

DIN EN ISO 18595



ICS 25.160.10

Ersatz für
DIN EN ISO 18595:2007-12

**Widerstandsschweißen –
Punktschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen –
Schweißbarkeit, Schweißen und Prüfungen (ISO 18595:2021);
Deutsche Fassung EN ISO 18595:2021**

Resistance welding –
Spot welding of aluminium and aluminium alloys –
Weldability, welding and testing (ISO 18595:2021);
German version EN ISO 18595:2021

Soudage par résistance –
Soudage par points de l'aluminium et des alliages d'aluminium –
Soudabilité, soudage et essais (ISO 18595:2021);
Version allemande EN ISO 18595:2021

Gesamtumfang 25 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18595:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-12 AA „Widerstandsschweißen (DVS AG V 3)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 669	siehe	DIN EN ISO 669
ISO 5182	siehe	DIN EN ISO 5182
ISO 5184	siehe	DIN ISO 5184
ISO 5821	siehe	DIN EN ISO 5821
ISO 5830	siehe	DIN EN ISO 5830
ISO 10447	siehe	DIN EN ISO 10447
ISO 14273	siehe	DIN EN ISO 14273
ISO 15614-12	siehe	DIN EN ISO 15614-12
ISO 17677-1	siehe	DIN EN ISO 17677-1
ISO 18278-2	siehe	DIN EN ISO 18278-2
ISO 18594	siehe	DIN EN ISO 18594

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 18595:2007-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) neuer Abschnitt 3 Begriffe wurde hinzugefügt;
- b) das gesamte Dokument wurde technisch überarbeitet zur Anpassung an den Stand der Technik;
- c) Anhang C wurde überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 18595: 2007-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 669, *Widerstandsschweißen — Widerstandsschweißeinrichtungen — Mechanische und elektrische Anforderungen*

DIN EN ISO 5182, *Widerstandsschweißen — Werkstoffe für Elektroden und Hilfseinrichtungen*

DIN EN ISO 5821, *Widerstandsschweißen — Punktschweiß-Elektrodenkappen*

DIN EN ISO 5830, *Widerstandspunktschweißen — Elektrodeneinsteckkappen*

DIN EN ISO 10447, *Widerstandsschweißen — Prüfung von Schweißverbindungen — Schäl- und Meißelprüfung von Widerstandspunkt- und Buckelschweißverbindungen*

DIN EN ISO 14273, *Widerstandsschweißen — Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen — Probenmaße und Verfahren für die Scherzugprüfung an Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißungen mit geprägten Buckeln*

DIN EN ISO 15614-12, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen*

DIN EN ISO 17677-1, *Widerstandsschweißen — Begriffe — Teil 1: Punkt-, Buckel- und Rollennahtschweißen*

DIN EN ISO 18278-2, *Widerstandsschweißen — Schweißseignung — Teil 2: Verfahren zum Bewerten der Eignung für das Widerstandspunktschweißen*

DIN EN ISO 18594, *Widerstandspunkt-, Buckel- und Rollennahtschweißen — Verfahren für das Bestimmen des Übergangswiderstands von Aluminium- und Stahlwerkstoffen*

DIN ISO 5184, *Gerade Punktschweißelektroden*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Widerstandsschweißen —
Punktschweißen von Aluminium und
Aluminiumlegierungen —
Schweißeignung, Schweißen und Prüfungen
(ISO 18595:2021)

Resistance welding —
Spot welding of aluminium and aluminium alloys -
Weldability, welding and testing (ISO 18595:2021)

