[®]-Lichtbogen



Leistung beim Wiederzünden

Lichtbogenbereiche



Übersicht „Anwendungsgebiete“

EWM- coldArc® ermöglicht:	MSG-Schweißen	MSG-Löten	Mischverbindung	
	das wärmereduzierte Fügen dünnsster Bleche ab 0,3 mm (auto), ab 0,7 mm (man)			
	das Fügen verzinkter Bleche			
		erstmals das wärmeminimierte Löten mit niedrigschmelzenden Zusatzwerkstoffen auf Zink-Basis (auto)		
	sehr gut beherrschbares Schweißen von Wurzellagen in allen Zwangslagen		Mischverbindungen St verzinkt-Aluminium St verzinkt-Magnesium Aluminium-Magnesium	
das Schweißen von Magnesiumlegierungen				

MSG-Schweißen

<i>Werkstoff</i>	<i>Blechdicke (mm)</i>	<i>Gase</i>	<i>Draht Ø [mm]</i>	<i>Drahtwerkstoff</i>	<i>Anwendung</i>
Stahl	0,2/0,3 - 1,5 (2,0)	82% Argon + 18% CO2	0,8; 1,0; 1,2	artgleich	Auto
Stahl	0,7 - 1,5 (2,0)	82% Argon + 18% CO2	0,8; 1,0; 1,2	artgleich	Man
Stahl	0,2/0,3 - 1,5 (2,0)	100% CO2	0,8; 1,0; 1,2	artgleich	Auto
Stahl	0,7 - 1,5 (2,0)	100% CO2	0,8; 1,0; 1,2	artgleich	Man
CrNi-Stahl	0,2/0,3 - 2,5	97,5% Argon + 2,5% CO2	0,8; 1,0; 1,2	artgleich	Auto
CrNi-Stahl	0,7 - 2,5	97,5% Argon + 2,5% CO2	0,8; 1,0; 1,2	artgleich	Man

MSG-Löten

<i>Werkstoff</i>	<i>Blechdicke (mm)</i>	<i>Gase</i>	<i>Draht Ø [mm]</i>	<i>Drahtwerkstoff</i>	<i>Anwendung</i>
Stahl	0,2/0,3 - 1,5 (2,0)	100% Argon	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Auto
Stahl	0,7 - 1,5 (2,0)	100% Argon	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Man
Stahl	0,2/0,3 - 1,5 (2,0)	99% Argon + 1% CO2 (S1)	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Auto
Stahl	0,7 - 1,5 (2,0)	99% Argon + 1% CO2 (S1)	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Man
St verzinkt	0,2/0,3 - 1,5 (2,0)	100% Argon	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Auto
St verzinkt	0,7 - 1,5 (2,0)	100% Argon	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Man
St verzinkt	0,2/0,3 - 1,5 (2,0)	99% Argon + 1% CO2 (S1)	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Auto
St verzinkt	0,7 - 1,5 (2,0)	99% Argon + 1% CO2 (S1)	0,8; 1,0; 1,2	CuSi/CuAl/AlBz8	Man

Mischverbindungen

<i>Werkstoff A</i>	<i>Werkstoff B</i>	<i>Blechdicke (mm)</i>	<i>Gase</i>	<i>Draht Ø [mm]</i>	<i>Drahtwerkstoff</i>	<i>Anwendung</i>
St verzinkt	Al	0,3 – 1,5	100% Argon	1,0	AlSi	Auto
St verzinkt	Al	0,7 – 1,5	100% Argon	1,0	AlSi	Man

in der Produktion, Reparatur sowie in Handwerksbetrieben

Branche

Automobilindustrie
Zulieferer Automobilindustrie
Fahrzeugbau
Bedachungen
Fassadenbau
Lüftungsbau
Metallbau
Schaltschrank-/ Gehäuse
Blechbearbeitung
Lebensmittelindustrie
Chemieindustrie
Luft-/ Raumfahrt
KFZ Karosseriereparatur
Kunstgewerbe

Branche	Produktion		Handwerk		Anwendungen			
	man	auto	man	auto				
Automobilindustrie	x	x	x	x	Abgasanlagen	Seitenwände	Achsträger	Türscharniere
Zulieferer Automobilindustrie		x			Abgasanlagen	Sitze		
Fahrzeugbau	x	x						
Bedachungen	x	x			Rinnen	Rohre	Einfassungen	Lichtschächte
Fassadenbau	x	x			Verkleidungen	Rahmen	Profile	
Lüftungsbau	x	x			Rohre	Formstücke		
Metallbau	x	x			Fassadenbau	Verkleidungen	Schutzbleche	
Schaltschrank	x	x			Gehäuse	Scharniere		
Blechbearbeitung	x	x			Konsolen	Trichter	Gefäße	Profile
Lebensmittelindustrie	x	x			Konsolen	Trichter	Gefäße	Auffangwannen
Chemieindustrie	x	x			Auffangwannen	Trichter	Schalungen	Profile
Luft-/Raumfahrt								
Kfz-Karosseriereparatur	x							
Apparatebau								

Aus der Minimierung des Energieeintrags mit digitaler Prozesskontrolle eines jeden Werkstoffübergangs resultiert:

- Kein Durchfallen der Schmelze, auch ohne Badstütze bei Dünnblech
- Hervorragende Spaltüberbrückbarkeit
- Sehr hohe Schweißgeschwindigkeiten
- Erweiterung des Blechdickenbereiches bis unter 0,3 mm \Rightarrow Gewichtseinsparung



EWM-coldArc® -Schweißen, Bördelnaht an Doppelschalenschalldämpfer,

Grundwerkstoff: 1.4301, 0,4 mm

Zusatzwerkstoff: 1.4370, \varnothing 1,2 mm

Schweißgesch.: $v_{\text{Schweiß}} = 3,5 - 4,0 \text{ m/min}$

Durch die Prozessregelung wird die „Tropfen“größe sowie auch das Nahtprofil individuell definierbar.
Für das MIG-Löten resultiert daraus:

- Hervorragende Spaltüberbrückbarkeit
- Minimale Beschädigung der Zinkbeschichtung bei Cu-Basis-Lot
- Hervorragende Handhabbarkeit mit allen üblichen Brennersystemen
- Manuelles Löten in allen Positionen



Manuelle **EWM-coldArc**® -Lötung,
4,0 mm Spalt
Grundwerkstoff DC 04 ZE 75/75 1,0 mm
Zusatzwerkstoff CuSi3-Draht Ø 1,0 mm



Roboter- **EWM-coldArc**® -Lötung,
Grundwerkstoff 1,0 mm elektrolytisch
verzinktes Stahlblech
Zusatzwerkstoff CuSi3-Draht Ø 1,0 mm

