

Ersetzt Ausgabe Dezember 2007

Method for determining the transition resistance – basics, measurement methods and set-up

This document specifies the procedure and the experimental set-up for determining the transition resistance of single or two overlapping sheets of Aluminium or steel with or without surface treatment, and with or without surface coating.

Inhalt:

- 1 Zweck des Merkblattes
 - 2 Geltungsbereich
 - 3 Grundlagen
 - 4 Messaufbau und Durchführung der Messung
 - 4.1 Messaufbau
 - 4.2 Probenentnahme und Vorbereitung der Messung
 - 4.3 Durchführung der Messung bei konstantem Messstrom in Anlehnung an DIN EN ISO 18594 (Methode 1)
 - 4.4 Durchführung der Messung mit ansteigendem Strom (Methode 2)
 - 4.5 Empfindlichkeit des Messverfahrens
 - 5 Formelzeichen und Abkürzungen
 - 6 Prüfprotokoll
 - 7 Schrifttum
- Anhang A: Prüfprotokoll

1 Zweck des Merkblattes

In diesem Merkblatt werden Durchführungshinweise für das Festmitteln des Übergangswiderstands an metallischen Werkstoffen (hier: Stahl-, Kupfer- und Aluminiumwerkstoffe) gegeben, siehe auch DIN EN ISO 18594. Ziel der Messung ist die Bestimmung des Übergangswiderstands unter Wiederholbedingungen.

Zweck des Merkblattes ist ein Vergleich von Blechhalbblechen im Sinne einer Fertigungsüberwachung oder Eingangskontrolle, bzw. die Erfassung von Veränderungen der Übergangswiderstände unter fertigungsnahen Bedingungen.

Detaillierte Ausführungen zur Messung des Übergangswiderstands sind enthalten in

- Merkblatt DVS 2929-2
„Messung des Übergangswiderstands – Anwendung bei Aluminium und Aluminiumlegierungen“ (in Vorbereitung),
- Merkblatt DVS 2929-3
„Messung des Übergangswiderstands – Anwendung bei Stählen“,
- Merkblatt DVS 2929-4
„Messung des Übergangswiderstands – Anwendung bei Kupfer und Kupferlegierungen“ (in Vorbereitung).

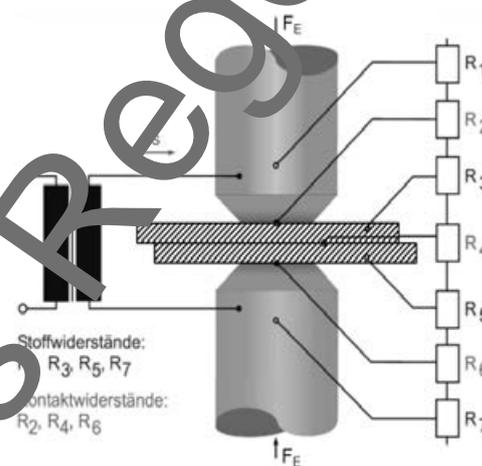
2 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für Messungen des Übergangswiderstands am Einzelblech, an zwei überlappenden Blechen aus Stahl-, Kupfer- oder Aluminiumwerkstoffen ohne oder mit Oberflächenvorbehandlung sowie ohne oder mit Oberflächenveredelung.

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 Grundlagen

Die Widerstände im Bereich der Fuge, wie am Beispiel des Widerstandspunktschweißens in Bild 1 schematisch dargestellt. Da sich die Kontaktwiderstände mechanisch nicht direkt erfassen lassen, wird im vorliegenden Merkblatt eine Methode beschrieben, mit der die Widerstandsverhältnisse an den Kontaktstellen beurteilt werden können.

**Legende:**

- F_E Elektrodenkraft
- I_S Schweißstrom
- R_1 Stoffwiderstand der oberen Elektrode
- R_2 Kontaktwiderstand obere Elektrode – oberes Blech
- R_3 Stoffwiderstand des oberen Blechs
- R_4 Kontaktwiderstand Blech – Blech
- R_5 Stoffwiderstand des unteren Blechs
- R_6 Kontaktwiderstand unteres Blech – untere Elektrode
- R_7 Stoffwiderstand der unteren Elektrode

Bild 1. Widerstände beim Widerstandspunktschweißen (schematisch) [1].

