

Ersetzt Ausgabe November 1979

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Geltungsbereich
- 3 Grundlage des Schweißens lackisolierter Drähte
 - 3.1 Abisolieren
 - 3.2 Schweißen
- 4 Geeignete Werkstoffe, Oberflächen und Abmessungen
 - 4.1 Drähte
 - 4.2 Anschlusssteile
- 5 Verfahrensarten
 - 5.1 Widerstandsschweißen mit entsprechend ausgebildeten Anschlusssteilen
 - 5.1.1 Anschlusssteilausführung: Hakenfahne
 - 5.1.2 Anschlusssteilausführung: Gabelkontakt
 - 5.1.3 Anschlusssteilausführung: Schlitzfahne
 - 5.1.4 Anschlusssteilausführung: Hakenkollektor
 - 5.1.5 Anschlusssteilausführung: Schlitzkollektor
 - 5.2 Widerstandsschweißen mit Zusatzteil
 - 5.2.1 Metallhülse
 - 5.2.2 Schelle
 - 5.2.3 Plättchen
 - 5.3 Widerstandsschweißen mit impulsartig beheizter Elektrode
 - 5.4 Thermokompressionsschweißen
 - 5.5 Weniger gebräuchliche Verfahren
- 6 Geeignete Schweißmaschinen, Steuerungen und Elektroden
 - 6.1 Schweißkopf
 - 6.2 Schweißsteuerung
 - 6.3 Elektroden
 - 7 Anwendung in der Serienfertigung (Verfahrensvergleich)
 - 8 Alternative Fügeverfahren
 - 8.1 Mechanische Fügeverfahren
 - 8.2 Ultraschallschweißen
 - 8.3 Laserstrahlschweißen
 - 8.4 Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)
 - 9 Begriffe und Abkürzungen
 - 10 Schrifttum
 - 10.1 Normen
 - 10.2 DVS-Merkblätter
 - 10.3 Sonstiges Schrifttum

1 Einleitung

Resistance welding of enamelled wires – overview, joining techniques, resistance welding, application design and material.

Dieses Merkblatt gibt einen Überblick über Fügeaufgaben mit Widerstandserwärmung zum Verbinden lackisolierter Drähte untereinander oder mit Anschlusssteilen ohne vorhergehendes Abisolieren. Es beschreibt die Verbindungsarten, deren Anwendungsbereiche und Einflussgrößen. Maschineneinstellwerte werden wegen der großen Zahl von vorkommenden unterschiedlichen Werkstoffen, Dicken und Oberflächenkombinationen nur als Richtwerte bei den hauptsächlich angewendeten Verfahren angegeben. Abkürzungen, Begriffe, Bestimmungen und Normen sind

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.

enthalten in: DVS 2801, DVS 2802, DVS 2812, DVS 2903, DVS 2904, DVS 2908, DVS 2915, NFMA MW 1000, DIN EN 60317-XX, IEC 60317-XX.

2 Geltungsbereich

Das Merkblatt gilt für das Fügen/Schweißen lackisolierter Drähte (Nenndurchmesser: 0,02 mm bis 1,2 mm) durch direkte/indirekte Widerstandserwärmung.

3 Grundlagen des Schweißens lackisolierter Drähte

Das Fügen lackisolierter Drähte ist gekennzeichnet durch zwei Arbeitsschritte:

- Abisolieren
- Fügen

3.1 Abisolieren

Das stoffschlüssige Verbinden isolierter Drähte untereinander oder mit Anschlusssteilen in der Fertigung elektrischer Bauteile und Geräte mit Hilfe des Widerstandsschweißens erfordert, dass die Isolierschicht vor dem Einschalten des eigentlichen Schweißstromimpulses beseitigt wird, z. B. mechanisch, chemisch oder thermisch. Sowohl das mechanische Abtragen der Beschichtung, zum Beispiel mit Bürsten, Schaben oder Sandstrahlen, wie auch das chemische Entfernen, beispielsweise mit Lösungsmitteln, oder das thermische Abisolieren mittels Laserstrahl, haben die Nachteile des zusätzlichen Zeitaufwandes, der Schwierigkeit einer Eingrenzung auf eine definierte Kontaktfläche und der Gefahr einer Beschädigung der Drahtseele.

