

Inhalt:

- 1 Zweck des Merkblattes
- 1.1 Hinweise für den Einsatzbereich der Einzelblechmessung und der Doppelblechmessung an Aluminium-Werkstoffen
- 2 Geltungsbereich
- 3 Grundlagen
- 4 Meßverfahren
- 5 Meßeinrichtung
- 6 Durchführen der Messung
- 6.1 Externe Meßeinrichtung
- 6.2 Messen in der Schweißmaschine
- 6.3 Meßprogramm
- 7 Formelzeichen und Abkürzungen
- 8 Meßprotokoll
- 9 Schrifttum

Anhang: Meßprotokoll

1 Zweck des Merkblattes

In diesem Merkblatt werden ein Meßverfahren und eine Meßeinrichtung für das Ermitteln des Übergangswiderstandes an Aluminiumwerkstoffen festgelegt. Ziel der Messung ist das Bestimmen des Übergangswiderstandes unter Wiederholbedingungen [1].

Das Meßverfahren ist für den Halbzeughersteller (Kontrolle der Wirksamkeit der durchgeführten Oberflächenbehandlung) und für den Anwender (Anlieferungszustand, Zustand nach Lagerung, Zustand nach Beizen oder Bürsten vor dem Schweißen) bestimmt. Zum Prüfen der Oberflächenqualität der Bleche genügen Einzelblechmessungen.

1.1 Hinweise für den Einsatzbereich der Einzelblechmessung und der Doppelblechmessung an Aluminium-Werkstoffen

Vergleichsmessungen an unbehandelten und elektrolytisch oberflächenbehandelten Blechstreifen haben gezeigt, daß die Oxidschicht unter Einwirkung der Elektrodenkraft in der Regel durchbrochen wird. Der Übergangswiderstand bei der Einzelblechmessung liegt meistens im Bereich von 6 bis 40  $\mu\Omega$ ; in Ausnahmefällen ist er auch deutlich größer. Übergangswiderstände  $> 15 \mu\Omega$  lassen auf eine erhöhte Anlegierungsneigung und eine damit verbundene Abnahme der Elektrodenstandmenge schließen. Oberflächenbehandelte Bleche (gebeizt oder gebürstet) haben bei der Einzelblechmessung durchweg Übergangswiderstände  $\leq 15 \mu\Omega$ , wenn unmittelbar nach der Oberflächenbehandlung gemessen wird.

Der Kontaktwiderstand in der Blech-Blech-Ebene, gebildet durch zwei aufeinanderfolgende Oxidschichten, wird durch die Elektrodenkraft wesentlich weniger beeinflußt. Für unbehandelte Blechstreifen liegt er oberhalb 200  $\mu\Omega$ .

Unterschiede im Oberflächenzustand und vor allem ihr Einfluß auf das Schweißergebnis sind daher bei der Doppelblechmessung besser erkennbar als bei der Einzelblechmessung. Umfangreiche Schweißversuche mit verschiedenen Aluminiumlegierungen und unterschiedlichen Blechdicken zeigten folgende Ergebnisse:

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.

1. Reproduzierbare Schweißungen bezüglich Scherzugkraft und Linsenausbildung werden dann erreicht, wenn der Übergangswiderstand bei der Doppelblechmessung im Bereich 20 bis 50  $\mu\Omega$  liegt.

2. Bei Übergangswiderständen  $\geq 200 \mu\Omega$  können keine kreisrunden Linsen mehr erzeugt werden. Die Linsenhöhe streut ebenfalls. Bei diesen Bedingungen treten geringe Elektrodenstandmengen auf.

3. Mit Werten  $\leq 15 \mu\Omega$  lassen sich runde, reproduzierbare Linsen erzielen. Abhängig von Legierung und Oberflächenzustand bilden sich jedoch kopfförmige Haftzonen um die Schweißlinse. Diese können zu Streuungen bei den Scherzugkräften führen.

Es wird empfohlen, für die Beurteilung des Oberflächeneinflusses auf das Schweißergebnis und die Schweißpunktqualität nur die Zweiblechmessung zu verwenden.

Der letzte Satz von Abschnitt 1 gilt für den Fall einer Wareneingangskontrolle.

