

ein kraftvolles Werkzeug zum MIG-/MAG-Schweißen

B. Budig, Mündersbach

Der Sprühlichtbogen ist ein in der Praxis vielfach genutzter Lichtbogen. Er tritt beim Metall-Schutzgas-schweißen im oberen Leistungsbereich unter inerten Gasen oder unter hochargonhaltigen Mischgasen auf. Bis zum Ende der 80er Jahre enthielt DIN 1910-4 für den Sprühlichtbogen folgende Definition: „Der Werkstoffübergang ist feinstropfig und kurzschlussfrei.“ Dies bedingte aber eine relativ große Lichtbogenlänge, also eine hohe Lichtbogenspannung, Bild 1, was für einige Arbeiten in der Praxis ungünstig war, weil der Lichtbogen durch Blaswirkung leicht abzulenken war und auch Einbrandkerben oder Poren auftreten konnten. Außerdem trat ein höherer Abbrand von Legierungselementen beim Schweißen auf. Hans-Ulrich Pomaska [1], einer der Pioniere der Schutzgas-schweißtechnik, plädierte deshalb schon früh für den „kurzen, strammen Sprühlichtbogen“. Er wurde mit etwas niedrigerer Spannung betrieben und war deshalb nicht mehr ganz kurzschlussfrei. Die Höhe und Dauer der Kurzschlüsse war aber so gering, so dass zwar Spannungseinbrüche zu verzeichnen waren, aber nur geringe Stromanstiege. Es trat dabei keine wesentliche Spritzerbildung auf, sondern höchstens ein leichtes Sprühen. Beim Schweißen hörte man statt des Rauschens ein knisterndes Geräusch. Bild 2 zeigt die hierfür typischen zeitlichen Verläufe von Strom und Spannung. Diese Lichtbogenart setzte sich in der Praxis sehr schnell durch, so dass die Definition des Sprühlichtbogens in der oben zitierten Norm deshalb geändert wurde: „Der Werkstoff ist feinstropfig und praktisch kurzschlussfrei.“

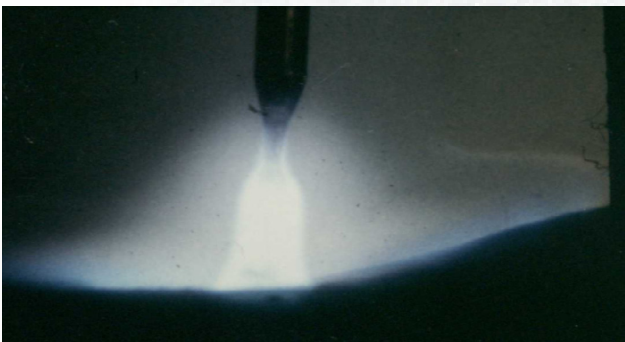


Bild 1. Sprühlichtbogen unter Argon-O₂-Gemisch.

Eine weitere Verkürzung des Lichtbogens, also eine Senkung der Lichtbogenspannung, die aus schweiß-technischen Gründen in vielen Fällen wünschenswert gewesen wäre, war in der damaligen Zeit aber noch nicht möglich, weil dabei länger andauernde Kurzschlüsse und verstärkte Spritzerbildung auftraten. Erst durch die Invertertechnik und dank einer modernen digitalen Steuerung ist es möglich geworden, bei einem sehr kurzen Lichtbogen mit längeren Kurzschlussphasen schnell regelnd in den Prozess einzugreifen. Der Strom wird beim Wiederdüsen sehr schnell heruntergefahren bis die programmierte Lichtbogen-Sollspannung erreicht ist. Damit wird die Energie-Zeitfläche der Kurzschlussphase drastisch reduziert und die Spritzerbildung auf ein vertretbares Minimum begrenzt. Die neue Lichtbogenart, das Ergebnis eingehender Entwicklungsarbeiten, im Folgenden „EWM-forceArc®“ genannt, wird nachfolgend näher erläutert.