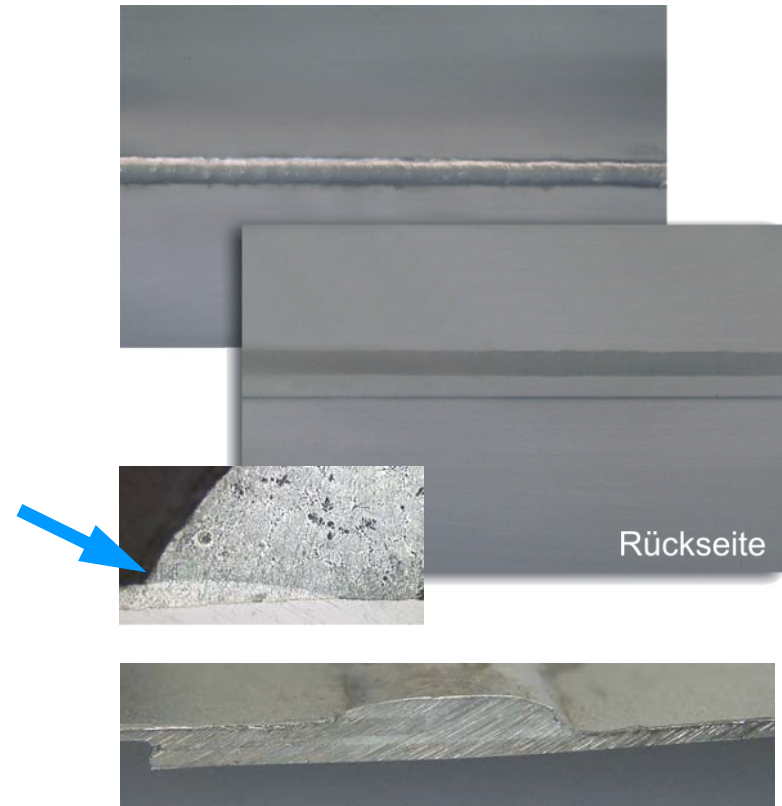
	Temperatur	
	Schmelzen	Sieden
	K	K
Cu	1.357	2.840
Si	1.683	2.628
Al	934	2.740
Mg	922	1.380
Zn	693	1.180

- Aluminium-Silizium-Legierungen: AlSi 5 ... AlSi 12
- Zink-Aluminium-Legierungen: ZnAl 2 ... ZnAl 25
 - ⇒ Löten von verzinktem Stahl
 - ⇒ Mischverbindungen von verzinktem Stahl mit Aluminium, Schweißen auf Aluminiumseite und Löten auf Stahlseite

Erstmalig wird das MIG-Löten mit neuartigen Zusatzwerkstoffen auf Zinkbasis ($T_{\text{Schm.}} \approx 400^\circ\text{C}$, $T_{\text{Siede}} \approx 900^\circ\text{C}$) möglich:



- Keinerlei Beschädigung der Zinkschicht
- Hervorragende Korrosionsbeständigkeit
- Geringster Verzug
- vergleichbare Festigkeiten zu CuSi-Lot, 0,75 mm verzinkter Stahl:
 - Kehlnaht am Überlappstoß: 340 MPa
 - Stumpfnah, I-Stoß: 200 MPa

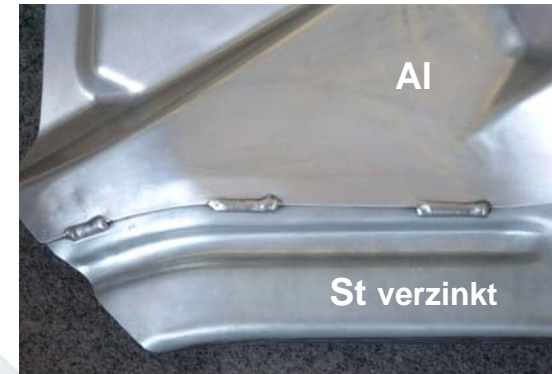


EWM-coldArc® -Löten von verzinktem Stahl mit Zink-Basis-Draht

Spröde intermetallische Phasen verhindern ein Schmelzschweißen von Leichtmetallen mit Stahl

Mit **EWM-coldArc**® lassen sich erstmalig im MSG-Prozess Zink und auch Magnesium zur Herstellung von Mischverbindungen verarbeiten:

- Aluminium-St verzinkt
- Magnesium-St verzinkt
- Aluminium-Magnesium



EWM-coldArc® -Fügen von Al-St-Mischverbindungen mit Zink-Basis-Draht



Überlappstoß

Makroschliffe Al-St verzinkt-Mischverbindungen

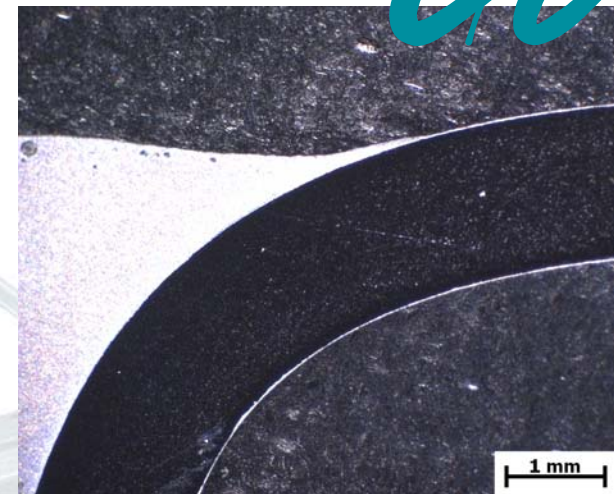


Stumpfstoß



Die Unterstützung des relativ „kalten“ **EWM-coldArc®** durch **Laser** oder **Plasma** führt zu:

- hervorragender Benetzung des Lotes auf dickeren verzinkten Stahlblechoberflächen
- Erhöhung des tragenden Querschnittes der Lötung
- erheblich erhöhter Fügegeschwindigkeit



Makroschliff



Laser-unterstütztes
EWM-coldArc®-Fügen
von 1,5mm DC04ZE75/75,
Bördelnaht, 1 mm Spalt,
 $P_{\text{Laser}}=500\text{W}$

EWM-coldArc® Löten



Verzinkter Stahl, 0,7 mm
Kehlnaht am Überlappstoß, mit 1,0 mm Zink-Draht



Al-St-Mischverbindung, 0,7 mm verzinkter Stahl und 1,0 mm AlMg
Kehlnaht am Überlappstoß, mit 1,0 mm Zink-Draht



Al-St-Mischverbindung, 1,0 mm AlMg und 0,7 mm verzinkter Stahl
Kehlnaht am Überlappstoß, mit 1,0 mm AlSi5-Draht

