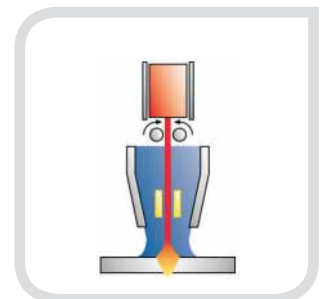




MIG/MAG-FIBEL





EINFACH MEHR WENN'S UMS SCHWEISSEN GEHT: WIR HABEN FÜR JEDE AUFGABE DIE RICHTIGE LÖSUNG!

Einfach mehr Technologie!

Wir sind europaweit einer der führenden Hersteller von HIGHTEC-Schweißgeräten und bieten mit unserer breit gefächerten, durchdachten und qualitativ hochwertigen Produktpalette Lösungen für jede Anwendung. Dabei stehen für uns die individuellen Bedürfnisse des Kunden immer an allererster Stelle. Unsere Produkte haben sich durch innovative Technik und höchste Qualität bereits einen Namen bei Kunden in aller Welt gemacht. Namhafte Unternehmen aus allen Bereichen der Industrie vertrauen ebenso auf unsere Produkte, wie der Handwerksbetrieb von nebenan.

Einfach mehr Innovation!

Einfach bedienen - einfach losschweißen: Durch die permanente Entwicklung moderner Technologien schafft EWM ausschließlich Schweißgeräte, mit denen jeder, auch der anspruchsvollste Profi, alle Herausforderungen souverän meistert. Und wir arbeiten täglich mit aller Kraft an der Umsetzung neuer Ideen, neuer Fertigungs- und Bedienkonzepte sowie neuer Schweißverfahren für sich verändernde, moderne Werkstoffe.

Einfach mehr Lösungen!

Unsere Produktpalette ist komplett, perfekt und die Geräte sind einfach einsatzbereit - immer und überall. Von tragbaren Kleinstgeräten für den flexiblen Baustelleneinsatz über Geräte mit einfachster Bedienung für die Produktion bis hin zu Systemen für die Mechanisierung und komplexe automatisierte Roboter-Anwendungen in der Industrie. Unsere flexiblen Schweißgeräteserien bieten immer ideale Lösungen für alle Ansprüche!

Einfach mehr Qualität!

Vom einzelnen Bauteil bis zum Endprodukt übernehmen wir die Verantwortung für unsere Maschinen. Unsere Geräte erreichen wegen Ihrer Premium Qualität Ergebnisse von höchster Perfektion. Wir sind uns unserer Sache sicher und geben gemäß unseren Garantiebedingungen volle 3 Jahre Garantie.



EWM - Einfach schweißen, einfach mehr!

Inhalt

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Vorwort | 2 |
| 2 | Das Verfahren | 2 |
| 2.1 | Allgemeines | 2 |
| 2.2 | Stromart | 3 |
| 3 | Zusatzwerkstoff und Hilfsstoffe | 3 |
| 3.1 | Drahtelektrodensorten | 3 |
| 3.2 | Technische Lieferbedingungen für Drahtelektroden und Fülldrahtelektroden | 4 |
| 3.3 | Schutzgase | 5 |
| 3.4 | Eigenschaften des Schweißgutes | 7 |
| 4 | Fugenvorbereitung | 7 |
| 4.1 | Fugenformen | 7 |
| 4.2 | Anbringen der Fugenflanken | 7 |
| 4.3 | Badsicherungen | 8 |
| 4.4 | Formieren | 9 |
| 5 | Schweißgeräte | 9 |
| 5.1 | Schweißstromquellen | 10 |
| 5.2 | Drahtvorschubgeräte | 11 |
| 5.3 | Schlauchpaket und Brenner | 13 |
| 5.4 | Steuerung | 14 |
| 6 | Werkstoffübergang beim MIG/MAG-Schweißen | 15 |
| 6.1 | Lichtbogenbereiche | 15 |
| 6.2 | Kurzlichtbogen | 15 |
| 6.3 | Langlichtbogen | 16 |
| 6.4 | Sprühlichtbogen | 17 |
| 6.5 | Mischlichtbogen | 17 |
| 6.6 | Impulslichtbogen | 17 |
| 6.7 | Sonderformen des Werkstoffübergangs | 17 |
| 7 | Einstellen der Schweißparameter | 18 |
| 7.1 | Einstellen bei konventionellen Anlagen | 18 |
| 7.2 | Synergetische Einstellung von Schweißparametern | 19 |
| 7.3 | Die Regelung des MIG / MAG-Prozesses | 20 |
| 8 | Durchführen des Schweißens | 21 |
| 8.1 | Zünden des Lichtbogens | 21 |
| 8.2 | Brennerführung | 21 |
| 8.3 | Beenden des Schweißens | 22 |
| 8.4 | Schweißparameter | 22 |
| 8.5 | Möglichkeiten des Mechanisierens | 24 |
| 9 | Arbeitssicherheit | 24 |
| 10 | Besonderheiten verschiedener Werkstoffe | 25 |
| 10.1 | Un- und niedriglegierte Stähle | 25 |
| 10.2 | Hochlegierte Stähle und Nickelbasislegierungen | 26 |
| 10.3 | Aluminium und Aluminiumlegierungen | 27 |
| 10.4 | Sonstige Werkstoffe | 27 |
| 11 | Anwendung des MIG / MAG-Schweißens | 28 |
| 11.1 | Fertigungszweige | 28 |
| 11.2 | Anwendungsbeispiele | 28 |
| 12 | Schrifttum | 29 |
| 13 | Impressum | 29 |

1 Vorwort

Das MIG/MAG- Schweißen (Bild 1) ist eines der jüngeren Lichtbogenschweißverfahren. Es stammt aus den USA, wo es 1948 zuerst angewendet wurde.



Bild 1 MAG-Schweißen im Handwerksbetrieb

Kurze Zeit später kam es auch nach Europa. Es wurde zuerst nur mit inerten Gasen oder mit Argon, das nur geringe Mengen an aktiven Bestandteilen (z.B. Sauerstoff) enthielt, angewendet und hieß deshalb abgekürzt S.I.G.M.A.-Schweißen. Dies ist die Abkürzung für "shielded inert gas metal arc". Die Russen verwendeten dann ab 1953 anstelle der teuren Inertgase wie Argon oder Helium ein aktives Gas zum Schweißen, nämlich Kohlendioxid (CO₂). Dies war nur möglich, weil inzwischen auch Drahtelektroden entwickelt wurden, die dem beim Aktivgasschweißen höheren Abbrand von Legierungselementen Rechnung trugen.

Das MIG/MAG-Schweißen erfreut sich heute in fast allen Industriezweigen vom Handwerksbetrieb bis zum industriellen Großbetrieb großer Beliebtheit, weil es schon von Hause aus teilmechanisiert ist und sich mit wenig Aufwand auch vollmechanisch oder automatisch anwenden lässt.

Diese Broschüre klärt über die Besonderheiten des Verfahrens auf und gibt Hinweise für die zweckentsprechende Anwendung.

2 Das Verfahren

2.1 Allgemeines

Der nach ISO 857-1 für Deutschland neue Oberbegriff für alle Lichtbogenschweißverfahren, bei denen eine Drahtelektrode unter Schutzgas abgeschmolzen wird, ist gasgeschütztes Metall-Lichtbogenschweißen (Prozess-Nr. 13). In Deutschland war der Oberbegriff früher Metall-Schutzgasschweißen. Die ISO-Norm erklärt das Verfahren aus dem Englischen übersetzt wie folgt: Metall-Lichtbogenschweißen unter Benutzung einer Drahtelektrode, wobei der Lichtbogen und das Schweißbad vor der Atmosphäre geschützt werden durch eine Gasumhüllung aus einer externen Quelle. Nach der Art des verwendeten Schutzgases wird dann weiter unterteilt in Metall-Inertgasschweißen (MIG), Prozess-Nr. 131, wenn ein inertes Gas verwendet wird und Metall-Aktivgasschweißen (MAG), Prozess-Nr. 135, wenn ein aktives Gas eingesetzt wird.

Als weitere Varianten werden in ISO 857-1 noch aufgezählt: Fülldrahtschweißen mit aktivem Gas (Prozess-Nr. 136), Fülldrahtschweißen mit inertem Gas (Prozess-Nr. 137), Plasma-MIG-Schweißen (Prozess-Nr. 151) und Elektrogasschweißen (Prozess-Nr. 73).

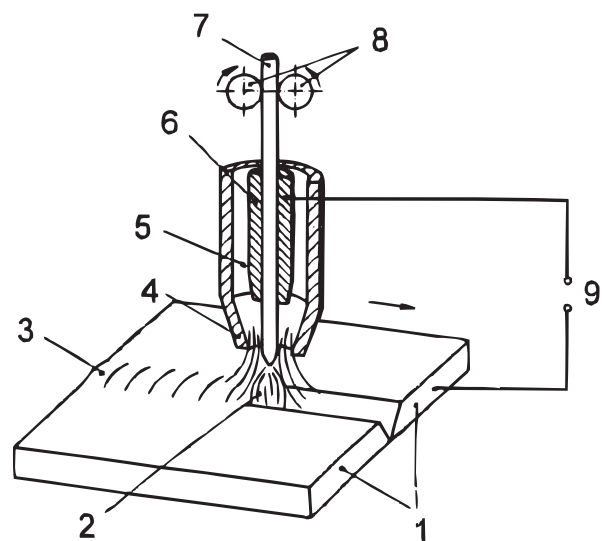


Bild 2 Prinzip des gasgeschützten Metall-Lichtbogenschweißens nach ISO 857-1

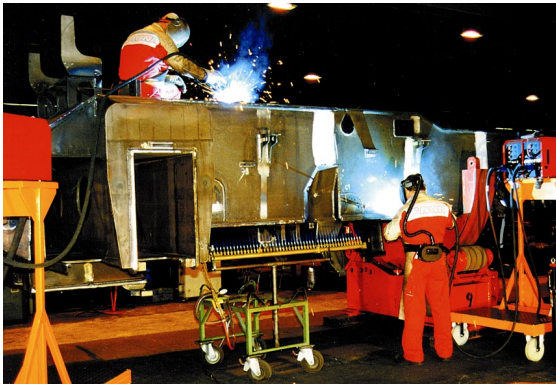


Bild 3 Verschweißen von Feinkornbaustählen im Kranbau

Im Rahmen dieser Fibel wird nur Bezug genommen auf das MIG/MAG-Schweißen. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, daß eine von der Spule durch einen Vorschubmotor zugeführte Drahtelektrode kurz vor dem Austritt aus dem Brenner durch die Stromkontaktdüse mit Strom versorgt wird, sodaß der Lichtbogen zwischen Drahtelektrodenende und Werkstück brennen kann. Das Schutzgas strömt aus der Schutzgasdüse aus, welche die Drahtelektrode konzentrisch umgibt (Bild 2).

Dadurch wird das Schweißgut vor dem Zutritt der atmosphärischen Gase Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff geschützt. Das Schutzgas hat neben der Schutzfunktion auch noch andere Aufgaben. Da es die Zusammensetzung der Lichtbogenatmosphäre bestimmt, beeinflusst es auch deren elektrische Leitfähigkeit und damit die Schweißigenschaften. Ferner beeinflusst es durch Zu- und Abbrandvorgänge die chemische Zusammensetzung des entstehenden Schweißgutes, hat also auch eine metallurgische Wirkung.

2.2 Stromart

Von neueren Ausnahmen abgesehen, wird das MIG/MAG-Schweißen mit Gleichstrom ausgeführt, wobei der Pluspol der Stromquelle an der Elektrode und der Minuspol am Werkstück liegt. Bei einigen Fülldrähten wird auch schon mal mit umgekehrter Polarität geschweißt.

In neuerer Zeit wird für sehr spezielle Anwendungsfälle, z.B. zum MIG-

Schweißen sehr dünner Aluminiumbleche, auch Wechselstrom eingesetzt.

3 Zusatzwerkstoff und Hilfsstoffe

3.1 Drahtelektrodenarten

Drahtelektroden für das MIG/MAG-Schweißen von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen sind in DIN EN 440 genormt. Die Norm unterscheidet nach der chemischen Zusammensetzung 11 Sorten von Schweißdrähten. Sie enthält aber auch solche Schweißdrahtsorten, die nur in anderen Ländern Europas üblich sind. In Deutschland werden aus der Zusammenstellung in Tabelle 1 für unlegierte Stähle nur die Sorten G2Si1, G3Si1 und G4Si1 in nennenswertem Umfang verwendet. Diese enthalten in der genannten Reihenfolge zunehmende Gehalte an Silizium und Mangan, und zwar im Mittel von 0,65 bis 0,9 % Silizium und von 1,10 bis 1,75 % Mangan. Für Feinkornstähle kommen auch die Sorten G4Mo und G3Ni1 und G3Ni2 zur Anwendung (Bild 3).

Fülldrahtelektroden zum Schweißen dieser Stähle enthält DIN EN 758. Nach der Zusammensetzung der Füllung unterscheidet man hier Rutiltypen, basische Typen und Metallpulver-Typen. Neben den Fülldrähten zum MIG/MAG-Schweißen sind in DIN EN 758 aber auch selbstschützende Fülldrähte genormt, die ohne zusätzlich zugegebenes Schutzgas verschweißt werden. Sie werden häufig zum Auftragsschweißen verwendet (Bild 4).



Bild 4 Hartauftragung von Förderschnecken

| Kurzzeichen | Chemische Zusammensetzung in % (m/min) ¹⁾²⁾³⁾ | | | | | | | | |
|-------------|--|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|------|---------------|---------------|
| | C | Si | Mn | P | S | Ni | Mo | Al | Ti und Zr |
| G0 | Jede andere vereinbarte Zusammensetzung | | | | | | | | |
| G2Si1 | 0,06 bis 0,14 | 0,5 bis 0,8 | 0,9 bis 1,3 | 0,025 | 0,15 | 0,02 | 0,15 | 0,02 | 0,15 |
| G3Si1 | | 0,7 bis 1,0 | 1,3 bis 1,6 | | | | | | |
| G4Si1 | | 0,8 bis 1,2 | 1,6 bis 1,9 | | | | | | |
| G3Si2 | | 1,0 bis 1,3 | 1,3 bis 1,6 | | | | | | |
| G2Ti | 0,04 bis 0,14 | 0,4 bis 0,8 | 0,9 bis 1,4 | | | | | 0,05 bis 0,2 | 0,05 bis 0,25 |
| G3Ni1 | 0,06 bis 0,14 | 0,5 bis 0,9 | 1,0 bis 1,6 | 0,02 | 0,8 bis 1,5 | 0,15 | 0,02 | 0,15 | 0,15 |
| G2Ni2 | | 0,4 bis 0,8 | 0,8 bis 1,4 | | 2,1 bis 2,7 | | | | |
| G2Mo | 0,08 bis 0,12 | 0,3 bis 0,7 | 0,9 bis 1,3 | 0,025 | 0,15 | 0,4 bis 0,6 | 0,02 | 0,35 bis 0,75 | 0,15 |
| G4Mo | 0,06 bis 0,14 | 0,5 bis 0,8 | 1,7 bis 2,1 | | | | | | |
| G2Al | 0,08 bis 0,14 | 0,3 bis 0,5 | 0,9 bis 1,3 | | | | | | |

¹⁾ Falls nicht festgelegt: Cr ≤ 0,15, Cu ≤ 0,35 und V ≤ 0,03. Der Anteil an Kupfer im Stahl plus Umhüllung darf 0,35% nicht überschreiten.

²⁾ Einzelwerte in der Tabelle sind Höchstwerte.