Soudage par résistance —
Soudage par points de l'aluminium et des alliages
d'aluminium —
Soudabilité, soudage et essais (ISO 18595:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Januar 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Werkstoff	6
4.1 Form	6
4.2 Arten von Aluminiumlegierungen	6
5 Oberflächenbedingungen	6
6 Randabstand, Randbedingungen, Form der Bauteile und Schweißpunktstand	7
7 Elektroden	7
7.1 Werkstoffe	7
7.2 Maße	7
7.3 Elektrodenkühlung	8
8 Qualifizierung der Schweißungen	8
8.1 Allgemeines	8
8.2 Schweißseignungsprüfverfahren	8
8.3 Vorproduktionsprüfungen	8
8.4 Stückprüfungen	8
8.4.1 Art der Prüfungen	8
8.4.2 Häufigkeit der Prüfungen	9
9 Anforderungen an die Schweißqualität	9
9.1 Punktdurchmesser	9
9.2 Schweißmaße	10
9.3 Schweißbruchart	10
9.4 Schweißfestigkeit	10
9.5 Schweißerscheinungsbild — Oberflächenzustand	12
10 Mehrfachschweiß-Anordnungen	13
Anhang A (informativ) Typische Punktschweißbedingungen	15
Anhang B (informativ) Teilliste von Aluminiumlegierungen im Geltungsbereich dieses Dokuments	16
Anhang C (informativ) Typische Angaben in dem Schweißverfahrensblatt für Punktschweißen	19
Literaturhinweise	21

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18595:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 18595:2007.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 18595:2021 wurde von CEN als EN ISO 18595:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44, *Welding and allied processes*, Unterkomitee SC 6, *Resistance welding and allied mechanical joining*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 121, *Schweißen und verwandte Verfahren*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 18595:2007), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- neuer Abschnitt 3 Begriffe wurde hinzugefügt;
- das gesamte Dokument wurde technisch überarbeitet zur Anpassung an den Stand der Technik;
- Anhang C wurde überarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Offizielle Auslegungen von ISO/TC 44-Dokumenten, soweit vorhanden, sind auf dieser Seite verfügbar: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen für das Widerstandspunktschweißen bei der Herstellung von Verbindungen aus Aluminiumblech, Strangpressprofilen (kaltverfestigte und ausgehärtete Legierungen) und/oder Gusswerkstoffen im Zwei- oder Dreilageng-Punktschweißen fest. Dabei liegt die maximale Einzelblechdicke der zu schweißenden Bauteile in einem Bereich von 0,6 mm bis 6 mm.

Dieses Dokument ist für das Schweißen von Blechen oder Platten verschiedener Dicken, wobei das Dickenverhältnis kleiner oder gleich 3:1 ist, anzuwenden. Es ist für das Dreilagenschweißen bis zu einer Gesamtdicke von 9 mm anzuwenden.

Schweißen mit den folgenden Maschinenarten fällt in den Anwendungsbereich dieses Dokuments:

- Ständerschweißanlagen;
- Punktschweißgeräte mit Stoßelektrode;
- Automatik-Schweißeinrichtungen, bei denen die Bauteile von Robotern oder automatischen Vorschubeinrichtungen zugeführt werden;
- Vielpunktschweißanlagen;
- Schweißroboter.

Angaben über geeignete Schweißeinrichtungen sind in Anhang A enthalten und über Punktschweißbedingungen in Anhang B. Letztere dienen nur zur Information und können Änderungen erforderlich machen, abhängig von den Betriebsbedingungen bei der Herstellung, der Art der Schweißeinrichtung, den Kenndaten des Sekundärstromkreises, dem Elektrodenwerkstoff und der Geometrie.

Schweißen von beschichtetem Werkstoff, z. B. Werkstoffe mit Zinküberzug oder anodisierte Werkstoffe, liegt außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Dokuments.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 209, *Aluminium and aluminium alloys — Chemical composition*

ISO 669, *Resistance welding — Resistance welding equipment — Mechanical and electrical requirements*

ISO 3522, *Aluminium and aluminium alloys — Castings — Chemical composition and mechanical properties*

ISO 5182, *Resistance welding — Materials for electrodes and ancillary equipment*

