

Auswahlkriterien für Metall-Schutzgas-Schweißanlagen

Heinz Hackl Ing. Mag., Fronius International GmbH

Je nach Schweißaufgabe werden unterschiedliche Gerätetypen und -systeme eingesetzt. Der vorliegende Artikel beschreibt Auswahlkriterien für konventionelle und vollständig elektronisch geregelte Gerätebauarten.

1. Bauarten von Schweißstromquellen

Die für das Lichtbogenschweißen erforderlichen hohen Stromstärken, bei relativ geringen Spannungswerten, werden bei den diversen Stromquellenbauarten nach unterschiedlichen Prinzipien erzeugt.

Charakteristikum aller Bauarten ist der Schweißtransformator, welcher einerseits zur Anpassung von Strom und Spannung und andererseits als galvanische (isolierende) Trennung zwischen der Netzversorgung und dem Schweißstromkreis dient.

Entscheidend für die Abmessungen und das Gewicht von elektronischen Stromquellen ist jedoch die Anordnung des Trafos im Energiepfad.

1.1 Konventionelle Stromquellen

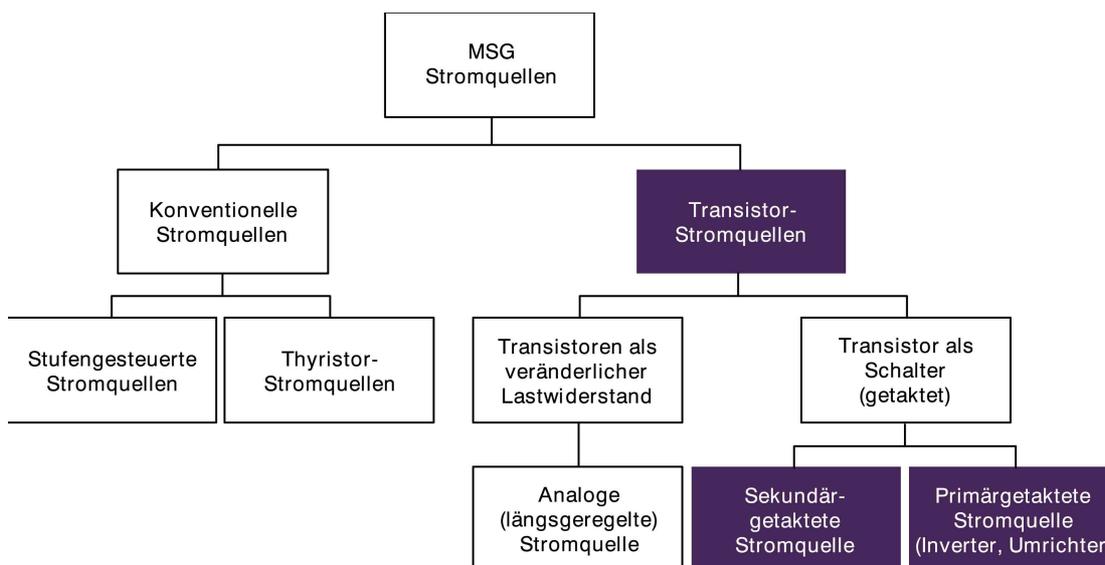


Bild 1: Bauarten von MSG-Stromquellen

Grundsätzlich können die Bauarten von Stromquellen in zwei große Gruppen unterteilt werden. Zum einen gibt es die konventionellen Stromquellen (stufengesteuerte und thyristorgesteuerte Anlagen), zum anderen die umfangreiche Kategorie der transistorgesteuerten Stromquellen (siehe Bild 1).

Konventionelle Stromquellen haben zwar an Bedeutung verloren, werden aber nach wie vor in Industrie und Gewerbe eingesetzt. Das Anwendungsgebiet von konventionellen Stromquellen erstreckt sich hauptsächlich auf das manuelle MAG-Schweißen von Stahl, im Bereich des Kurz- und Sprühlichtbogens.

Anlagen mit Einstellung der Schweißenergie in Stufen, sind mit einem maximalen Schweißstrom von 150 bis 500 Ampere am Markt verfügbar. Ausgeführt sind die Maschinen sowohl als Kompaktgerät mit integrierten Drahtantrieb, als auch mit externem Drahtantrieb. Die stufengesteuerten Anlagen sind einfach aufgebaut und zeichnen sich durch ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis aus.

Zur Arbeitserleichterung bei der Geräteeinstellung, bieten einige Hersteller einen Programmbetrieb an. Sämtliche Funktionen des Programmbetriebes führt eine digitale Steuereinheit, meist ein Mikrocontroller, aus. Entsprechend der gewählten Schalterstufe, zeigt ein digitales Display die Blechdicke - als Maß für die eingestellte Schweißleistung - an. Die korrekte Drahtgeschwindigkeit wird automatisch miteingestellt. Zusätzlich erfolgt am Display die Angabe für die Auswahl der entsprechenden Drosselanzapfung für das Massekabel.

Die mittels ausgewählter Drosselanzapfung eingestellte Drosselwirkung - auch als Induktivität bezeichnet - dient der dynamischen Anpassung des Schweißstromes im Kurzschlußfall. Wichtig ist dies sowohl beim Zünden des Lichtbogens, als auch während des Schweißens im Kurzlichtbogen.