³⁾ Die Ergebnisse sind auf dieselbe Stelle zu runden, wie die festgelegten Werte unter Anwendung von ISO 31-0, Anhang B, Regel A.

Tabelle 1 Kurzzeichen für die chemische Zusammensetzung für Drahtelektroden

Drahtelektroden für das Schweißen warmfester Stähle sind in DIN EN 12070, Fülldrahtelektroden für diese Stähle in DIN EN 12071 genormt. Die Drahtelektroden reichen von der nur molybdänlegierten Variante über die Drähte mit 1, 2,5, 5 und 9 % Chrom bis zur Drahtelektrode mit 12 % Chrom. An weiteren Legierungselementen sind Molybdän, Vanadin und Wolfram vorhanden. Fülldrahtelektroden gibt es bis zu 5 % Chrom.

Drahtelektroden zum Schweißen nichtrostender und hitzebeständiger Stähle sind in DIN EN 12072 genormt; Fülldrahtelektroden für diese Stähle in DIN EN 12073. Die Normen unterscheiden Zusätze für martensitische / ferritische Chromstähle, austenitische Stähle, ferritische / austenitische Stähle und vollaustenitische hochkorrosionsbeständige Stähle, ferner spezielle Typen und hitzebeständige Typen.

Für Drahtelektroden zum Schweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen gibt es z.Zt. einen Entwurf für eine neue Euronorm (EN ISO 18273).

3.2 Technische Lieferbedingungen für Drahtelektroden und Fülldrahtelektroden

Drähte, Stäbe und Drahtelektroden zum Schutzgasschweißen werden durch Kaltziehen hergestellt. Fülldrahtelektroden bei bestimmten Herstellungsverfahren auch durch Kaltwalzen.

Genormte Durchmesser und zulässige Grenzabmaße für Drahtelektroden und Fülldrahtelektroden findet man in DIN EN 759. Die Durchmesser reichen von 0,6 bis 4,0 mm. Bei Massivdrähten zum MIG/MAG-Schweißen sind die gebräuchlichsten Durchmesser aber 0,8, 1,0, 1,2 und 1,6 mm. Die Fülldrähte beginnen meist erst bei 1,0 mm Durchmesser. Dafür werden sie aber auch noch in dickeren Abmessungen wie 2,4 oder 3,2 mm benutzt.

Unlegierte und niedriglegierte Drahtelektroden kommen in der Regel mit verkupferter Oberfläche zum Einsatz. Die Verkupferung verringert den Gleitwiderstand beim Vorschieben und verbessert die Stromkontaktierung. Ein nennenswerter Korrosionsschutz geht von ihr nicht aus, weil sie porös ist. Fülldrahtelektroden können nur verkupfert werden,

wenn sie einen geschlossenen Mantel ohne Spalt besitzen.

Hochlegierte Drähte lassen sich nicht galvanisch oder elektrolytisch verkupfern. Sie werden mit weißblanker Oberfläche geliefert. Auch Schweißdrähte aus Aluminium kommen mit blanker Oberfläche zum Einsatz. Weil sich in die weiche Oberfläche des Aluminiums Ziehmittel eindrücken können, die später beim Schweißen zur Porenbildung führen, wird bei Qualitätsdrähten vor dem Fertigziehen ein Schälzug durchgeführt.

Drahtförmige Schweißzusätze zum Schutzgasschweißen werden auf Haspel,- Dorn- oder Korbspulen geliefert. Daneben gibt es aber auch Großgebilde wie Faßspulen.

3.3 Schutzgase

Schutzgase zum MIG/MAG-Schweißen findet man in DIN EN 439. In dieser Norm sind alle Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und -schneiden genormt. Die Schutzgase werden in 7 Gruppen und in weitere Untergruppen unterteilt (Tabelle 2).

Die Gruppe R enthält Argon / Wasserstoff-Gemische, die eine reduzierende Wirkung haben. Die Gase der Gruppe R1 finden neben Argon und Helium Anwendung zum WIG-Schweißen und zum Plasmaschweißen, die Gase der Untergruppe 2 mit höherem Wasserstoffgehalt (H) dagegen zum Plasmaschneiden und zum Wurzelschutz (Formiergase).

In der Gruppe I sind die inerten Gase zusammengefaßt. Hier findet man Argon (Ar) und Helium (He) sowie Ar-

| Kurzbezeichnung ¹⁾ | | Komponenten in Volumenprozent | | | | | | Übliche Anwendung | Bemerkungen |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|----------------|--------------------|------------|----------------|-----------------|---|--------------------|
| Gruppe | Kennzahl | oxidierend | | inert | | reduzierend | reaktions-träge | | |
| | | CO ₂ | O ₂ | Ar | He | H ₂ | N ₂ | | |
| R | 1 | | | Rest ²⁾ | | > 0 bis 15 | | WIG, Plasmaschweißen, Plasmaschneiden, Wurzelschutz | |
| | 2 | | | | | > 15 bis 35 | | | |
| I | 1 | | | 100 | | | | MIG, WIG, Plasmaschweißen, Wurzelschutz | inert |
| | 2 | | | | 100 | | | | |
| | 3 | | | Rest | > 0 bis 95 | | | | |
| M1 | 1 | > 0 bis 5 | | Rest ²⁾ | | | | MAG | schwach oxidierend |
| | 2 | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | |
| | 4 | > 0 bis 5 | > 0 bis 3 | | | | | | |
| M2 | 1 | > 5 bis 25 | | Rest ²⁾ | | | | MAG | |
| | 2 | | > 3 bis 10 | | | | | | |
| | 3 | > 0 bis 5 | | | | | | | |
| | 4 | > 5 bis 25 | > 0 bis 8 | | | | | | |
| M3 | 1 | > 25 bis 50 | | Rest ²⁾ | | | | MAG | |
| | 2 | | > 10 bis 15 | | | | | | |
| | 3 | > 5 bis 50 | > 8 bis 15 | | | | | | |
| C | 1 | 100 | | Rest ²⁾ | | | | MAG | stark oxidierend |
| | 2 | Rest | > 0 bis 30 | | | | | | |
| F | 1 | | | Rest ²⁾ | | | 100 | Plasmaschneiden, Wurzelschutz | reaktions-träge |
| | 2 | | | | | | > 0 bis 50 | | Rest |

¹⁾ Wenn Komponenten zugemischt werden die nicht in der Tabelle aufgeführt sind, so wird das Mischgas als Spezialgas und mit dem Buchstaben S bezeichnet. Einzelheiten zur Bezeichnung S enthält Abschnitt 4.

²⁾ Argon kann bis zu 95% durch Helium ersetzt werden. Der Helium-Anteil wird mit einer zusätzlichen Kennzahl nach Tabelle 5 angegeben, siehe Abschnitt 4.

Tabelle 2 Einteilung der Schutzgase für Lichtbogenschweißen und -schneiden (EN 439: 1994)

gon/Helium-Gemische. Sie werden zum WIG-, MIG-, und Plasmaschweißen eingesetzt, sowie auch zum Wurzelschutz.

In der großen M-Gruppe, die noch in M1, M2 und M3 unterteilt ist, sind die Mischgase zum MAG-Schweißen zusammengefaßt. Auch hier gibt es in jeder Gruppe noch 3 bzw. 4 Untergruppen. Die Gase sind von M1.1 bis M3.3 nach Ihrem Oxidationsverhalten geordnet, d.h. M1.1 verhält sich schwach oxidierend, M3.3 ist am stärksten oxidierend. Hauptbestandteil dieser Gase ist Argon, an aktiven Komponenten sind Sauerstoff (O) oder Kohlendioxid (CO₂) bzw. Sauerstoff und Kohlendioxid (Dreikomponenten-Gase) zugemischt.

In der Reihe der Gase zum MAG-Schweißen folgt in der Gruppe C das reine Kohlendioxid und ein Kohlendioxid / Sauerstoffgemisch. Letzteres hat allerdings in Deutschland keine Bedeutung. Die Gase der Gruppe C sind am stärksten oxidierend, weil das CO₂ bei der hohen Temperatur des Lichtbogens zerfällt, wobei neben Kohlenmonoxid auch große Mengen Sauerstoff entstehen.

In der Gruppe F findet man schließlich Stickstoff (N) und ein Stickstoff / Wasserstoff-Gemisch. Beide Gase können zum Plasmaschneiden und zum Formieren verwendet werden.

Neben dem Oxidationsverhalten verändern sich mit der Zusammensetzung des Gases auch die elektrischen und die physikalischen Eigenschaften im Lichtbogen-

raum und damit die Schweißereigenschaften. Durch den Zusatz von Helium zum Argon verbessert sich z.B. die Wärmeleitfähigkeit und der Wärmeinhalt der Lichtbogenatmosphäre. Beides führt zu einem energiereicheren Lichtbogen und damit zu einem besseren Einbrandverhalten. Das Zumischen von aktiven Komponenten bei den Mischgasen führt u.a. zu einer feineren Tropfenbildung beim Abschmelzen der Drahtelektrode. Ferner wird der Wärmetransport im Lichtbogen verbessert. Auch hieraus resultiert ein besseres Einbrandverhalten.

Die benötigte Durchflußmenge des Schutzgases läßt sich mit einer Faustregel errechnen, und zwar soll sie 10 - 12 x Drahtdurchmesser in Liter/Minute sein. Beim MIG-Schweißen von Aluminium werden, wegen der großen Oxidationsneigung des Werkstoffs, etwas darüber hinausgehende Durchflußmengen eingestellt, bei Ar / He- Mischgasen, wegen der geringen Dichte von Helium, auch wesentlich höhere. Das aus der Flasche oder der Ringleitung kommende Gas wird zunächst im Druck reduziert. Die eingestellte Durchflußmenge kann an einem Manometer, das zusammen mit einer Staudüse geeicht ist, abgelesen werden, oder an einem Durchflußmengenmesser mit Schwebekörper.

Auf den Einfluß der Schutzgase auf den Schweißprozeß wird später bei der Beschreibung der verschiedenen Lichtbogenarten noch näher eingegangen.

Kennziffer für die Festigkeits- und Dehnungseigenschaften des Schweißgutes

| Kennziffer | Mindeststreckgrenze ¹⁾ N/mm ² | Zugfestigkeit N/mm ² | Mindestbruchdehnung ²⁾ % |
|------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| 35 | 355 | 440 bis 570 | 22 |
| 38 | 380 | 470 bis 600 | 20 |
| 42 | 420 | 500 bis 640 | 20 |
| 46 | 460 | 530 bis 680 | 20 |
| 50 | 500 | 560 bis 720 | 18 |

Kennzeichen für die Kerbschlagarbeit des Schweißgutes

| Kennzeichen | Temperatur für Mindestkerbschlagarbeit 47 J °C |
|-------------|--|
| Z | keine Anforderungen |
| A | +20 |
| 0 | 0 |
| 2 | -20 |
| 3 | -30 |
| 4 | -40 |
| 5 | -50 |
| 6 | -60 |

EN 440 – G 46 3 M G3Si1

Tabelle 3 Bezeichnungsbeispiel für eine Draht / Schutzgas-Kombination nach DIN EN 440

3.4 Eigenschaften des Schweißgutes

Bei Schweißzusätzen für unlegierte Stähle und für Feinkornbaustähle geht es bei der Auswahl einer Draht / Schutzgas-Kombination in erster Linie darum, die Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften des Grundwerkstoffs auch im Schweißgut zu erreichen. Dazu bietet DIN EN 440 Hilfen an. Ähnlich wie bei Stabelektroden gibt es ein Bezeichnungssystem, aus dem Angaben über die Mindestwerte von Streckgrenze und Bruchdehnung, sowie die Festigkeit und die Kerbschlagarbeit des Schweißgutes entnommen werden können. Das Bezeichnungssystem wird in Tabelle 3 veranschaulicht.

Im gewählten Beispiel wird eine Drahtelektrode G3Si1 unter Mischgas (M) verschweißt. Das Schweißgut dieser Draht / Schutzgas-Kombination hat eine Mindeststreckgrenze von 460 N / mm², eine Zugfestigkeit von 530 bis 680 N / mm² und eine Mindestdehnung von 20 % (46). Eine Kerbschlagarbeit von 47 Joule wird bis zu einer Temperatur von -30 °C erreicht (3). Ein ähnliches System gibt es auch zur Charakterisierung des Schweißgutes von Fülldrahtelektroden in DIN EN 758.

Bei den warmfesten Stählen, den korrosions- und hitzebeständigen Stählen und bei Aluminiumwerkstoffen gilt als Regel, daß das Schweißgut zum Erreichen der erforderlichen Werkstoffeigenschaften möglichst artgleich dem zu schweißenden Grundwerkstoff oder etwas höher legiert sein soll. Für Drahtelektroden und Fülldrahtelektroden zum Schweißen warmfester und korrosions- bzw. hitzebeständiger Stähle findet man aber auch Angaben über die Mindestwerte von Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Kerbschlagarbeit des Schweißgutes in tabellarischer Form in den entsprechenden Normen. Diese Werte sind aber nicht Bestandteil des Bezeichnungssystems.

Eine Drahtelektrode zum MAG-Schweißen des warmfesten Stahles 13 CrMo 4.5 hat nach DIN EN 12070 die Bezeichnung:

EN 12070 - G CrMo1Si

Eine Drahtelektrode zum MAG-Schweißen des korrosionsbeständigen CrNi-Stahles mit der Werkstoffnummer 1.4302 hat nach DIN EN 12072 folgende Bezeichnung:

EN 12072 - G 19 9 L

Die Bezeichnung einer Drahtelektrode zum MIG-Schweißen des Werkstoffes AlMg 5 lautet:

EN 18273 - G RAlMg5Mn

4 Fugenvorbereitung

4.1 Fugenformen

Bild 5 zeigt die wichtigsten Fugenformen, die beim MAG-Schweißen von Stahl zur Anwendung kommen.

Wegen des guten Einbrandverhaltens des Prozesses können bei Nähten mit Stegen (I-, Y,- DY- Nähten) größere Blechdicken ohne Ausfugen durchgeschweißt werden als beim Lichtbogenhandschweißen. Bei größeren Materialdicken empfiehlt sich aber zur Fehlervermeidung ein Ausfugen von der Rückseite. Die Steghöhe richtet sich nach der anwendbaren Stromstärke.

Bei Aluminiumwerkstoffen werden bei größeren Dicken wegen der höheren Wärmeableitung größere Öffnungswinkel (70 - 90 °) empfohlen.

4.2 Anbringen der Fugenflanken

Das Anschrägen der Fugekanten erfolgt bei un- und niedriglegierten Stählen in der Regel durch autogenes Brennschneiden. Hochlegierte Stähle und die Metalle, die MIG / MAG- geschweißt werden (z.B. Aluminium) können mit dem Plasmalichtbogen schmelzgeschnitten werden. Ein Entfernen der beim thermischen Trennen entstehenden Oxidhäute ist nicht unbedingt erforderlich, kann aber in Sonderfällen notwendig werden. Auf die Besonderheiten des Werkstoffs Aluminium in dieser Hinsicht wird an anderer Stelle noch näher eingegangen.