Für die Anwendung dieses Merkblattes gelten in Anlehnung an DIN EN ISO 18594 die folgenden Begriffe:

- **Kontaktwiderstand** (contact resistance)
Die elektrische Eigenschaft einer Berührungsfläche zwischen zwei Körpern (z. B. Berührungsflächen zwischen Elektrode/Elektrode, Elektrode/Blech oder Blech/Blech) die dem Fließen eines konstanten elektrischen Stroms einen Widerstand entgegensetzen.
- **Stoffwiderstand** (bulk resistance)
Ohmscher Widerstand eines metallischen Werkstoffs.

- **Gesamtwiderstand R** (total resistance)
Zwischen den Abgriffen gemessener elektrischer Widerstand (enthält Kontakt- und Stoffwiderstände), siehe Bild 1 und Bild 3.
- **Systemwiderstand R_S** (set-up resistance)
Widerstand der Messeinrichtung zwischen den Abgriffen, wenn sich ein Referenzblech zwischen den beiden Elektroden befindet, Bild 3a.
- **Übergangswiderstand R_t** (transition resistance)
Gesamtwiderstand abzüglich Systemwiderstand ($R_t = R - R_S$).

Jede technische Oberfläche weist eine von der Art der Herstellung abhängige unebene, raue Oberflächenstruktur auf. Bei unbeschichteten metallischen Werkstoffen bildet unter idealen Bedingungen eine Oxidhaut die äußere Oberflächenschicht. Bei technischen Werkstoffen, wie Blechhalbzeugen können gezielte Oberflächenmodifikationen hinzukommen. Im Hinblick auf eine bessere Korrosionsbeständigkeit von metallischen Werkstoffen wurde eine Reihe von Oberflächenüberzügen entwickelt.

Die Art und Ausführung der Blechoberfläche (u. a. Überzugwerkstoff(e), einseitig/beidseitige Beschichtung, Texturierung, Reinigungsprozess, Vorbehandlung, Applikation von Schmierstoffen) können einen signifikanten Einfluss auf die Kontaktwiderstände der Blechteile haben und sind somit beim Widerstandsschweißen von Bedeutung für die Größe des Schweißbereichs, die Elektrodenstandmenge und das Schweißergebnis.

4 Messaufbau und Durchführung der Messung

Die beschriebenen Messmethoden – mit konstantem Messstrom (Methode 1) oder mit ansteigendem Strom (Methode 2) – sind für eine vergleichende Beurteilung von Blechhalbzeugen anwendbar.

Die Methode 1 (vgl. Abschnitt 4.3) ist durch einen einfachen und robusten Messaufbau gekennzeichnet, mit dessen Hilfe ein Vergleich von Blechhalbzeugen im Sinne einer Fertigungsüberwachung oder Eingangskontrolle durchgeführt wird. Dies gilt im Wesentlichen für die Einzelblechmessung.

Die Methode 2 (vgl. Abschnitt 4.4) mit ansteigendem Strom soll dazu dienen, das Verhalten von Blechhalbzeugen hinsichtlich der Veränderung von Übergangswiderständen unter fertigungsnahe Bedingungen zu erfassen. Infolge der höheren Ströme und der gewählten Stromanstiegszeit erfolgt bei dieser Messmethode eine Annäherung an den Schweißprozess.

4.1 Messaufbau

Bild 2a zeigt schematisch den Messaufbau zur Ermittlung des Übergangswiderstands mit einem Blech zwischen den Elektroden. Bei der Durchführung der Messung werden die Probenbleche zwischen die Messelektroden gelegt, die Elektrodenluft aufgebaut und ein Gleichstrom von einer externen Quelle über die Elektroden durch die Bleche geleitet. Der Spannungsabfall zwischen den Abgriffen wird gemessen und der Gesamtwiderstand R wie folgt berechnet:

$$R = \frac{U}{I} \tag{1}$$

Dabei ist

- R Gesamtwiderstand in Ohm
- U Spannung in Volt
- I Messstrom in Ampere

Der Widerstand der Messeinrichtung, der Systemwiderstand R_S, wird ebenfalls über den Spannungsabfall zwischen den Abgriffen an den Elektroden gemittelt. Dabei wird ein 0,4 bis 0,6 mm dickes Referenzblech aus weichem Elektrolytkupfer (z. B. Cu-ETP, R220) mit einem heisseitigen elektrolytisch aufgetragenen Überzug aus Feingold (99,9% Au) zwischen den Prüfelektroden positioniert, siehe Bild 3a. Der Systemwiderstand R_S setzt sich dabei aus dem Stoffwiderstand der Elektroden zwischen den Abgriffen (R₁, R₇), den Kontaktwiderständen (R₂, R₆) und dem Stoffwiderstand des Referenzblechs (R₃) zusammen.

