

Ersetzt DVS 2812 vom November 2002

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Einleitung
- 3 Übersicht, Prüfmerkmale, Prüfverfahren
  - 3.1 Allgemeines
  - 3.2 Prüfmerkmale
  - 3.3 Prüfverfahren
- 4 Zerstörende Prüfverfahren
  - 4.1 Werkstattprüfverfahren
  - 4.2 Scherzugprüfung
  - 4.3 Kopfzugprüfung
  - 4.4 Torsionsprüfung
  - 4.5 Metallografische Prüfung
    - 4.5.1 Allgemeines
    - 4.5.2 Ausführung der metallografischen Prüfung
- 5 Zerstörungsfreie Prüfverfahren
  - 5.1 Visuelle Prüfung
    - 5.1.1 Allgemeines
    - 5.1.2 Ausführung der visuellen Prüfung und Bewertung
  - 5.2 Elektronenstrahlmikroskopie
  - 5.3 Ultraschallprüfverfahren
  - 5.4 Durchstrahlungsprüfung mit Röntgenstrahlverfahren
  - 5.5 Prüfung mit Thermografieverfahren
  - 5.6 Elektrische Prüfungen
    - 5.6.1 Durchgangsprüfung
    - 5.6.2 Übergangswiderstandsmessung
    - 5.6.3 Funktionsprüfung
    - 5.6.4 Spannungsabfallmessung
    - 5.6.5 Stoßspannungsprüfung
  - 5.7 Dichtheitsprüfung
    - 5.7.1 Allgemeines
    - 5.7.2 Prüfung mit Penetrierlacktest
    - 5.7.3 Prüfung mit Bubbletest
    - 5.7.4 Prüfung mit Spürgastest (Heliumlecktest)
- 6 Beispiele für Prüfvorschriften
- 7 Prüfbericht
- 8 Schrifttum
  - 8.1 Normen und technische Regeln
  - 8.2 Literatur

Während in der Großteilfertigung, etwa in der Blechverarbeitung für den Fahrzeugbau, nach Richtwerttabellen für die Schweißmaschinen-einstellung gearbeitet und zur Qualitätssicherung auf die Einhaltung eines vorgeschriebenen Linsenzw. Punktdurchmessers geprüft wird, ist in der Kleinteilfertigung ein solcher Rückschluss von einem messbaren Linsenzw. Durchmesser auf das Tragverhalten einer Verbindung nur selten möglich. Üblicherweise wird sie daher auf ihre Bruchfestigkeit geprüft.

Zweck des Merkblattes ist es, Erfahrungswerte aus zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen von widerstandsgeschweißten Verbindungen an Kleinteilen und die dazu üblicherweise angewendeten Prüfverfahren zusammenzustellen, die als Grundlage für weitere Untersuchungen und gegebenenfalls für den Aufbau von Qualitätssicherungssystemen im Hinblick auf die entsprechenden Qualitätssicherungs-normen dienen können.

Für Schweißer und Schweißaufsichtspersonen werden Hinweise für die Bewertung von Prüfungen an Proben gegeben, die zur Sicherung einer möglichst gleichmäßigen Qualität vor Beginn und während einer Fertigung zu nehmen sind.

Es ist nicht Ziel des Merkblattes, genormte Formen von Probe-stücken für zerstörende Prüfungen vorzuschreiben. Wegen der vorkommenden Teilevielfalt sind solche Prüfungen praktisch immer Bauteilprüfungen.

Es werden auch keine Angaben zum Verhalten einer geschweißten Konstruktion und den in ihr auftretenden Kräften unter betriebsmäßiger Belastung gemacht. Werkstoffeigenschaften werden angegeben, soweit sie für die Beurteilung der Ergebnisse von zerstörenden Prüfungen relevant sind.

Umfangreiche Informationen zur Qualitätssicherung beim Widerstandsschweißen enthalten das DIN-DVS-Taschenbuch Nr. 393 [N1] sowie das DIN-DVS-Taschenbuch Nr. 312 [N2].

Sofern in den für die verschiedenen Anwendungsbereiche geltenden Regelwerken keine besonderen Angaben gemacht werden, sollten zwischen Hersteller und Abnehmer die anzuwendenden Qualitätssicherungsmaßnahmen für Widerstandsschweißungen an Kleinteilen individuell vereinbart werden.