Wenn besondere Anforderungen hinsichtlich der Einhaltung geringer Toleranzen gestellt werden, kann auch ein mechanisches Anarbeiten der Fugenflan-

| Stoßart | Werkstückdicke (mm) | Skizze |
|----------------------------------|--|--------|
| I-Naht | einseitig 3-8 beidseitig <8 | |
| V-Naht | einseitig 3-10 mit Gegenlage 3-40 | |
| Y-Naht | einseitig 5-40 mit Gegenlage >10 | |
| X-Naht | beidseitig > 10 | |
| | | |
| U-Naht | einseitig > 12 mit Gegenlage >12 | |
| V-Naht | einseitig 3-10 mit Gegenlage 3-30 | |
| Kehlnaht-T- Stoß | einseitig >2 | |
| Kehlnaht- Eckstoß | einseitig >2 beidseitig > 3 | |
| Kehlnaht- Überlappstoß | einseitig >2 | |
| Kehlnaht- Doppelkehl- naht | beidseitig > 2 | |

Bild 5 Fugenformen nach DIN EN 29692 – ISO 9692

ken empfohlen werden. Dies gilt besonders für Rundnähte. Die modernen Möglichkeiten des Schneidens mit dem Elektronenstrahl oder dem Laserstrahl kommen bei der mechanisierten Fertigung vor.

4.3 Badsicherungen

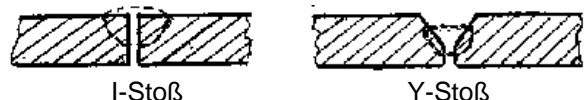
Während beim manuellen Schweißen der Schweißer den Schweißverlauf beobachtet und durch Einstellung der richtigen Stromstärke, die Stellung des Lichtbogens in der Fuge und die Schweißgeschwindigkeit auch bei ungleichem

Wurzelspalt eine gleichmäßige Wurzelraupe erreichen kann, muß beim vollmechanisierten Schweißen von der gewählten Schweißfuge, dem eingestellten Wurzelspalt über die richtigen Schweißparameter und die abgeschmolzene Menge des Zusatzdrahtes alles stimmen. Zur Erleichterung des Wurzelschweißens werden deshalb beim maschinellen Schweißen oft Badsicherungen verwendet (Bild 6).

Wenn der Wurzelspalt nicht zu sehr variiert, können als natürliche Badsicherung auch Wurzelstege dienen, z.B. bei I- oder Y-Fugen (interne Badsicherungen). Abhängig von der Steghöhe müssen die Schweißparameter beim Schweißen der ersten Lage so gewählt werden, daß der Steg nicht vollständig aufgeschmolzen wird. Der verbleibende Rest des Steges kann dann beim Schweißen der Gegenlage, mit oder ohne Ausfugen, noch erfaßt werden.

Künstliche (externe) Badsicherungen bestehen z.B. aus Metall, bei den meisten Metallen und Legierungen aus Kupfer, bei Aluminium, das einen niedrigen Schmelzpunkt hat, auch aus nichtrostendem Stahl. Auch Keramikunterlagen kommen beim Schweißen als Badsicherung zum Einsatz. Die Unterlage soll das spontane Durchfallen des Schweißgutes z.B. an Stellen, wo der Spalt etwas breiter ist oder wo kein Steg vorhanden ist, verhindern, sodaß das schmelzflüssige Metall aufgefangen wird und eine Wurzelraupe gebildet werden kann. Die Badsicherung formt auch die Unterseite der Wurzellage. Zu diesem Zweck ist sie deshalb meist mit einer Nut versehen.

Interne Badsicherung Steg



Externe Badsicherung



Bild 6 Badsicherungen beim maschinellen Schweißen



Bild 7 Gasgekühltes Kompaktgerät SATURN 300 MIG

4.4 Formieren

Hierunter versteht man die zusätzliche Zugabe von Schutzgas an die Wurzelrückseite, wo der zu schweißende Werkstoff auch im flüssigen Zustand vorliegt, aber nicht vom Schutzgas, das auf der Oberseite zugeführt wird, erreicht wird. Im Gegensatz zum WIG-Schweißen, wo wegen der relativ geringen Schweißgeschwindigkeit die Wurzelrückseite durch Oxidation oft ein "verbranntes" Aussehen annimmt, was durch das Formiergas verhindert werden soll, ist dies beim MIG/MAG-Schweißen aus diesem Grunde nicht unbedingt erforderlich.

Durch das Formieren wird aber auch die Bildung von Oxidhäuten und Anlauffarben auf der Wurzelrückseite verhindert oder zumindest vermindert. Dies ist z.B. beim Schweißen von korrosionsbeständigen Stählen wichtig, weil solche Oxidhäute die Korrosionsbeständigkeit der Schweißverbindung herabsetzen. Sie müssen deshalb nach dem Schweißen durch Bürsten, Strahlen oder Beizen entfernt werden. Da macht es Sinn, solche Häute durch Formieren gar nicht erst entstehen zu lassen.

Beim Schweißen von Rohren können dazu die Enden einfach versperrt und das Formiergas in das Innere eingeleitet werden. Beim Schweißen von Blechen läßt man es aus Öffnungen der Badsicherungsschiene ausströmen. Als Formier-

gas kann Argon oder ein Argon / Wasserstoff-Gemisch verwendet werden. Vielfach können aber auch die preiswerten Formiergase der Gruppe F in DIN EN 439 eingesetzt werden. Diese bestehen z.B. aus einem Wasserstoff/Stickstoff-Gemisch. Auch reiner Stickstoff kann unter bestimmten Umständen zum Formieren verwendet werden.

5 Schweißgeräte

Geräte zum MIG/MAG-Schweißen bestehen aus der Stromquelle, der Steuerung und dem Drahtvorschubgerät mit Schlauchpaket und Brenner. Für verschiedene Anwendungsfälle können diese als Kompaktgeräte oder als Universalgeräte zum Einsatz kommen.

Beim Kompaktgerät (Bild 7) sind Stromquelle, Steuerung und Drahtvorschubgerät in einem Gehäuse untergebracht.

Der Operationsradius entspricht der Länge des Brenner-Schlauchpaketes. Dies sind je nach zu verwendendem Drahtelektrorendurchmesser 3 - 5 m. Dementsprechend werden Kompaktgeräte hauptsächlich an festen Arbeitsplätzen, z.B. in Schweißkabinen oder an Fertigungsbändern eingesetzt. Beim Universalgerät (Bild 8), auch dekompakt genannt, ist der Drahtvorschub separat in



Bild 8 Wassergekühltes Universalgerät WEGA 400 MIG

einem Koffer untergebracht und mittels Zwischenleitung mit der Stromquelle und der Steuerung verbunden.

Er kann ans Werkstück mitgenommen werden, wodurch sich der Operationsradius um 10 bis 20 m gegenüber dem Kompaktgerät vergrößert. Universalgeräte werden deshalb meist an wechselnden Arbeitsplätzen und auf Baustellen eingesetzt.

5.1 Schweißstromquellen

Die Schweißstromquelle hat die Aufgabe, den Schweißprozeß mit der benötigten elektrischen Energie zu versorgen. Dazu gehört, daß die hohe Spannung des Netzes herabgesetzt und die benötigte hohe Stromstärke auch beim Kurzschluß zur Verfügung gestellt wird. Da beim MIG/MAG-Schweißen, von neuerlichen Ausnahmen abgesehen, nur Gleichstrom verwendet wird, kommen als Stromquellen nur Gleichrichter und Inverter zur Anwendung. Stromquellen zum MIG/MAG-Schweißen haben eine waagerechte oder leicht fallende statische Kennlinie (Konstantspannungscharakteristik). Dies ist notwendig, damit eine innere Regelung des Prozesses möglich wird. Hierauf wird



**Bild 9 Inverter-Multiprozeßgerät
PHOENIX PROGRESS**

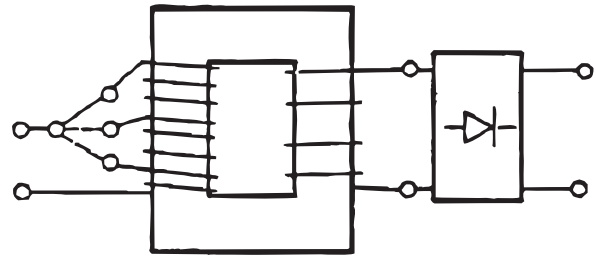


Bild 10 Prinzip einer Stufenschaltermaschine

später noch eingegangen. Bei Geräten, die als Multiprozessanlagen eingesetzt werden sollen, ist die Kennlinie auch von senkrecht fallend bis waagrecht verstellbar.

Der Schweißgleichrichter besteht aus dem Transformator und nachgeschalteten Gleichrichtersätzen. Während der Transformator die hohe Spannung und niedrige Stromstärke des Versorgungsnetzes in Schweißstrom mit niedriger Spannung und hoher Stromstärke umwandelt, richten die Gleichrichtersätze den aus dem Trafo kommenden Wechselstrom gleich. Um den besonderen Anforderungen unterschiedlicher Schweißaufgaben gerecht werden zu können, müssen die Stromquellen einstellbar sein. Bei einfachen Geräten zum MIG / MAG-Schweißen geschieht dies durch primärseitige Windungsanzapfung mittels Stufenschalter. Bild 10 zeigt das Prinzip einer Stufenschaltermaschine.

Durch Abgreifen von mehr oder weniger Windungen der Primärspule wird das Übersetzungsverhältnis des Trafos verändert und damit die Spannung auf der Sekundärseite. Bei etwas aufwendigeren Stromquellen erfolgt das Stellen des

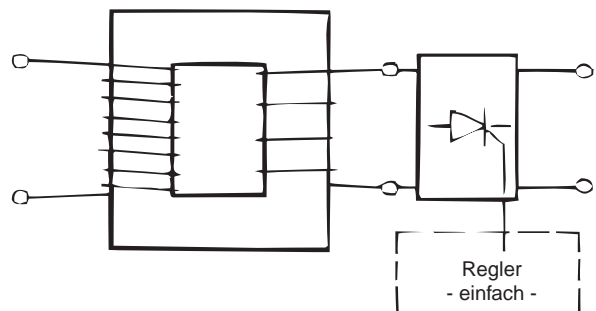


Bild 11 Prinzip einer thyristorgesteuerten Stromquelle

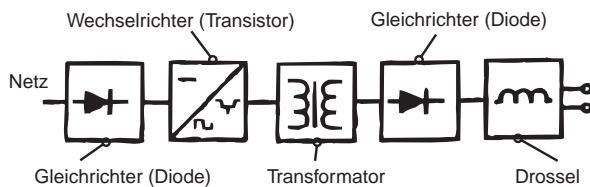


Bild 12 Blockschaubild eines Inverters der 3. Generation

Stromes im Gleichrichterteil mittels steuerbarer Gleichrichter (Thyristoren). Das Schema einer solchen Anlage zeigt Bild 11.

Durch entsprechendes Ansteuern der Thyristoren werden mehr oder weniger große Teile der Wechselstromhalbwellen durchgelassen, wodurch sich die Schweißspannung verändert.

Anspruchsvollere MIG / MAG-Geräte sind mit Invertern als Stromquellen ausgestattet. Der Inverter ist eine elektronische Stromquelle. Nachdem eine Zeitlang analoge, sekundärgetaktete und primärgetaktete elektronische Stromquellen verwendet wurden, hat sich die Entwicklung jetzt auf die primärgetakteten konzentriert. Diese arbeiten nach einem völlig anderen Wirkprinzip als die konventionellen Stromquellen (Bild 12).

Der aus dem Netz kommende Strom wird zunächst gleichgerichtet und danach, damit er transformierbar wird, durch Ein- und Ausschalten in kurze Abschnitte zerteilt. Diesen Vorgang nennt man Takten. Er wird ermöglicht durch schnell reagierende elektronische Schalter, die Transistoren. Die ersten transistorisierten Inverter arbeiteten mit einer Taktfrequenz von etwa 25 kHz. Heute sind mit weiterentwickelten Transistoren Taktfrequenzen von 100 kHz und mehr möglich.

Nach dem "Zerhacken" (Takten) des Stromes wird dieser auf die erforderliche hohe Stromstärke und niedrige Spannung transformiert. Hinter dem Trafo entsteht dann ein rechteckförmiger Wechselstrom, der anschließend noch einmal gleichgerichtet wird. Die hohe Taktfrequenz hat den Vorteil, daß die erforderliche Masse des Trafos sehr klein gehalten werden kann. Sie ist nämlich von der Frequenz des zu transformierenden Stromes ab-

hängig. Dadurch ist es möglich Leichtgewichtsstromquellen herzustellen.

Bei den elektronischen Stromquellen wird vieles, was bei konventionellen Stromquellen mit Komponenten wie Widerständen, Drosseln und Kondensatoren erreicht wird, durch die Steuerung elektronisch gelöst. Die Steuerung dieser Stromquellen ist deshalb ebenso wichtig wie das Leistungsteil. Das Stellen des Stromes geschieht z.B. bei getakteten Quellen durch Verändern des Verhältnisses zwischen den Stromein-/Stromauszeiten. Auch die Veränderung der Taktfrequenz kann zum Verstellen der Stromhöhe benutzt werden. Um impulsförmigen Strom zu erzeugen, wird das Verhältnis der Ein-/Auszeiten durch die Steuerung zyklisch verändert. Auf ähnliche Weise kann der Strom auch am Beginn und zum Ende des Schweißens hin hoch- bzw. runtergefahren werden.

Durch die neue Technik wurde aber auch die geregelte Stromquelle möglich, welche die Schweißtechnik schon lange gefordert hatte. Ein Kontrollgerät mißt Schweißstrom und Schweißspannung und vergleicht mit den eingestellten Werten. Ändern sich die eingestellten Schweißparameter z.B. durch unerwünschte Widerstände im Schweißstromkreis, dann regelt die Steuerung entsprechend nach. Dies erfolgt sehr schnell im μs -Bereich. Auf ähnliche Weise kann auch der Kurzschlußstrom begrenzt und der $\cos\phi$ verbessert werden. Ein verbesserter Wirkungsgrad und geringere Leerlaufverluste der Inverterstromquellen ergeben sich schon aus der geringeren Masse des Trafos.

5.2 Drahtvorschubgeräte

Im Drahtvorschubgerät wird die Drahtelektrode durch Vorschubrollen in der Geschwindigkeit ihres Abschmelzens auf den Prozeß zubewegt. Sie wird dabei von der Spule abgezogen und in das Schlauchpaket geschoben, an dessen Ende sich der Schweißbrenner befindet. Zu diesem Zwecke gibt es vor den Vorschubrollen eine Führungsdüse, die den Draht in eine definierte Richtung bringt



Bild 13 Blick in ein Drahtvorschubgerät mit 4-Rollenantrieb

und hinter den Rollen, am Beginn des Schlauchpaketes, die Drahteinlaufdüse. Anlagen zum vollmechanischen Schweißen verfügen oft auch noch über ein zwischengeschaltetes Richtwerk, das die vom Aufspulen herrührende Vorbiegung des Drahtes beseitigt.

Die Vorschubrollen werden durch einen Gleichstrommotor angetrieben, der sich stufenlos in der Umdrehungsgeschwindigkeit verstellen lässt. Bei modernen Geräten, die einen geregelten

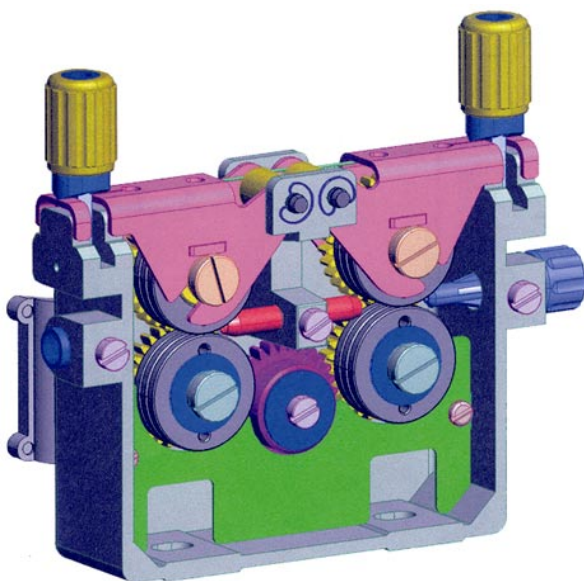


Bild 14 4-Rollen-Antrieb

Schweißprozeß gestatten, wird die Drahtvorschubgeschwindigkeit durch einen Tachometer gemessen und belastungsunabhängig geregelt. Beim MIG/MAG-Schweißen sind in der Regel Drahtvorschubgeschwindigkeiten zwischen 2 und 20 m / min üblich, bei Hochleistungsvarianten auch mehr. Die Motoren sind deshalb über ein Getriebe mit der Antriebsrolle verbunden.