Für eine gute Zündung entscheidend, ist eine kleine Kontaktfläche zwischen Draht und Werkstück, ein ausreichend hoher Kurzschlußstrom (abhängig von Drahtdurchmesser und Drahtqualität) und ein rasch ansteigender Stromverlauf. Die beiden letztgenannten Kriterien werden durch die Wirkung der Drossel maßgeblich beeinflusst. Ebenso spielt die Drosselwirkung für das Kurzschlußverhalten des Kurzlichtbogens eine zentrale Rolle.

Eine hohe Drosselwirkung ist gleichbedeutend mit einer hohen Induktivität im Schweißkreis und bewirkt einen eher weichen, spritzerarmen Lichtbogen. Eine geringe Drosselwirkung ist gleichbedeutend mit einer niedrigen Induktivität und bedingt einen harten, stabilen Lichtbogen. Der Schweißer wünscht sich beim Zünden eine geringe Drosselwirkung, während des Schweißens im Kurzlichtbogen eine hohe Wirkung der Drossel. Der klassische Zielkonflikt ist die Folge.

Im Gegensatz dazu ist bei vollständig elektronisch geregelten Anlagen eine stufenlose und zeitliche Anpassung der Drosselwirkung an die Erfordernisse des Schweißprozesses Stand der Technik. Das Inverterprinzip erlaubt die künstliche Nachbildung der Wirkungsweise einer Drosselspule (virtuelle Drossel).

Thyristorgesteuerte Anlagen ermöglichen, aufgrund der geringen Netzfrequenz von 50 Hz, keine virtuelle Drosselwirkung. Daher ist auch bei diesem Typ eine kompromißbehaftete Einstellung, durch Umstecken des Massekabels, unumgänglich. Thyristorgesteuerte Anlagen sind nicht so komplex wie elektronisch geregelte Stromquellen, bieten daher auch weniger Einflußmöglichkeiten auf den Schweißprozeß. Siehe Tabelle zur Auswahl der Leistungskategorie von MSG Stromquellen im Anhang

1.2 Analoge Stromquellen

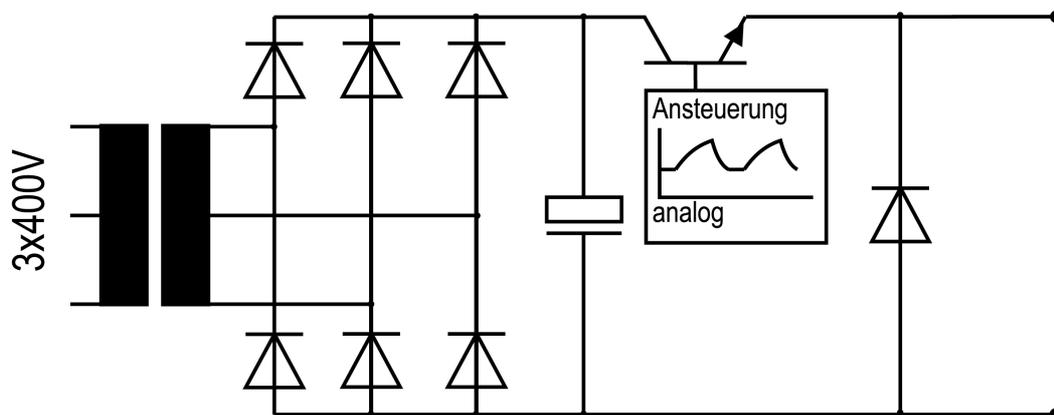


Bild 3: Blockschaubild einer analogen Stromquelle

Die Stromquelle enthält einen 50 Hz Transformator, einen Gleichrichter und eine Transistorkaskade. Die Transistorkaskade besteht aus zahlreichen parallelgeschalteten Leistungstransistoren und dient als stufenlos einstellbarer Vorwiderstand. An der Transistorkaskade fällt jener Teil der Spannung ab, welcher nicht für den Schweißprozeß benötigt wird.

Die dabei entstehende Verlustleistung erwärmt die Leistungstransistoren. In der Regel werden sie daher über einen Wasserkühlkreis gekühlt. Der Vorteil dieser Anordnung ist in ihrer hohen Reaktionsgeschwindigkeit zu sehen. Der Nachteil ist die enorme Verlustleistung, welche an den Leistungstransistoren abgegeben wird. Ein sehr schlechter elektrischer Wirkungsgrad ist die Folge, weshalb dieses Gerätekonzept praktisch vom Markt verschwunden ist.

1.3 Sekundärgetaktete Stromquelle

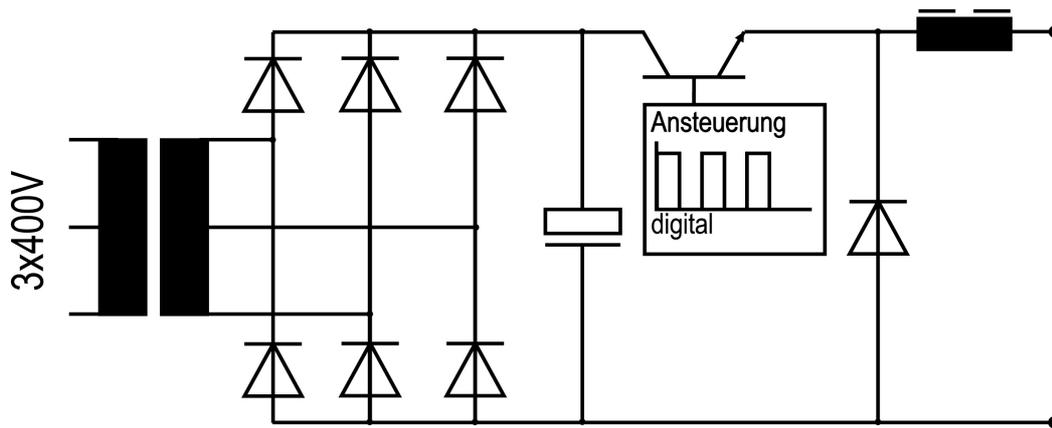


Bild 4: Blockschaltbild einer sekundärgetakteten Stromquelle

Die Stromquelle enthält einen voluminösen 50 Hz Transformator, einen Gleichrichter und eine Transistorstufe, welche als Schalter dient. Die Transistorstufe wird periodisch mit einer bestimmten Taktfrequenz (z.B. 20.000 mal pro Sekunde = 20 kHz) ein- und ausgeschaltet. Das periodische Ein- und Ausschalten bezeichnet man als "takten".