**1 Geltungsbereich**

Das Merkblatt gilt für das zerstörende und das zerstörungsfreie Prüfen von widerstandsgeschweißten Verbindungen an Kleinteilen in der Elektrotechnik und Feinwerktechnik.

This technical bulletin is valid for destructive and non-destructive testing of resistance welded small parts.

**2 Einleitung**

Widerstandsschweißverbindungen in der Kleinteilfertigung, wo überwiegend Paarungen artverschiedener Werkstoffe und Oberflächen gefügt werden müssen, entstehen meistens in der festen Phase, das heißt ohne Bildung einer schmelzflüssigen Linse.

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

**3 Übersicht, Prüfmerkmale, Prüfverfahren**

**3.1 Allgemeines**

Um das Verhalten einer Konstruktion in Bezug auf Festigkeit, Steifigkeit, Dauerschwingfestigkeit, Gewicht, Volumen etc. vor-ausberechnen und sie entsprechend dimensionieren zu können, müssen die in ihr unter betriebsmäßiger Belastung auftretenden Kräfte nach Größe, Richtung, Verteilung und zeitlichem Verlauf bekannt sein, insbesondere aber auch das Tragverhalten der in der Konstruktion enthaltenen Schweißverbindungen.

Auf dem Gebiet des Widerstandsschweißens von Kleinteilen, zum Beispiel für die Elektronik und Feinwerktechnik, sind überwiegend Werkstoffe aus Nichteisenmetallen, Edelmetallen, Leiter- und Kontaktwerkstoffen usw. und insbesondere Paarungen von artverschiedenen Werkstoffen zu fügen. Hierzu liegen bislang nur in begrenztem Umfang Kenntnisse über Werkstoff-

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

eigenschaften bei Schweißtemperatur bzw. hinsichtlich Schweißbildung, Legierungsbildung, Festigkeitseigenschaften von Schweißverbindungen etc. vor.

Für Großteile werden die Festigkeitswerte von Schweißverbindungen üblicherweise in genormten zerstörenden Prüfungen ermittelt. So sind für Widerstandsschweißungen, beispielsweise an Stahlblechen im Dickenbereich bis etwa 3 mm, als Prüfverfahren im Einsatz:

- Scherzugprüfung,
- Kopfzugprüfung,
- Schälprüfung,
- Torsionsprüfung,
- Schlagscherzugprüfung,
- Dauerschwingprüfung.

Als Bewertungsmerkmale können zum Beispiel die Mindestbruchkräfte, die Bruchfläche und die Bruchart registriert werden.

Für das Übertragen solcher Prüfverfahren auf Widerstandsschweißverbindungen an Kleinteilen fehlen verbindliche Angaben hinsichtlich

- Geometrie der Prüfstücke,
- Prüfvorrichtungen, Prüfverfahren, Prüflasten,
- Durchführung der Prüfungen,
- Erfassung und Auswertung der Messergebnisse.

Daher können Daten aus solchen Prüfungen für einen bestimmten Anwendungsfall bisher nur selten verglichen oder auf andersartige Anwendungen übertragen werden. Dem Hersteller geschweißter Bauteile oder Baugruppen obliegt es also, individuelle Fertigungs- und Prüfanweisungen für sein Produkt auszuarbeiten.

Unter den zerstörungsfreien Prüfverfahren ist die visuelle Prüfung der Schweißverbindung an Kleinteilen wegen der größeren Anzahl der visuell prüfbaren Qualitätsmerkmale aussagefähiger, daher umfangreicher und wichtiger als an Großteilen. Weitere zerstörungsfreie Prüfverfahren sind mit großem Aufwand verbunden, zeitraubend und unsicher, daher nur selten anwendbar.

Es gibt kaum ein Prüfverfahren, das als 100%-Prüfung prozessbegleitend („online“) eingesetzt werden kann. Umso wichtiger wird in der Kleinteilfertigung die Qualitätssicherung durch Regelung des Schweißprozesses, zumal solche Teile häufig nur an einer einzigen Stelle gefügt sind, so dass ein kurzer Schweißvorgang über die spätere Verwendbarkeit des Produktes entscheidet.