Das Drahtvorschubgerät soll die Oberfläche der Drahtelektrode schonend behandeln. Die Drahtvorschubrollen müssen deshalb einen ausreichend großen Durchmesser besitzen, damit die spezifische Flächenpressung der Drahtoberfläche nicht zu groß wird. Gegenüber einem 2-Rollen-Antrieb kann bei 4-Rollen-Antrieben der Draht mit geringerem Anpreßdruck und trotzdem schlupffrei gefördert werden. Der Anpreßdruck zwischen den Rollen kann weiter verringert werden, wenn mehrere Rollen angetrieben werden. Bei 4-Rollen-Antrieben werden vielfach alle Rollen miteinander verzahnt und gemeinsam von einem Motor angetrieben.

Bild 13 gestattet einen Blick in ein Drahtvorschubgerät mit 4-Rollen-Antrieb. Bild 14 zeigt Details des Antriebs.

Meist hat nur eine Rolle des Vorschubrollenpaares eine trapezförmige Nut, während die Gegendruckrolle glatt ist (Bild 15).

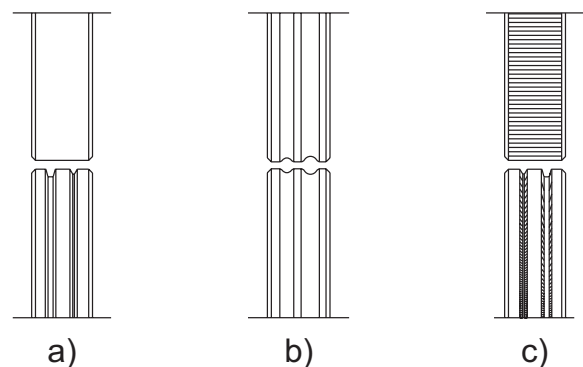


Bild 15 Verschiedene Antriebsrollen
a) Stahl
b) Aluminium
c) Fülldraht

Dabei ergibt sich eine 3-Punkt-Auflage der Drahtoberfläche zwischen den Rollen, die oberflächenschonend ist. Bei Fülldrahtelektroden und weichen Drahtelektroden haben beide Rollen manchmal auch eine halbkreisförmige Nut. Eine schonende Behandlung der Drahtoberfläche ist deshalb wichtig, weil Drahtabrieb mit ins Schlauchpaket gefördert wird, und dieses nach kurzer Zeit verstopfen kann. Verstärkter Metallabrieb entsteht auch, wenn die Vorschubrollen verschlissen sind. Ihr Zustand muß deshalb regelmäßig kontrolliert werden.

5.3 Schlauchpaket und Brenner

Das Schlauchpaket enthält alle notwendigen Versorgungsleitungen, also die Stromleitung, die Schutzgasleitung, den Drahtzuführungsschlauch, die Steuerleitung und bei Geräten, die für höhere Stromstärken ausgelegt sind, auch die Kühlwasserzu- und -rückführung.

Bei wassergekühlten Geräten liegt die Stromleitung in der Wasserrückführung. Der Querschnitt der Leitung kann somit geringer gehalten werden als ohne Kühlung und das Schlauchpaket ist flexibler. Der Drahtführungsschlauch besteht beim Schweißen von un- und niedriglegiertem Stahl aus einer Stahlschleife. Bei Verwendung von Drahtelektroden aus Chrom-Nickel-Stahl sowie aus Aluminium und anderen Metallen, wird dafür ein Schlauch aus verschleißfestem Kunststoff (z.B. Teflon) verwendet. Kunststoffführungen haben einen günstigeren Reibungskoeffizienten als Stahl. Die Steuerleitung ermöglicht es, Steuersignale vom Brenner aus an die Steuerung zu versenden. Am Brennerhandgriff befindet sich dazu der Brennerschalter mit dem die zum Schweißen notwendigen



Bild 16 Schwanenhalsbrenner



Bild 17 Schnellschweißbrenner HIGH-SPEED

Funktionen geschaltet werden können.

Am Ende des Schlauchpaketes sitzt der Schweißbrenner. Die folgenden Bilder zeigen einige gebräuchliche Brennertypen.

Am häufigsten werden Schwanenhalsbrenner (Bild 16) verwendet. Sie besitzen ein geringes Gewicht und die Zugänglichkeit des Lichtbogens zur Schweißstelle ist damit sehr gut. Eine besondere Form und Handlichkeit zeichnet den Schnellschweißbrenner (Bild 17) aus.

Ein weiterer Brennertyp ist der Pistolenbrenner. Er ist in Bild 18 als Push-Pull-Brenner zu sehen.

Beim Push-Pull-Antrieb wird die Drahtelektrode von einem im Brennerhandgriff befindlichen Vorschubmotor gezogen, während gleichzeitig ein im Gerät befindlicher Motor den Draht ins Schlauchpaket schiebt. Hiermit lassen sich auch weiche und dünne Drähte problemlos fördern. Ein Push / Pull-Antrieb wird auch häufig bei Roboteranlagen eingesetzt und bei maschinellen Schweißanlagen, wo die Drahtelektrode bauartbedingt über große Wege transportiert werden muß. Bild 19 zeigt ferner noch den Brenner für eine digitalisierte Schweißanlage, bei dem Schweißdaten auf dem Display abgelesen und vom Brenner aus verstellt wer-



Bild 18 Push / Pull-Brenner



Bild 19 Brenner mit Display und Fernsteller
den können.

Beim Kleinspulenbrenner (Bild 20) sitzt eine Minidrahtspule direkt auf dem Brenner und der Vorschubmotor im Handgriff.



Bild 20 Kleinspulenbrenner

Die Zuführungswege sind damit sehr kurz und es können auch sehr dünne und weiche Drähte ohne Probleme transportiert

5.4 Steuerung

An der Steuerung der Schweißanlage können verschiedene Funktionen eingestellt werden, die dann teilweise vom Brennerschalter aus über die Steuerleitung abgerufen werden können. Hierzu gehört z.B. das Umschalten von 2-Takt- auf 4-Takt-Betrieb. Weitere Funktionen sind das Einstellen einer Einschleichgeschwindigkeit der Drahtelektrode beim Zünden und das Einstellen einer Rückbrandzeit des Lichtbogens beim Beenden des Schweißens. Durch die einstellbare niedrige Geschwindigkeit der Drahtelektrode beim Zünden wird der Zündvorgang sicherer, weil der zu Beginn noch schwach auf dem kalten Werkstoff brennende Lichtbogen durch den nachdrückenden Draht nicht sofort wieder erstickt wird. Die eingestellte Rückbrandzeit verhindert ein Festbrennen der Elektrode im Endkrater. Dies wird dadurch erreicht, daß der Drahtvorschub schon etwas eher abgeschaltet wird, als der Schweißstrom. Ist die Rückbrandzeit allerdings zu lang eingestellt, dann kann der Draht an der Stromkontaktdüse festbrennen. Ein weiteres Programm kann verhindern, daß nach dem Beenden des Schweißens ein

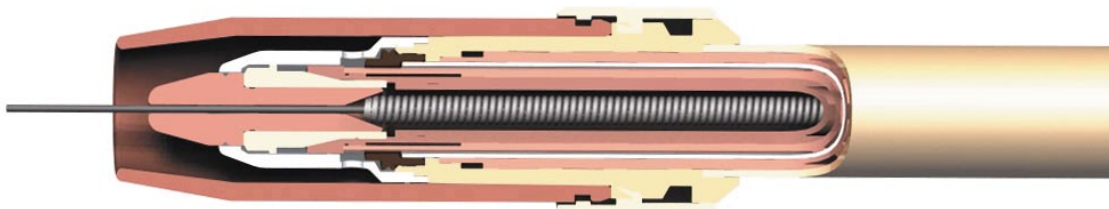


Bild 21 Schnittbild vom Brennerkopf eines MIG / MAG-Brenners

werden. Bild 21 zeigt das Schnittbild eines Schwanenhalsbrenners.

Es ist deutlich zu erkennen, daß die der Drahtführung dienende Stahlspirale bis ganz an die in den Düsenstock eingeschraubte Stromkontaktdüse herangeführt wird. Damit wird verhindert, daß der geschobene Draht bei Vorschubstörungen im vorderen Teil des Brenners hier ausknickt.

zu großer Tropfen am Drahtende zurückbleibt, der beim erneuten Zünden stören würde. Deshalb wird der am Draht gebildete Tropfen unmittelbar vor dem Beenden des Schweißens noch durch einen Stromimpuls abgelöst. Die zuletzt genannte Funktion ist besonders bei vollmaschinellen Anlagen wichtig, während bei der teilmechanischen Anwendung des Verfahrens der Schweißer das Drahtende vor dem Wiederezünden abkneifen kann. Moderne MIG / MAG-Anlagen gestatten auch ein rampenför-

miges Hochfahren des Stromes zu Beginn und ein entsprechendes Absenken am Ende der Schweißnaht.

6 Werkstoffübergang beim MIG/MAG-Schweißen

6.1 Lichtbogenbereiche

Je nach eingestellten Schweißparametern und verwendetem Schutzgas stellen sich beim MIG/MAG-Schweißen unterschiedliche Werkstoffübergangsformen, auch Lichtbogenbetriebszustände genannt, ein. Dabei wirken sowohl physikalische Phänomene, wie Oberflächenspannung und Viskosität des Metalls, Schwerkraft und Plasmaströmung mit, als auch elektrische Kräfte, wie die Lorenzkraft. Besonders die letztgenannte elektromagnetische Kraft hat einen dominierenden Einfluß bei Tropfenübergängen, die im freien Flug erfolgen. Die Lorenzkraft, auch Pinch-Effekt genannt, ist eine aus dem umgebenden Magnetfeld resultierende, radial nach innen gerichtete Kraft (Bild 22), die das schmelzflüssige Elektrodenende einschnürt und einzelne Tropfen von diesem abkneift (engl. to pinch = abkneifen).

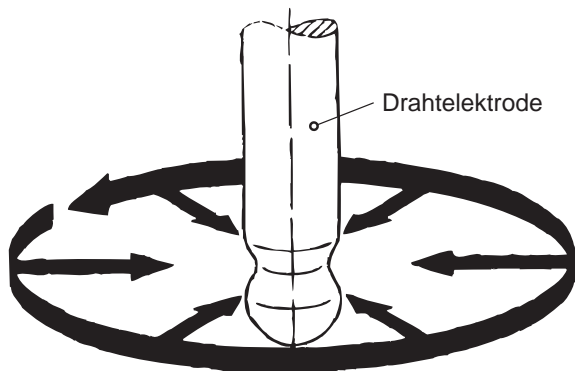


Bild 22 Schema der Wirkung des Pinch-Effektes [1]

DIN 1910 - 4 unterscheidet und beschreibt die in Tabelle 4 aufgeführten Lichtbogenarten.

Die mit gleichförmigem Strom auftretenden Werkstoffübergangsformen treten teils im unteren Leistungsbereich, d.h. bei niedrigen Stromstärken und Spannungen, teils im oberen Leistungsbereich auf.

| Benennung | Werkstoffübergang |
|------------------|---|
| Sprühlichtbogen | feinst- bis feintropfig > praktisch kurzschlußfrei |
| Langlichtbogen | grob- bis feintropfig > nicht kurzschlußfrei |
| Kurzlichtbogen | feintropfig > im Kurzschluß |
| Impulslichtbogen | Tropfengröße und Tropfenfrequenz einstellbar > praktisch kurzschlußfrei |

Tabelle 4 Lichtbogenarten nach DIN 1910-4

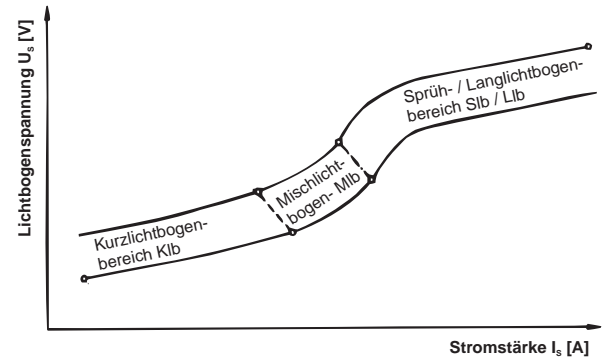


Bild 23 Lage der Arbeitsbereiche

Bild 23 zeigt schematisch ihre Lage im U / I-Diagramm.

Der Impulslichtbogen tritt über den ganzen Leistungsbereich hinweg auf. Die einzelnen Lichtbogenarten werden nachfolgend beschrieben.

6.2 Kurzlichtbogen

Der Kurzlichtbogen tritt im unteren Leistungsbereich, d.h. bei niedrigen Stromstärken und Lichtbogenspannungen auf. Sein Name beschreibt nicht nur, daß es sich hierbei um einen sehr kurzen Lichtbogen handelt, sondern er wurde früher auch wegen der Art des Tropfenüber-

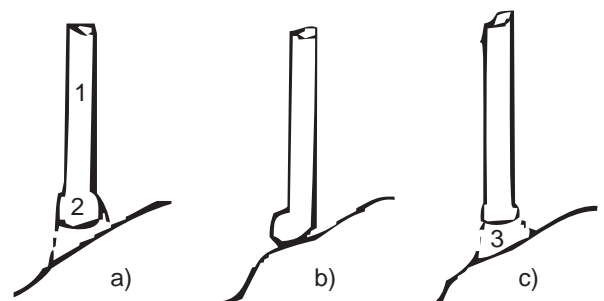


Bild 24 Tropfenübergang beim Kurzlichtbogen

- 1: Drahtelektrode
- 2: Tropfen
- 3: Lichtbogen

gangs Kurzschlußlichtbogen genannt. Bild 24 zeigt die Stationen des Tropfenübergangs.

Unter Einfluß der Lichtbogenwärme bildet sich am Elektrodenende ein kleiner Tropfen (a), der wegen der Kürze des Lichtbogens schon bald Kontakt mit dem Schmelzbad bekommt. Es entsteht ein Kurzschluß, der Lichtbogen erlischt (b). Der Tropfen wird durch die Oberflächenspannungen des Schmelzbades vom Drahtende abgesaugt, der Pinch-Effekt hat wegen der geringen Stromstärke keinen wesentlichen Einfluß auf die Tropfenablösung. Danach zündet der Lichtbogen wieder (c). Dieser Vorgang wiederholt sich in sehr regelmäßigen Abständen je nach verwendetem Schutzgas ca. 20 bis 100 mal in der Sekunde. Während der Kurzschlußphase steigt der Strom an (Kurzschlußstrom). Wegen der geringen Größe des Tropfens ist die Kurzschlußphase aber sehr kurz und es kommt nicht zu sehr hohen Stromspitzen. Ferner verlangsamen Drosseln im Schweißstromkreis bei konventionellen Stromquellen die Anstiegsgeschwindigkeit des Stromes. So erfolgt das Wiederründen des Lichtbogens nach dem Kurzschluß sanft und ohne wesentliche Spritzerbildung. Bei Invertern verhindert die Software der Stromquelle einen exzessiven Anstieg des Stromes.