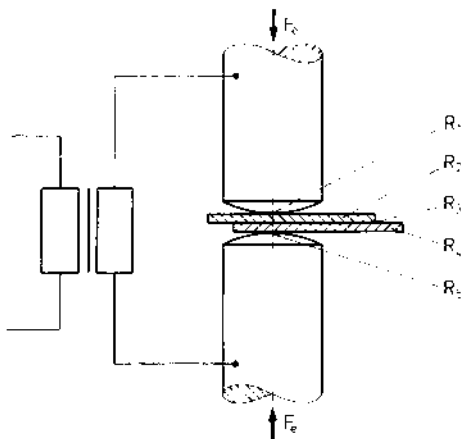
2 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für Messungen des Übergangswiderstandes an Einzelblechen oder an zwei sich überlappenden Blechen aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung des Blechdickenbereiches 0,35 bis 3,5 mm. Es kann auch in den meisten Fällen sinngemäß für andere Werkstoffe eingesetzt werden.

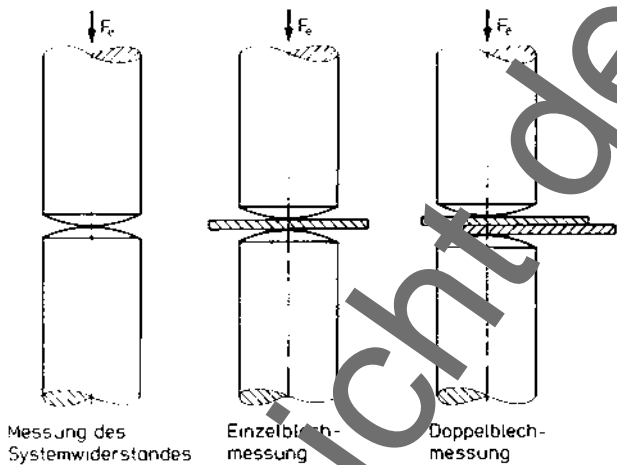
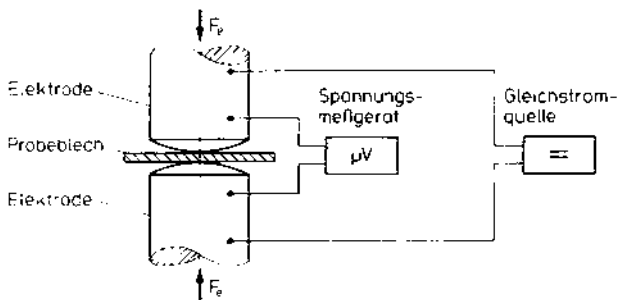
3 Grundlagen

Bild 1 zeigt schematisch die Widerstände beim Widerstandspunktschweißen. Die Kontaktwiderstände  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  lassen sich meßtechnisch nicht direkt erfassen. Nur der Übergangswiderstand kann anhand des Spannungsabfalles zwischen den Abgriffen an den Elektroden gemessen werden. Der Gesamtübergangswiderstand zwischen den Elektroden setzt sich zusammen aus dem Systemwiderstand (Widerstand des Meßsystems), den Kontaktwiderständen  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  und den Werkstoffwiderständen  $R_4$  und  $R_5$  (bei Doppelblechmessungen) bzw. den Kontaktwiderständen  $R_1$ ,  $R_2$  und dem Werkstoffwiderstand  $R_4$  (bei Einzelblechmessungen).

Die Affinität von Aluminium zu Sauerstoff führt immer zur Bildung einer Oxidschicht. Aufbau und Dicke dieser Oxidschicht beeinflussen in großem Maße die Widerstandsschweißneigung. Somit kommt der Oberflächenbehandlung und dem daraus resultierenden elektrischen Kontaktwiderstand der Blechteile für die Reproduzierbarkeit des Schweißergebnisses und für die Elektrodenstandmenge große Bedeutung zu. Beim Punktschweißen von unbehandelten Aluminiumblechen sind die ungleichmäßigen und relativ großen Kontaktwiderstände eine der Hauptursachen für die Ungleichmäßigkeit der Schweißungen und für die geringen Elektrodenstandmengen. Durch Oberflächenbehandlungen wird der Kontaktwiderstand begrenzt und über die gesamte Fläche der zu fügenden Teile weitgehend gleichmäßig gehalten.



**Bild 1.** Widerstände beim Punktschweißen:  
 R<sub>1</sub> Kontaktwiderstand Elektrode — Blech,  
 R<sub>2</sub> Stoffwiderstand oberes Blech,  
 R<sub>3</sub> Kontaktwiderstand Blech — Blech,  
 R<sub>4</sub> Stoffwiderstand unteres Blech,  
 R<sub>5</sub> Kontaktwiderstand Blech — Elektrode,  
 F<sub>e</sub> Elektrodenkraft



**Bild 2.** Meßaufbau zum Ermitteln des Übergangswiderstandes; Elektrodendurchmesser 20 mm, Abstand für die Spannungsabgriffe von den Arbeitsflächen 20 mm.

