

Inhalt:

- 1 Zweck und Geltungsbereich
- 2 Verfahrensbeschreibung
- 3 Aufbau der Anlage
  - 3.1 Schweißkopf
    - 3.1.1 Stromkontakteinrichtung
    - 3.1.2 Positioniereinrichtung
    - 3.1.3 Elektroden-Vorschubeinrichtung
    - 3.1.4 Elektrodenaufnahme
    - 3.1.5 Pulverzufuhr- und -absaugeinrichtung
    - 3.1.6 Steuer- und Regeleinrichtung
  - 3.2 Schweißstromquelle
    - 3.2.1 Gleichstromquelle
    - 3.2.2 Wechselstromquelle
  - 3.3 Einrichtungen zur Mechanisierung
    - 3.3.1 Schweißvorschub
    - 3.3.2 Nahtführungssysteme
- 4 Verfahrensvarianten
  - 4.1 Verfahren mit einer Lichtbogenführenden Elektrode
    - 4.1.1 Eindrahtschweißen
    - 4.1.2 Kalt-/Heißdrahtschweißen
    - 4.1.3 Schweißen mit Metallpulverzugabe
    - 4.1.4 Schweißen mit Bandedelektrode
  - 4.2 Verfahren mit mehreren Lichtbogenführenden Elektroden
    - 4.2.1 Doppeldrahtschweißen
    - 4.2.2 Mehrdrahtschweißen
    - 4.2.3 Doppelbandschweißen
- 5 Abgrenzung der Verfahren
- 6 DVS-Merkblätter und -Richtlinien zum Unterpulverschweißen

Schrifttum

1 Zweck und Geltungsbereich

Dieses Merkblatt gibt eine Übersicht über die gebräuchlichsten Ausführungsarten des Unterpulver-Schweißverfahrens zur Auf- und Verbindungsschweißen mit Draht- oder Bandedelektroden. Dabei kann es sich sowohl um Füll- als auch Massiv Elektroden handeln. Zusätzlich kann dem Lichtbogen stromlos Zusatzwerkstoff in Form von Draht oder Metallpulver zugeführt werden. Das Verfahren zeichnet sich grundsätzlich durch eine hohe Abschmelzleistung, seine geringe Schlackeanfälligkeit und hohe mechanische Güterwerte des Schweißgutes aus. Üblicherweise wird das Verfahren bei Bleichicken ab 5 mm eingesetzt. Prinzipiell gibt es nach oben keine Begrenzung der Bleichicke (siehe DVS-Merkblatt 0936).

Das Unterpulverschweißen kann mit schweißgeeigneten unlegierten und legierten Stählen sowie Nickel bzw. Ni-Legierungen verwendet werden. Es müssen dann für das bestimmte Einsatzgebiet geeignete Zusatzwerkstoff-/Schweißpulver-Kombinationen eingesetzt werden. Über die Zusammensetzung des Zusatzwerkstoffes und das metallurgische Verhalten des Schweißpulvers kann man gezielt die Schweißguteigenschaften einstellen (siehe DVS-Merkblätter 0907 Teile 1 bis 3, 0918 und 0928). Durch geeignete Verarbeitung und Lagerung des Schweißpulvers kann der diffuse Wasserstoffgehalt begrenzt und damit die Kaltbrüchigkeit minimiert werden (siehe DVS-Richtlinie 0914).

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. Eine Haftung des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Der Einsatz des UP-Verfahrens erstreckt sich wegen der erforderlichen Beherrschbarkeit des Schmelzbades und der Pulverschüttung vorwiegend auf das Schweißen in Wannens- (PA) und Horizontalposition (PB). Durch Verwendung geeigneter Pulverschüttungen kann auch in Querposition (PC) gearbeitet werden [1]. Beim Schweißen der Wurzellage muß in Abhängigkeit von der Nahtvorbereitung eine geeignete Schweißablenkung vorgesehen werden. Die UP-Schweißung kann als Einseitenschweißung, in Lage-Gegenlage-Technik sowie als Bandenschweißung ausgeführt werden. Die DVS-Merkblätter 0923 Teile 1 bis 4 beschreiben die Prüfung bestimmter mechanischer Eigenschaften von Schweißpulvern.

Das vorliegende Merkblatt dient zur Begriffsbestimmung sowie zur Darstellung und Abgrenzung der Verfahrensvarianten. Damit soll dem Anwender eine Hilfestellung bei der Auswahl geeigneter Verfahrensvarianten für den jeweiligen Anwendungsfall gegeben werden. Nähere Angaben zur Verfahrensdurchführung sind den entsprechenden einzelnen DVS-Merkblättern bzw. -Richtlinien 0915, 0936 und 0939 zu entnehmen.