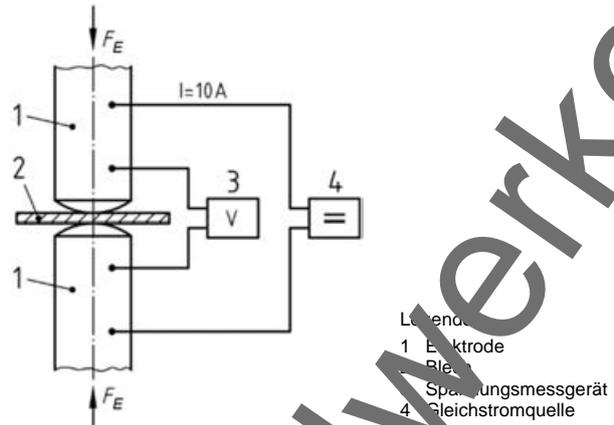


Bild 2a. Messaufbau zur Ermittlung des Übergangswiderstands (Skizze; Einzelblechmessung).

Bei der Einzelblechmessung setzt sich der Gesamtwiderstand R zusammen aus dem Stoffwiderstand der Elektroden zwischen den Abgriffen (R₁, R₇), den Kontaktwiderständen (R₂, R₆) und dem Stoffwiderstand des Blechs (R₃), Bild 3b.

Der Gesamtwiderstand R für eine Zweiblechmessung setzt sich zusammen aus dem Stoffwiderstand der Elektroden zwischen den Abgriffen (R₁, R₇), den Kontaktwiderständen (R₂, R₄, R₆) und den Stoffwiderständen der Bleche (R₃, R₅), Bild 3c.

4.1.1 Messaufbau zur Ermittlung der Gesamtwiderstandsanteile bei der Zweiblechmessung

Bild 2b zeigt schematisch den Messaufbau zur Ermittlung der Gesamtwiderstandsanteile zwischen Elektrode und Blech (R_{EB}) und zwischen den Blechen (R_{BB}) bei der Zweiblechmessung. Die Probenbleche werden mithilfe einer Probenhalterung so positioniert, dass sie sich zwischen den Prüfelektroden überlappen. Der Messstrom und die Spannungen zwischen den Abgriffen an Elektroden und Blechenden werden gemessen und die Gesamtwiderstandsanteile wie folgt berechnet:

$$R_{EBu} = \frac{U_1}{I} \quad R_{EBo} = \frac{U_3 - U_2}{I}$$

$$R_{BB} = \frac{U_2 - U_1}{I}$$

Dabei ist

- R_{EBu} Widerstandsanteil zwischen unterer Elektrode und unterem Blech in Ohm,
- R_{EBo} Widerstandsanteil zwischen oberer Elektrode und oberem Blech in Ohm,
- R_{BB} Widerstandsanteil zwischen den Blechen in Ohm,
- U₁ Spannungsabfall zwischen unterem Blech und unterer Elektrode in Volt,
- U₂ Spannungsabfall zwischen oberem Blech und unterer Elektrode in Volt,
- U₃ Spannungsabfall zwischen oberer und unterer Elektrode in Volt,
- I Messstrom in Ampere.

Die Gesamtwiderstandsanteile (R_{EBu}, R_{EBo}, R_{BB}) setzen sich dabei aus den Stoffwiderständen der Elektroden zwischen den Abgriffen (R₁, R₇), den Kontaktwiderständen (R₂, R₄, R₆) und den Stoffwiderständen der Probenbleche (R₃, R₅) gemäß Bild 3c wie folgt zusammen:

$$R_{EBo} = R_1 + R_2 + \frac{1}{2} R_3$$

$$R_{EBu} = R_7 + R_6 + \frac{1}{2} R_5$$

$$R_{BB} = \frac{1}{2} R_3 + R_4 + \frac{1}{2} R_5$$