In dieser Anordnung kann man sich den Transistor wie einen mechanischen Lichtschalter vorstellen, welcher ein- und ausgeschaltet wird. Bei einem idealen Schalter fällt weder im geöffneten noch im geschlossenen Zustand eine Verlustleistung an. Dies läßt einen hohen elektrischen Wirkungsgrad erwarten. Halbleiterschalter sind natürlich keine idealen Schaltelemente, d.h. sie sind mit Verlustleistung behaftet. Allerdings ist die Verlustleistung sehr gering.

Ein weiterer Vorteil der Transistoren ist in der enormen Schaltgeschwindigkeit zu sehen. In dem für das Schweißen typischen Leistungsbereich, können mit modernen Halbleiterschaltern Taktfrequenzen bis zu 200 kHz (kiloHertz) erreicht werden. Darüber hinaus haben die Halbleiterschalter die Eigenschaft, daß sie sich mit geringsten elektrischen Leistungen ansteuern lassen. D.h. man kann mit wenigen Watt Steuerleistung eine Stromquelle mit 20 Kilowatt (500 Ampere) steuern. Je nach verwendeter Transistortype sind für den Schweißbereich folgende Taktfrequenzen üblich:

Halbleitertyp	Schaltsymbol	Taktfrequenz
Bipolarer Transistor		bis zu 30 kHz
MOS (Metall-Oxid-Semikonduktor)		bis zu 200 kHz
IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor)		bis zu 40 kHz

Bild 5: Leistungshalbleiter

Je höher die Taktfrequenz des Transistors, desto geringer ist die Welligkeit des Schweißstromes. Eine geringe Welligkeit des Schweißstromes wirkt sich positiv auf die Reaktionsgeschwindigkeit aus, und folglich besteht die Möglichkeit, den Schweißprozeß besser zu beeinflussen.

Damit die Schweißleistung bei getakteten Stromquellen in einem großen Bereich frei eingestellt werden kann, muß das Verhältnis der Einschalt- zur Ausschaltzeit verändert werden. Diese Methode wird als Pulsbreitenmodulation bezeichnet.

Ist das Verhältnis von Einschalt- zur Ausschaltzeit groß, erhält man einen hohen Mittelwert der Ausgangsleistung. Ist das Verhältnis Einschalt- zur Ausschaltzeit klein, erhält man einen geringen Mittelwert der Ausgangsleistung.

Sekundärgetaktete Stromquellen takten üblicherweise mit Frequenzen zwischen 3 und 30 kHz.

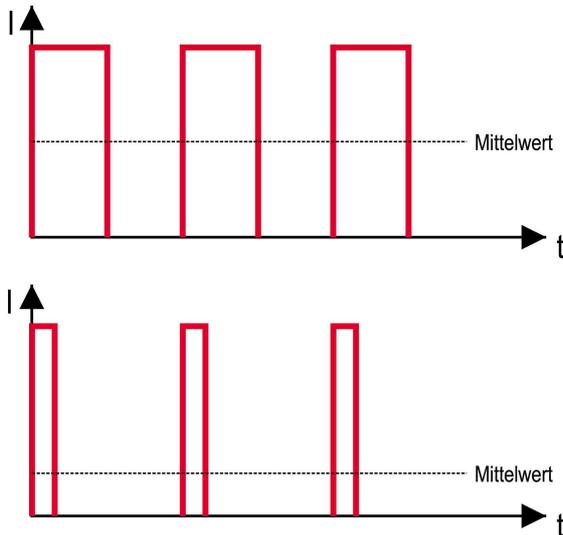


Bild 6: Getakteter Stromverlauf bei Pulsbreitenmodulation

1.4. Primärgetaktete Stromquelle (Inverter)

Kennzeichen von Inverterstromquellen ist, daß der Schweißtransformator im Energiepfad erst nach dem Schalttransistor angeordnet ist. Dadurch kann der Transformator, unabhängig von der Netzfrequenz (50 Hz), auf eine sehr viel höhere Frequenz ausgelegt werden. Der Grund dafür ist, daß Gewicht und Volumen von Transformatoren, einem elektrotechnischen Gesetz folgend, von der Frequenz abhängen mit welcher man sie betreibt. Je höher die Frequenz, desto geringer das Volumen.