EWM-coldArc® Schweißen



Stahlblech, 1,0 mm
Stumpfstoß, 1 mm Spalt, 1,0 mm G4Si1-Draht



CrNi-Blech, 0,5 mm
Kehlnaht am Überlappstoß, 1,0 mm CrNi-Draht

Typische Gerätekonfigurationen



Stromquelle



PHOENIX DRIVE 4 ROB



Roboter-Brenner

**Automatisierte
Anwendung**



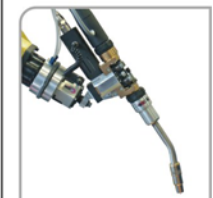
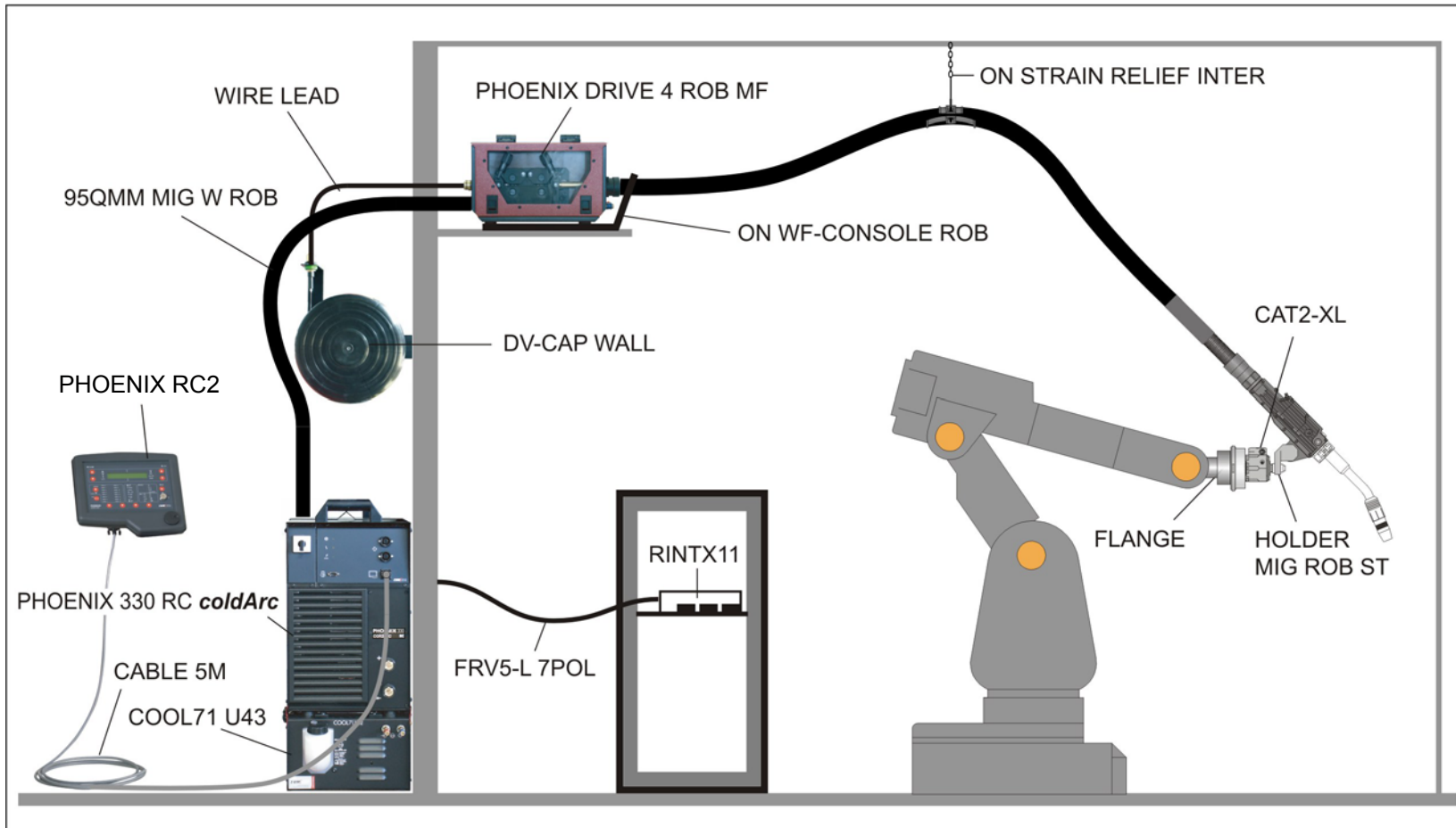
PHOENIX DRIVE 4L P