Eine Kombination des Abisolierens und Schweißens in einem einzigen Arbeitsgang bringt demgegenüber wesentliche Vorteile. Die nachstehend beschriebenen Verfahren bewirken das Freilegen der metallischen Drahtoberfläche in einem begrenzten Längsbereich und in sehr kurzer Zeit vor Beginn des Schweißens.

Sie arbeiten

- 1) mit Anschlusssteilen in einer Form, die die Isolation überbrückt und dadurch einen Schweißstromfluss ermöglicht;
- 2) mit Zusatzteilen als Schweißhilfen in einer Form, die einen Nebenschluss um den isolierten Draht herum bewirkt;
- 3) mit impulsförmig oder dauernd beheizten Elektroden, die die Isolation thermisch zersetzen;
- 4) mit Elektrodenformen, welche die Isolation überbrücken;
- 5) mit mechanischem Entfernen der Isolation

3.2 Schweißen

Nach Entfernen der Isolation steht der Draht an der Kontaktstelle in metallischer Berührung mit Elektrode und Anschlusssteil, so dass der Schweißvorgang wie beim Buckelschweißen blanker Drähte ablaufen kann: die Werkstücke werden zwischen den ent-

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Widerstandsschweißen“

sprechend geformten Elektroden mit einer vorgewählten Kraft zu-
sammengepresst. Anschließend wird über die Elektroden ein
Schweißstromimpuls wählbarer Dauer und Amplitude zugeführt.
Bei Erreichen der Füge­temperatur verbinden sich die Werkstü-
cke an ihrer Berührungsstelle.

Hierbei kann zwischen direkter und indirekter Wärmeeinbringung
unterschieden werden.

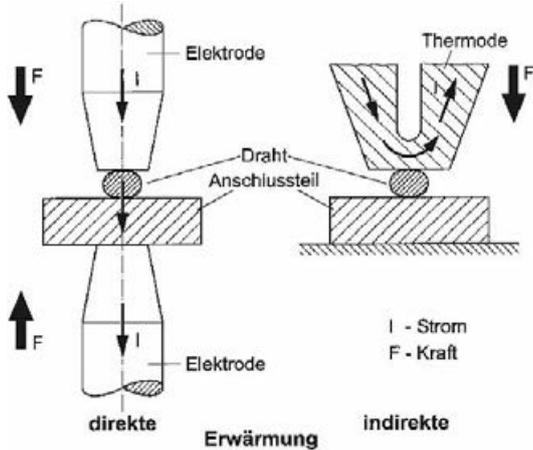


Bild 1. Stromfluss bei direkter / indirekter Widerstandserwärmung.

4 Geeignete Werkstoffe, Oberflächen und Abmessungen

Die Notwendigkeit, isolierte Drähte mit Anschluss­teilen oder un-
tereinander mit guter elektrischer Leitfähigkeit, mechanischer

Festigkeit und thermischer Beständigkeit zu verbinden, stellt sich
hauptsächlich in der Herstellung von Spulen aller Art (z. B. Rol-
lais, Transformatoren, Drosseln, Motorenanker und -stator) und
Verdrahtungen. Daher sind meistens gut leitende Werkstoffe wie
Kupfer, Gold, Silber, Messing oder Bronze zu verbinden.

4.1 Drähte

Mit den in Abschnitt 5 beschriebenen Verfahren lassen sich
Drähte von etwa 0,02 bis 1,20 mm Nenndurchmesser schwei-
ßen.