Beim Kurzlichtbogen handelt es sich um einen relativ "kalten" Prozeß. Er tritt unter allen Schweißschutzgasen auf und eignet sich besonders zum Schweißen von Wurzellagen, von dünnen Blechen und in Zwangslagen.

6.3 Langlichtbogen

Der Langlichtbogen tritt im oberen Leistungsbereich auf, wenn unter Kohlendioxid oder unter hoch-CO₂-haltigen Schutzgasen geschweißt wird. Die Grenze im CO₂-Gehalt liegt hier bei größer etwa 25 %. Da wegen der physikalischen Eigenschaften der Lichtbogenatmosphäre unter den genannten Schutzgasen der Lichtbogenansatz an der Drahtelektrode stark eingeschnürt ist, macht sich der Pinch-Effekt hierbei nicht oder nur sehr

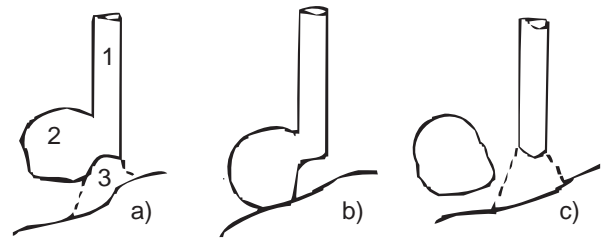


Bild 25 Tropfenübergang beim Langlichtbogen

- 1: Drahtelektrode
- 2: Tropfen
- 3: Lichtbogen

schwach bemerkbar. Bild 25 verdeutlicht diesen Werkstoffübergangsmodus.

Es bilden sich grobe Tropfen an der Elektroden Spitze (a), die vornehmlich unter Einfluß der Schwerkraft zum Werkstück übergehen. Dabei kommt es häufig zur Bildung von Kurzschlußbrücken zwischen Tropfen und Schmelzbad (b), in deren Verlauf Zusatzwerkstoff ins Schmelzbad übergeht. Vereinzelt kommt es auch zum freien Übergang einzelner sehr grober Tropfen (c). Die Kurzschlüsse sind hierbei wegen der großen Tropfenmasse länger andauernd. Daraus resultieren sehr hohe Kurzschlußströme, die zu starker Spritzerbildung beim Wiederründen des Lichtbogens führen.

Bei diesem Prozeß, der im oberen Stromstärken- und Spannungsbereich stattfindet, entsteht ein großes, heißes Schmelzbad. Der Prozeß eignet sich

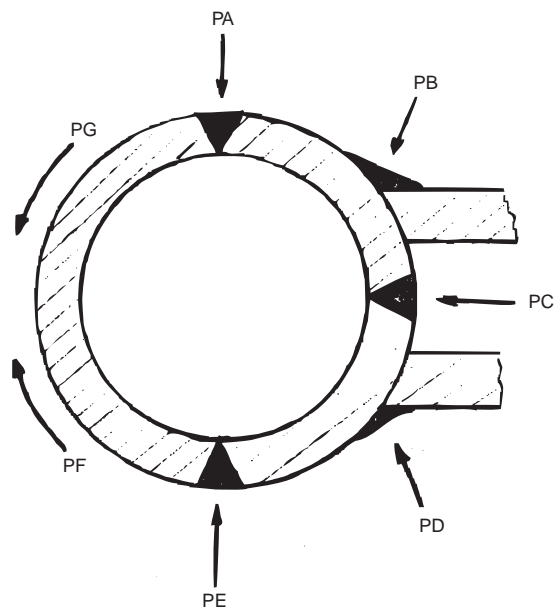


Bild 26 Schweißpositionen nach ISO 6947

deshalb nur zum Schweißen in den Positionen PA und PB (Bild 26). Zwangslagenschweißungen sind nicht möglich.

6.4 Sprühlichtbogen

Unter Argon und argonreichen Mischgasen umhüllt der Lichtbogen am Tropfenansatz das gesamte Elektrodenende, sodaß sich der Pinch-Effekt bei ausreichender Stromstärke optimal einstellen kann (Bild 27). Das Drahtende schnürt sich dabei ein (a) und einzelne Tropfen werden von der Elektrode abgelöst (b).

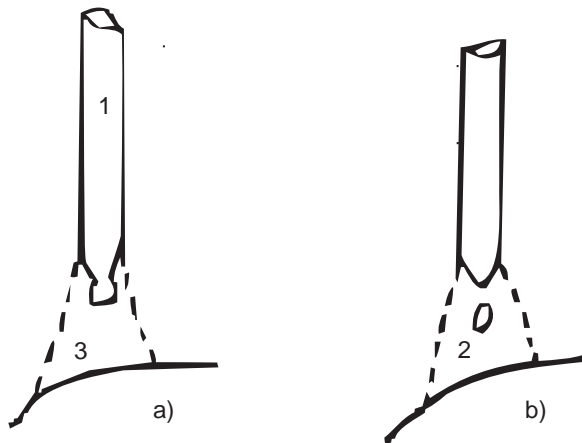


Bild 27 Tropfenübergang beim Sprühlichtbogen

- 1: Drahtelektrode
- 2: Tropfen
- 3: Lichtbogen

Es kommt zu einem kurzschlußfreien, spritzerarmen Werkstoffübergang. Der Sprühlichtbogen tritt bei argonreichen Schutzgasen im oberen Leistungsbereich auf. Auch bei dieser Lichtbogenart bildet sich ein großes, heißes Schmelzbad, sodaß der Prozeß nur eingeschränkt für Zwangslagenschweißungen geeignet ist.

6.5 Mischlichtbogen

Zwischen dem Kurzlichtbogen einerseits und dem Sprüh- oder Langlichtbogen andererseits stellt sich eine Lichtbogenform ein, für die ein gemischter Werkstoffübergang teils im Kurzschluß, teils im freien Flug typisch ist. In diesem Bereich tritt aber verstärkt Spritzerbildung, auch unter argonreichen Mischgasen, auf. Es wird daher empfohlen, diesen mittleren Stromstärkenbereich zu vermeiden oder dort den Impulslichtbogen einzusetzen.

6.6 Impulslichtbogen

Der Impulslichtbogen tritt auf, wenn statt des gleichförmigen Stromes ein impulsförmiger Strom zum Schweißen verwendet wird. Einstellparameter sind bei dieser Lichtbogenart je nach Modulation der Stromquelle neben der Drahtvorschubgeschwindigkeit der Grundstrom oder die Grundspannung, der Impulsstrom oder die Impulsspannung, die Impulsdauer und die Impulsfrequenz. Wie Bild 28 zeigt, löst sich unter Einwirkung des Pinch-Effektes in der Impulsphase jeweils ein Tropfen von der Elektroden spitze ab. Es kommt so zu einem feintropfigen, spritzerarmen Schweißprozeß.

Bei fest eingestellten Werten für Grundstrom (-spannung), Impulsstrom (-spannung) und Impulsdauer kann die Leistung über den Drahtvorschub eingestellt und die Lichtbogenlänge durch Veränderung der Pulsfrequenz angepaßt werden. Der Impulslichtbogen tritt über den gesamten Leistungsbereich auf und ist im Bereich niedriger und mittlerer Stromstärken auch gut für Zwangslagenschweißungen geeignet.

6.7 Sonderformen des Werkstoffübergangs

Neben den vorstehend beschriebenen Standardlichtbogenarten gibt es noch Sonderformen, die erst in den letzten Jahren mehr in den Vordergrund getreten sind.

Bei Stromstärken, die über denen des konventionellen Sprühlichtbogens liegen, d.h. bei Drahtvorschubraten beim 1,2 mm

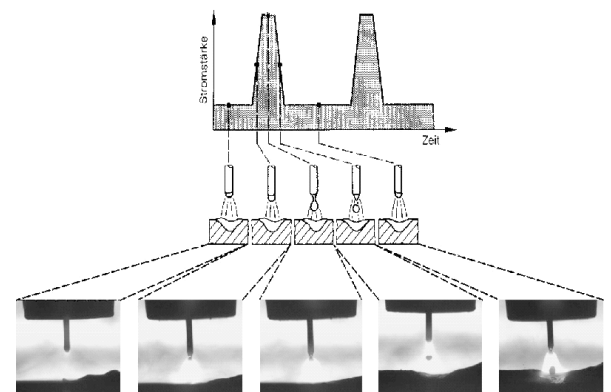


Bild 28 Tropfenablösung beim Impulslichtbogen

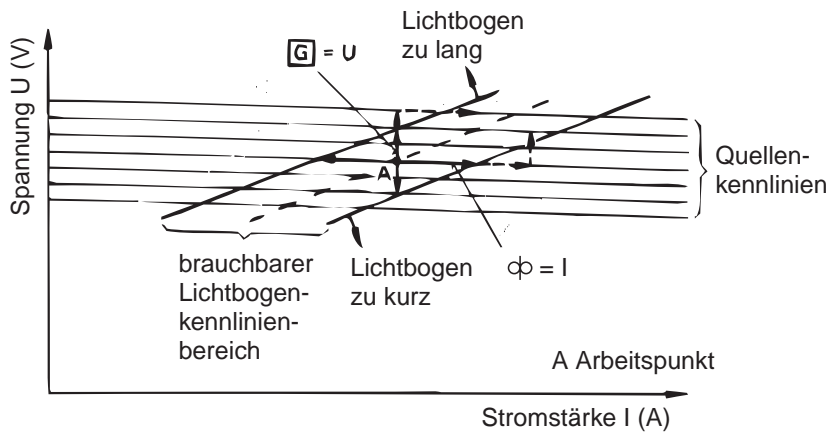


Bild 29 Günstige Lichtbogenbereiche beim MIG/MAG-Schweißen [1]

Draht z.B. von mehr als 15 m/min, tritt unter Mischgasen der Hochleistungs-sprühlichtbogen auf. Dieser bringt allerdings einen so tiefen, schneidenden Einbrand, daß dadurch Fehler im Schweißgut auftreten können. Er wird deshalb kaum angewendet. Bei Erhöhung der Spannung beginnt dann in diesem Leistungsbereich der Lichtbogen zu rotieren und der Einbrand verbreitert sich. Der rotierende Lichtbogen wird zur Steigerung der Einbringleistung oder zur Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit für Füll- und Decklagen bei Stumpfnähten und für Kehlnähte an dickwandigen Bauteilen eingesetzt.

Beim Hochleistungskurzlichtbogen handelt es sich um einen Prozeß mit einem Werkstoffübergang im typischen Kurzschlußübergangsmodus. Er tritt bei Stromstärken im Bereich des konventionellen Sprühlichtbogens, aber wesentlich niedrigerer Lichtbogen-spannung auf.

Die genannten Hochleistungsvarianten des MIG / MAG-Schweißens werden, von Ausnahmen abgesehen, nur vollmechanisiert angewendet.

7 Einstellen der Schweißparameter

7.1 Einstellen bei konventionellen Anlagen

Im Gegensatz zum Lichtbogenhand-schweißen und zum WIG-Schweißen sind zur Einstellung von MIG / MAG-Anlagen zwei Stellvorgänge notwendig. Dies wird nachfolgend am Beispiel der

Einstellung einer Stufenschalterma-schine erläutert.

Für das MIG/MAG-Schweißen werden Konstantspannungs-stromquellen eingesetzt. Die gewünschte Spannung wird deshalb durch Einstellen einer bestimmten Kennlinie an den Grob- und Feinstufenschaltern der

Stromquelle gewählt und die günstigste Lichtbogenlänge durch Einstellen der dazu passenden Drahtvorschubgeschwindigkeit erreicht. Bild 29 zeigt, wie sich Änderungen der Einstellung der Stromquelle und der Drahtvorschubgeschwindigkeit auf die Lage des Arbeitspunktes auswirken.

Der Arbeitspunkt (A) ist der Schnittpunkt zwischen der eingestellten Quellenkennlinie und der Lichtbogenkennlinie. Er ist gekennzeichnet durch die Stromstärke I_s und die Spannung U_s . Wird die Drahtvorschubgeschwindigkeit erhöht, dann verkürzt sich der Lichtbogen und der Arbeitspunkt wandert auf der Quellenkennlinie nach rechts, die Stromstärke steigt. Entgegengesetzt verhält es sich bei einer Verringerung der Drahtfördergeschwindigkeit. Auf diese Weise kann über das Potentiometer für den Drahtvorschub die gewünschte Stromstärke eingestellt werden. Mit der Erhöhung der Stromstärke verkürzt sich aber der Lichtbogen. Damit er nicht zu kurz wird, muß gleichzeitig die Spannung entsprechend erhöht werden. Zur Erhöhung der Spannung muß am Stufenschalter eine höher liegende Kennlinie eingestellt werden, bei einer gewünschten Verringerung der Lichtbogen-spannung eine niedrigere. Bei dem meist üblichen geringfügig fallenden Verlauf der waagerechten Stromquellenkennlinien ist mit der Verstellung des gewünschten Parameters auch immer eine geringfügige Veränderung des anderen verbunden. Bei absolut waagerechtem

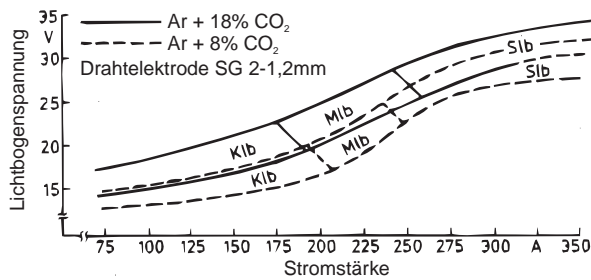


Bild 30 Arbeitsbereiche für zwei Argonmischgasen [1]
Klb = Kurzlichtbogen
Mlb = Mischlichtbogen
Slb = Sprühlichtbogen
Drahtelektrode SG2 = G3Si-EN 440

Verlauf tritt diese gegenseitige Beeinflussung nicht auf.

Damit optimale Verhältnisse beim Schweißen vorliegen, darf der Lichtbogen nicht zu kurz und nicht zu lang sein. Bei einem zu kurzen Lichtbogen treten verstärkt Kurzschlüsse und damit Spritzer auf. Die Kurzschlüsse kann man erkennen an dem knatternden Geräusch das vom Lichtbogen ausgeht. Mit zunehmender Länge des Lichtbogens steigt dagegen die Gefahr, daß Luft in den Lichtbogenbereich eintritt und damit die Porengfahr größer wird. Auch nimmt die Neigung zu Einbrandkerben zu. Einen zu langen Lichtbogen erkennt der Schweißer an dem zischenden Geräusch des Lichtbogens. Die Linie der idealen Arbeitspunkte, d.h. die ideale Arbeitskennlinie, läuft etwa diagonal durch das U / I- Diagramm. In Wirklichkeit gibt es einen brauchbaren Lichtbogenkennlinienbereich. Dies ist der Arbeitsbereich, in dem geschweißt werden sollte. In Bild 30 sind die Arbeitsbereiche für eine Si / Mn legierte Drahtelektrode und zwei verschiedene Mischgasen dargestellt.

Zu günstigen Schweißbedingungen führen alle Arbeitspunkte, die innerhalb der Arbeitsbereiche liegen. Arbeitspunkte, die nach unten herausfallen bedeuten zu kurze Lichtbögen, Arbeitspunkte die oberhalb der oberen Grenzlinie liegen führen zu Lichtbögen, die zu lang sind. Die Arbeitsbereiche gelten immer nur für eine bestimmte Drahtelektrode. Da ein Wechsel des Schutzgases zu anderen physikalischen Bedingungen in der Licht-

bogenatmosphäre führt, gilt der Arbeitsbereich auch immer nur für ein bestimmtes Schutzgas.