Handschweißbrenner

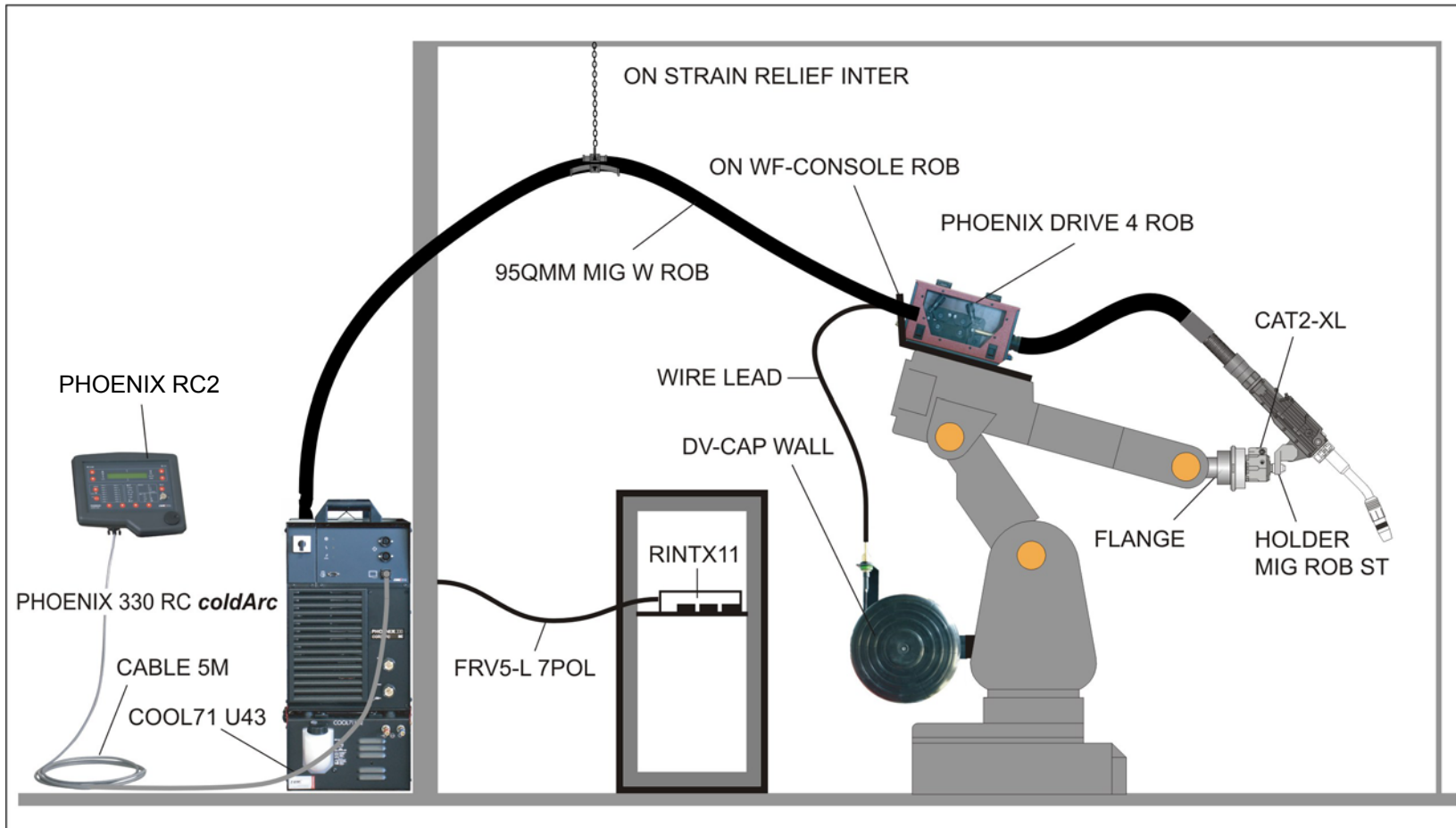
**Manuelle
Anwendung**

Anwendungsbeispiel wassergekühltes Master Feeder System



**MIG/MAG-Brenner
Master Feeder**

Anwendungsbeispiel wassergekühlter Brenner Standard/PushPull



Energiereduziertes Lichtbogen-Fügeverfahren für wärmeempfindliche Werkstoffe

S.-F. Goecke, EWM Mündersbach

Erstveröffentlichung
Große schweißtechnische
Tagung 2005

Der moderne Ultraleichtbau stellt Anforderungen an die Schweißtechnik, die mit den herkömmlichen Schutzgasschweißprozessen nicht erfüllt werden können. Es mussten Varianten des robusten Lichtbogen-schweißprozesses entwickelt werden, die extrem wenig Wärme in den Werkstoff einbringen und doch sichere Verbindungen gewährleisten. Der *coldArc* ist eine Variante des MIG/MAG-Prozesses, der diese Forderungen erfüllt. Dabei erfolgen alle Eingriffe in den Prozessablauf direkt in der Stromquelle ohne mechanischen Eingriff in den Drahtvorschub, so daß mit gewöhnlichen Schweißbrennern gearbeitet werden kann und das Verfahren auch vorzüglich manuell anzuwenden ist.

1 Einleitung

Zu den Prämissen „höher, weiter, schneller“, welche unsere moderne Welt der Technik schon seit Jahren stellt, ist in letzter Zeit noch die Forderung „leichter“ hinzugekommen. Die gilt vor allem für den Fahrzeugbau, wo sich beim Beschleunigen, beim Antrieb und beim Abbremsen durch Gewichtseinsparung Treibstoff einsparen läßt, was die Ressourcen schont, Kosten senkt und die Umwelt schützt.

Die letzte Forderung führt zu immer leichteren Bauweisen, die nur mit dünneren hochfesten Stahlblechen, die meist beschichtet sind, und leichteren Werkstoffen, wie Aluminium und Magnesium möglich werden. Diese Leichtbauweise stellt aber Anforderungen an die Schweißtechnik, die mit herkömmlichen Schweißgeräten gar nicht zu erfüllen sind. Es ist daher notwendig, neue Prozesse zu entwickeln, die extrem wenig Wärme beim Schweißen in die Verbindung hineinbringen.

Der *coldArc* ist ein solcher Prozess.

2 Der Kurzlichtbogen, die konventionelle Methode energiearm zu schweißen

Der Kurzlichtbogen tritt beim MIG/MAG-Schweißen im unteren Leistungsbereich, d.h. bei niedrigen Stromstärken und niedriger Spannung auf. Dabei stellt sich eine Werkstoffübergangsform ein, die durch zyklisch wiederkehrende Lichtbogenphasen und Kurzschlussphasen gekennzeichnet ist, **Bild 1**.

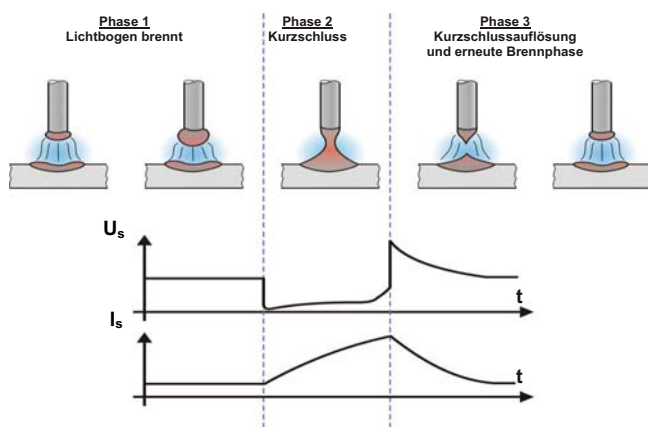


Bild 1 Werkstoffübergang (schematisch), Strom- und Spannungsverlauf beim Kurzlichtbogen-schweißen

Nach einer gewissen Lichtbogenbrenndauer hat sich ein Tropfen an der Elektrodenspitze gebildet, der, da der Lichtbogen relativ kurz ist, bald in Kontakt mit dem Schmelzbad kommt, und der Lichtbogen erlischt. Die Oberflächenspannung des Bades zieht den Tropfen von der Elektrodenspitze ab – in der letzten Phase der Ablösung, wenn die Brücke schon eingeschnürt ist, hilft dabei der Pinch-Effekt durch die Lorentz-Kraft und auch die Joule'sche Erwärmung aus der stark zunehmenden Stromdichte mit – und nach dem Abreißen der schmelzflüssigen Brücke zwischen Elektrode und Werkstück zündet der Lichtbogen wieder.