2 Verfahrensbeschreibung

Das Unterpulverschweißen zählt nach DIN 1910 Teil 2 zu den erddeckten Lichtbogenschweißverfahren [2]. Der Lichtbogen brennt vor der Atmosphäre geschützt unter einer Pulveraufschüttung zwischen der Elektrode und dem Werkstück in der mit Gasen und Dämpfen gefüllten Schweißkammer, Bild 1. Dabei schmilzt er einen Teil des Pulvers zu einer Schlacke auf.

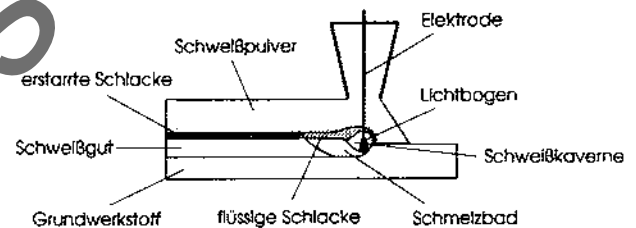
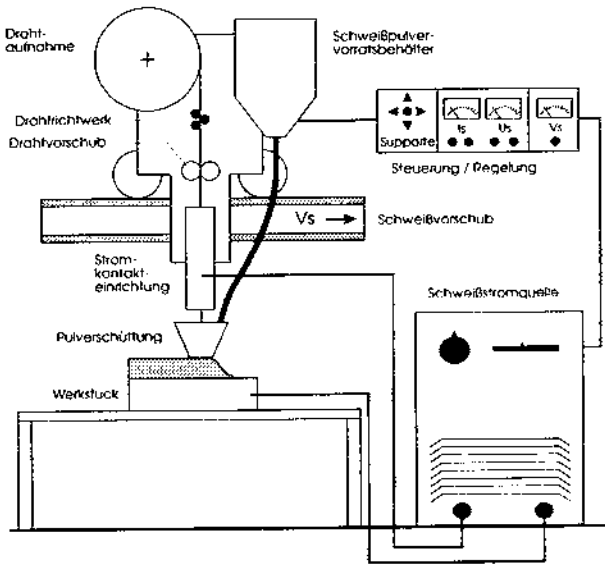


Bild 1. Verfahrensprinzip des Unterpulverschweißens.

Gleichzeitig wird auch der Zusatzwerkstoff abgeschmolzen und geht tropfenförmig zum aufgeschmolzenen Grundwerkstoff über. Hier bildet der Schweißzusatz mit dem durch den Lichtbogen aufgeschmolzenen Grundwerkstoff ein Schmelzbad, das mit fortschreitendem Schweißen zur Schweißbrause erstarrt. Die Schlacke setzt sich auf der Naht ab und unterstützt die Nahtformung. Die Schlacke verzögert die Abkühlung der Naht [3].

3 Aufbau der Anlage

Zu einer kompletten UP-Schweißanlage gehören ein Schweißkopf, eine Schweißstromquelle und Mechanisierungseinrichtungen zum Positionieren und Bewegen des Schweißkopfes und/oder zum Halten und Bewegen der Werkstücke. Die Baukomponenten müssen eine funktionelle mechanische und elektrotechnische Einheit bilden, Bild 2.



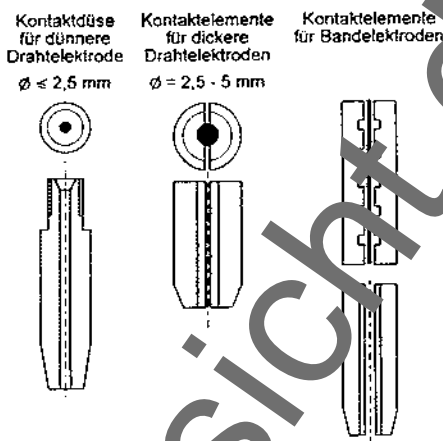
**Bild 2.** Anlagenkomponenten des Unterpulverschweißens am Beispiel des Eindrahtschweißens.

**3.1 Schweißkopf**

Der Schweißkopf besteht aus den unmittelbar zum Schweißprozeß benötigten elektrischen und mechanischen Baukomponenten wie Stromkontakteinrichtung, Positioniereinrichtung, Elektroden-Vorschubeinrichtung für Draht- bzw. Bandlektrode, Elektrodenaufnahme, Pulverzufuhr- und -absaugeinrichtung sowie Steuer- und Regeleinrichtung.

**3.1.1 Stromkontakteinrichtung**

Die störungsfreie Schweißstromübertragung und eine im Dauerbetrieb gleichbleibend präzise Elektrodenführung sind wichtige Hauptaufgaben der Stromkontakteinrichtung. Dies erfordert Kontaktelemente, die an die jeweilige Elektrodenform (Draht-, Bandlektrode) angepaßt sind und einen definierten Stromübergang im unteren Bereich der Kontaktelemente sicherstellen, Bild 3.



