

**Inhalt:**

- 1 Zweck des Merkblattes
- 2 Geltungsbereich
- 3 Anwendungshinweise
- 4 Grundlagen für die Auswahl
- 5 Krafterzeugungssysteme
  - 5.1 Manuelle Krafterzeugung
  - 5.2 Pneumatische Krafterzeugung
  - 5.3 Hydraulische Krafterzeugung
  - 5.4 Hydropneumatische Krafterzeugung
  - 5.5 Servoelektrische Krafterzeugung
- 6 Stromquellen
  - 6.1 Wechselstrom
  - 6.2 Gleichstrom
- 6.3 Allgemeine Anmerkungen
- 7 Schweißsteuerungen
- 8 Elektroden
- 9 Einrichtungen zum Widerstandsschweißen
  - 9.1 Ständerschweißmaschinen
  - 9.2 Punktschweißzangen
  - 9.3 Verfahrensbedingte Besonderheiten
- 10 Mechanische Maschineneigenschaften
- 11 Allgemeine Randbedingungen für den Einsatz von Einrichtungen zum Widerstandsschweißen
  - 11.1 Zugänglichkeit
  - 11.2 Kühlung
- 12 Einflussgrößen auf die Schweißqualität
  - 12.1 Allgemeine/Grundsätzliche Hinweise
  - 12.2 Parametrierung
  - 12.3 Werkstoffe
- 13 Handhabung der Maschine und Steuerung
- 14 Wirtschaftlichkeit
- 15 Auswahlkriterien
- 16 Anwendungsempfehlung
- 17 Schrifttum
  - 17.1 Regelwerk
  - 17.2 Literatur

**1 Zweck des Merkblattes**

Das Merkblatt soll dem Anwender Hinweise bezüglich Auswahl und Vergleich von Widerstandsschweißeinrichtungen geben. Abhängig von der Schweißanfrage und den Anforderungen des Unternehmens, kann mit Hilfe dieses Merkblattes ein Lastenheft erstellt werden, in das zusätzliche, über dieses Merkblatt hinausgehende Anforderungen aufgenommen werden können. Die für die Beschaffung erarbeiteten Unterlagen können auch für die Abnahme der Schweißeinrichtungen für die Fertigungsplanung und -vorbereitung verwendet werden.

**2 Geltungsbereich**

Das Merkblatt gilt für Widerstandspunkt-, Buckel- und Rollennahtschweißmaschinen mit Einphasen- Wechselstrom-, Gleichstrom- (Gleichrichter-, Frequenzwandlermaschinen), Mittelfrequenzgleichstrom (MF-DC)-, Hochfrequenzgleichstrom- oder Kondensatorentladungstechnik sowie der zugehörigen Schweißsteuerungen.  
Für Sonderverfahren sind gegebenenfalls weitere Merkblätter zu beachten.

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 DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

**3 Anwendungshinweise**

Die Nutzung der Empfehlungen setzt Fachkenntnis voraus; die verfahrens- und werkstoffabhängig oder anwendungsbezogen in den DVS-Merkblättern zum Widerstandsschweißen zusammengefasst sind. Die in den Erläuterungen enthaltenen Hinweise sowie Normen, DVS-Merkblätter und Veröffentlichungen sind zu beachten.

**4 Grundlagen für die Auswahl**

Grundlage für die Auswahl sind die Anforderungen, die hinsichtlich Qualität und wirtschaftlicher Fertigung an die Schweißeinrichtung gestellt werden. Zu berücksichtigen sind zum Beispiel:

- Eigenschaften des Bauteils
- Ansprüche an die Qualität der Schweißung,
- Arbeitsgeschwindigkeit, - technische Verfügbarkeit,
- durch die Produktionsstruktur bedingte besondere Anforderungen, wie Einzelanfertigung oder Serienfertigung.

Für einen nachvollziehbaren Vergleich unterschiedlicher Fertigungseinrichtungen sind unter anderem Probeschweißungen durchzuführen. Bei diesen Schweißungen ist anzustreben, dass die Bauteile auf einer Einrichtung des gleichen Typs und Zustandes geschweißt werden, wie sie angeboten werden soll.

Für das Ermitteln und Beurteilen der Qualität von Widerstandsschweißungen gelten die entsprechenden Normen und DVS-Merkblätter; (siehe Merkblatt DVS 2915 und DVS Merkblatt 2916).

**5 Krafterzeugungssysteme**

Für Krafterzeugung an Widerstandsschweißeinrichtungen stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung:

- manuelle Krafterzeugung
- pneumatische Krafterzeugung
- hydraulische Krafterzeugung
- hydropneumatische Krafterzeugung
- servoelektrische Krafterzeugung

Elektrodenkraftprogramme pneumatisch, hydraulisch oder hydropneumatisch betriebener Schweißeinrichtungen werden durch die Verwendung von Proportionalventilen realisiert. An der Schweißsteuerung muss dafür ein entsprechender Ausgang zur Verfügung stehen, über den das Proportionalventil angesteuert werden kann.