Die Drähte bestehen in der Regel aus E-Cu. Sofern Wicklungs-
drähte untereinander oder mit Kupfer-Anschluss­teilen ver-
schweißt werden sollen, ist es zweckmäßig, Kupfer mit einem
Sauerstoffgehalt < 200 ppm vorzuschreiben. (vgl. DIN EN 60317-
XX und IEC 60 317-XX)

Isolierte Drähte aus Widerstands­legierungen (NiCr, CrFeAl) las-
sen sich nur in Ausnahmefällen (Abschnitt 1, 5.2, 5.5 und 5.6
nach Tabelle 2) schweißen.

Löt­bare Lackdrähte (Isolation: z. B. Polyurethan) und solche,
deren Isolationen beim Erhitzen im Bereich der Schweiß­stelle
wegschmelzen, sind für das Widerstandsschweißen gut geeig-
net. Schwieriger lassen sich nicht­löt­bare Lackdrähte (Isolation:
z. B. Polyesterimid), Draht mit zunehmender Lackschichtdicke
(Grad 2 und 3 nach DIN EN 60317-0-1) und Backlackdrähte
schweißen, Tabelle 1. Diese zeigen verstärkt zur Bildung ver-
kohlter oder verkohlter Rückstände an der Schweiß­stelle. Ein
einfacher Test mit einer Flamme (Feuerzeug) mit anschlie-
ßender Beurteilung der sich dabei bildenden Rückstände gibt
darüber Licht Aufschluss.

Ungeeignet sind Um­spinnungen (Baumwolle, Polyimid), dick-
wandige Um­spinnungen (PVC, Gummi) und hoch­hitzebeständige
Isolations­schichten (PTFE).

Tabelle 1. Kupferlackdrähte – Vergleich verschiedener Isolationstypen mit Bewertung der Schweißbarkeit.

Chemische Basis	Polyurethan	Polyurethan	esterimid	THEIC-Polyesterimid	Polyimid
Normen					
DIN EN, IEC	DIN EN 60 317-20 DIN EN 60 317-4	DIN EN 60 317-5	DIN EN 60 317-23 DIN EN 60 317-3	DIN EN 60 317-8	DIN EN 60 317-7
NEMA	MW 79, MW 75	MW 81	MW 77, MW 5, MW 26	MW 74, MW 5, MW 30	MW 16
Technische Werte					
Temperaturindex 20.000 h nach DIN EN 60 172	130/155°C	180°C	180°C	180°C	220°C
Herstellertypische Werte * nach DIN EN 60 172	158°C	191°C	195°C	210°C	245°C
Erweichungstemperatur nach DIN EN 60 851-6-4	≥ 200°C	≥ 200°C	≥ 265°C	≥ 300°C	≥ 400°C
Herstellertypische Werte * für 0,05 mm/0,25 mm, Grad 1	225/230°C	260/265°C	315/325°C	250/360°C	450°C
Verzinnbarkeit nach DIN EN 60 851-4-5.2.3 max. s bei °C für 0,05 mm/0,25 mm	2 s/390°C 2 s/390°C	2 s/390°C 3 s/390°C	2 s/470°C 3 s/470°C	-	-
Herstellertypische Werte * (nach DIN EN 60 851-4-5.2)					
s bei °C für 0,05 mm, Grad 1,	0,3 s/370°C 0,2 s/390°C	1,8 s/370°C 0,7 s/390°C	1,8 s/470°C	-	-
s bei °C für 0,25 mm, Grad 1,	0,7 s/370°C 0,5 s/390°C	2,8 s/370°C 1,1 s/470°C	2,8 s/470°C	-	-
Schweißbarkeit					
++ sehr gut + gut o mittl. - schlecht -- sehr schlecht	++	++ etwas schlechter als bei Standard- Polyurethan	+ bei zunehmender Lackschichtdicke problematisch	o bei zunehmender Lackschichtdicke vermehrt Rückstände	-- sehr schlecht schweißbar

*) Quelle: Information der Firma ELEKTRISOLA GROUP