

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Allgemeine Empfehlungen
- 3 Besondere Anforderungen an die Gerätetechnik
 - 3.1 MAG-Hochleistungsschweißen mit einer Drahtelektrode
 - 3.2 MSG-Hochleistungsschweißen mit zwei Drahtelektroden
- 4 Anforderungen an Drahtelektroden
- 5 Schweißschutzgase
 - 5.1 Schutzgase für das MSG-Hochleistungsschweißen mit Eindrahttechnik
 - 5.2 Schutzgase für das Zweidrahtschweißen
- 6 Anwendungstechnische Hinweise und Beispiele
 - 6.1 MAG-Hochleistungsschweißen mit einer Drahtelektrode
 - 6.2 MSG-Mehrdrahtschweißen
 - 6.3 Reinigung und Wartung
- 7 Qualifikation des Schweißers bzw. Bedieners
- 8 Sicherheitshinweise
- 9 Mitgeltende Normen und technische Regeln

1 Einleitung

Dieses Merkblatt behandelt Metall-Schutzgas-Hochleistungsschweißprozesse im Eindraht- und Mehrdrahtverfahren (ISO 857-1).

Im Merkblatt DVS 0909-1 sind Definitionen, Begriffe und Abkürzungen beschrieben, die das Hochleistungsschweißen als Prozess charakterisieren.

Dieser Teil 2 des Merkblatts bietet dem Anwender praktische Hinweise, die für den Einsatz der Hochleistungsschweißprozesse notwendig sind. Behandelt werden Vor- und Nachteile der verschiedenen Hochleistungsvarianten sowie Anforderungen an das Personal, an Schweißanlagen, Zusatzwerkstoffe und Schutzgase.

Die in Teil 2 vorgestellten praktischen Hinweise zum Hochleistungsschweißen setzen die Kenntnis von Teil 1 voraus.

2 Allgemeine Empfehlungen

Für das MSG-Hochleistungsschweißen (MSG-HL) gelten im Wesentlichen die gleichen Regeln wie für das konventionelle Metall-Schutzgasschweißen (MSG) mit Massivdrahtelektroden bei Drahtvorschubgeschwindigkeiten unterhalb 15 m/min bzw. Abschmelzleistungen unterhalb 8 kW/h. Die Angaben beziehen sich auf Nahtführungssysteme, Nahtverlebungssysteme, Brenneranstellung und Lagenaufbau bei mehrlagigen Nähten, siehe auch Merkblatt DVS 0930-1. Besonders bei höheren Schweißleistungen (das heißt Geschwindigkeiten und/oder Abschmelzleistungen) ist auf eine geringere Materialernte bei der Nahtvorbereitung zu achten. Weiterhin sind die Empfehlungen nach Merkblatt DVS 0939 zu beachten. Zur Fehlervermeidung sollten die Empfehlungen nach Merkblatt DVS 0910-1 und -2 berücksichtigt werden.

Deutliche Unterschiede ergeben sich bezüglich des Kontaktrahabstandes, der abhängig von Drahtvorschubgeschwindigkeit und Prozessauswahl bis zu 40 mm betragen kann, und eines erhöhten Rücksprungs des Kontaktrahes in der Gasdüse von bis zu

¹⁾ normgerechter, aber wenig gebräuchlicher Begriff: „elektrische Schweiß-Energiequelle“

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Die Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

10 mm. Der höhere Kontaktrahabstand und die höhere Schweißgeschwindigkeit ermöglichen trotz großer Ströme und Schweißspannungen eine geringere Streckenergie, als beim konventionellen Metall-Schutzgasschweißen. Aufgrund des niedrigeren Energieeintrags fällt auch in der Regel der Verzug des Bauteils geringer aus.

Einschränkungen sind grundsätzlich bezüglich der Zwangslagen zu erwarten, da das Schmelzbad wesentlich größer ist als beim konventionellen Schweißen. Bevorzugt sind die Positionen PA und PB, mit Einschränkungen auch PG. Fallnahtschweißen PG bis etwa 30° kann bei hohen Schweißgeschwindigkeiten zusätzlich das Nahtbild positiv beeinflussen. Klassische Zwangslagen wie Steig- (PF) oder Überkopposition (PD) sind für die Hochleistungsprozesse weniger geeignet. Dies schließt aber das Schweißen in Position PD zum Beispiel mit dem Tandemprozess nicht aus. In Zwangslagen ist die Drahtvorschubgeschwindigkeit bzw. die Abschmelzleistung den Randbedingungen anzupassen werden. Ist eine Schweißaufgabe für den Hochleistungsbereich geeignet, so müssen zusätzliche Anforderungen an die Gerätetechnik, die Zusatzwerkstoffe sowie bezüglich der Ausbildung und des Arbeitsschutzes für den Schweißer erfüllt werden.

3 Besondere Anforderungen an die Gerätetechnik**3.1 MAG-HL mit einer Drahtelektrode**

Da das Hochleistungsschweißen mit einer Drahtelektrode fast ausschließlich an un- und niedrig legierten Stählen zum Einsatz kommt, werden nachfolgend Hinweise zum Schweißen dieser Stahlwerkstoffe gegeben (MAG – Metall-Aktivgasschweißen).