Was sich elektrisch dabei abspielt, ist ebenfalls aus **Bild 1** zu ersehen. Mit dem Beginn des Kurzschlusses fällt die Spannung ab, weil der elektrische Widerstand der flüssigen Brücke jetzt geringer ist, als vorher der Widerstand im Lichtbogen. Gleichzeitig beginnt der Strom bis auf den Wert des Kurzschlussstromes zu steigen. Unmittelbar mit dem Aufreißen der Brücke zwischen Elektrode und Werkstück steigt die Spannung nun sehr schnell an, denn zum Zünden des Lichtbogens besteht ein erhöhter Spannungsbedarf. Der nun beginnende Abfall des Stromes erfolgt aber wegen der Induktivitäten im Schweißstromkreis sehr langsam, so daß das Wiederezünden unter einer relativ hohen elektrischen Leistung erfolgt. Dabei kann ein Teil der flüssigen Brücke explosionsartig verdampfen, wenn nicht durch ausreichende Drosselwirkung im Stromkreis vorher dem Anstieg des Stromes entgegengewirkt wird. Die Folge ist entweder eine starke Spritzerbildung oder eine sehr geringe Dynamik des Prozesses bis hin zur Instabilität.

Bei Schweißaufgaben, die geringe Wärmeeinwirkung erfordern, z.B. beim Schweißen sehr dünner Bleche mit schlechter Passung, ist es aber viel schädlicher, wenn das Schweißgut an der Wiederezündstelle durchfällt und ein Loch entsteht. Beim Schweißen oberflächenveredelter Bleche, z.B. solche mit Zinküberzug, besteht zudem die Gefahr, daß die Oberflächenbeschichtung neben der Naht und auf der Rückseite verdampft und verbrennt. Bei höherfesten Stählen kann es bei zu großer Wärmezufuhr zu Erweichungen kommen. Der normale Kurzlichtbogen, sonst ein hervorragendes Werkzeug zum Schweißen von Dünnblech, ist daher für solche Schweißaufgaben, die extrem wärmeempfindlich sind, nicht geeignet.

3 Ansätze zur Verbesserung des Kurzlichtbogenprozesses

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, das Verhalten des Kurzlichtbogens vor allem beim Wiedertzünden nach dem Kurzschluss zu verbessern und ihn mit reduziertem Wärmeeinbringen zu betreiben. Schon in den 80iger Jahren wurde versucht, den Strom unmittelbar vor der Auflösung der Kurzschlussbrücke herunter zu fahren und daran anschließend zum Erleichtern des Wiedertzündens einen hohen Spannungsimpuls aufzubringen. Die Spritzerbildung konnte dadurch zwar reduziert werden, das Wärmeeinbringen aber nur geringfügig, [1] und [2]. Weitere Schritte auf diesem Wege waren der modifizierte Kurzlichtbogen *ChopArc*, [3] und [4], mit dem als prozesssicherer MAG-Schweißprozess erhebliche Fortschritte insbesondere im Dünnstblechbereich 0,8 ... 0,2 mm erzielt worden sind. Darüber hinaus wurde hier ein adaptives Regelsystem entwickelt, das die Prozessqualität in Echtzeit optimiert, [5].

Neuere Entwicklungen arbeiten mit einem diskontinuierlichen Drahtvorschub, d.h. die Dauer des Kurzschlusses wird dadurch verkürzt, daß die Drahtelektrode beim Kurzschluss etwas zurückgezogen wird, damit sich die Kurzschlussbrücke besser auflöst. Damit läßt sich ein energiearmer Schweißprozess mit geringer Spritzerbildung erreichen, [6]. Weil dazu aber ein Push-Pull-Antrieb mit zwei Vorschubmotoren mit hoher Dynamik notwendig ist, eignet sich dieser Prozess vorzugsweise für das automatisierte Schweißen und wird ausschließlich in Verbindung mit Schweißrobotern eingesetzt.

4 *coldArc* – erfolgreiches Fügen bei Aufgaben, die wenig Wärme erfordern

Entwicklungsarbeiten mit dem Ziel, einen energiearmen Prozess auch ohne mechanischen Eingriff in den Drahtvorschub zu erreichen, führten zu einer Prozessvariante, bei der alle notwendigen Einflussnahmen sich ausschließlich in der Stromquelle abspielen. Auch diese, *coldArc* genannte Variante des MIG/MAG-Prozesses, ist ein Kurzlichtbogenprozess, und deshalb gekennzeichnet durch einen zyklischen Wechsel zwischen Lichtbogen- und Kurzschlussphasen. Da die elektrische Leistung beim Wiedertzünden ein entscheidendes Kriterium für einen erfolgreichen Dünnstblechschweißprozess ist, wird aber aktiv Einfluss genommen auf den Verlauf des Energieeintrags des gesamten Prozesses, also während der Lichtbogenphase, in der Kurzschlussphase und vor allem beim Wiedertzünden des Lichtbogens, **Bild 2**. Der Verlauf der Spannung bleibt wie beim normalen Kurzlichtbogenprozess erhalten.

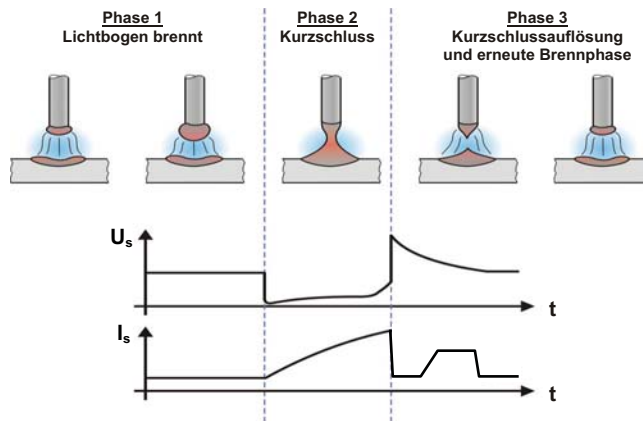


Bild 2 Werkstoffübergang (schematisch) und Strom- und Spannungsverlauf beim *coldArc*-Prozess

Sie dient als Führungsgröße bei der Regelung der Stromstärke. Dazu ist aber ein kontinuierliches Messen der Spannung mit entsprechendem Reagieren auf alle Spannungsänderungen notwendig (hochdynamische Momentanwertregelung). Über einen digitalen Signalprozessor (DSP) ist es dann möglich, die Energie unmittelbar vor dem Wiedertzünden in einem Zeitraum von weniger als 1 μ s aus dem Lichtbogen herauszuziehen, **Bild 2**, so daß das Wiedertzünden sehr sanft erfolgt.

Damit sich sofort wieder eine genügende Menge schmelzflüssigen Materials an der Elektrodenspitze bilden kann, besteht aber jetzt ein erhöhter Energiebedarf. Unmittelbar nach dem Wiedertzünden des Lichtbogens wird deshalb die Stromstärke zu einem so genannten Aufschmelzimpuls kurzzeitig definiert wieder hochgefahren. Erst danach wird der Strom auf ein extrem niedriges Grundniveau abgesenkt, um ein weiteres Aufschmelzen zu minimieren, und der nächste Zyklus beginnt.

