

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Zweck
- 3 Allgemeines zum Plasmaschweißen
- 3.1 Anforderungen an die Nahtvorbereitung
- 4 Verfahrensvarianten
- 4.1 Mikroplasmenschweißen
- 4.2 Weich-Plasmenschweißen
- 4.3 Plasma-Stichlochschiweißen
- 4.4 Plasma-Pluspol-Schweißen
- 4.5 Plasma-Wechselstrom-Schweißen
- 4.6 Plasma-MIG-Schweißen
- 5 Gerätetechnische Ausrüstung
- 5.1 Stromquelle
- 5.2 Steuereinheit
- 5.3 Plasmabrenner und Schlauchpaket
- 5.4 Brennerpositionier-Einheit
- 5.5 Kaltdrahteinrichtung
- 5.6 Vorschubeinrichtung
- 5.7 Kühleinheit
- 6 Wahl von Plasma- und Schutzgas
- 7 Hinweise zum Schweißen verschiedener Werkstoffe
- 7.1 Schweißen von legierten Stählen
- 7.2 Schweißen von unlegierten Stählen
- 7.3 Aluminiumwerkstoffe
- 7.4 Sonstige Werkstoffe und Kombinationen
- 8 Anwendungsbeispiele
- 9 Normen, Vorschriften und Richtlinien

und Werkstück vor. Nach Zündung des Hauptlichtbogens (übertragender Lichtbogen) arbeitet dieser mit den vorher eingestellten Parametern (Plasma- und Schutzgasstrom und Schweißgeschwindigkeit).

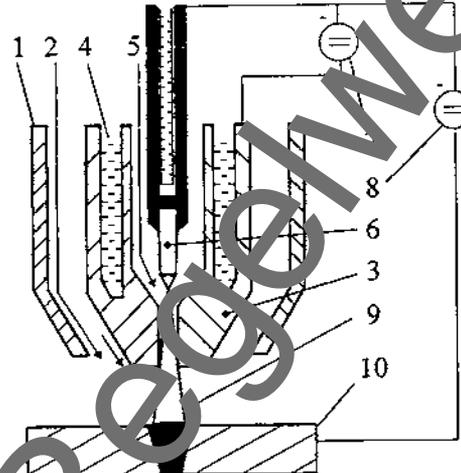


Bild 1 Schematische Darstellung eines Plasmabrenners.

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 Schutzgasdüse                   | 6 Wolframelektrode (Katode)                      |
| 2 Schutzgas                       | 7 Hilfslichtbogenstromquelle und Zündeinrichtung |
| 3 Einschnürdüse mit Bypassbohrung | 8 Schweißstromquelle                             |
| 4 Kühlwasser                      | 9 Plasmalichtbogen                               |
| 5 Plasmagas                       | 10 Werkstück                                     |

1 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für das Wolfram-Plasmalichtbogenschweißen (WPL) von metallischen Werkstoffen.

2 Zweck

Das Merkblatt gibt einen Überblick über alle typischen Merkmale des Plasmaverbindungsschweißens und seiner Verfahrensvarianten hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für die schweißtechnische Verarbeitung metallischer Werkstoffe. Es ist insbesondere gedacht für den Bereich der Fertigung sowie in der Aus- und Weiterbildung.

3 Allgemeines zum Plasmalichtbogenschweißen

Ein Plasma ist ein elektrisch leitfähiges Gas. In der Schweißtechnik werden Verfahren, die als Plasmaverfahren bezeichnet, wenn der Lichtbogen nicht nur zwischen nichtabschmelzender Wolframelektrode und Werkstück brennt (WIG-Verfahren siehe DVS-Merkblatt 0920), sondern eingeschnürt wird, Bild 1.

Zum sicheren Zünden des Hauptlichtbogens brennt ein mittels Hochspannungsimpulsen gezündeter Hilfslichtbogen ( $\leq 20$  A) zwischen Wolframelektrode und Einschnürdüse als nichtübertragener Lichtbogen und ionisiert die Strecke zwischen Elektrode

Derzeit findet das Plasmalichtbogenschweißen vor allem Anwendung beim Schweißen von unlegierten Stählen, Chromnickelstählen, Nickel, Nickellegierungen, Zirkon und Titan, in Sonderfällen auch für Aluminium. In Abhängigkeit von den in Abschnitt 4 vorgestellten Verfahrensvarianten lassen sich Werkstücke im Dickenbereich von 0,01 mm bis etwa 10 mm schweißen. In der Regel wird das Plasmaverfahren mechanisiert und in Schweißposition PA (w) und PC (q) eingesetzt. Bei manuellem Einsatz sind auch andere Positionen üblich. Das Verfahren kann mit und ohne Zusatzwerkstoff eingesetzt werden.