Beim Schweißen mit impulsförmigem Strom tritt über den gesamten Bereich der Impulslichtbogen auf. Da der Werkstoffübergang in jedem Fall kurzschlußfrei ist, verschieben sich die Bereichsgrenzen bei niedrigen und mittleren Stromstärken aber etwas zu höheren Lichtbogenspannungen.

7.2 Synergetische Einstellung von Schweißparametern

Da nicht in allen Betrieben immer genügend gut ausgebildete Schweißer zur Verfügung stehen, bieten moderne MIG / MAG-Anlagen vereinfachte Möglichkeiten zur Einstellung der Schweißparameter, wie z.B. das Multiprozessgerät PHOENIX (Bild 31).

Es begann schon in den 70er Jahren mit der Einknopfbedienung, bei der über ein einzelnes Drehpotentiometer die Leistung durch Änderung des Drahtvorschubs eingestellt wurde und mit dem gleichen Verstellknopf in einem bestimmten Übersetzungsverhältnis eine stufenlose Kennlinienverstellung verbunden war, sodaß die Spannung gleichzeitig angepaßt wurde. Über einen zweiten Knopf war noch eine gewisse Korrektur des Arbeitspunktes möglich.



Bild 31 Multiprozessgerät PHOENIX

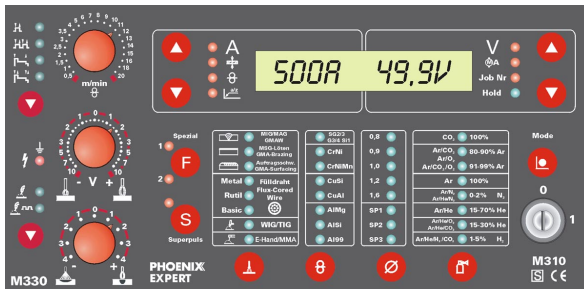


Bild 32 Display des Schweißgerätes PHOENIX 300 EXPERT

Heute gehört zum Standard vieler MIG / MAG-Anlagen eine noch weitergehende Vereinfachung der Einstellung. Die idealen Arbeitskennlinien für häufig vorkommende Schweißaufgaben sind in der Maschine gespeichert. Der Bediener der Anlage stellt, z.B. mittels Tipptasten, nur noch den zu schweißenden Werkstoff, den gewünschten Drahtdurchmesser und das angeschlossene Schutzgas ein. Damit ist die vorprogrammierte, ideale Arbeitskennlinie aufgerufen. Die Leistung lässt sich nun an einem Drehknopf stufenlos einstellen und für individuelle Wünsche bezüglich der optimalen Lichtbogenlänge steht noch ein Korrektorknopf zur Verfügung. Bild 32 und Bild 33 zeigen Displays einer modernen Schweißanlage, die sogar noch weitergehende Einstellungen gestatten.

Im mittleren Teil kann die Schweißaufgabe durch Tipptasten eingestellt werden. Dabei wird neben Werkstoff und Durchmesser der Drahtelektrode, sowie Schutzgas noch vorgegeben, ob mit Massivdraht oder Fülldraht geschweißt werden soll, oder ob Sonderaufgaben wie

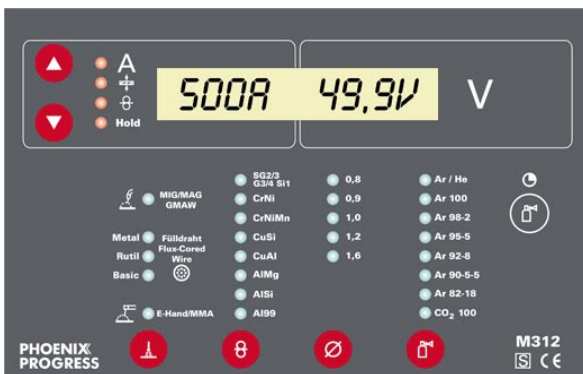


Bild 33 Display des Schweißgerätes PHOENIX PROGRESS

MIG-Löten oder Auftragsschweißen vorliegen. Da es sich bei der Anlage um eine Multiprozess-Anlage handelt, wird in diesem Feld auch die für andere Prozesse (WIG, E-Hand) erforderliche Kennlinienveränderung vorgenommen. Im linken Teil des Displays lässt sich am oberen Drehknopf die Leistung einstellen, der mittlere Drehknopf dient zur Korrektur der Lichtbogenlänge und der untere verändert über eine verstellbare Drossel die Lichtbogendynamik. Die zu dem gewählten Arbeitspunkt gehörende Stromstärke und Spannung werden im oberen Teil des Displays angezeigt. Die benutzten Schweißdaten können gespeichert und bei späterer Gelegenheit wieder aufgerufen werden.

7.3 Die Regelung des MIG / MAG-Prozesses

Die eingestellten Schweißparameter sollen während des Schweißens möglichst konstant bleiben. Dafür sorgt beim MIG / MAG-Schweißen die innere Regelung. Ihre Wirkungsweise wird im Folgenden erklärt.

Den Ablauf eines Regelvorgangs kann man sich am besten verdeutlichen, wenn man annimmt, daß der Lichtbogen von einer höheren Ebene ausgehend eine Stufe herabgeführt wird. Wie sich Stromstärke und Lichtbogenspannung dabei ändern zeigt Bild 34.

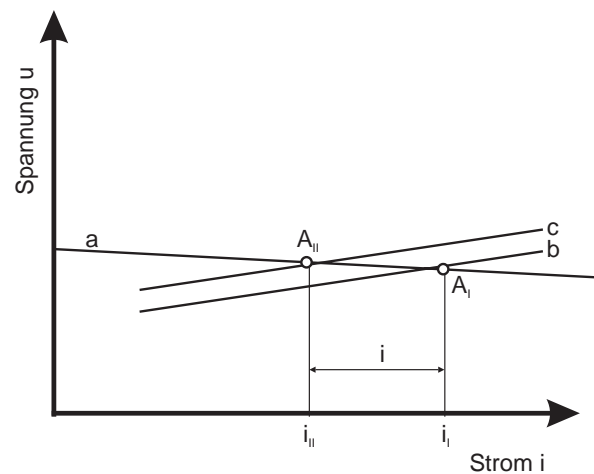


Bild 34 Die innere Regelung (Δi -Regelung) – Verlauf von Stromstärke und Spannung beim Überschweifen einer Stufe

Der Arbeitspunkt AI entspricht den Parametern, mit denen der Lichtbogen auf der Stufe brennt. Beim Übergang über die Stufe verlängert sich der Lichtbogen und der Arbeitspunkt wandert von AI nach AII. Die Stromstärke verringert sich dabei um den Betrag Δ_i . Die Spannung verringert sich nur unwesentlich, da die Charakteristik der Stromquelle leicht fallend ist. Für die Rückführung des jetzt viel zu langen Lichtbogens auf das ursprüngliche Maß sorgt nun die innere Regelung. Bei der niedrigeren Stromstärke i_{II} schmilzt weniger Draht ab als vorher. Da die Fördergeschwindigkeit der Drahtelektrode aber unverändert bleibt, wird der Lichtbogen kontinuierlich kürzer, weil mehr Draht in den Lichtbogen hinein gefördert wird, als zurzeit dort abgeschmolzen wird. Auf diese Weise ist nach kurzer Zeit die ursprüngliche Lichtbogenlänge wieder erreicht und der Lichtbogen brennt wieder mit der vorher eingestellten Stromstärke und Spannung. Diese Regelung arbeitet fast trägheitslos und ist deshalb sehr schnell. Es handelt sich um einen Selbstregelungseffekt innerhalb des Systems, deshalb innere Regelung oder auch Δ_i -Regelung genannt.

8 Durchführen des Schweißens

Der MIG- oder MAG-Schweißer benötigt eine gute Ausbildung, nicht nur im praktischen Schweißen, sondern auch hinsichtlich der theoretischen Besonderheiten des Verfahrens. Dies hilft ihm Fehler zu vermeiden.

8.1 Zünden des Lichtbogens

Nach Betätigung des Brennerschalters setzt sich die Drahtelektrode mit der vorher eingestellten Geschwindigkeit in Bewegung. Gleichzeitig wird sie über das Stromrelais stromführend gemacht und das Schutzgas beginnt zu strömen. Beim Berühren der Werkstückoberfläche entsteht ein Kurzschluß. Wegen der hohen Stromdichte an der Elektrodenspitze beginnt an der Berührungsstelle Material zu verdampfen und der Lichtbogen zündet. Bei hohen Drahtförderraten kann der zunächst noch sehr schwache Lichtbogen

durch den nachdrückenden Drahtwerkstoff wieder erstickt werden, sodaß das Zünden erst nach dem zweiten oder dritten Anlauf gelingt. Es ist deshalb zweckmäßiger mit verminderter Fördergeschwindigkeit zu zünden und erst wenn der Lichtbogen stabil brennt, auf die eigentliche Drahtfördergeschwindigkeit hochzuschalten. Neuzeitliche MIG/MAG-Anlagen bieten die Möglichkeit, eine sogenannte "Einschleichgeschwindigkeit" einzustellen. Das Zünden sollte nie außerhalb der Fuge und nur an solchen Stellen erfolgen, die unmittelbar danach wieder aufgeschmolzen werden. Von nicht überschweißten Zündstellen kann wegen der hohen Abkühlungsgeschwindigkeit solcher örtlich erwärmten Stellen Rißbildung ausgehen.

8.2 Brennerführung

Der Brenner wird in Schweißrichtung etwa 10° bis 20° geneigt und kann schleppend oder stechend geführt werden (Bild 35).

Sein Abstand zum Werkstück soll so sein, daß das freie Drahtende, d.h. der Abstand zwischen der Unterkante der Stromkontaktdüse und dem Ansatzpunkt des Lichtbogens, etwa 10 - 12 x Drahtdurchmesser [mm] beträgt. Bei zu stark geneigtem Brenner besteht die Gefahr, daß Luft in das Schutzgas eingesaugt wird. Stechende Brennerführung ist in der Regel üblich beim Schweißen mit Mas-

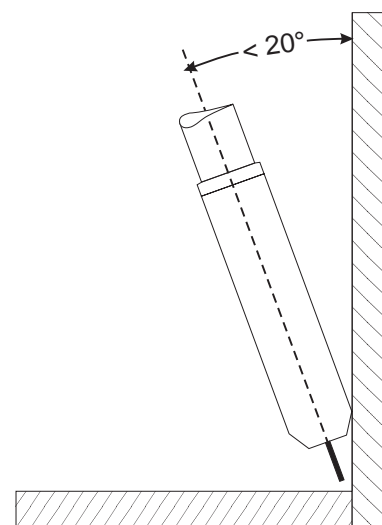


Bild 35 Stellung des Brenners zum Grundwerkstoff

sivdrähten, schleppende Führung beim Einsatz von schlackenführenden Fülldrähten. Leicht schleppend wird der Brenner generell auch in der Position PG geführt. Fallnahtschweißen (Pos. PG) kommt hauptsächlich bei dünneren Blechen vor. Bei dickeren besteht die Gefahr, daß durch vorlaufendes Schweißgut Bindefehler entstehen. Bindefehler durch vorlaufendes Schweißgut können auch in anderen Positionen auftreten, wenn mit zu geringer Schweißgeschwindigkeit geschweißt wird. Breites Pendeln sollte deshalb, von der Position PF abgesehen, möglichst vermieden werden. Die übliche Pendelform ist das offene Dreieck.

8.3 Beenden des Schweißens

Am Ende der Naht darf der Lichtbogen nicht plötzlich abgeschaltet und der Brenner vom Endkrater weggezogen werden. Vor allem bei dickeren Blechen, wo in großvolumigen Raupen tiefe Endkrater entstehen können, ist es günstiger den Lichtbogen langsam vom Bad abziehen oder, wenn die verwendete Anlage dies hergibt, ein Endkraterfüllprogramm einzustellen. Bei den meisten Anlagen kann auch eine gewisse Nachströmzeit des Schutzgases eingestellt werden, damit das letzte noch flüssige Schweißgut unter der Schutzgasabdeckung erstarren kann.

Dies ist aber nur wirksam, wenn der Brenner auch eine Zeitlang am Ende der Naht verweilt.

8.4 Schweißparameter

Die untere Grenze der möglichen Anwendung des Verfahrens für Stumpfnähte liegt bei unlegiertem Stahl bei etwa 0,7 mm, bei nichtrostendem Stahl bei 1 mm und bei Aluminiumwerkstoffen bei etwa 2 mm.

Wurzellagen und Dünnbleche werden meist mit dem Kurzlichtbogen geschweißt oder im unteren Leistungsbereich des Impulslichtbogens. Für Füll-, Deck- und Gegenlagen an dickeren Blechen wird dann mit höherer Leistung der Sprüh- oder Langlichtbogen eingestellt. Diese Schweißarbeiten können aber auch sehr

spritzerarm mit dem Impulslichtbogen ausgeführt werden.

Richtwerte für geeignete Schweißdaten zum Schweißen von Stumpf- und Kehl- nähten können Tabelle 5 bis Tabelle 9 entnommen werden.

| Blechdicke mm | Fugenform | Öffnungswinkel ° | Stegabstand mm | Position | Drahtelektr. Durchm. mm | Drahtvorschub m/min | Stromstärke Ampere | Lichtbogenspannung Volt | Lage | | | | |
|---------------|-----------|------------------|----------------|----------|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|------|-----|----|---|---|
| 1 | I | - | 0 | PA | 0,8 | 3,8 | 70 | 18 | 1 | | | | |
| 2 | | | | | 1,0 | 4,3 | 125 | 19 | | | | | |
| 4 | | | 1,5 | PG | 0,8 | 7,1 | 130 | | | | | | |
| | | | 2,0 | PA | | 4,8 | 135 | | | | | | |
| 6 | | | V | 50 | 2,0 | PG | | 5,4 | | 160 | 20 | 2 | |
| | | | | | | PA | 1,0 | 4,3 | | 125 | 19 | | |
| | | | | | | | | 8,4 | | 205 | 22 | | |
| | | | | | | PG | | 4,7 | | 130 | 19 | | |
| | 8 | | | | | 2,0 | PA | 1,2 | 3,1 | 135 | 18 | | 1 |
| | | | | | | | | | 8,1 | 270 | 28 | | 2 |
| | | | | | | | PF | 1,0 | 3,7 | 100 | 17 | | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | 10 | | | | | 2,5 | PA | 1,2 | 3,2 | 135 | 19 | | 1 |
| | | | | | | | | | 9,0 | 290 | 28 | | 2 |
| | | | | | | | PF | 1,0 | 4,5 | 120 | 18 | | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 15 | | | 3,0 | PA | 1,2 | 3,2 | 130 | 19 | 1 | | | | |
| | | | | | | | | | | 2 | | | |
| | | | | | | | | 9,2 | 300 | 29 | 3 | | |
| | | | | | | | | | | 4 | | | |
| | | | | | | | | | | 5 | | | |
| | | | | PF | 1,2 | 3,2 | 130 | 19 | 1 | | | | |
| | | | | | | | | | | 2 | | | |
| | | | | | | 4,2 | 160 | 20 | 2 | | | | |
| | | | | | | | | | | 3 | | | |
| | | | | | | | | | | 3 | | | |
| 20 | | | PA | | | 3,8 | 140 | 19 | 1 | | | | |
| | | | | | | | | | | 2 | | | |
| | | | | | | | | | | 3 | | | |
| | | | | | | 9,5 | 310 | 29 | 4 | | | | |
| | | | | | | | | | | 5 | | | |
| | | | | | | | | | | 6 | | | |

Tabelle 5 Richtwerte für das MAG-Schweißen von Stumpfnähten an un- und niedriglegiertem Stahl.