### 3.2 Prüfmerkmale

Beurteilungsmerkmale von Widerstandsschweißverbindungen können sein:

1. Äußerliche Eigenschaften:
  - Maßhaltigkeit, Verformung, Elektrodeneinwickler, Spalt zwischen den Fügeteilen, Freiheit von inneren und äußeren Spritzern, Anlauffarben, Schädigung von metallischen Überzügen oder nichtmetallischen Beschichtungen
2. Festigkeitseigenschaften:
  - unter statischer Belastung: zum Beispiel Scherzugkraft, Kopfzugkraft, Schälkraft, Torsionsmoment, Torsionswinkel, Schweißpunktgröße
  - unter dynamischer Belastung: zum Beispiel Schwell-Zugfestigkeit, Biegewechselbeständigkeit, Schlagscherfestigkeit
3. Gefügebau:
  - Schweißlinsengröße, Regelmäßigkeit der Linsenform, Korngröße grob/fein, Härteverlauf, Bereich der Wärmeeinflusszone, feste/flüssige Phase, Legierungsbildung, innere Unregelmäßigkeiten wie Risse, Poren, Einschlüsse
4. Korrosionsverhalten
5. Leitfähigkeit:
  - Elektrische Leitfähigkeit, magnetische Leitfähigkeit, thermische Leitfähigkeit
6. Dichtheit:
  - Berstdruckprüfung, Grobleckrate, Feinleckrate.

### 3.3 Prüfverfahren

Gebräuchliche Prüfverfahren für Schweißverbindungen an Kleinteilen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

**Tabelle 1. Gebräuchliche Prüfverfahren für widerstandsgeschweißte Verbindungen an Kleinteilen.**

Prüfverfahren	Durchführung	Zerstörungsfrei		Prüfumfang
		zerstörungsfrei	zerstörerisch	
visuelle Prüfung	Lupe Mikroskop Messzeuge Bildverarbeitung	x	x	bis 100% bis 100% bis 100% bis 100%
mechanisch-statisch	Schälversuch Scherzug Kopfzug Torsion		x	Stichproben Stichproben Stichproben Stichproben
mechanisch-dynamisch	Schwingung Schocktest		x	Stichproben Stichproben
thermisch	Temperaturwechsel Temperaturschock Temperatursimulation bei hoher oder tiefer Temperatur		x	Stichproben Stichproben Stichproben
elektrisch	Leitfähigkeit Funktion Stoßspannungsprüfung	x	x	bis 100% bis 100% bis 100%
chemisch/physikalisch	Klimasimulation Korrosionsprüfung		x	Stichprobe Stichprobe
Durchstrahlung	Ultraschall Röntgen	x	x	bis 100% bis 100%
Thermographie	Spektralpyrometer Thermovision	x	x	bis 100% bis 100%
Dichtheit	Berstdruck Penetriertack Bubbletest Heliumlecktest		x	Stichproben Stichproben Stichproben bis 100%

### 4 Zerstörende Prüfverfahren

#### 4.1 Werkstattprüfverfahren

Prüfverfahren zur Beurteilung von Schweißverbindungen, die vor Ort in der Schweißfertigung angewendet werden können, sind Schäl-, Abroll- und Meißelversuche, Bild 1. Dabei werden Einzel- oder Reihenpunktschweißungen direkt am Bauteil oder in einfachen Prüfvorrichtungen bis zum Bruch belastet, ohne Messung eines bestimmten Festigkeitswertes.

Beurteilungsmerkmale für das Tragverhalten der Schweißverbindung können sein:

- Bruchart, zum Beispiel Ausknöpfen oder Abscheren [N5],
- Bruchfläche, zum Beispiel Größe des ausgeknöpften Butzens bzw. der abgesicherten Fläche,
- Bruchverlauf,
- Bruchgefüge, zum Beispiel dendritisch, faserig, grobkörnig,
- Schweißnahtunregelmäßigkeiten, zum Beispiel innere Spritzer, Lunken, Risse.

Werkstattprüfungen an Kleinteil-Schweißverbindungen werden meist manuell ausgeführt. Sie können zum Ermitteln von Schweißmaschinen-einstellwerten und zur Stichproben-Kontrolle in einer laufenden Fertigung dienen. Beispiele für Werkstattprüfverfahren speziell an Kleinteilen sind in Bild 2 dargestellt.