3.1.1 Stromquelle¹⁾

Eine Impulsstromquelle ist für unlegierte Stahlwerkstoffe nicht zwingend erforderlich, jedoch aufgrund größerer Flexibilität empfehlenswert. Sogenannte „Synergie“-Stromquellen („Einknopf“-Bedienung, siehe DVS-Merkblatt 0926-1), die den Hochleistungsbereich abdecken, erleichtern dem Anwender die Annäherung an die optimalen Parameter. Ebenso ist eine stufenlos einstellbare Stromquelle vorteilhaft, aber nicht zwingend erforderlich. Das Regelverhalten der Stromquelle (U/I- oder I/I-Regelung) hat keinerlei Bedeutung für das Schweißergebnis im Hochleistungsbereich. Übergeordnete Kriterien zur Auswahl der Stromquelle sind Leistungsdaten für Schweißstrom und -spannung.

Für Baustahl ist bei einer Drahtvorschubgeschwindigkeit von 20 m/min (Drahtdurchmesser 1,2 mm) eine Schweißspannung von etwa 36 bis 42 V (abhängig von der Schutzgaszusammensetzung) und ein Strom von circa 400 A erforderlich. Bei der Stromquellenauswahl sollte beachtet werden, dass diese Werte mindestens für den teilmechanischen Einsatz bei 35 % ED, für den vollmechanischen Einsatz bei 60 % ED gewährleistet werden müssen.

Um den Prozess sicher starten und beenden zu können, sollten die Stromquellen die Eingabe von Start-, Haupt- und Endkraterfüllprogrammen ermöglichen. Ein Startprogramm beginnt mit einer geringeren Drahtvorschubgeschwindigkeit, um Spritzer und Anfangsbindefehler zu vermeiden. Der Übergang zur höheren

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Lichtbogenschweißen“

Drahtvorschubgeschwindigkeit über eine Rampe im Hauptprogramm ist vorteilhaft, aber nicht unbedingt erforderlich. Das Endkraterfüllprogramm senkt die Drahtgeschwindigkeit am Ende der Naht kontrolliert zur Vermeidung von Endkraterissen und zur Füllung des Endkraters ab. Aufgrund der erheblich größeren Schmelzbäder ist sonst die Gefahr der Endkraterissbildung größer als beim konventionellen Prozess.

3.1.2 Drahtförderung

Für einen stabilen Prozess ist eine gleichmäßige Drahtförderung erforderlich. Die Stabilität der Drahtförderung muss über den gesamten Drahtvorschubgeschwindigkeitsbereich bis etwa 30 m/min gewährleistet werden. Zu empfehlen ist ein drehzahl geregelter 2+2- oder 4-Rollenantrieb. Zur Übertragung der Vorschubkraft auf den Draht sind Rollen mit größerem Durchmesser besser geeignet als solche mit kleinerem Durchmesser. Bei Drähten mit geringer Steifigkeit oder langen Schlauchpaketen bzw. Förderwegen sollten Drahtvorschubsysteme mit mehreren Antriebseinheiten (z. B. Push-Push; Push-Pull; Master-Slave) eingesetzt werden.

3.1.3 Schweißbrenner

Die thermische Belastung des Brenners ist erheblich höher als beim konventionellen Metall-Schutzgasschweißen. Dies wird zum einen durch die Wärmestrahlung des größeren Schmelzbades und zum anderen durch die höhere Stromdichte beim Übergang zwischen Kontaktröhre und Draht verursacht. Aus diesem Grund ist eine Wasserkühlung des Schweißbrenners zwingend erforderlich. Bei unzureichender Kühlung des Kontaktröhres kann es zu Anschmelzungen im Kontaktröhre kommen. Dies äußert sich in einer verschlechterten Drahtförderung und dementsprechend in Prozessstörungen. Der Schweißbrenner muss neben der geforderten Strombelastbarkeit auch eine ausreichende Kühlung bei hoher Einschaltdauer, zum Beispiel 35 % (teilmechanisch) oder 60 % ED (vollmechanisch), gewährleisten.

Ein zurückgesetztes Kontaktröhre verbessert die Schutzgasabdeckung des Schmelzbades und reduziert bei höherem Kontaktröhreabstand die thermische Belastung des Kontaktröhres durch das Schmelzbad, Bild 1.

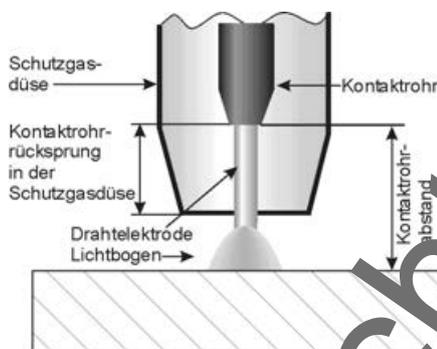


Bild 1. Prinzipische Skizze des Kontaktröhreabstandes und des zurückgesetzten Kontaktröhres in der Gasdüse

3.1.4 Roboter und Sensorik

Gesteigerte Schweißgeschwindigkeiten erfordern vom Roboter eine höhere Bahnpräzision und verbesserte dynamische Eigenschaften als beim konventionellen Metall-Schutzgasschweißen. Dies gilt auch für die Pulsfrequenz, die mit steigender Schweißgeschwindigkeit angehoben werden muss. Bei Einsatz von Nahtverfolgungssystemen (zum Beispiel Lichtbogensensorik) muss die Robotersteuerung aufgrund der erhöhten Schweißgeschwindigkeiten in der Lage sein, Bahnkorrekturen ausreichend schnell durchzuführen. Besonderheiten des Hochleistungsschweißens in Kombination mit dem Roboter behandelt Merkblatt DVS 0930-1.