Durch diesen Aufschmelzimpuls nach jedem Kurzschluss wird eine immer gleich große schmelzflüssige Kuppe an der Elektrode erzeugt, was zu einem sehr gleichmäßigen Prozessablauf führt. Dadurch wird es überhaupt erst ermöglicht, in den Phasen zwischen den Kurzschlüssen mit extrem niedrigen Stromstärken zu arbeiten, ohne daß es zu weiterem Aufschmelzen des Drahtes oder zum Erlöschen des Lichtbogens kommt. Dies alles macht den sehr energiearmen *coldArc*-Prozess aus.

Bild 3 zeigt eine Sequenz von Bildern aus einem Hochgeschwindigkeitsfilm, die den sehr gleichmäßigen Werkstoffübergang und das sanfte Zünden des Lichtbogens verdeutlichen.

5 Was der *coldArc*-Prozess kann

Den Verlauf der Lichtbogenleistung beim Wiedertzünden des Lichtbogens zeigt **Bild 4**. Die Vorteile des *coldArc*-Prozess im Vergleich zum Standard Kurzlichtbogen im Moment des Wiedertzündens und unmittelbar danach werden daraus sehr deutlich. Hier liegt die Leistung im Moment der Wiedertzündung des Lichtbogens nicht nur absolut erheblich niedriger.

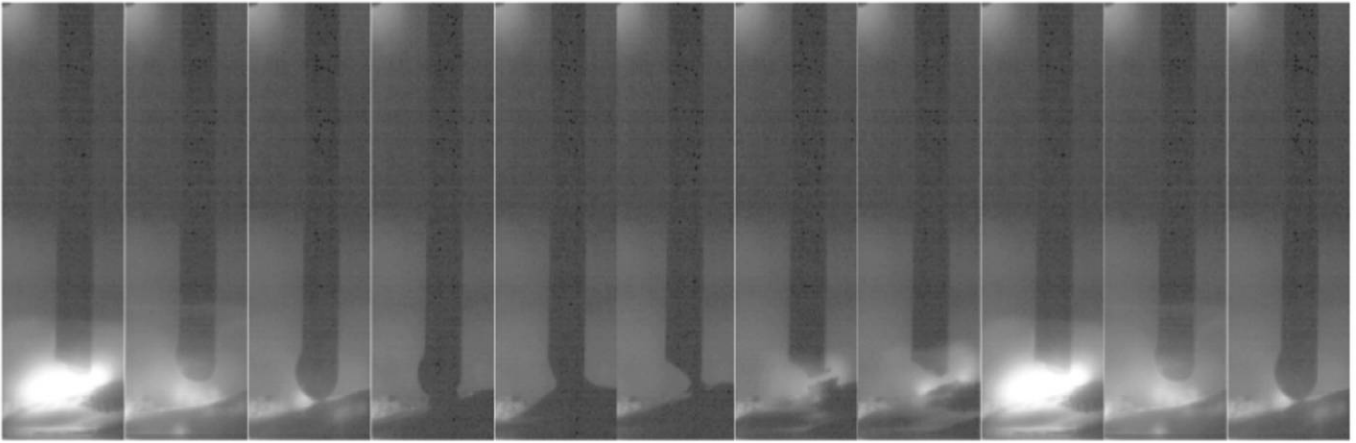


Bild 3 Sequenz des Werkstoffübergangs vom *coldArc*-Prozess aus Hochgeschwindigkeitsaufnahmen, 8.000 B/s

Vielmehr wird unmittelbar mit dem Zünden des Lichtbogens die Leistung äußerst dynamisch und geregelt heruntergefahren und anschließend, nach Erreichen einer Stabilisierung des Lichtbogens, impulsartig erhöht zum definierten Aufschmelzen der Elektrodenspitze.

Ein solcher Prozess kann für viele Schweißaufgaben vor allem im Fahrzeugbau dort eingesetzt werden, wo der normale Kurzlichtbogen nicht mehr geeignet ist.

Noch vor wenigen Jahren ging man davon aus, daß der MIG/MAG-Prozess bei Stahl ab einer Blechdicke von 0,7 mm und bei Aluminium ab etwa 3 mm anzuwenden ist [7]. Die Blechdicken im Fahrzeugbau werden heute aber immer geringer. Sie gehen schon jetzt bis auf 0,3 mm herunter, 0,2 mm sind für Verbundbauweisen bereits in Erprobung. Die Schwierigkeiten eine gleichmäßige Naht zu erzeugen steigen noch, wenn größere Luftspalte zu überbrücken sind. Dies ist eine typische Aufgabe für den *coldArc*-Prozess.

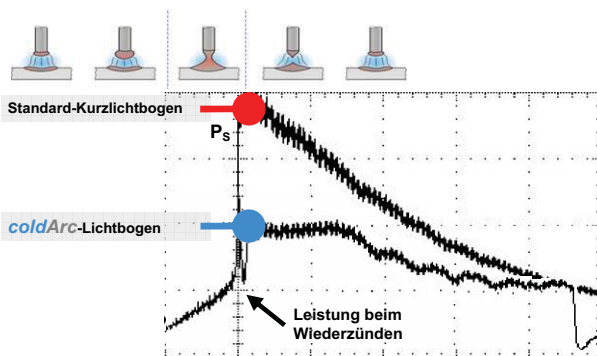


Bild 4 Minimiere Lichtbogenleistung des *coldArc*-Prozesses beim Wiederspünden

An oberflächenbeschichteten Blechen wird schon lange nicht mehr artgleich geschweißt, sondern unter Einsatz von Cu-Basisloten lichtbogengelötet. Dies schont die Zinkschicht, jedoch kann es Schwierigkeiten geben, wenn größere Luftspalte vorliegen. Mit dem *coldArc*-Prozess lassen sich dagegen auch größere Luftspalte mit dem Lot überbrücken.

Bild 5 zeigt 0,8 mm dicke verzinkte Stahlbleche, die manuell mit Luftspalten von sogar 4 mm in Pos. PG mit 1,0 mm CuSi3-Draht bei einer mittleren

Stromstärke von 50 A und einer Spannung von 13,5 V *coldArc*-gelötet wurden.

Die Cu-Basislote haben ein Schmelzintervall, das um 1000 °C liegt. Im Vergleich zum artgleichen MAG-Schweißen wird damit schon die Wärmebelastung der Oberflächenschichten erheblich verringert. Noch mehr geschont werden diese aber wenn mit Zinkbasisloten MIG-gelötet wird, deren Schmelzintervalle nur bei etwa 450 °C liegen. Die Verwendung dieser Lote ist aber nur möglich, wenn der Kurzschlussstrom entscheidend begrenzt wird und auch das allgemeine Wärmeeinbringen erheblich reduziert wird. Die Verdampfungstemperatur der zum Lichtbogenlöten verwendeten ZnAl-Legierungen liegt bei knapp über 900 °C, also noch unterhalb der Schmelztemperatur von Cu-Legierungen.