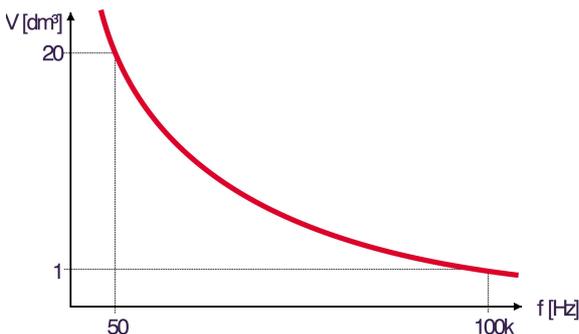


Bild 7: Zusammenhang von Volumen und Frequenz eines Transformators bei einer bestimmten Ausgangsleistung

Genau diesen Zusammenhang zwischen Volumen und Frequenz nutzen Inverterstromquellen. Daher haben Inverterstromquellen ein geringes Gewicht und eine kleine Baugröße, ohne dabei an Leistungsfähigkeit einzubüßen. Folglich sind sie leichter zu transportieren. Dies ist besonders wichtig für den Baustelleneinsatz. Weiters benötigen Inverter, infolge des geringen Volumens, weniger Stellfläche in den häufig beengten Verhältnissen der Werkstätten.

Ein weiterer Vorteil ist im hohen elektrischen Wirkungsgrad (bis zu 90%) begründet. Damit die hohe Taktfrequenz genutzt werden kann, muß zunächst die Netzspannung im Primärgleichrichter gleichgerichtet werden. Die nach dem Primärgleichrichter vorhandene Gleichspannung wird mit einem Transistorschalter in eine hohe Frequenz umgewandelt. Daraus leitet sich auch die Bezeichnung Inverterstromquelle (invertieren = umwandeln) ab.

Anschließend wird die hochfrequente Spannung dem Transformator zugeführt. Im Sekundärgleichrichter wird die Ausgangsspannung des Transformators nochmals gleichgerichtet.

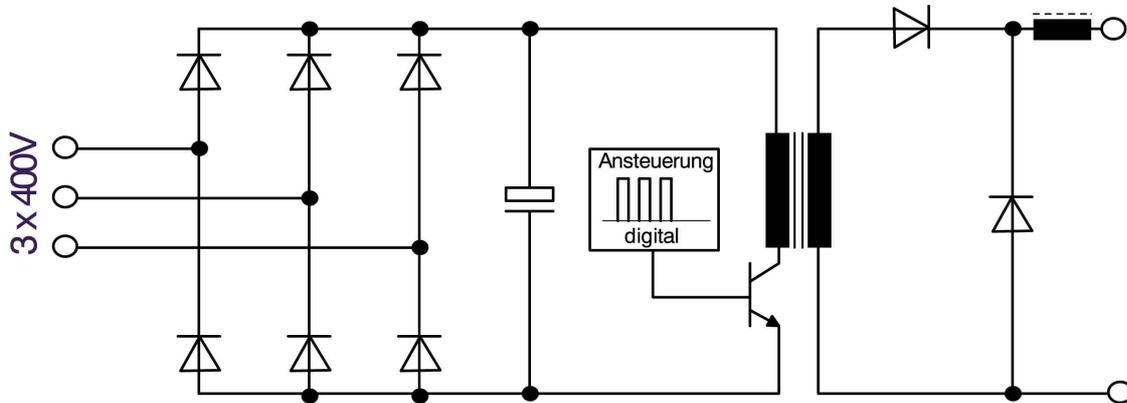


Bild 8: Primärgetaktete Stromquelle (Inverter)

Bei Inverterstromquellen sind die Schweißeigenschaften nicht von der Bauart des Transformators und der Ausgangsdrossel abhängig. Dadurch wird eine flexible Anpassung der Stromquellencharakteristik an die jeweilige Aufgabe ermöglicht.

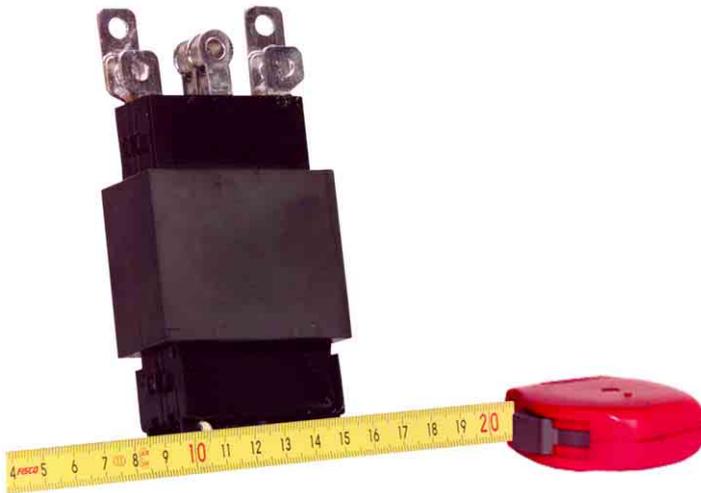


Bild 9: Schweißtransformator neuester Technologie einer 270 Ampere MSG-Inverterstromquelle mit 100 KHz Taktfrequenz

1.5 Digitale Stromquellen

Einen revolutionären Schritt in der Stromquellenentwicklung bedeutet die völlige Digitalisierung des Systems. Dieser Quantensprung ist mit der Weiterentwicklung von der Schallplatte zur Musik-CD vergleichbar.

Zwar wurden bisher in rechnergesteuerten Stromquellen ebenfalls Mikrocontroller eingesetzt, aber der Prozeßregler - ein Herzstück - war immer analog ausgeführt. Als wesentlicher Grund dafür ist die hohe Rechenleistung, welche zur schnellen Verarbeitung der Daten erforderlich ist, anzusehen.

Erst durch die Verwendung von digitalen Signalprozessoren (DSP) wurde dieser entscheidende Schritt zur vollkommenen Digitalisierung möglich. Dies bedeutet, daß die Schweißeigenschaften (Lichtbogencharakteristik) von der Software bestimmt werden und nicht allein von einer starren, kaum veränderbare Hardware abhängen. Eine höhere Performance beim Schweißen resultiert daraus.