ISO 5184, *Straight resistance spot welding electrodes*

ISO 5821, *Resistance welding — Spot welding electrode caps*

ISO 5830, *Resistance spot welding — Male electrode caps*

ISO 10447, *Resistance welding — Testing of welds — Peel and chisel testing of resistance spot and projection welds*

ISO 14273, *Resistance welding — Destructive testing of welds — Specimen dimensions and procedure for tensile shear testing resistance spot and embossed projection welds*

ISO 15614-12, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 12: Spot, seam and projection welding*

ISO 17677-1, *Resistance welding — Vocabulary — Part 1: Spot, projection and seam welding*

ISO 18278-2, *Resistance welding — Weldability — Part 2: Evaluation procedures for weldability in spot welding*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 669 und ISO 17677-1.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

4 Werkstoff

4.1 Form

Der Werkstoff muss ISO 209 und ISO 3522 entsprechen.

4.2 Arten von Aluminiumlegierungen

Eine Teilliste von Aluminiumlegierungen wird in Anhang C gegeben.

5 Oberflächenbedingungen

Vor dem Schweißen müssen alle Oberflächen auf ihre Eignung zum Punktschweißen geprüft werden. Die Oberflächen sollten vorzugsweise frei von Öl, Fett, Schmierstoff, sichtbarer Oxidation, Anstrichstoffen, Schmutz oder übermäßigen Riefen sein. Falls erforderlich, muss eine geeignete Oberflächenbehandlung, z. B. chemisches Ätzen, durchgeführt werden. Sofern nicht speziell für das Punktschweißen entwickelt, sind Millfinish-Oberflächen in der Regel nicht für das Punktschweißen geeignet und können eine Vorbehandlung erfordern. Druckgusswerkstoffe müssen frei von übermäßiger Oberflächenrauheit und Unregelmäßigkeiten sein, die z. B. beim Auswaschen des Pressmaterials entstehen. Aluminiumhersteller und Bauteillieferanten können oberflächenbehandelte Werkstoffe liefern, die zum Punktschweißen geeignet sind, z. B. mit TiZr-Umwandlungsüberzug. Zusätzlich können beschichtete Werkstoffe mit Chromat- oder Phosphat-Passivierung geliefert werden. Phosphatiertes Aluminium darf bei bestimmten Anwendungen eingesetzt werden. Übermäßige Mengen gelöster Gase im Druckgusswerkstoff müssen vermieden werden. Diese Werkstoffe können punktgeschweißt werden, obwohl in der Regel eine Anpassung der Parameter, wie in Anhang B ausgeführt, notwendig ist.

In allen Fällen müssen der Oberflächenzustand und jede Behandlung in der Prüfdokumentation aufgezeichnet werden.

Die Stabilität des Oberflächenzustands kann durch Bestimmung des Übergangswiderstands nach ISO 18594 bewertet werden.

6 Randabstand, Randbedingungen, Form der Bauteile und Schweißpunktabstand

Die zu schweißenden Bauteile müssen frei von Graten oder anderen Mängeln sein, die den Kontakt der Verbindung stören oder eine übermäßige Kraft zum Zusammenfügen der Teile erfordern können.

Die Form des Bauteils muss derart gestaltet sein, dass eine ausreichende Verbindung zwischen den Flächen in dem Bereich besteht, in welchem die Schweißungen durchgeführt werden müssen. Der Abstand vom Rand des Bauteils zur Mitte der Schweißung (Randabstand) darf $1,25d$ (siehe Bild 2) nicht unterschreiten, dabei ist d der Soll-Punktdurchmesser, wie in 8.2 definiert. Die Verwendung geringerer Randabstände als die empfohlenen Werte beeinflusst die Qualität der Schweißung nachteilig. Geringere Randabstände als die empfohlenen sollten nur verwendet werden, wenn ausdrücklich festgelegt. In diesem Fall darf die Schweißnenngröße kleiner als die in 8.2 angegebene sein und daher ist für eine geringere Schweißfestigkeit eine ausdrückliche Erlaubnis zu erteilen (siehe 9.4).