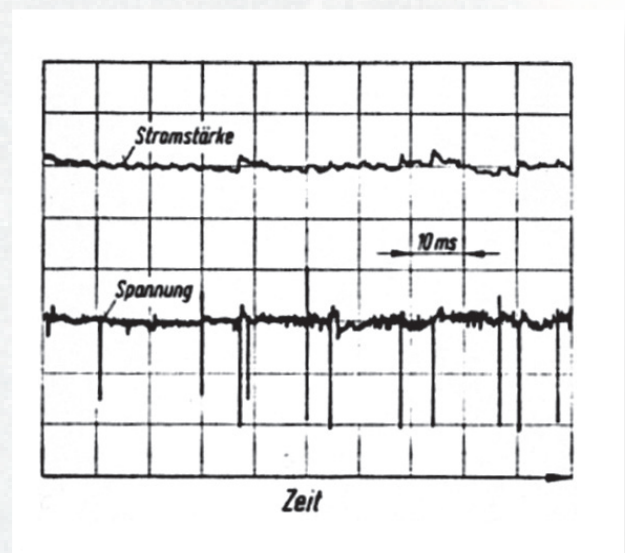


Bild 2. Zeitlicher Verlauf von Strom und Spannung beim kurzen Sprühlichtbogen (schematisch).

Der „forcierte“ Lichtbogen

Durch weiteres Absenken der Lichtbogenspannung gegenüber dem kurzen Sprühlichtbogen wird der Lichtbogen weiter verkürzt. Wie Bild 3 anhand eines Standbildes aus einem Hochgeschwindigkeitsfilm zeigt, brennt der Lichtbogen in einer durch den Plasmadruck entstehenden Schmelzbadmulde. Es stellt sich dabei ein fein- bis mitteltropfiger Werkstoffübergang ein, bei dem die Tropfen sehr dicht aufeinander folgen. Bei einem solchen Übergang lässt es sich natürlich nicht vermeiden, dass die Tropfen zeitweilig untereinander und die ganze „Tropfenkette“ mit dem Schmelzbad kurzzeitig Kontakt bekommen, so dass sich ein Kurzschlusszustand einstellt, der ohne regelndes Eingreifen beim Wiedereinzünden zu verstärkter Spritzerertätigkeit führen würde. Wie sich Stromstärke und Spannung bei einem länger andauernden Kurzschluss verhalten, kann man am besten anhand eines Kurzschlusszyklusses beim Kurzlichtbogenschweißen erläutern [2], weil dieser hier verfahrenstypisch sehr ausgeprägt ist. Bei der Berührung des Tropfens mit dem Schmelzbad fällt zuerst die Spannung ab, Bild 4, weil jetzt der Stoffwiderstand geringer ist, als der Widerstand vorher im Lichtbogen. Erst danach beginnt der Strom bis auf die Kurzschlussstromstärke anzusteigen. Beim „forcierten“ Sprühlichtbogen wird ein schädlicher Anstieg der Energie (Strom \times Spannung \times Zeit), der in diesem Leistungsbereich beim Wiedereinzünden zu starker Spritzerbildung führen würde, verhindert.



Bild 3. Standbild aus einem Hochgeschwindigkeitsfilm.

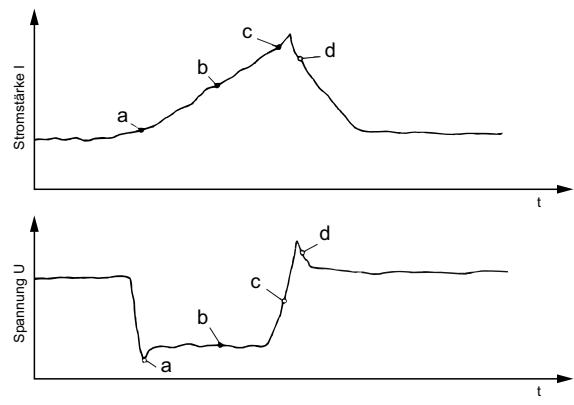


Bild 4. Die einzelnen Phasen des Kurzlichtbogens; a) Kurzschluss, b) und c) Werkstoffübergang, d) Wiedereinzünden.