**Bild 3.** Stromkontaktelemente für das Unterpulverschweißen.

**3.1.2 Positioniereinrichtungen**

Zu den Positioniereinrichtungen gehören eine Höhen- und Seiteneinstellung sowie eine Winkeleinstellung in Nahrichtung und quer zur Nahrichtung. Für die Einstellvorrichtungen ist eine stabile und präzise Bauweise erforderlich.

**3.1.3 Elektroden-Vorschubeinrichtung**

Ein leistungsstärkender Getriebemotor mit ausreichendem Regelbereich und eine funktionssichere Mechanik der Kraftübertragung

haben die Aufgabe, die Elektrode von der Spule abzuziehen und durch die Stromkontakteinrichtung zur Schweißstelle vorzuschieben. Richtwerke ermöglichen den notwendigen, genau ausgerichteten Elektrodenaustritt aus der Stromkontakteinrichtung.

**3.1.4 Elektrodenaufnahme**

Drahtelektroden werden in unterschiedlichen Spulengewichten von 10 bis 300 kg geliefert. Die Drahtelektroden-spulen werden zum störungsfreien Abspulen in passende Spulenkörper (Drahttrommeln) eingelegt. Eine einstellbare Bürste in der Spulennachse sorgt für gleichmäßigen Drahtelektrodenablauf. Größere Spulengewichte bis 1000 kg sind üblicherweise ab 250 kg in Kronenstöcken oder Faßspulen im Parallelantrieb erhältlich. Bandlektroden werden üblicherweise in Ringen von 25 bis 300 kg geliefert.

**3.1.5 Pulverzufuhr- und -absaugeinrichtung**

Die Pulverzufuhr erfolgt abhängig von den betrieblichen Bedingungen unter Schwerkrafteinfluß mit Druckluftförderung oder über ein Transportband aus einem Pulvervorratsbehälter. Bei Druckluftförderung muß die Luft ölmäßig und trocken sein.

**3.1.6 Steuer- und Regeleinrichtung**

Für die Einstellung und Regelung des Elektrodenvorschubes und der Schweißstromquelle und damit von Schweißstrom und -spannung ist eine Steuerung/Regelung mit Schalt- und Meßgeräten (analog oder digital) erforderlich. Eine weitere Steuerung/Regelung wird für den Schweißvorschub benötigt.

Im Hinblick auf die hohen qualitativen Anforderungen sollten bevorzugt elektronische Steuerungen/Regelungen eingesetzt werden. Diese garantieren eine genaue Einstellung, Überwachung und Konstanz aller Schweißparameter. Außerdem müssen die Steuerungen und Regelungen so konzipiert sein, daß in Verbindung mit geeigneten Schweißstromquellen eine einwandfreie Kontaktaufnahme des Lichtbogens ohne zusätzliche Zündhilfe möglich ist. Moderne Anlagen besitzen die Möglichkeit zur Überwachung der Schweißparameter.

Die Meßinstrumente der Steuerung sollten mindestens der Genauigkeitsklasse 1,5 nach VDE 0410 entsprechen und zudem im Hinblick auf die Anzeigegenauigkeit einer regelmäßigen Überprüfung unterzogen werden [4].

**3.2 Schweißstromquelle**

Für das Schweißverfahren wird eine Energiequelle, üblicherweise als Schweißstromquelle bezeichnet, mit Gleichstrom- oder Wechselstromabgabe benötigt.

**3.2.1 Gleichstromquelle**

Drehstromtransformatoren mit nachgeschalteter Gleichrichterbrücke erzeugen die Gleichspannung. Die Einstellung der Schweißspannung erfolgt über Stelltransformatoren, Transduktoren oder elektronische Regeleinheiten. Der statische Kennlinienverlauf der verschiedenen Gleichrichter reicht von fallend bis konstant (DIN VDE 0544/EN 60974-1).

Für das UP-Schweißen werden heute in der Regel Gleichrichter mit Konstantspannungskennlinie eingesetzt. Diese gewährleisten durch einen ausreichenden Kurzschlußstrom und eine auf den Gleichrichter abgestimmte Vorschubsteuerung der Elektrode ein problemloses Zünden. Wegen der erforderlichen Parameterkonstanzhaltung empfehlen sich elektronisch geregelte Gleichrichter mit Kompensation der Netzspannungsschwankungen.

**3.2.2 Wechselstromquelle**

Transformatoren wandeln die Netzspannung in Schweißspannung um, wobei unterschiedliche Transformatorbauarten existieren. Neben den traditionellen Wechselstromquellen mit fallender Kennliniencharakteristik (CC-Kennlinie) und Spannungseinstellung zum Beispiel mittels Streukern oder Transduktor bietet der Markt jetzt auch thyristorgesteuerte Transformatoren mit Rechteckwellen-Technik. Diese modernen Trafos verbessern die Einsatzmöglichkeit beim UP-Schweißen, zum Beispiel durch die