Bild 5 manuelle *coldArc*-Lötung von 0,8 mm elektrolytisch verzinktem Stahlblech mit 4,0 mm Luftspalt, 1,0 mm CuSi3-Draht

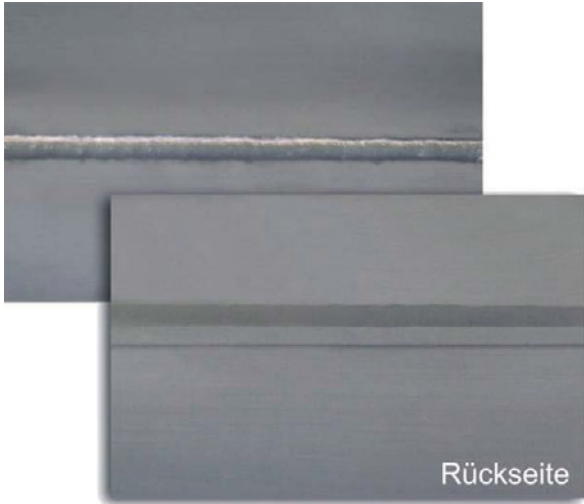


Bild 6 Elektrolytisch verzinkte Stahlbleche, Kehlnaht am Überlappstoß, mit Zn-Draht coldArc-ge­lötet

Beim Wied­er­zün­den wür­de des­halb die Kurz­schluß­brücke so­fort ex­plo­si­ons­artig ver­damp­fen und das lei­che Schweiß­gut weg­ge­blasen, wenn der Kurz­schluß­strom nicht we­sent­lich ge­senkt wür­de.

Mit dem coldArc-Prozess ist nun das MIG-Löten mit Zn-Basisloten erst­mals unein­ge­sch­ränkt mög­lich. **Bild 6** zeigt die Ober­fläche und die Rück­seite eines Über­lapp­sto­ßes an 0,75 mm di­cken ver­zink­ten Ble­chen, die mit die­sem niedrig schmel­zen­den Lot ge­fügt wur­den. Sowohl un­mit­tel­bar ne­ben der Naht als auch auf der Rück­seite ist die Zink­schicht noch voll­stän­dig er­hal­ten. Sie war beim Löt­pro­zess zwar flüs­sig ge­wor­den, aber sie wur­de nicht ver­dampft. Im Fahr­zeug­bau wer­den zu­neh­mend auch Misch­ver­bin­dun­gen zwi­schen Stahl und Alu­minium ein­ge­setzt.

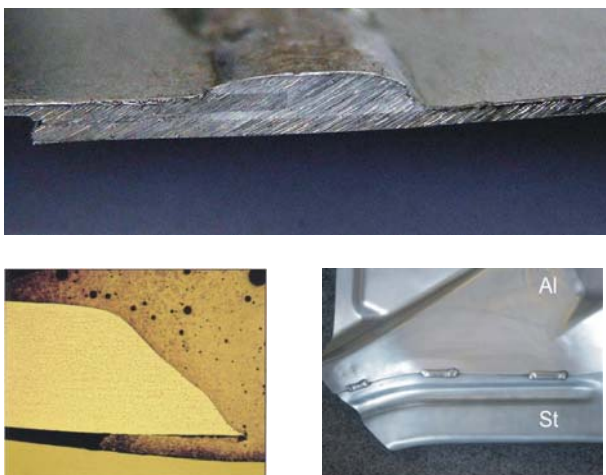


Bild 7 Fü­gen von Alu­minium-Stahl-Misch­ver­bin­dun­gen mit Drähten auf Zink­ba­sis; Oben: Über­sicht­auf­nah­me; Links un­ten: Mi­kroschliff; Rechts un­ten: Pkw-Tür

Ein di­rek­tes Schmelz­schwei­ßen die­ser bei­den Werk­stof­fe ist nicht mög­lich, da sich in­ter­me­tal­li­sche Al-Fe-Pha­sen bil­den, die äus­erst sprö­de sind, **Bild 8**.

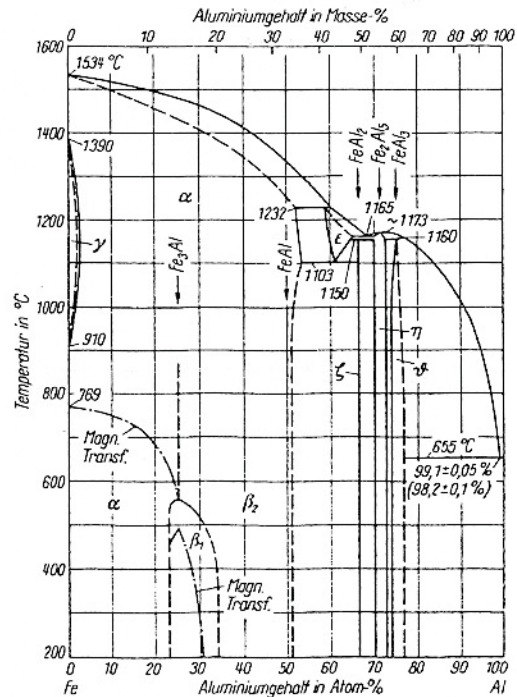


Bild 8 Pha­sen­dia­gramm Eisen-Alu­minium

Aus dem Pha­sen­dia­gramm ist ersicht­lich, daß Eisen bzw. Stahl und Alu­minium prak­tisch inein­an­der unlös­lich sind. Es ent­stehen bei je­dem Mischungsver­hältnis FeAl-Pha­sen, die durch ein sprö­des Ver­halten gekenn­zeich­net sind. Erfah­rung­ge­mäß ist da­her der Anteil von Al-Fe-Pha­sen im Schmelz­gut von mehr als 10 % in je­dem Fall zu ver­mei­den.