Bei konventionellen Stromquellen ist es nicht möglich, in der erforderlichen kurzen Zeit den Strom herunter zu fahren, da die Induktivität solcher Stromquellen ein schnelles Regeln des Stromes wegen der Masse des Transformators und der nachgeschalteten Drossel nicht zulässt. Anders dagegen bei Inverterstromquellen, denn hier ist die Induktivität elektronisch einstellbar und kann im Falle eines Kurzschlusses völlig ausgeschaltet werden, so dass nur noch die Induktivität in den Schweißleitungen wirksam bleibt. Der Stromanstieg- und -abfall während der Kurzschlussphase und beim Wiedereinzünden des Lichtbogens kann deshalb sehr schnell ausgeregelt werden. Spritzer treten dabei nur geringfügig auf. Als Führungsgröße für die Regelung bieten sich dazu der Spannungseinbruch und der Spannungsanstieg an. Dazu ist aber ein kontinuierliches Messen der Spannung mit entsprechendem Reagieren auf alle Spannungsänderungen notwendig (hochdynamische Momentanwertregelung). Bild 5 zeigt am Beispiel des „EWM-forceArc[®]“-Lichtbogens, wie auch bei kurzschlussbehaftetem Werkstoffübergang ein Strom- und Spannungsverlauf ohne schädliche Spitzer erreicht werden kann. Die schnelle Regelung des Prozesses macht es auch möglich, mit einem längeren freien Drahtende zu schweißen, was sich bei behinderter Zugänglichkeit des Brenners zur Fuge positiv auswirkt. Für ausreichenden Gasschutz muss dabei allerdings gesorgt werden.

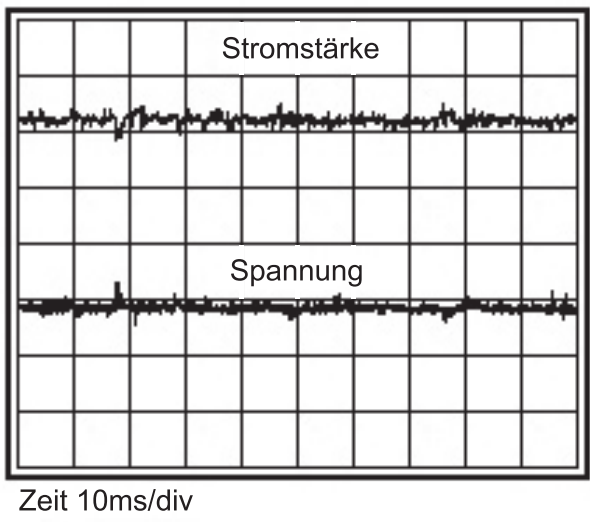


Bild 5. Strom- und Spannungsverlauf beim „EWM-forceArc“-Lichtbogen.

Was der sehr kurze Sprühlichtbogen kann

Die neue Lichtbogenart wird im oberen Leistungsbe-
reich eingesetzt, der bisher dem Sprüh- oder Lang-
lichtbogen vorbehalten war. Er zeichnet sich gegen-
über dem normalen Sprühlichtbogen durch folgende
Vorteile aus:

- gutes Einbrandverhalten durch hohen Plasma-
druck im Lichtbogen,
- einfacheres Handling beim Handschweißen durch
richtungsstabilen Lichtbogen,
- keine Einbrandkerben aufgrund des sehr kurzen
Lichtbogens,
- höhere Wirtschaftlichkeit durch höhere Schweiß-
geschwindigkeit,
- bessere Nahtqualität hinsichtlich Wärmeeinfluss-
zone und Verzug durch geringeres Wärmeein-
bringen.