²⁾ nimmgerätespezifischer, aber wenig gebräuchlicher Begriff: „elektrische Schweiß-Energiequelle“

3.2 MSG-HL mit zwei Drahtelektroden

Im Unterschied zum MSG-Hochleistungsschweißen mit einer Drahtelektrode wird das Schweißen mit zwei Drahtelektroden nicht nur für unlegierte und niedrig legierte Stähle, sondern auch für andere metallische Werkstoffe eingesetzt. Aus diesem Grund müssen bei der Auswahl nachfolgend aufgeführter Komponenten auch die werkstoffspezifischen Belange berücksichtigt werden.

3.2.1 Stromquellen²⁾

Der Doppeldrahtprozess (gemeinsames Potential) kann mit einer oder zwei Stromquellen betrieben werden, für den Tandemprozess (getrennte Stromversorgung, getrennter Drahtvorschub) sind zwingend zwei Stromquellen notwendig. Wenn bei der Doppeldrahttechnik zwei Stromquellen zum Einsatz kommen, besitzen diese eine gemeinsame Steuerung oder die Tandemtechnik können beide Steuerungen sowohl gekoppelt als auch unabhängig voneinander betrieben werden. Die Kopplung der Stromquellensteuerungen wird hier häufig als Master-Slave-Konfiguration bezeichnet. Die verschiedenen Betriebszustände und Lichtbogenkombinationen sind in Merkblatt DVS 0909-1 und Abschnitt 6.2 dieses Merkblatts beschrieben.

Die Stromquellen müssen dieselben Leistungsdaten erfüllen wie beim Eindraht-Hochleistungsschweißen, mit der Ausnahme, dass auf eine Einschaltdauer von mindestens 60 % (besser 100 %) ED geachtet werden muss, da der Zweidrahtprozess nur vollmechanisch ausgeführt wird. Die Stromquellen haben für den vollmechanischen Betrieb extern steuerbar zu sein. Für den Tandemprozess müssen sie darüber hinaus getrennt einstellbar sein. Impulsstromquellen sind aufgrund ihrer Flexibilität und werkstoffunabhängigen Vielseitigkeit bevorzugt einzusetzen.

3.2.2 Drahtförderung

Es ist vorteilhaft, sowohl für den Doppeldraht- als auch für den Tandemprozess zwei getrennte Drahtvorschubsysteme einzusetzen. Beim Doppeldrahtschweißen werden annähernd gleiche Drahtvorschubgeschwindigkeiten eingestellt, während beim Tandemprozess eine frei einstellbare Drahtvorschubgeschwindigkeit für jede Drahtelektrode erforderlich ist. Die mit den Drahtvorschubsystemen erzielbaren Geschwindigkeiten sollten denen des Eindrahtprozesses entsprechen. Ebenso gelten die Aussagen aus Abschnitt 3.1.2 über Antriebskonzepte und entsprechenden Schlauchpaketlängen.

3.2.3 Schweißbrenner

Allgemein gelten für den Brenner bezüglich Kühlung und Belastbarkeit die gleichen Randbedingungen wie unter Abschnitt 3.1.3. Da ein Zweidrahtbrenner thermisch noch höher belastet wird, ist insbesondere bei hohen Umgebungstemperaturen oder sehr hoher Einschaltdauer gegebenenfalls ein zusätzliches Kühlaggregat für den Wasserkreislauf nötig.

Der Rücksprung der Kontaktröhre in der Gasdüse ist mit dem des konventionellen Metall-Aktivgasschweißens vergleichbar (2 bis 5 mm). Je nach Hersteller gibt es bei Tandembrennern unterschiedliche Anstellwinkel der Kontaktröhre in der Gasdüse zueinander. Beim Doppeldrahtbrenner erfolgt der Drahtaustritt meistens parallel, Bild 2.

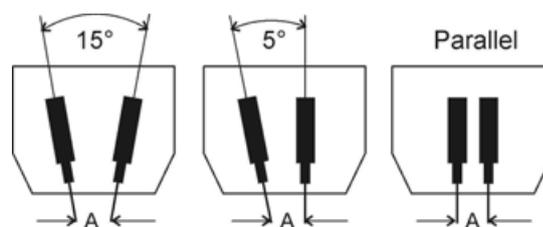


Bild 2. Anordnung der Kontaktröhre bei verschiedenen Mehrdraht-Brennersystemen. Der Abstand A zwischen beiden Drahtelektroden sollte zwischen 5 und 8 mm liegen.