7 Elektroden

7.1 Werkstoffe

Die Elektrodenwerkstoffe müssen aus Kupferlegierungen bestehen und sollten eine hohe thermische und elektrische Leitfähigkeit haben. Die Elektrodenwerkstoffe müssen ISO 5182 entsprechen und in Übereinstimmung damit angewendet werden. Wenn andere Elektrodenwerkstoffe verwendet werden, dann müssen diese in der Prüfdokumentation aufgezeichnet werden.

7.2 Maße

Schweißelektroden müssen eine ausreichende Querschnittsfläche haben, um mit dem Schweißstrom und der Elektrodenkraft ohne Überhitzung, übermäßige Deformierung oder Biegung belastet werden zu können. Falls möglich, sollten Elektroden mit einem Schaftdurchmesser D von mindestens 20 mm verwendet werden. Wenn andere Elektrodendurchmesser angewendet werden, dann müssen diese in der Prüfdokumentation aufgezeichnet werden.

Die Elektrodenmaße müssen, falls möglich, bei geraden Elektroden ISO 5184, bei Elektrodenkappen mit Innenkegel ISO 5821 oder bei Elektrodeneinsteckkappen ISO 5830 entsprechen, falls zutreffend. Wenn diese Normen nicht gelten, müssen die Elektrodenmaße so festgelegt werden, dass Schweißungen produziert werden, die mit diesem Dokument übereinstimmen.

Es wird empfohlen, abgerundete Elektroden zu verwenden oder Elektroden mit einem Spitzendurchmesser, der größer als der Soll-Punktdurchmesser d ist.

Beim Schweißen von zwei Blechen unterschiedlicher Dicke sollten die Elektrodenmaße und der erforderliche Punktdurchmesser anhand der Dicke des dünneren Bleches festgelegt werden. Bei drei Dicken sollte das dünnere Blech jeder Kombination als Bezugsgröße verwendet werden.

Die Geometrie der Elektrodenspitze und die Anforderung an den Soll-Punktdurchmesser müssen in der Prüfdokumentation aufgezeichnet werden.

Während der normalen Produktion tendieren Elektroden dazu, sich abzunutzen und zu einer Vergrößerung des Durchmessers der Elektrodenspitze und Beschädigung der Geometrie der Spitzenoberfläche zu führen. Der Zustand mindestens einer der Elektroden sollte einen Wert nicht überschreiten dürfen, der zu einer Reduzierung des Punktdurchmessers unterhalb des zulässigen Minimums führt, z. B. $4\sqrt{t}$. Wenn dieser Durchmesser erreicht wurde (falls nicht schon früher), muss die Elektrode ersetzt oder auf ihren Anfangsdurchmesser und ihre Anfangsgeometrie nachgearbeitet werden, z. B. durch Elektrodenspitzen-Abrichten.

Ein übliches Verfahren zur Kontrolle der Prozessverschlechterung ist die Messung der Zunahme des Spitzendurchmessers (oder der Kontaktfläche auf der Blechoberfläche); wenn Elektroden spitzen mit unterschiedlichen Durchmessern in Kontakt mit dem zu schweißenden Werkstück sind, muss die zulässige Zunahme über den Anfangsdurchmesser hinaus für die kleinere der beiden Elektroden spitzen gelten.

Ein größerer Anstieg des Durchmessers der Elektrode(n) ist nur zulässig, wenn Prüfungen nachweisen, dass die Festigkeit der Schweißung nicht unter die gewünschten Anforderungen fällt, und wenn festgelegt.

Bei Verwendung eines adaptiv gesteuerten oder automatischen Schweißstromanstiegs (d.h. Stufenregelungen) oder anderer Formen der Prozesskontrolle kann eine größere Zustandsverschlechterung der Elektroden spitze toleriert werden. Soweit nicht anders festgelegt, kann der zulässige Anstieg des Spitzendurchmessers empirisch bestimmt werden, vorausgesetzt, der Punktdurchmesser unterschreitet nicht den Soll-Punktdurchmesser.