Das bessere Einbrandverhalten zeigt sich unter ande-
rem als Vorteil bei der Wurzelerfassung vor allem in
engen und schmalen Fugen. Bild 6 zeigt im Vergleich
Schliffbilder von Kehlnähten, mit dem normalen kur-
zen Sprühlichtbogen (rechts) und dem „forcierten“
Lichtbogen (links) in Position PB geschweißt, aus de-
nen die genannten Vorteile hinsichtlich Einbrandver-
halten hervorgehen. Der Einbrand ist beim „EWM-
forceArc“-Prozess im Wurzelbereich schmaler, aber
wesentlich tiefer als beim normalen Sprühlichtbogen.

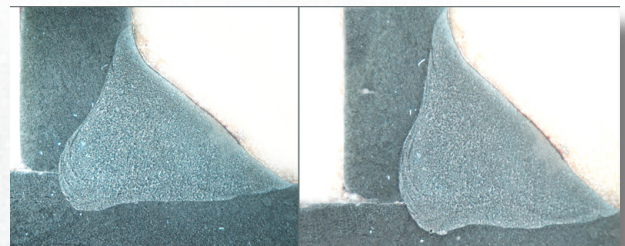


Bild 6. Vergleich von Querschliffen; geschweißt in der Position PB, links: mit dem „forcierten“ Lichtbogen, rechts: mit dem normalen kurzen Sprühlichtbogen.

EWM-forceArc®		Standard
12,5 m/min	Drahtgeschwindigkeit	12,5 m/min
320 A	Schweißstrom	285 A
29,8V	Schweißspannung	31,5 V

Schutzgas in beiden Fällen Mischgas (Argon mit 10 % CO₂)

Gerätetechnik

Zu einer neuen Lichtbogenart gehören natürlich auch moderne Schweißgeräte. Die Momentanwertregelung ist nur mit Inverterstromquellen und digitaler Messwerterfassung und -verarbeitung möglich. Bild 7 zeigt eine Schweißanlage, die für das „EWM-forceArc®“-Schweißen entwickelt wurde. Natürlich sind damit auch das normale MIG-/MAG-Schweißen sowie das MIG-/MAG-Impulsschweißen möglich, und auch das Lichtbogenhandschweißen sowie das WIG-Schweißen, da es sich um eine umschaltbare Universalanlage handelt.

Anwendungsbereiche

Für den neuen Lichtbogenbetriebszustand bieten sich vor allem Einsatzfelder im Maschinen- und Anlagenbau, im Fahrzeugbau, im Stahlbau, im Schiffbau, im Container-, Behälter- und Apparatebau sowie in der Offshoretechnik. Erfahrungen liegen bis jetzt vor mit unlegierten, legierten und hochlegierten Stählen, aber auch mit Aluminium und Aluminiumlegierungen mit Wanddicken ab etwa > 5 mm. Die am häufigsten verwendeten Drahtelektroden Durchmesser sind 1,0 und 1,2 mm bei Stahl und Chrom-Nickel-Stahl, 1,2 und 1,6 mm bei Aluminiumanwendungen. Als Schutzgase kommen entsprechend dem Grundwerkstoff inerte oder hochargonhaltige Mischgase zur Anwendung.



Bild 7. Schweißgerät PHOENIX 500 EXPERT PULS *forceArc*

Schrifttum

- [1] Pomaska, H.-U.: MAG-Schweißen – „Kein Buch mit sieben Siegeln“. Linde AG, Höllriegelskreuth 1989. Auslieferung über Verlag und Druckerei G. J. Manz AG, München.
- [2] Killing, R. : Handbuch der Schweißverfahren Teil 1: Lichtbogenschweißverfahren. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 76/I. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. DVS-Verlag, Düsseldorf 1999.

EWM / HIGHTEC®
WELDING
E I N F A C H M E H R