Dadurch eröffnen sich ungeahnte Möglichkeiten, den Schweißprozeß über Software zu beeinflussen. Infolge der zusätzlichen, digitalen Prozeßüberwachung steigt die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Schweißergebnisse, da der Einfluß der mit Temperaturdrift behafteten analogen Bauteile eliminiert wird.

Transistorgesteuerte Anlagen werden im manuellen und vollautomatischen Betrieb eingesetzt und sind im Strombereich von 250 bis 600 Ampere marktüblich. Vollständig digitalisierte Stromquellen bieten eine Reihe von anwenderspezifischen Vorteilen. Einige davon sind im folgenden angeführt.

2. Impulslichtbogen

Unter Argon und argonreichen Schutzgasen kann, durch eine geeignete Parameterauswahl von Grund- und Impulsstrom, ein gesteuerter, kurzschlußfreier Werkstoffübergang erreicht werden.

Bei optimaler Parameterwahl wird genau ein Tropfen Zusatzwerkstoff pro Impuls von der Drahtelektrode abgelöst. Das Ergebnis ist ein nahezu spritzerfreier Schweißprozeß.

Untersuchungen im Hause Fronius haben gezeigt, daß für unterschiedliche Zusatzwerkstoffe und Schutzgase eine angepaßte Impulsform erforderlich ist. Das hat dazu geführt, daß für jeden Zusatzwerkstoff eine "maßgeschneiderte" Impulsform verwendet wird.

Das typische Anwendungsgebiet des Impulslichtbogens erstreckt sich auf das Schweißen von Aluminium, hochlegierten Stählen, Nickelbasislegierungen und bei unlegierten Stählen auf den Bereich des Übergangslichtbogens. Der Impulslichtbogen erlaubt die Verwendung von größeren Drahtdurchmessern, auch für den Dünoblechbereich. Größere Drahtdurchmesser sind leichter zu fördern - besonders wichtig für weiche Drähte wie z.B. Aluminium - und sie sind zudem meist preisgünstiger.

Mit einer modernen, qualitativ hochwertigen Impulsstromquelle kann ein 0,6 mm Aluminiumblech mit einer 1,2 mm Drahtelektrode verschweißt werden! Gerade bei Aluminium sind dickere Drahtelektroden von besonderem Vorteil. Dickere Drähte haben ein günstigeres Verhältnis von Volumen zu Oberfläche. Daher bringt man wenige Oxide in das Schmelzbad.

3. Zünden des Lichtbogens

Die für ein exaktes und ruckfreies Zünden des Lichtbogens erforderliche Stromstärke, wird bei vielen Inverterstromquellen auf den jeweiligen Drahtdurchmesser und auf die betreffende Drahtqualität abgestimmt. Darüber hinaus sind Inverter verfügbar, welche nach Ende des Schweißens im Kurz- oder Sprühlichtbogen die Kugel am Schweißdraht automatisch entfernen.

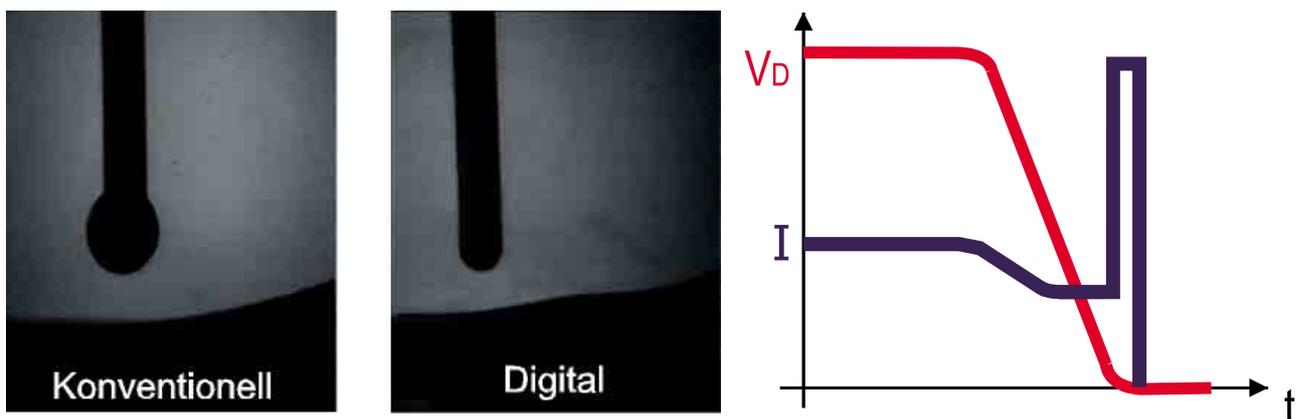


Bild 10: Digital gesteuertes Schweißende

Eine ruckfreie Wiederzündung ist das Ergebnis. Dies ist besonders wichtig für automatisierte und vollmechanisierte Anwendungen, da Zündfehler und Zündschwierigkeiten zu Stillstandszeiten führen.

Aluminium hat nicht nur eine geringe Dichte, sondern ist auch ein guter Wärmeleiter. Durch diese Eigenschaft kommt es bei Schweißbeginn zu Kaltstellen. Mit der sogenannten Betriebsart "Schweißstart Aluminium" wird mittels Brenntaster, zu Schweißbeginn, eine höhere Schweißleistung abgerufen. Dadurch wird das Grundmaterial bereits während der Zündphase aufgeschmolzen.