7.3 Elektrodenkühlung

Die Wasserdurchflussmenge sollte mindestens 6 l/min je Elektrode beim Schweißen von zwei Dicken bis zu und einschließlich 3 mm betragen. Höhere Durchflussraten können für die Elektroden standmenge vorteilhaft sein. Das interne Wasserkühl-Zuführungsrohr sollte eingestellt werden, um sicherzustellen, dass das Wasser auf die Arbeitsrückseite der Elektrode auftrifft. Der Abstand zwischen Rückseite und vorderer Arbeitsseite der Elektrode sollte den Wert der entsprechenden Internationalen Norm nicht überschreiten. Um eine befriedigende Elektroden standmenge zu erreichen, sollte die Eingangswassertemperatur 30 °C (303 K) nicht überschreiten.

8 Qualifizierung der Schweißungen

8.1 Allgemeines

Für jede Schweißmaschine, jede Blechdicke, jeden Werkstoff und jede Werkstoffkombination, die in dem zu schweißenden Bauteil verwendet wird, muss ein Verfahren eingesetzt werden. Der Bericht über die Verfahren sollte auf den geeigneten Punkten aus der in Anhang C aufgeführten Liste basieren.

8.2 Schweißleistungsprüfverfahren

Das Schweißleistungsprüfverfahren muss ISO 18278-2 entsprechen. Die obere Grenze des Schweißstrombereiches I_{\max} darf optional beim Auftreten von Schweißspritzern oder bei einem spezifischen Wert (oder Prozentsatz) des Elektrodeneindrucks festgelegt werden. Das gewählte Verfahren muss in der Prüf-dokumentation aufgezeichnet werden.

Leitlinien für Schweißbedingungen sind in Anhang A und Anhang B enthalten.

8.3 Vorproduktionsprüfungen

Vorproduktionsprüfungen müssen nach ISO 15614-12 durchgeführt werden.

8.4 Stückprüfungen

8.4.1 Art der Prüfungen

Die folgenden Prüfungen müssen durchgeführt werden, um eine konsistente Punktschweißqualität unter Produktionsbedingungen sicherzustellen:

- a) Sichtprüfung;
- b) eine Schäl- oder Meißelprüfung (manuell oder mechanisch) nach ISO 10447.

Zusätzlich dürfen andere Prüfungen wie Zugversuche durchgeführt werden.

8.4.2 Häufigkeit der Prüfungen

Soweit praktisch möglich, müssen aktuelle Bauteile für die Prüfungen verwendet werden. Wenn dies praktisch nicht möglich ist, müssen Prüfproben aus identischem Werkstoff mit entsprechenden Bördelbreiten verwendet werden.

Soweit praktisch möglich, sollten die Prüfungen bei jeder der nachfolgenden Gelegenheiten durchgeführt werden:

- a) bei Beginn jeder Schicht oder täglichen Arbeitszeit;
- b) sofort nachdem neue oder nachgearbeitete Elektroden an der Maschine befestigt sind;
- c) jedes Mal, wenn Änderungen an der Einrichtung oder ihren Einstellungen vorgenommen werden;
- d) sofort bei der Änderung eines Bauteils der Einrichtung, der Werkstofflieferquelle oder der Oberflächenbehandlung.

Die Produktion darf so lange nicht starten, bis bei Beginn jedes zuvor festgelegten Zeitraums eine zufriedenstellende Prüfschweißung erreicht ist. Bei Versagen des Prüfwerkstücks am Ende der Schicht oder der Arbeitszeit dürfen während der Zeitspanne nach der vorangegangenen Prüfung an dieser Einrichtung aus der Produktion 2 % ausgewählt werden und müssen nach Abschnitt 9 geprüft werden. Wenn eines der ausgewählten Bauteile versagt, gilt für die gesamte Produktion dieser Zeitspanne, dass sie diesem Dokument nicht entsprochen hat.