**4 Meßverfahren**

Bild 2 zeigt schematisch den Meßaufbau zum Ermitteln des Übergangswiderstandes. Zwischen den Meßelektroden werden ein bzw. zwei Probebleche des zu prüfenden Werkstoffes eingebracht. Danach läßt man während des Einwirkens der Elektrodenkraft von 7,5 kN von einer externen Stromquelle einen gleichgerichteten Strom von 10 A über die Elektroden durch die Probe fließen. Über Ab-

griffe an den Elektroden wird dabei der Spannungsabfall von Elektrode zu Elektrode nach einer Zeit von 2 s ermittelt. Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes läßt sich dann der Gesamtwiderstand aus I und U errechnen:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{mit } R \text{ in } \mu\Omega$$

$$U \text{ in } \mu V$$

$$I \text{ in } A$$

Durch eine weitere Messung ohne Probeblech, bei der sich die Elektroden also direkt berühren, erhält man den Systemwiderstand. Dieser ist von dem vorher ermittelten Gesamtwiderstand zu subtrahieren.

**5 Meßeinrichtung**

- Kräftezeugungssystem mit Meßelementen (sanftes Aufsetzen, Kräfteinstellung auf 7,5 kN nur vor dem Messen). Die Messung in einer Punktschweißmaschine ist in Ausnahmefällen möglich.
- Gleichstromquelle, min. 10 A, max. Welligkeit 1%.
- Meßeinrichtung: max. Fehler 1% (Shunt 0,1%), möglichst temperaturunabhängiger Strommeßwiderstand.
- Digitalvoltmeter, Auflösung 1 µV (max. 1,5% Fehler der Anzeige und + 1 digit).
- Einrichtung zum Messen und Einstellen der Elektrodenkraft (max. 3% Fehler der Anzeige).

**6 Durchführung der Messung**

**6.1 Externe Meßeinrichtung**

Verwendet wird der Meßaufbau nach Bild 2. Von jedem zu untersuchenden Aluminiumwerkstoff werden neun Proben entnommen. Sie sollten die Abmessungen von etwa 10 mm x 100 mm haben und können wahllos aus dem Bauteil oder auch über die Blechtafelbreite entnommen werden.

An jeder Probe werden 5 Messungen an verschiedenen Stellen durchgeführt (Hinweis: bei Doppelblechmessung Proben entgraten, Verunreinigungen und Fingerabdrücke im Meßbereich sind zu vermeiden). Der mittlere Übergangswiderstand wird nach der Vorgehensweise des Meßprotokolls im Anhang berechnet. Die Meßeinrichtung wird hierzu mit Elektroden aus CuCrZr ausgerüstet, deren Arbeitsfläche mit einem Ballenradius von r = 300 µm versehen ist. Die Arbeitsflächen müssen vor jeder Meßreihe mit einem Schmirgelleinen der Körnung 600 gereinigt werden. Für das Ermitteln des Widerstandes wird nach Erreichen der Elektrodenkraft von F<sub>e</sub> = 7,5 kN die Stromquelle eingeschaltet und nach einer Zeit von 2 s der Spannungsabfall mit Hilfe eines Digitalvoltmeters gemessen. Beim ungewollten Überschreiten der Meßkraft ist die Messung ungültig und muß an einer anderen Stelle wiederholt werden. Wegen der kleinen Meßspannung ist besonders auf festen Sitz und Sauberkeit der elektrischen Anschlüsse zu achten.

**6.2 Messen in der Schweißmaschine**

Für das Messen in der Schweißmaschine (Ausnahmefall) muß der Sekundärstromkreis entweder durch Trennen des Kreises oder durch Isolation einer Elektrode unterbrochen werden. Der weitere Meßaufbau und die Meßfolge: wie bei Benutzung einer externen Meßeinrichtung.

**6.3 Meßprogramm**

**6.3.1 Systemwiderstand**

Die Elektroden werden ohne Proben zusammengefahren, die Messung wird wie oben beschrieben durchgeführt. Das Ergebnis der ersten Messung stellt den Systemwiderstand dar, der sich aus dem Stoffwiderstand der Elektroden zwischen