Ist genügend Wärme ins Schmelzbad eingebracht, wird auf die an der Stromquelle eingestellte Schweißleistung abgesenkt. Läuft gegen Ende der Schweißnaht die Wärme vor und besteht Gefahr für das "Durchfallen", wird auf den Endkraterstrom abgesenkt.

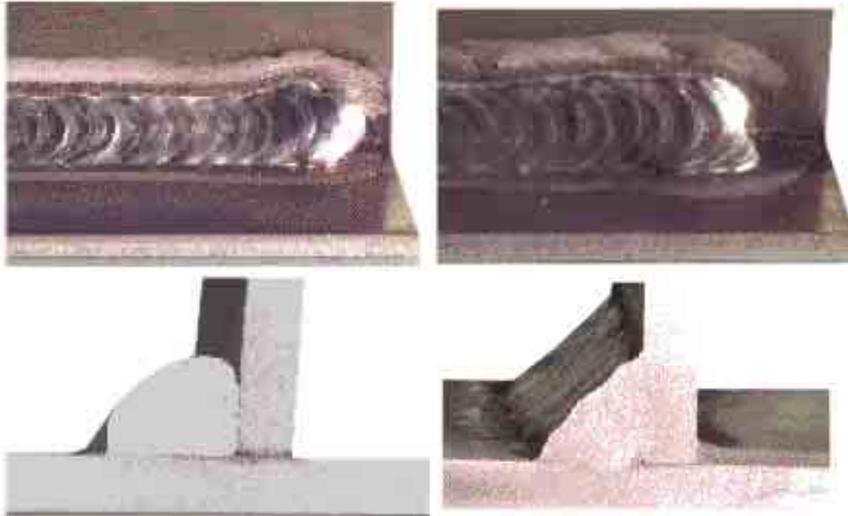


Bild 11: Vergleich konventionelle Zündung mit Aluminium Startprogramm, zur Vermeidung von Kaltstellen am Nahtanfang

4. Technische Daten

Bei der Auswahl der Stromquelle muß auf ausreichende Leistungsfähigkeit geachtet werden. Als Bewertungskriterien dafür dient die Einschaltdauer, welche in Prozent angegeben wird. 400 Ampere bei 60% Einschaltdauer bedeutet, 6 Minuten schweißen mit 400 Ampere und 4 Minuten Pause. Die Gesamtzeit beträgt somit 10 Minuten.

Die Einschaltdauer laut EN 60974-1 bezieht sich auf eine Umgebungstemperatur von 40 Grad Celsius. Einige Hersteller geben die Einschaltdauer nach wie vor bei 25 Grad Celsius Umgebungstemperatur an. Bei einem direkten Vergleich ist hier also Vorsicht geboten.

Beim Vergleich der Energiekosten lohnt sich auch ein Blick auf die Angaben der Herstellerdaten. Schweißanlagen laufen arbeitsbedingt oft im Leerlauf. Dabei verbrauchen sie elektrische Energie. Inverterstromquellen beispielsweise benötigen im Leerlauf oder im sogenannten Stand by - Betrieb nur einige wenige Watt elektrischer Leistung. Sekundärgetaktete und thyristorgesteuerte Anlagen können bis zu einigen tausend Watt "verbraten".

Auch ein Vergleich der erforderlichen Blindleistung kann sich bezahlt machen. Weist eine Anlage einen $\cos \phi$ von 0,8 auf, bedeutet dies einen hohen Verbrauch an teurer Blindleistung. Ein $\cos \phi$ von 0,98 hingegen besagt, daß die Anlage sehr wenig Blindleistung verbraucht.

Beachtenswert ist auch die Schutzart der Stromquelle und des Drahtvorschubsystems. IP 21 ist für den Betrieb in Werkstätten und Fertigungshallen ausreichend. Soll die Anlage auch auf der Baustelle zum Einsatz kommen, ist mindestens Schutzart IP 23 erforderlich. Dadurch ist entsprechender Fremdkörper- und Berührungsschutz sichergestellt, sowie das Eindringen von Wasser aus der Senkrechten und bis 60 Grad von schräg oben unterbunden.

5. Drahtantriebssysteme und Schweißbrenner

Am Markt werden hauptsächlich 2-Rollen und 4-Rollen Antriebskonzepte angeboten. Darüber hinaus gibt es 6-Rollen und Planetarantriebe. Alle Konzepte haben einen kontinuierlichen und schlupffreien Drahttransport zum Ziel, um ein optimales Lichtbogenverhalten zu erreichen.

Die Wahl des Antriebskonzeptes hängt natürlich auch von der Schweißaufgabe ab. 2-Rollen-Antriebe sind für Stahldrähte bis 1,0 mm Durchmesser im manuellen Schweißbetrieb ausreichend. 4-Rollen-Antriebe werden grundsätzlich zur Förderung von weichen Drähten und bei größeren Drahtdurchmessern eingesetzt. Durch das zusätzliche Rollenpaar erhöht sich die Drahtförderkraft, ohne den Anpreßdruck erhöhen zu müssen.

Damit der Draht ohne Beschädigung in das Kontaktrohr gelangt, ist ein angemessener Anpreßdruck einzustellen. Die Wahl der Nutform orientiert sich dabei an der Drahtqualität. Trapez- bzw. V-Nutrollen werden für Stahl- und Chrom/Nickel-Drähte verwendet. Polierte Halbrundnutrollen finden zur Förderung von Aluminium- und Bronzedrähten Anwendung. Auf die Präzision der Rollen, wie Rundlaufgenauigkeit, Oberflächenbeschaffenheit und Verzahnung, ist besonderer Wert zu legen.