Für die Sichtprüfung dürfen an den Bauteilen erst nach der Prüfung der Schweißung Nacharbeits-, Lackierungs- oder andere die Prüfung der Schweißzone beeinträchtigende Vorgänge durchgeführt werden. Die Oberfläche der Werkstücke muss mindestens die gleiche Qualität haben wie die 9.5 entsprechenden Prüfwerkstücke.

Anzahl und Art der Prüfungen müssen ausreichen, um für jeden Fall statistisch signifikante Daten zu erstellen und sie müssen festgelegt werden.

9 Anforderungen an die Schweißqualität

9.1 Punktdurchmesser

Der Soll-Punktdurchmesser d , in Millimeter, muss zwischen den Vertragspartnern festgelegt werden, er sollte nominell $5\sqrt{t}$ betragen. Punktdurchmesser und Butzendurchmesser müssen nach der Definition in ISO 17677-1 bestimmt werden.

ACHTUNG — Die Verwendung eines kleineren Punktdurchmessers wird eine geringere Schweißfestigkeit zur Folge haben. Das muss bei den Konstruktionsberechnungen berücksichtigt werden (siehe Tabelle 1).

Wenn eine kleinere Bördelbreite festgelegt ist, die das beschriebene Verhältnis zwischen Punktdurchmesser und Randabstand nicht erfüllen kann (d. h. $1,25 d$), sollte ein kleinerer Soll-Punktdurchmesser festgelegt und auf die relevante Anwendungsnorm verwiesen werden. In diesem Fall müssen die Konstruktionsberechnungen ein Aufmaß für geringere Festigkeit durch kleinere Schweißungen enthalten (siehe 9.3).

ANMERKUNG Bei diesen kleinen Punktdurchmessern sind die verfügbaren Toleranzen in den Schweißbedingungen und dem Betrieb der Maschine gleichbleibend geringer.

9.2 Schweißmaße

Beim Punktschweißen von zwei Blechen gleicher oder ungleicher Dicke sollte der Elektrodeneindruck in jedem Blech weniger als 20 % der Einzelblechdicken betragen. Ein größerer Eindruck ist nach Vereinbarung zwischen den Vertragsparteien oder auf der Rückseite einer „nicht-markierenden Schweißung“ zulässig. Das Eindringen der Schweißlinse ist in diesen Fällen asymmetrisch und hängt vom Verhältnis der zu schweißenden Blechdicken ab. In Abhängigkeit von den Produktanforderungen dürfen niedrigere Eindruckswerte festgelegt werden. In derartigen Fällen können Elektroden mit größeren Ballenradien notwendig sein. Soweit nicht anders festgelegt, sollte die Blechabtrennung 15 % der Einzelblechdicke nicht überschreiten.

9.3 Schweißbruchart

Alle Schweißungen an Prüfstücken, Prüfproben und Bauteilen mit einer Einzelblechdicke bis zu 1 mm müssen bei der Schäl- oder Meißelprüfung durch Ausknöpfbruch versagen.

Scher- oder Mischbrüche dürfen mittels Spezifikation akzeptiert werden. Derartige Brüche müssen als typisch für kleinere Punktdurchmesser angesehen werden und können durch den Aluminiumgrad und kaltverfestigten oder wärmebehandelten Zustand beeinflusst werden.