Drahtelektrode: G3Si1/G4Si1

Schutzgas: Mischgas M2.1

Werte nach [1] und [2]

| Blechdicke mm | Fugenform | Öffnungswinkel ° | Stegabstand mm | Position | Drahtlekt. Durchm. mm | Drahtvorschub m/min | Stromstärke Ampere | Lichtbogenspannung Volt | Lage | | | | | |
|---------------|-----------|------------------|----------------|----------|-----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|------|-----|--|--|--|--|
| 1 | I | - | 0 | PG | 0,8 | 4,0 | 70 | 15 | 1 | | | | | |
| 2 | | | 1,5 | PA | | | | | | | | | | |
| 4 | | | 2,0 | PG | | | | | | | | | | |
| 4 | | | 2,5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | V | 60 | 2,0 | PA | 1,0 | 3,4 | 95 | 15 | 1 | | | | | |
| 8 | | | | | | 10,0 | 200 | 26 | | | | | | |
| 8 | | | | | | 4,4 | 110 | 16 | | | | | | |
| | | | | | | 10,0 | 200 | 26 | | | | | | |
| 12 | | | | | | 3,0 | 110 | 17 | | | | | | |
| | | | | | | 8,0 | 250 | 28 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 1,2 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tabelle 6 Richtwerte für das MAG-Schweißen von Stumpfnähten an nicht rostendem CrNi-Stahl 1.4541
Drahtelektrode: G199L, Schutzgas: Mischgas M1.2 Werte nach [2]

| a-Maß mm | Position | Drahtelektroden- durchmesser mm | Drahtvorschub m/min | Stromstärke Ampere | Lichtbogenspannung Volt | Lagenzahl |
|----------|----------|------------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|-----------|
| 2,0 | PB | 0,8 | 6,5 | 100 | 17 | 1 |
| | PG | | 7,0 | 110 | 18 | |
| 3,0 | PB | 1,0 | 9,0 | 200 | 24 | 1 |
| | PG | | 8,8 | 195 | 22 | |
| 4,0 | PB | 1,2 | 10,4 | 220 | 26 | 3 |
| 5,0 | | | 8,0 | 250 | 28 | |
| 6,0 | | | | | | |

Tabelle 7 Richtwerte für das MAG-Schweißen von Kehlnähten an nichtrostendem CrNi-Stahl 1.4541.
Drahtelektrode: G 19 9 L, Schutzgas: Mischgas M1.2 Werte nach [2]

| Blech dicke mm | Fugenform | Öffnungswinkel ° | Steghöhe mm | Drahtelektroden- Durchmesser. mm | Drahtvorschub m/min | Stromstärke Am- pere | Lichtbogen- spannung Volt | Lage | |
|----------------|-----------|------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|------|---|
| 2 | I | - | 2 | 0,8 | 5,0 | 110 | 20 | 1 | |
| 4 | | | 4 | 1,2 | 3,1 | 170 | 22 | | |
| 6 | Y | 70 | 1,5 | 1,6 | 6,0 | 220 | 26 | 2 | |
| 8 | | | | | 6,8 | | | | |
| 10 | | | 2,0 | | 6,2 | 200 | 24 | | |
| | | | | | 7,2 | 230 | G | | |
| 12 | | 1,5 | 60 | | 1,2 | 13,7 | 240 | 26 | 1 |
| | | | | | | 12,2 | 220 | 2 | |
| | | | | | | 15,6 | 250 | 28 | G |
| | | | | | | | | | |

*) ohne Stegflächenabstand G= Gegenlage

Tabelle 8 Richtwerte für das MIG-Schweißen von Stumpfnähten an Aluminiumwerkstoffen
Drahtelektrode: GRAIMg5, Schutzgas: Argon, Schweißposition PA, Werte nach [1] und [2]

| a-Maß mm | Position | Drahtelektroden- durchmesser mm | Drahtvorschub m/min | Stromstärke Ampere | Lichtbogenspannung Volt | Lagenzahl |
|----------|----------|------------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|-----------|
| 1,0 | PA/PB | 0,8 | 3,8 | 65 | 17 | 1 |
| | PG | | | | | |
| 2,0 | PA/PB | 0,8 | 7,3 | 130 | 19 | |
| | PG | | 7,1 | 100 | 20 | |
| 3,0 | PB | 1,0 | 10,6 | 215 | 23 | |
| | PG | | 9,0 | 210 | 22 | |
| 4,0 | PA/PB | 10,7 | 220 | 23 | | |
| 5,0 | PB | 1,2 | 9,5 | 300 | 29 | |
| 6,0 | | | | | | |
| 8,0 | PB | 1,2 | 9,5 | 300 | 29 | |
| | PF | 1,0 | 4,8 | 130 | 19 | 2 |
| 10,0 | PB | 1,2 | 9,5 | 300 | 29 | 3 |
| | PF | | | | | 4,2 |

Tabelle 9 Richtwerte für das MAG-Schweißen von Kehlnähten an un- und niedriglegiertem Stahl.
Drahtelektrode: G3Si1/G4Si1, Schutzgas: Mischgas M2.1 Werte nach [1]

Die dem Schweißer zur Information dienenden Strom- und Spannungswerte können an den, meist in die Geräte eingebauten, Meßinstrumenten abgelesen werden. Beim Impulsschweißen zeigen die Anzeigeeinstrumente den sich aus Impuls- und Grundphase bei der eingestellten Pulsfrequenz ergebenden arithmetischen Mittelwert von Stromstärke und Lichtbogenlänge an. Die Tabellen können deshalb auch als Richtwerte für das MIG / MAG-Impulsschweißen dienen. Sind keine Meßgeräte eingebaut, kann mit externen Meßgeräten gemessen werden, oder der Schweißer muß sich nach der ebenfalls in den Tabellen angegebenen Drahtvorschubgeschwindigkeit richten. Die richtige Lichtbogenlänge muß er dann nach dem einstellen, was er sieht und hört.

8.5 Möglichkeiten des Mechanisierens

Beim teilmechanischen MIG/MAG-Schweißen erfolgt die Zugabe des Schweißzusatzes und des Schutzgases, sowie die Regelung der Lichtbogenlänge schon mechanisiert, nur die Schweißfortschrittsbewegung muß noch manuell vorgenommen werden.

Eine Vollmechanisierung ist mit einfachen Mitteln möglich, indem man den Brenner einspannt und in Schweißgeschwindigkeit mit einem Fahrwagen über das Werk-

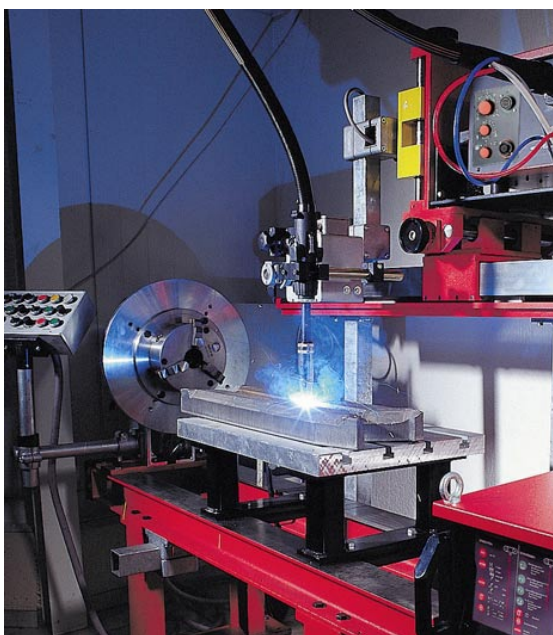


Bild 36 Vollmechanisiertes Schweißen

stück bewegt, oder indem der Brenner stationär aufgehängt wird und ein rotationssymmetrisches Bauteil sich in einer Drehvorrichtung unter dem Brenner bewegt (Bild 36).

Das Konzept des Prozesses macht dieses Verfahren auch geeignet für schwierige Mechanisierungsaufgaben, wo z.B. mehrere Brenner gleichzeitig an einem Werkstück schweißen. Nicht umsonst ist das MIG / MAG-Schweißen deshalb auch das Verfahren, das mit Abstand am meisten beim Lichtbogenschweißen mit Industrierobotern zum Einsatz kommt.

9 Arbeitssicherheit

Beim MIG/MAG-Schweißen geht der Tropfen durch den Lichtbogen über. Infolge der hohen Temperaturen, die dort herrschen, kommt es zu einer stärkeren Metallverdampfung als beispielsweise beim WIG-Prozeß. Es entstehen deshalb auch mehr schädliche Gase und Rauche. Bei Fülldrahtelektroden erhöht sich dieser Anteil noch durch verdampfende Füllungsbestandteile. Es ist deshalb sowohl bei länger andauernden ortsgebundenen Schweißarbeiten als auch bei kurzzeitigen fast immer ein Absaugen der Schadstoffe direkt am Entstehungsort vorgeschrieben. Bei nicht ortsgebundenen Schweißarbeiten genügt mit Ausnahme des Schweißens hochlegierter Stähle und beschichteter Werkstoffe, die freie Lüftung oder die technische Lüftung des Raumes. Beim MIG/MAG-Schweißen bietet es sich an eine brennerintegrierte Absaugung, Bild 37, einzusetzen.

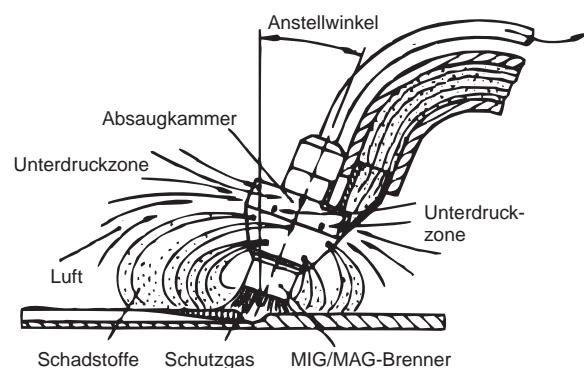


Bild 37 Brennerintegrierte Absaugung

Wichtig ist es, daß die Absaugdüse so konzipiert ist, daß nicht das Schutzgas von der Schweißstelle mitabgesaugt wird.

Der Schweißer muß sich ferner vor der Strahlung des Lichtbogens und vor elektrischen Gefahren schützen. Gegen die infrarote und ultraviolette Strahlung trägt der MIG/MAG-Schweißer in der Regel einen Kopfschirm, der ihm beide Hände frei hält. In diesen Schutzschirm ist das Schweißerschutzfilter integriert. Diese Filter sind neuerdings in DIN EN 169 genormt. Es gibt verschiedene Schutzstufen, die auf dem Glas dauerhaft aufgebracht sein müssen. Beim MIG/MAG-Schweißen werden je nach angewandter Stromstärke Filter der Schutzstufen 10 bis 15 eingesetzt, wobei die Stufe 10 zu den geringeren Strömen gehört und 15 den höheren Stromstärken zugeordnet ist.

Die höchste elektrische Gefährdung geht von der Leerlaufspannung aus. Dies ist die höchste Spannung, welche an der eingeschalteten Stromquelle zwischen den Anschlußbuchsen anliegt, wenn der Lichtbogen nicht brennt. Nach dem Zünden des Lichtbogens ist die Spannung wesentlich geringer, beim MIG/MAG-Schweißen etwa zwischen 17 bis 30 Volt. Nach der UVV VBG 15 dürfen Stromquellen für Gleichstrom im normalen Betrieb einen Scheitelwert der Leerlaufspannung von max. 113 Volt haben. Bei Wechselstromanlagen, die neuerdings in speziellen Fällen beim MIG/MAG-Schweißen eingesetzt werden, beträgt dieser Wert ebenfalls 113 Volt, jedoch ist der Effektivwert auf max. 80 Volt begrenzt. Unter erhöhter elektrischer Gefährdung, z.B. beim Schweißen in engen Räumen oder auf großen Eisenmassen, gelten für Wechselstrom herabgesetzte Werte, z.B. ein Scheitelwert von 68 Volt und ein Effektivwert von 48 Volt. Neuere Schweißstromquellen, die diese Forderung erfüllen, tragen nach DIN EN 60974-1 das Zeichen "S". Ältere Stromquellen können dagegen noch mit "K" (Gleichstrom) oder "42 V" (Wechselstrom) gekennzeichnet sein. Gegen elektrische Schläge schützt der Schweißer sich am

sichersten durch nicht beschädigte Schweißerhandschuhe aus Leder und gut isolierende Arbeitskleidung einschließlich Schuhwerk.

10 Besonderheiten verschiedener Werkstoffe

Es wurde schon gesagt, daß das MIG/MAG-Verfahren sich für das Schweißen einer großen Palette von Werkstoffen eignet. Im Folgenden werden einige Besonderheiten behandelt, die sich bei den verschiedenen Werkstoffe ergeben.

10.1 Un- und niedriglegierte Stähle

Un- und niedriglegierte Stähle werden unter Mischgasen M1, M2, M3 oder unter reinem Kohlendioxid geschweißt (Bild 38). Wegen der geringeren Spritzerbildung, vor allem im oberen Leistungsbereich, dominieren in Deutschland aber die Mischgase. Diese Stähle lassen sich im allgemeinen gut mit dem MAG-Verfahren schweißen. Eine Ausnahme bilden hochkohlenstoffhaltige Sorten, wie E 360 (früher St. 70), mit ca. 0,45 % C. Durch den großen Einbrand des Prozesses nimmt das Schweißgut durch Vermischung relativ viel Kohlenstoff auf und es kommt dadurch zu einer Gefährdung durch Heißrisse. Abhilfe ist möglich durch alle Maßnahmen, welche den Einbrand und damit die Vermischung reduzieren. Dazu zählen niedrige Stromstärken ebenso wie



Bild 38 MAG-Schweißen an Trägern im Stahlbau

Schweißen auf dem etwas vorlaufenden Schweißgut - Vorsicht: Bindefehlergefahr. Porenbildung entsteht bei un- und niedriglegierten Stählen hauptsächlich durch Stickstoff. Dieser kann durch Aufmischung beim Schweißen von Stählen mit hohem Stickstoffgehalt stammen, z.B. bei nitrierten Stählen. Meist wird der Stickstoff aber infolge einer unvollständigen Schutzgasglocke aus der Luft aufgenommen. Ein sicherer Schutz ist gewährleistet, wenn die richtige Schutzgasmenge eingestellt wurde und Verwirbelungen des Schutzgasstromes, z.B. durch Spritzer in der Schutzgasdüse oder Instabilitäten des Prozesses, vermieden werden. Kohlendioxid als Schutzgas ist weniger empfindlich gegen diese Art der Porenbildung als Mischgase. Bei Mischgasen nimmt die Empfindlichkeit mit steigendem CO₂-Gehalt ab.