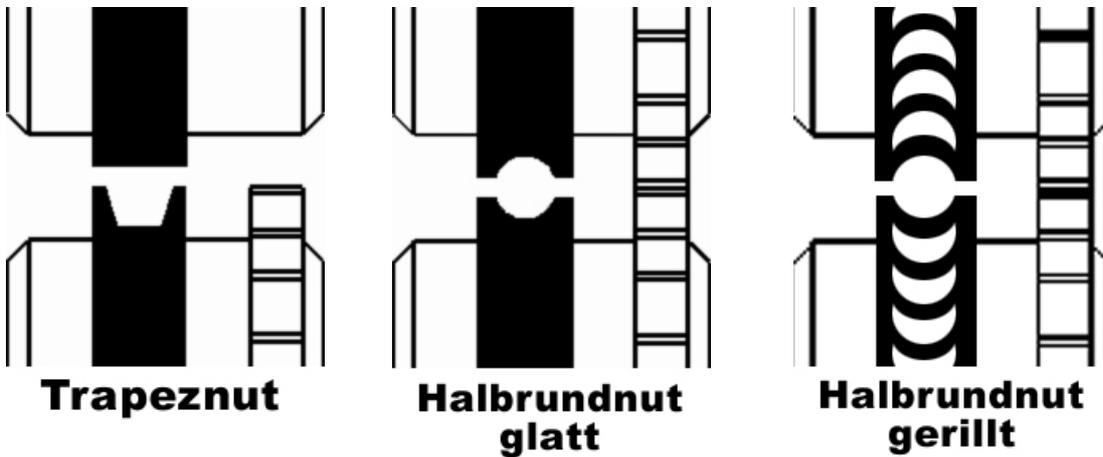


Bild 12: Typische Nutformen bei Antriebsrollen

Bis ca. 4,5 Meter Brennerlänge kann der Draht mit einer Antriebseinheit geschoben werden. Im Falle längerer Schlauchpakete, oder bei Verarbeitung weicher Schweißdrähte, kommen PushPull-Systeme mit zwei Antriebseinheiten zum Einsatz. Für den Hand-Schweißbetrieb übernimmt der am Brenner befindliche Motor die Drahtförderung aus dem Schlauchpaket, der hintere Motor spult den Draht von der Spule ab. Die Synchronisation beider Einheiten wird dadurch erreicht, daß der vordere Antrieb etwas schneller läuft. Beim Roboterschweißen stellt der vordere Antrieb meist den "Masterantrieb" dar und gibt für den hinteren die Fördergeschwindigkeit bzw. das Drehmoment vor. Der Masterantrieb ist meist drehzahl geregelt und sorgt daher für einen gleichmäßigen Drahttransport und reproduzierbare Ergebnisse.

Als Kühlmedium für den Schweißbrenner wird entweder die Umgebungsluft oder Wasser verwendet. Luftgekühlte Brenner werden bis etwa 300 Ampere eingesetzt. Für den Schweißstrombereich über 300 Ampere werden wassergekühlte Brenner verwendet. Bei Anwendung des Impulslichtbogens empfiehlt sich grundsätzlich die Verwendung wassergekühlter Brenner. Wassergekühlte Brenner sind zwar aufwendiger, zeichnen sich aber durch höhere Standzeiten bei den Verschleißteilen und geringere Spritzerhaftung aus.

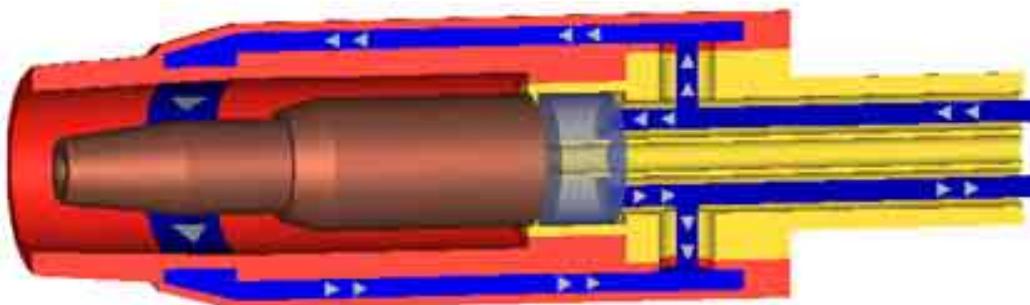


Bild 13: 2-Wege Wasserkühlung für Stromdüse und Gasdüse

6. Resümee

Grundsätzlich können die Stromquellen-Bauarten in die Kategorien "konventionelle Stromquellen" (stufengesteuerte und thyristorgesteuerte Anlagen) und "transistorgesteuerten Stromquellen" eingeteilt werden.

Konventionelle Stromquellen werden, trotz nachlassender Bedeutung, nach wie vor in Industrie und Gewerbe eingesetzt. Hauptanwendungsgebiet ist das manuelle Schweißen von Stahl, im Bereich des Kurz- und Sprühlichtbogens.

Den letzten Entwicklungsschritt, auf dem Gebiet der stufengesteuerten Stromquellen, markiert der digitale Programmbetrieb zur Arbeiterleichterung bei der Geräteeinstellung. In Abhängigkeit von der eingestellten Leistungsstufe, wird die entsprechende Blechdicke, sowie die auszuwählende Drosselanzapfung für das Massekabel, angezeigt. Die korrekte Drahtgeschwindigkeit wird automatisch miteingestellt.