Servoelektrische und servopneumatische Aktuatoren werden mit einer eigenen Antriebssteuerung oder durch eine Schweißsteuerung mit integrierten Antriebsachsen betrieben. Für servoelektrische Aktuatoren besteht zusätzlich die Möglichkeit die Antriebe mit Hilfe einer Robotersteuerung zu kontrollieren.

**5.1 Manuelle Krafterzeugung**

Durch Fußbetätigung erzeugte Elektrodenkräfte sind nur bis etwa 2,5 kN zweckmäßig (Pedalkräfte bzw. Fußwege werden sonst zu groß - hierdurch tritt Ermüdung bei Serienfertigung ein). Beim Verstellen der Ausladung ändert sich die erreichbare Elektrodenkraft. Die maximale Elektrodenkraft kann nur bei kleinster Ausladung erreicht werden. Zustellgeschwindigkeit und Aufsetzkraft sind bedienerabhängig.

## 5.2 Pneumatische Krafterzeugung

Pneumatisch werden im Allgemeinen Kräfte bis 60 kN erzeugt. Maschinen werden üblicherweise mit einfach wirkenden Zylindern, größere Maschinen meistens mit doppelt wirkenden Zylindern ausgerüstet. Als Richtwert für den Fehler der Nennelektrodenkraft gilt ein Wert von  $\pm 3\%$  unter Wiederholbedingungen bei Nennelektrodenkraft und -luftdruck; der Wert beträgt für Feinpunktschweißmaschinen  $\pm 2\%$ . Das Manometer sollte mindestens eine Auflösung von 1,5 % haben (bezogen auf den Skalenendwert). Der maximale Fehler unter Wiederholbedingungen wird insbesondere durch die Eigenschaften des Druckminderers bzw. Reglers beeinflusst.

Auf eine ausreichende Ablesemöglichkeit der Elektrodenkraft im Bereich der minimalen Elektrodenkraft nach der Angabe des Typenschildes ist zu achten. Ein sicheres Arbeiten unterhalb der minimalen Elektrodenkraft ist nicht möglich. Vorteilhaft ist die Verwendung eines Proportionalventils, über das der Druck bzw. die Elektrodenkraft direkt durch eine geeignete Schweißsteuerung vorgegeben werden kann. Die erforderliche Luftmenge wird bei konstantem Hub vom Querschnitt des Zylinders bestimmt. Bei doppelt wirkenden Zylindern ist sie außerdem vom Querschnitt der Kolbenstange abhängig.

Erfolgt der Rückhub mit dem gegenüber dem Netzdruck verminderten Arbeitsdruck, so wird der Luftverbrauch reduziert. Jedoch kann dann bei sehr kleinen Drücken die Rückhubkraft eventuell nicht mehr ausreichen (vor allem bei Buckel- und Naht-Schweißmaschinen wegen des Gewichts der Rollenköpfe bzw. der Schweißwerkzeuge).

Bei der Druckluftversorgung ist nicht nur auf ausreichend hohen Druck, sondern auch auf genügend große Leitungsquerschnitte zu achten, damit die Zylinder ausreichend schnell gefüllt werden. Bei zu geringen Rohrquerschnitten oder zu kleiner zuströmender Luftmenge verlängern sich die Kraftanstiegszeiten und die Kraftwechselzeiten beim Kraftprogramm. Die benötigte Luftmenge ist der Berechnung der Luftversorgung zugrunde zu legen. Bei ausgedehnten oder schwachen Druckluftnetzen ist ein Druckluftspeicherbehälter in Maschinennähe nach dem Druckminderer empfehlenswert, um ein zu starkes Absinken des Netzdruckes beim Betätigen der Maschine zu vermeiden.

Die Schaltventile sollten möglichst unmittelbar am Druckluftzylinder der Schweißmaschine angebracht werden. Eine anlagenunabhängige optimale Abstimmung ist durch eine Drossel möglich, durch die sich das Auf- und Nachsetzverhalten, die Kraftanstiegs- und die Kraftwechselzeiten verändern lassen. Die Verfahrensleistung ist durch den Einsatz von Drosseln steuerbar. Eine hohe Zustellgeschwindigkeit führt zu einer hohen Aufsetzkraft verbunden mit folgenden Nachteilen:

- Prellen
- Schwingungen
- übermäßige Buckelrückverformung
- deutliche Schallemission je nach Härte des Aufsetzens der Elektroden

Bedingt durch die Kraftspeichereigenschaft des Druckluftpolsters ist das Nachsetzverhalten an sich gut. Es wird aber auch von den zu bewegenden Massen und dem Reibungsverhalten des Zylinders beeinflusst. Werden aufgrund der Bauteilgeometrie (Störkontur) oder zum Be- und Entladen der Maschine große Verfahrswege der Zylinder benötigt, empfiehlt sich der Einsatz von Vorhubzylindern. Der Gesamtweg teilt sich bei diesen Zylindertypen in einen Vorhub (maximaler Öffnungshub) und einen Arbeitshub auf (kleiner Öffnungshub, üblicherweise Arbeitsposition zum Schweißen). Die Verkleinerung des Hubes beim Schweißen verkürzt die Prozesszeiten und verringert den Druckluftverbrauch.