10.2 Hochlegierte Stähle und Nickelbasislegierungen

Auch diese Werkstoffgruppe läßt sich prinzipiell mit dem MIG / MAG-Prozeß gut schweißen. Als Schutzgase kommen für hochlegierte Stähle Argon / Sauerstoff-Gemische mit 1-5 % Sauerstoff (M1.1) oder Argon mit CO₂-Gehalten bis zu 2,5% (M1.2) zur Anwendung. Einen bedeutenden Nachteil stellen beim Schweißen korrosionsbeständiger Stähle die Oxidhäute dar, die nach dem Schweißen auf und neben der Naht zurückbleiben. Diese müssen vollständig durch Bürsten, Beizen oder Strahlen entfernt werden bevor das Bauteil in Betrieb geht, weil sie die Korrosionsbeständigkeit verschlechtern. Der Säuberungsaufwand ist bei MAG-geschweißten Nähten größer als beim E-Handschiessen, wo die Schlackenabdeckung dem Sauerstoff bei höheren Temperaturen noch den Zutritt zur Nahtoberfläche verwehrt. Ein Teil der wirtschaftlichen Vorteile des teilmechanischen Schweißens kann deshalb durch die höheren Nacharbeitungskosten wieder verloren gehen. CO₂-haltige Mischgase verhalten sich in dieser Hinsicht etwas günstiger als O₂-haltige. Sie werden deshalb zunehmend angewendet. Der Koh-

lendioxidanteil im Schutzgas darf aber nicht zu hoch werden, weil das im Lichtbogen zerfallende Gas zur Aufkohlung des Schweißgutes führt und damit zu einer Herabsetzung der Korrosionsbeständigkeit. Der zulässige CO₂-Gehalt ist deshalb auf max. 5 % begrenzt.

Beim Schweißen korrosionsbeständiger Stähle muß jede Überhitzung vermieden werden, weil sie durch Ausscheidung von Chromkarbid zur Versprödung und zur Herabsetzung der Korrosionsbeständigkeit führen kann. Es muß deshalb das Wärmeeinbringen kontrolliert und dem Werkstoff eventuell durch Einlegen von Abkühlungspausen Gelegenheit zum Zwischenabkühlen geboten werden. Bei den Werkstoffen aus der Gruppe der vollaustenitischen Stähle ist "kaltes" Schweißen auch zur Vermeidung von Heißrissen angesagt.

Da austenitische Stähle durch Wasserstoff nicht verspröden, können dem Argon zur Leistungssteigerung (Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit) auch einige Prozent Wasserstoff beigemischt werden. Wegen der Porengefahr sollte der H₂-Gehalt aber nicht über 7 % liegen. Duplexstähle, die eine Zweiphasen-Struktur aus Austenit und Ferrit besitzen, neigen dagegen wieder mehr zu wasserstoffinduzierter Rißbildung.



Bild 39 MIG-Aluminium-Schweißen im Fahrzeugbau

Nickelbasislegierungen werden in der Regel unter Argon MIG-Geschweißt. Bei Reinnickel und einigen Legierungen können geringe Wasserstoffzusätze die Oberflächenspannungen verringern und so die Nahtzeichnung verbessern.

10.3 Aluminium und Aluminiumlegierungen

Aluminiumwerkstoffe werden grundsätzlich MIG-geschweißt (Bild 39).

Als Schutzgas kommt im Regelfall Argon zur Anwendung. Wegen der großen Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums wirken sich hier Heliumzugaben besonders günstig aus. Helium verbessert, wie bereits erwähnt, die Wärmeleitfähigkeit und den Wärmeinhalt der Schutzgasatmosphäre. Dies bringt einem tieferen und breiteren Einbrand, wie es schematisch in Bild 40 gezeigt wird.

Wo der tiefere Einbrand nicht gebraucht wird, z. B. beim Schweißen dünner Bleche, kann bei gleicher Einbrandform entsprechend schneller geschweißt werden. Dickere Querschnitte von Aluminium müssen wegen der großen Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes vorgewärmt werden. Dies sichert nicht nur ausreichenden Einbrand, sondern verringert auch die Porenanfälligkeit, weil das Schweißgut mehr Zeit zum Entgasen während des Erstarrens hat. Bei Verwendung von heliumhaltigen Schutzgasen - üblich sind Gehalte von 25 oder 50 % - kann die Vorwärmung verringert werden, bzw. bei geringeren Wanddicken kann ganz auf das Vorwärmen verzichtet werden. Dies gleicht den höheren Preis der heliumhaltigen Gase teilweise wieder aus.

Schwierigkeiten, die hochschmelzende Oxidhaut auf dem Bad zu beseitigen, bestehen beim MIG-Schweißen nicht, weil

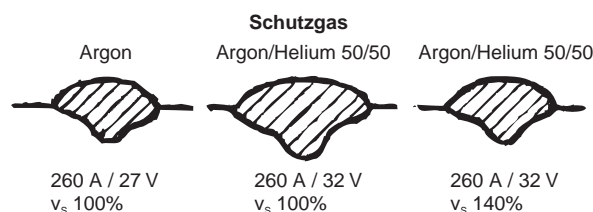


Bild 40 Einbrandprofil bei verschiedenen Schutzgasen. Werkstoff: AlMg₃, Drahtelektrode: Ø1,6mm

der Pluspol an der Elektrode liegt (katodische Reinigung). Trotzdem ist es ratsam, die Oxidhäute unmittelbar vor dem Schweißen durch Schaben oder Bürsten zu entfernen, da sie hygroskopisch sind und daher Wasserstoff ins Schweißgut bringen. Wasserstoff ist die alleinige Ursache für Porenbildung beim Schweißen von Aluminiumwerkstoffen. Aluminium hat im flüssigen Zustand eine relativ große Löslichkeit für Wasserstoff, im festen Zustand ist dieses Gas dagegen fast gar nicht im Metall löslich. Jeglicher Wasserstoff, der beim Schweißen aufgenommen wurde, muß deshalb das Schweißgut vor der Erstarrung verlassen, wenn keine Poren auftreten sollen. Dies ist vor allem bei dickeren Querschnitten nicht immer möglich. Gänzlich porenfreie Nähte sind deshalb, wenn größeren Wanddicken vorliegen, bei Aluminiumwerkstoffen nicht zu erreichen. Die günstige Wirkung einer Vorwärmung wurde schon vorher erwähnt.

AlMg- und AlSi-Legierungen neigen bei Si-Gehalten von etwa 1 % bzw. Mg-Gehalten von etwa 2 % zur Heißrissigkeit beim Schweißen. Dieser Legierungsbereich sollte durch Auswahl des Schweißzusatzes vermieden werden. Meist verhält sich die nächst höher legierte Drahtelektrode besser als eine artgleiche.

10.4 Sonstige Werkstoffe

Außer den schon genannten Werkstoffen werden noch Kupfer und Kupferlegierungen in nennenswertem Maße MIG-geschweißt. Reinkupfer muß wegen der großen Wärmeleitfähigkeit relativ hoch vorgewärmt werden, um Bindefehler zu vermeiden.

Das Schweißgut von Bronzedrähten, z.B. solche aus Aluminium- oder Zinnbronze, besitzt gute Gleiteigenschaften. Es wird deshalb für Auftragsschweißungen an Gleitflächen verwendet. Bei solchen Schweißungen auf Eisenwerkstoffen muß der Einbrand durch geeignete Maßnahmen gering gehalten werden, weil Eisen in Kupfer nur eine geringe Löslichkeit hat. Es wird in Form von Kügelchen im

Schweißgut eingeschlossen und vermindert die Gebrauchseigenschaften.

Ähnlich sind die Bedingungen beim MIG-Löten. Dieses Verfahren wird z.B. zum Verbinden verzinkter Bleche im Automobilbau eingesetzt. Als Zusätze werden Drahtelektroden aus Silizium- oder Zinnbronze verwendet. Durch den niedrigeren Schmelzpunkt dieser Bronzen wird die Zinkverdampfung verringert. Es entstehen weniger Poren und der Schutz durch die Zinkschicht bleibt bis nahe an die Naht heran und auch auf der Rückseite der Bleche erhalten. Auch hierbei sollte möglichst kein Einbrand in den Stahlwerkstoff hinein entstehen, sondern die Bindung sollte, wie beim Hartlöten, nur durch Diffusions- und Adhäsionskräfte erfolgen. Dies wird durch angepasste Schweißparameter und eine besondere Brennerhaltung erreicht, wodurch der Lichtbogen nur auf dem flüssigen Schmelzbad brennt.

11 Anwendung des MIG / MAG-Schweißens

11.1 Fertigungszweige

Der Anteil des Verfahrens liegt, gemessen an allen Lichtbogenschweißverfahren, auf das abgesetzte Schweißgut bezogen, nach einer neueren Statistik bei 80 %.

Es gibt kaum einen Industriezweig, in dem das MIG/MAG-Schweißen nicht angewendet wird. Hauptanwendungsgebiete sind der Fahrzeugbau, wo z.B. Kraftfahrzeuge, Lokomotiven und Schienenfahrzeuge gefertigt werden. Hier wird zunehmend auch der Werkstoff Aluminium verwendet. Weitere Anwendungen gibt es im Stahl- und Brückenbau, im Schiffbau und im Maschinenbau. Im Kran- und Baggerbau werden zunehmend höherfeste Stähle verwendet, für die sich das MAG-Verfahren besonders eignet, weil das Schweißgut einen niedrigen Wasserstoffgehalt besitzt und deshalb keine Kaltrisse entstehen. Etwas unterrepräsentiert ist das MAG-Schweißen im Kessel-, Apparate- und Rohrleitungsbau, wo wegen der ausge-

zeichneten Güterwerte des Schweißgutes vielfach noch basische Stabelektroden verschweißt werden.

Aber nicht nur in der Industrie, sondern auch im Handwerk findet man kaum eine Werkstatt, in der nicht MAG-geschweißt wird. Dies trifft sowohl auf Kfz-Werkstätten, als auch auf Schlossereien und kleine Stahlbaubetriebe zu.

11.2 Anwendungsbeispiele

Einige ausgesuchte Anwendungsbeispiele sollen abschließend den zweckmäßigen Einsatz des MIG / MAG-Prozesses verdeutlichen.

Bild 38 zeigt die Anwendung des MAG-Schweißens im Stahlbau.

An Trägern, wie sie im Bild zu sehen sind, kommen an den Ecken Kehlnähte oder Doppel-HV-Nähte vor. Bei längeren Trägern müssen auch Stumpfnähte quer zur Hauptbelastungsrichtung geschweißt werden. Für diese gelten besondere Festlegungen bezüglich der Fehlerfreiheit.

An den Karosserien von Pkws kommen neben zahlreichen Widerstandsschweißpunkten auch kurze MAG-Nähte vor (Bild 41).

Bei verzinkten Blechen werden diese auch MIG-gelötet. Karosserien aus Aluminium werden Widerstandspunkt- und MIG-geschweißt.

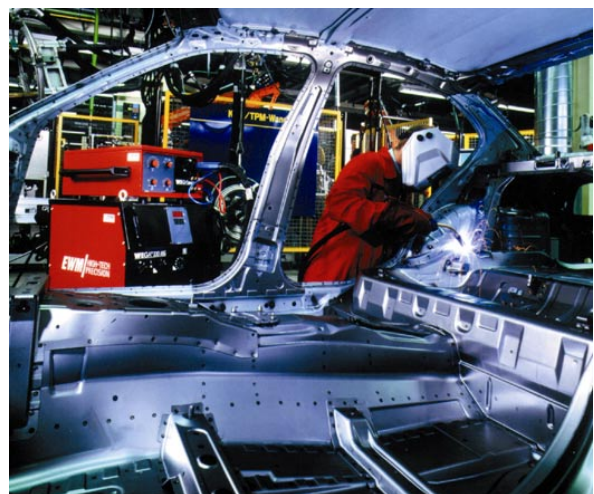


Bild 41 MIG-Löten beim Zusammenbau der Karosserie



Bild 42 MIG-Schweißen beim Herstellen von Aufliedertanks

Bild 42 zeigt das MIG-Schweißen an Aufliedertanks von Tankfahrzeugen, die aus Aluminiumlegierungen gefertigt werden.

Damit bei den relativ weichen Aluminiumdrähten keine Förderschwierigkeiten auftreten, wird hier mit einem Push-Pull-Antrieb geschweißt.

12 Schrifttum

[1] R. Killing: Handbuch der Schweißverfahren, Teil 1: Lichtbogenschweißen, Fachbuchreihe Schweißtechnik, Band 76/I, DVS-Verlag Düsseldorf 1999

[2] G. Aichele: Leistungskennwerte für Schweißen und Schneiden, Fachbuchreihe Schweißtechnik, Band 72, DVS Verlag Düsseldorf 1994

13 Impressum

Die MIG/MAG-Fibel, 2. Ausgabe 2002
Aus der Schriftenreihe EWM-Wissen –
rund ums Schweißen

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten. Kein Teil dieser Broschüre darf ohne schriftliche Einwilligung von EWM in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© EWM HIGHTEC WELDING GmbH

Dr.-Günter-Henle-Str. 8

D-56271 Mündersbach

Fon: +49(0)2680.181-121

Fax: +49(0)2680.181-161

<mailto:info@ewm.de>

<http://www.ewm.de>

Satz:

EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach

Druck:

Müller Digitaldruck GmbH, Montabaur



FÜR JEDES MATERIAL DAS RICHTIGE SCHWEISSGERÄT

FÜR JEDE AUFGABE DIE RICHTIGE LÖSUNG

PiCO



DIE KLEINEN, STARKEN
E-HAND-SCHWEISSGERÄTE

Die PICO-Geräte sind speziell entwickelt für den Baustellen- und Montageeinsatz: Kompakt und leistungsfähig, ideal für Anwendungen im Freien.



PiCOTIG

TRITON

TETRIX



DIE FLEXIBLEN
WIG-SCHWEISSGERÄTE

Dank einfachster Bedienung und ausgezeichneten Schweißigenschaften erzielen die WIG-Schweißgeräte-Familien bei allen Anwendungen hervorragende Ergebnisse – egal ob auf Montage oder in der Produktion.



SATURN

WEGA

PHOENIX

VON KONVENTIONELL BIS DIGITAL – DIE MIG/MAG-SCHWEISSGERÄTE



1000fach bewährt: die robusten Stufengeschalteten – geeignet für Einsatzbereiche in Industrie und Handwerk, in denen es rau zugeht.



Volldigitale Inverter-Geräteserie mit einfachster Bedienung und höchstem Komfort für alle Anforderungen von manuellen bis hin zu komplexen automatisierten MIG/MAG- Impuls- und Standard-Anwendungen.

inverter **MICROPLASMA**

TETRIX PLASMA



BESSER GEHT'S NICHT –
DIE PLASMA-SCHWEISSGERÄTE

Die innovativen Plasma-Schweißgeräte erreichen immer höchste Schweißnahtqualität. Sie ermöglichen wirtschaftlich Ergebnisse auf maximalem Niveau.



INTERESSIEREN SIE SICH FÜR WEITERE SCHWEISSTECHNISCHE THEMEN? WIR BIETEN IHNEN FOLGENDE INFORMATIONEN:

Aus der Dokumentationsreihe "Wissen - rund um das Schweißen" sind Fibeln für das E-Hand-, WIG-, Plasma- und MIG/MAG-Schweißverfahren erhältlich.



Poster (DINA1)
"Verfahren der Lichtbogen - Schweißtechnik"



Prospekte der gesamten Produktpalette



Fachaufsätze u.a. zu den Themen MAG-Hochleistungs-, Plasma-Aluminium- oder WIG-Impuls-Schweißen.



Alle Informationen finden Sie auch im Internet unter www.ewm.de



Verkauf, Beratung, Service

EWM / **HIGHTEC[®] WELDING**

E I N F A C H M E H R

EWM

HIGHTEC WELDING GmbH

Dr.-Günter-Henle-Strasse 8 · D-56271 Mündersbach

Phone +49(0)2680-18 10 · Fax +49(0)2680-18 1244

www.ewm.de · info@ewm.de