Bei transistorgesteuerten Anlagen wird zwischen den Bauarten "analoge Stromquellen", "sekundärgetaktete Stromquellen", "primärgetaktete Stromquellen" (Inverter) und "digitale Stromquellen" unterschieden.

Analoge Stromquellen verfügen über einen sehr schlechten Wirkungsgrad und sind deshalb praktisch vom Markt verschwunden.

Sekundärgetaktete Stromquellen zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit und einen hohen elektrischen Wirkungsgrad aus, benötigen aber einen voluminösen Transformator, welcher auf die Netzspannungsfrequenz von 50 Hz ausgelegt sein muß. Daraus resultieren große Abmessungen und ein sehr hohes Gewicht dieser Anlagen.

Primärgetaktete Stromquellen (Inverter) kombinieren die Vorteile der sekundärgetakteten Stromquellen mit viel kleineren Abmessungen und sehr viel geringerem Gewicht. Dieser Vorzug ergibt sich aus der Anspeisung des Transformators mit der hochfrequenten Spannung aus den Schalttransistoren. Einem elektrotechnischen Gesetz folgend, können nämlich Gewicht und Volumen des Transformators umso geringer ausfallen, je höher die speisende Frequenz gewählt wird. Ein weiterer Vorteil der Inverterstromquellen ist die Unabhängigkeit der Schweißeigenschaften von der Bauart des Transformators und der Ausgangsdrossel.

Basierend auf dem Inverterprinzip, stellen die vollständig digitalisierten Stromquellen einen revolutionären Schritt in der Stromquellenentwicklung dar. Bei der digitalen Stromquelle sind nicht nur die Steuerungsabläufe, sondern auch die Prozeßregelung digitalisiert und softwaregestützt. Der entscheidende Unterschied zu marktüblichen, rechnergesteuerten Stromquellen ist das Vorhandensein eines digitalen Signalprozessors (DSP), welcher die Schweißprozeßregelung digital ausführt.

Die Vorteile der vollständig digitalisierten Stromquelle liegen in der vereinfachten Benutzerführung und in den hervorragenden Schweißeigenschaften. Besonders beim Schweißstart, Schweißende, Kurz- und Impulslichtbogen zeigen sich deutliche Verbesserungen gegenüber herkömmlichen Stromquellen.

Ein Bewertungskriterium für die Auswahl der Stromquelle ist die Einschaltdauer, welche in % eines 10 Minuten-Zyklus angegeben wird. 400 Ampere bei 60 % Einschaltdauer bedeutet, 6 Minuten schweißen bei 400 Ampere und 4 Minuten Pause. Die Einschaltdauer bezieht sich auf eine Umgebungstemperatur von 40 Grad Celsius, wird aber von einigen Herstellern bei 25 Grad Celsius Umgebungstemperatur angegeben.

Schweißanlagen verbrauchen auch im Leerlauf Energie. Inverterstromquellen beispielsweise benötigen im Leerlauf nur einige wenige Watt elektrischer Leistung. Auch ein Vergleich der erforderlichen Blindleistung kann sich bezahlt machen. Ein $\cos \phi$ von 0,98 beispielsweise besagt, daß die Anlage sehr wenig Blindleistung verbraucht.

Als Schutzart für Stromquelle und des Drahtvorschubsystem ist IP 21 für den Betrieb in Werkstätten und Fertigungshallen ausreichend. Soll die Anlage auch auf der Baustelle zum Einsatz kommen, ist mindestens Schutzart IP 23 erforderlich.

Die Wahl des Drahtförderkonzeptes hängt vorwiegend von der Schweißaufgabe ab. 2-Rollen-Antriebe sind grundsätzlich für Stahldrähte bis 1,0 mm geeignet. 4-Rollen-Antriebe werden grundsätzlich zur Förderung von weichen Drähten und bei größeren Drahtdurchmessern eingesetzt. Trapez- bzw. V-Nutrollen werden für Stahl- und Chrom/Nickel-Drähte verwendet. Polierte Halbrundnutrollen finden zur Förderung von Aluminium- und Bronzedrähten Anwendung.

Im Falle von Brennerschlauchpaketen von mehr als 4,5 Metern, oder bei Verarbeitung sehr weicher Drähte, kommen PushPull-Systeme mit zwei Antriebseinheiten zum Einsatz.

Luftgekühlte Schweißbrenner werden bis etwa 300 Ampere eingesetzt. Darüberhinaus werden wassergekühlte Brenner verwendet. Bei Anwendung des Impulslichtbogens empfiehlt sich grundsätzlich die Verwendung wassergekühlter Brenner.

7. Anhang

Tabelle zur Auswahl der Leistungskategorie von MSG-Stromquellen

Blechdicke (mm)	Drahtdurchm. (mm)	Drahtgeschw. (m/min)	Schweißstrom (A)	Kategorie Stromquelle
0,8 – 1,3	0,8	2 – 4	40 – 60	150 A
1,3 – 3,0	0,8	4 – 8	60 – 100	
3,0 – 5,0	1,0	6 – 11	120 – 200	300 A
5,0 – 10,0	1,2	9 – 18	240 – 360	400 A
10,0 – 15,0	1,2	10 – 18	280 – 380	
15,0 – 20,0	1,6	7 – 18	400 – 500	500 A

Anmerkung: Die angegebenen Werte sind von Schweißgeschwindigkeit, Schweißposition und Nahtart abhängig.