Zur Einstellung unterschiedlicher Kräfte im Produktionsablauf oder zur Erzeugung von Kraftprofilen im Verlauf des Schweißprozesses werden Proportionalventile eingesetzt. Ist an den Ventilen ein Schaltweg vorhanden, kann durch diesen der Schweißprozess gestartet werden, sobald der eingestellte Druck erreicht

wurde.

Durch den Einsatz der Servopneumatik kann der Arbeitshub des Zylinders frei eingestellt werden. Es ergeben sich ähnliche Möglichkeiten wie bei den nachfolgend beschriebenen servoelektrischen Krafterzeugungssystemen. Der Positionierregler benötigt neben Proportionalventilen zur Druckverstellung ein Wechselsystem zur Ist-Wert Rückführung bei der Positionierung. Nachteilig ist bei diesem System, dass verglichen mit den genannten Vorhubzylindern beim Druckaufbau immer das komplette Zylinder Volumen der Druckseite befüllt werden muss.

## 5.3 Hydraulische Krafterzeugung

Die hydraulische Krafterzeugung mit Hydraulikaggregat wird allgemein für große Elektrodenkräfte bis 200 kN und bei Sondermaschinen sowie Zangen aus Platz- und Gewichtsgründen eingesetzt. Die Elektrodenkraft ist dadurch unabhängig vom Druckluftnetz. Bei Kraftprogrammen können außerdem die Kraftänderungszeiten kürzer sein, weil keine Kompression bzw. Expansion des Druckmediums erfolgt. Nachteilig ist der zusätzliche Aufwand für die Hydraulik.

Für ein „stoß- und prellfreies“ Aufsetzen der Elektroden werden wie bei pneumatischen Krafterzeugungssystemen Drosseln eingesetzt. Das Nachsetzverhalten aufgrund der Inkompressibilität des Druckmediums schließt sich an, aber durch einen zusätzlichen Druckspeicher und den Einsatz einer Nachsetzeinheit verbessert werden. Die Kraftänderungs- und Kraftaufbauzeiten sind bedingt durch die Eigenschaften des Druckmediums kurz.

## 5.4 Hydro-pneumatische Krafterzeugung

Eine weitere Möglichkeit der Elektrodenkrafterzeugung bis 200 kN ist gegeben durch die Verwendung hydro-pneumatischer Zylinder. Diese werden am Druckluftnetz betrieben und arbeiten nach dem Prinzip der Differentialkolben. Vorteilhaft sind gegenüber hydraulischen Systemen die geringe Aufsetzenergie, die gute Wiederholgenauigkeit, das gute Nachsetzverhalten und das niedrige Gewicht sowie der geringe Luftverbrauch.

## 5.5 Servoelektrische Krafterzeugung

Seit einigen Jahren werden elektromotorisch betriebene Krafterzeugungssysteme für Kräfte bis 100 kN eingesetzt. Hierbei handelt es sich zumeist um Systeme bei denen durch eine Kugel- oder Rollengewindespindel die Rotationsbewegung des Motors in eine lineare Bewegung umgesetzt wird. Die maximale Kraft und Verfahrensgeschwindigkeit des Systems werden durch das Drehmoment und die Drehzahl des Motors sowie die gewählte Spindelsteigung bestimmt.

Vorteilhaft sind in Verbindung mit einem Positionierregler beliebige programmierbare Elektrodenpositionen, frei programmierbare Elektrodenkräfte und Kraftprofile, hohe Verfahrensgeschwindigkeiten bei prellfreiem Aufsetzen der Elektroden sowie hohe Kraftanstiegsgeschwindigkeiten. Aufgrund der verfahrensbedingt zur Verfügung stehenden Wegsignale ergeben sich zusätzliche Anlysemöglichkeiten für den Schweißprozess. Nachteilig sind die im Vergleich zu einfachen pneumatischen Systemen höheren Investitionskosten sowie das ggf. schlechtere Nachsetzverhalten der Spindelantriebe, das durch eine zusätzliche Nachsetzeinheit verbessert werden kann.

## 6 Stromquellen

Über die Stromquellen von Punkt-, Buckel- und Rollennahtschweißmaschinen gibt Merkblatt DVS 2904 Auskunft. Zur Vollständigkeit des vorliegenden Merkblattes werden die verschiedenen Stromformen kurz erläutert.

### 6.1 Wechselstrom

Die Höhe des Schweißstromes bei Wechselstrom wird durch Sekundärspannung, Ausladung, Armabstand und Netzfrequenz wesentlich beeinflusst. Vom Hersteller sind die Kenndaten abhängig von den oben genannten Einflussgrößen anzufordern. Außerdem wird die Größe des Schweißstromes