Wie beim WIG-Schweißen wird die Nahtunterseite und gegebenenfalls auch die Nahtoberseite (Schleppdüse) in Abhängigkeit von den zu schweißenden Werkstoffen (Formieren siehe Merkblatt DVS 0937) geschützt. Der Vorteil des Plasmalichtbogenschweißens im Vergleich zum WIG-Schweißen liegt in der höheren Leistungsdichte des eingeschnürten Lichtbogens. Seine annähernd zylindrische Form im Vergleich zu der glockenförmig ausgebildeten Form des WIG-Lichtbogens (Kegelwinkel: Plasma  $6^\circ$ ; WIG etwa  $45^\circ$ ) erlaubt vergleichsweise größere Abstandsänderungen zwischen Brenner-Werkstück, ohne daß daraus eine Beeinträchtigung der Einbrandtiefe und der Richtungsstabilität des Lichtbogens resultiert, gleiche Stromstärken vorausgesetzt, Bild 2. Des weiteren wird dadurch eine vergleichsweise höhere Schweißgeschwindigkeit erreicht.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Technischer Ausschuß, Arbeitsgruppe „Lichtbogenschweißen“

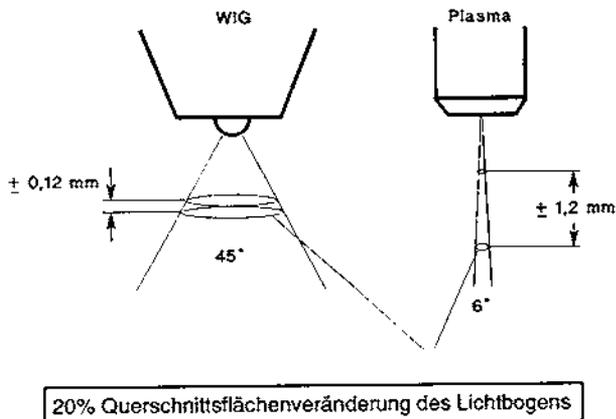


Bild 2. Strahldivergenz beim WIG- und Plasma-Lichtbogen.

Wie bei allen offenen Lichtbogenschweißverfahren tritt auch beim Plasma-Lichtbogenschweißen optische Strahlung auf, welche das Tragen entsprechender Körperschutzmittel erfordert.

Die Installation sowie die Wartung von Schweißanlagen dürfen nur von einer Elektrofachkraft oder unter deren Leitung und Aufsicht, den elektrotechnischen Regeln entsprechend, ausgeführt werden. Beim Arbeiten mit entsprechenden Geräten sind die geltenden Normen und Regelwerke und insbesondere die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.

### 3.1 Anforderungen an die Nahtvorbereitung

Beim Plasma-Stichlochschweißen (siehe Abschnitt 4.3) wird bis zu Werkstückdicken von etwa 10 mm in der Regel der I-Stoß angewandt. Bei dickeren Werkstücken kann eine U-Naht mit entsprechender Steghöhe oder eine Y-Naht vorgesehen werden. Die Wurzel wird dabei mit einem 6-mm-Steg nach dem Plasma-Verfahren geschweißt und dann meist mit MAG oder UP gefüllt. In selteneren Fällen werden die Füllagen ebenfalls durch Plasmaschweißen unter Zugabe von Kaltdraht erstellt. Anzustreben ist eine möglichst geringe Spaltbreite, die  $0,1 \times$  Steghöhe nicht überschreiten sollte. Die Nahtbereiche sollen metallisch blank, trocken, öl- und fettfrei sein. Bei der Verwendung von chemischen Reinigungsmitteln sind die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten. Müssen die Bauteile geheftet werden, sollte das WIG-Verfahren möglichst ohne Zusatzwerkstoff eingesetzt werden. Diese Heftstellen werden überschweißen. Kantenversatz bzw. Blechdickenunterschiede können im Vergleich zum WIG-Schweißen größer sein.

## 4 Verfahrensvarianten

### 4.1 Mikroplasma-Schweißen

Das Mikroplasma-Schweißen ist dadurch gekennzeichnet, daß noch bei geringsten Stromstärken (z. B. 0,3 A) ein richtungs- und leistungsstabiler Lichtbogen entsteht. Mit dem Mikroplasma-Schweißverfahren lassen sich beispielsweise noch Bauteile mit Werkstückdicken von minimal 0,01 mm bis etwa 1,0 mm verschweißen.