Mit dem Ein­satz vom Zink als Draht­werk­stoff kann nun eine Ver­bin­dung zwi­schen die­sen bei­den her­ge­stellt wer­den, wo das Alu­minium partiell an­ge­schmolzen wird, wäh­rend der Stahl, um Sprö­dig­keit im Schmelz­gut zu ver­mei­den, vom Lot nur be­netzt wer­den darf. So ent­steht auf der einen Sei­te eine Schweiß- und auf der an­de­ren eine Löt­ver­bin­dung. In **Bild 7** sind eine Über­sicht­auf­nah­me und ein Mi­kroschliff aus einer sol­chen Ver­bin­dung zu se­hen, die mit Zn-Basislot coldArc ge­lötet wurde, sowie eine An­wen­dung aus dem Karos­serie­bau. Die mit Zn-Drähten in der Kehl­naht am Über­lapp­stoß er­reich­ba­ren Festig­keits­wer­te lie­gen im Be­reich der Festig­kei­ten von Al-Knet­legie­run­gen sowie auch von MIG-Lö­tu­ngen mit Cu-Basis-Lot. Bei Stumpf­sto­ßen muß mit et­was nied­ri­ge­ren Festig­kei­ten gerech­net wer­den.

Selbst hier ist die Ver­wen­dung von Push-Pull-Bren­nern nicht er­for­der­lich, es kön­nen ganz nor­male MIG/MAG-Schweiß­bren­ner für das coldArc-Schwei­ßen und coldArc-Löten ver­wen­det wer­den. Wei­tere typi­sche An­wen­dun­gen zum coldArc-Löten und coldArc-Schwei­ßen sind in **Bild 9** bis **Bild 14** dar­ge­stellt.



Bild 9 Feuerverzinkte Stahlbleche, 0,7 mm, Kehlnaht am Überlappstoß, mit 1,0 mm Zn-Draht *coldArc*-gelötet mit 0,35 m/min, U=13,5 V, I=40 A



Bild 10 Al-St-Mischverbindung, 0,7 mm feuerverzinkter Stahl und 1,0 mm AlMg, Kehlnaht am Überlappstoß, mit 1,0 mm Zn-Draht *coldArc*-gelötet mit 0,35 m/min, U=13,5 V, I=40 A



Bild 11 Al-St-Mischverbindung, 1,0 mm AlMg und 0,7 mm feuerverzinkter Stahl, Kehlnaht am Überlappstoß, mit 1,0 mm AlSi5-Draht *coldArc*-gelötet mit 1,1 m/min, U=14,5 V, I=60 A



Bild 12 Stahlblech, 1,0 mm, Stumpfstoß, 1 mm Spalt, 1,0 mm G4Si1 Draht, *coldArc*-geschweißt mit 2,0 m/min, U=19 V, I=136 A



Bild 13. AlMg3-Blech, 0,8 mm, Kehlnaht am Überlappstoß, 1,0 mm AlSi5-Draht, *coldArc*-geschweißt mit 1,2 m/min, U=13 V, I=55 A



Bild 14 CrNi-Blech, 0,5 mm, Kehlnaht am Überlappstoß, 0,8 mm Draht, *coldArc*-geschweißt mit 2,0 m/min, U=16,5 V, I=90 A

6 Schrifttum

- [1] Kabushiki Kaisha Kobe Seiko Sho: *output control of SC welding power source*, PatNr.: US 4546234, Kobe Steel, Japan, 1984
- [2] The Lincoln Electric company: *STT – Surface Tension Transfer*, Pat.Nr.: EP 0324960 B1, USA, 1989, und EP 1232825 A3, USA, 2002
- [3] Goecke, S.-F. und L. Dorn: *Untersuchungen zum Einfluss der Prozessregelung und Schutzgaszusammensetzung auf Spritzerbildung und Nahtgeometrie beim MAG-Kurzlichtbogen-schweißen von Stahl-Dünnblech unter 0,5 mm Dicke*, Final Report DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) Do 202/26-3, (2000)
- [4] Goecke, S.-F., L. Dorn und M. Hübner: *MAG-ChopArc-Schweißen für Feinstblech ≥ 0,2 mm*. Konferenz-Einzelbericht im Tagungsband Große Schweißtechnische Tagung - GST 2000, Nürnberg, 27.-29. Sep. 2000, DVS-Berichte Band 209, (2000), S. 163-168
- [5] S-F Goecke, E Metzke, A Spille-Kohoff, M Langula: *ChopArc - MSG-Lichtbogenschweißen für den Ultraleichtbau*, bmb+f-gefördertes Verbundprojekt, Abschlussbericht, Fraunhofer IRB Verlag, 2005, ISBN 3-8167-6766-4
- [6] G Huismann: *Direct control of the material transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process*, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida
- [7] R Killing: *Handbuch der Schweißverfahren, Teil 1 - Lichtbogenschweißen* Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 76/I, DVS-Verlag Düsseldorf 1999
- [6] St Kröger und R Killing: *Software zur Erstellung und Verwaltung von Parametern für das MIG/MAG-Schweißen*, DVS-Jahrbuch 2004, S. 150-161, DVS-Verlag, Düsseldorf 2003

Weitere Informationen finden Sie unter
www.ewm.de

EWM HIGHTEC WELDING GmbH
Dr. Günter-Henle-Straße 8 · D-56271 Mündersbach
Fon +49 2680 181-0 · Fax +49 2680 181-244
www.ewm.de · info@ewm.de

EWM Tschechien / EWM Czech Republic

EWM HIGHTEC WELDING s.r.o.
Tr. 9. kvetna 718 · CZ-407 53 Jirikov
Fon +420 412 358-551 · Fax +420 412 358-504
www.ewm.cz · info@ewm.cz

EWM HIGHTEC WELDING Sales s.r.o.
Niederlassung Sales & Service / Sales & Service Branch
Prodejní a poradenské centrum
Tyršova 2106 · CZ-256 01 Benešov u Prahy
Fon +420 317 729-517 · Fax +420 317 729-712
www.ewm.cz · sales@ewm.cz

EWM China

EWM HIGHTEC WELDING (Kunshan) Ltd.
No. 601 Hengchangjing Road Zhoushi Development Zone,
CN-215337 Kunshan / Jiangsu
Fon +86 512 57867188 · Fax +86 512 57867182
www.ewm.cn · info@ewm.cn

EWM Handel / EWM Sales

EWM SCHWEISSTECHNIK-HANDELS GmbH
Hauptsitz / Headquarters
In der Florinskaul 14-16 · D-56218 Mülheim-Kärlich
Fon +49 261 988898-0 · Fax +49 261 988898-20
www.ewm-handel.de · info@ewm-handel.de

EWM SCHWEISSTECHNIK-HANDELS GmbH
Niederlassung Köln / Cologne Branch
Sachsstraße 28 · D-50259 Pulheim-Brauweiler
Fon +49 2234 697-047 · Fax +49 2234 697-048
www.ewm-handel.de · nl-koeln@ewm-handel.de

EWM Österreich / EWM Austria

EWM HIGHTEC WELDING GmbH
Scharnsteinerstr. 15
A-4810 Gmunden, Österreich
Fon +43 7612 77802-0 · Fax +43 7612 77802-20
www.ewm.at · office@ewm.at