### 4.2 Weich-Plasma-Schweißen

Das Weich-Plasma-Schweißen ist charakterisiert durch einen eingeschnürten Lichtbogen. Durch eine geringe Plasmagasmenge erhält man einen weniger stark eingeschnürten Lichtbogen (geringe Leistungsdichte), der sich in bezug auf seine Eigenschaften dem WIG-Lichtbogen nähert. Vorteilhaft gegenüber dem WIG-Verfahren ist eine höhere Schweißgeschwindigkeit, eine geringere Nahtbreite und ein geringerer Wärmeverzug der Bauteile. Es wird für Einlagenschweißungen mit und ohne Zusatzwerkstoff  $t = 3$  mm und für Mehrlagenschweißungen mit Zusatzwerkstoff eingesetzt.

### 4.3 Plasma-Stichlochschweißen

Bei dieser Variante durchdringt der Plasma-Lichtbogen das Werkstück und bildet eine Schweißöse, genannt "Stichloch". Dies wird erreicht durch Erhöhung der Plasmagasmenge und Anpassung der Schweißstromstärke an die Werkstückdicke. Durch die Vorwärtsbewegung des Brenners bzw. des Werkstücks fließt der aufgeschmolzene Werkstoff hinter dem Stichloch aufgrund der Oberflächenspannung zusammen und erstarrt, Bild 3. Mit dieser Verfahrensart wird ab einer Blechdicke von etwa 2,5 mm generell mechanisiert geschweißt. Der Stichlocheffekt kann ebenfalls ab einer Blechdicke von  $t = 2,5$  mm genutzt werden.

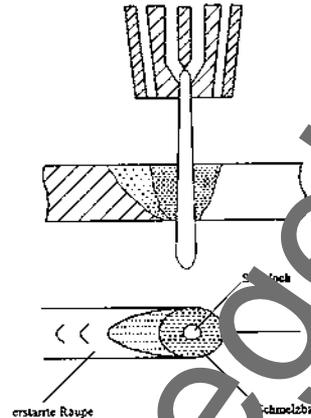


Bild 3. Schematische Darstellung des Plasma-Stichlochschweißens.

Bei Rundnahtschweißungen wird durch die Steuerung von Schweißstrom und Plasmagasmenge im Zusammenwirken mit der Basisbewegung ein sicheres Schließen des Stichloches erreicht bei guter Ausgasung am Nahtende (Vermeidung der Endpore).

Das Plasma-Stichlochschweißen ist gekennzeichnet durch

- eine sichere Durchschweißung (gut visuell erfassbar)
- eine hohe Schweißgeschwindigkeit
- eine einfache Nahtvorbereitung (I-Stoß)
- eine geringe Wärmebringung
- einen geringen Wärmeverzug
- keinen bzw. geringen Zusatzwerkstoffverbrauch

### 4.4 Plasma-Pluspol-Schweißen

Beim Gleichstrom-Schweißen von Aluminium wird mit plusgepolter Wolframelektrode gearbeitet. Dabei erfolgt die Zerstörung der hochschmelzenden Aluminium-Oxidhaut wie beim WIG-Schweißen (kathodische Reinigung). Zu beachten ist auch hier die vergleichsweise höhere thermische Belastung der Wolframelektrode. Aufgrund dessen wird diese Variante in der Praxis an Aluminiumwerkstoffen nur bis etwa 4 mm im I-Stoß eingesetzt. Im Gegensatz zum WIG-Wechselstromschweißen zeichnet sich diese Variante durch einen ruhigeren Lichtbogen aus.

### 4.5 Plasma-Wechselstrom-Schweißen

Diese Variante wird in zwei Gruppen unterteilt:

1. Wechselstrom-Schweißen mit konstanter Amplitude und Frequenz.
2. Wechselstrom-Schweißen mit variabler Höhe bzw. Breite der einzelnen Stromphasen.

In beiden Fällen kann mit sinus- bzw. rechteckähnlichen (square wave) Strom/Spannungsformen gearbeitet werden, Bild 4.

Vorteil: Gute kathodische Reinigungswirkung bei geringer thermischer Belastung der Elektrode. Bei beiden Varianten wird ein steiler Nulldurchgang zwischen positiver und negativer Halbwelle angestrebt, so daß eine hochfrequente Hochspannungsüberlagerung zum sicheren Wiedereinzünden des Lichtbogens entfällt. Eingesetzt werden beide Varianten an Aluminium-Werkstückdicken bis etwa 10 mm. Im oberen Blechdickenbereich wird – sofern möglich – in Position PF (s) mit der Stichlochtechnik gearbeitet.