9.4 Schweißfestigkeit

Die Schweißfestigkeit hängt von dem Punktdurchmesser, der Blechdicke und der Festigkeit der Aluminiumlegierung im geglühten Zustand ab. Typische Mindestwerte für Einzelpunktschweißproben verschiedener Aluminiumlegierungen bei der Zugscherprüfung sind in Tabelle 1 enthalten. Es werden Werte für Punktdurchmesser angegeben, die einem Durchmesser von $5\sqrt{t}$ und $4\sqrt{t}$ gleichgesetzt sind und in Zugscherproben mit den in der relevanten Internationalen Norm festgelegten Maßen erzeugt werden. Bei Verbindungen zwischen Blechen ungleicher Dicke sollte die Mindestanforderung an die Zugscherfestigkeit der Schweißung durch die Dicke des dünneren Bleches bestimmt werden. Dieser Wert wird in der Regel überschritten, wenn Proben mit ungleicher Dicke geprüft werden.

Proben aus ausgehärteten Legierungen erreichen höhere Festigkeitswerte und können unterschiedliche Brucharten zeigen, wenn sie nach längeren Lagerzeiten geprüft werden oder nachdem sie einer Wärmebehandlung unterzogen wurden. Die Zeitverzögerung oder Anwendung einer Wärmebehandlung zwischen Schweißung und Prüfung sollte dem Legierungsgrad und der Endanwendung angepasst werden. Die Zeitverzögerung und die Wärmebehandlungsbedingungen müssen in der Prüfdokumentation aufgezeichnet werden.

Die Festigkeit muss nach ISO 14273 gemessen werden.

Tabelle 1 — Empfohlene Mindestzugscherfestigkeit punktgeschweißter Aluminiumproben

Dicke mm	Erforderliche Zugscherfestigkeit (TSS ₁₀₀)			
	Klasse A		Klasse B	
	Minimum	Mittelwert	Minimum	Mittelwert
0,4	0,27	0,38	0,22	0,31
0,5	0,34	0,48	0,27	0,39
0,6	0,41	0,58	0,33	0,47
0,7	0,47	0,68	0,38	0,55
0,8	0,54	0,78	0,44	0,63

Dicke mm	Erforderliche Zugscherfestigkeit (TSS ₁₀₀)			
	kN			
	Klasse A		Klasse B	
	Minimum	Mittelwert	Minimum	Mittelwert
0,9	0,61	0,86	0,49	0,71
1,0	0,68	0,96	0,55	0,79
1,2	0,81	1,16	0,66	0,93
1,4	0,95	1,34	0,77	1,10
1,5	1,01	1,44	0,82	1,17
1,6	1,08	1,54	0,88	1,25
1,8	1,22	1,74	0,98	1,40
2,0	1,35	1,92	1,09	1,56
2,3	1,55	2,22	1,26	1,80
2,5	1,69	2,40	1,37	1,95
2,6	1,76	2,50	1,42	2,03
2,8	1,89	2,70	1,53	2,19
3,0	2,03	2,89	1,64	2,34
3,2	2,16	3,08	1,75	2,49
3,6	2,43	3,46	1,97	2,81
3,8	2,57	3,66	2,08	2,96
4,0	2,70	3,85	2,19	3,12
4,5	3,04	4,34	2,46	3,51
5,0	3,38	4,82	2,74	3,90

ANMERKUNG 1 Diese Werte können für Konstruktionsberechnungen verwendet werden. Die Werte sind angegeben, wenn Werkstoffe der Klasse 100 MPa verwendet werden. Wenn die Zugfestigkeit von Werkstoffen nicht gleich 100 MPa ist, kann die erforderliche Zugfestigkeit von Schweißungen durch Multiplikation der Tabellenwerte mit C_f nach dieser Gleichung berechnet werden:

$$C_f = \frac{R_m}{100}$$

Dabei ist

C_f der Korrekturfaktor;

R_m die Zugfestigkeit der verwendeten Werkstoffe.

ANMERKUNG 2 Die Festigkeit der Klasse A entspricht einem Punktdurchmesser von $5\sqrt{t}$. In ISO 18595:2007, Tabelle 1, lagen die Punktdurchmesser, die Schweißungen der Klasse A entsprechen, bei $5,5\sqrt{t}$ bis $6\sqrt{t}$.

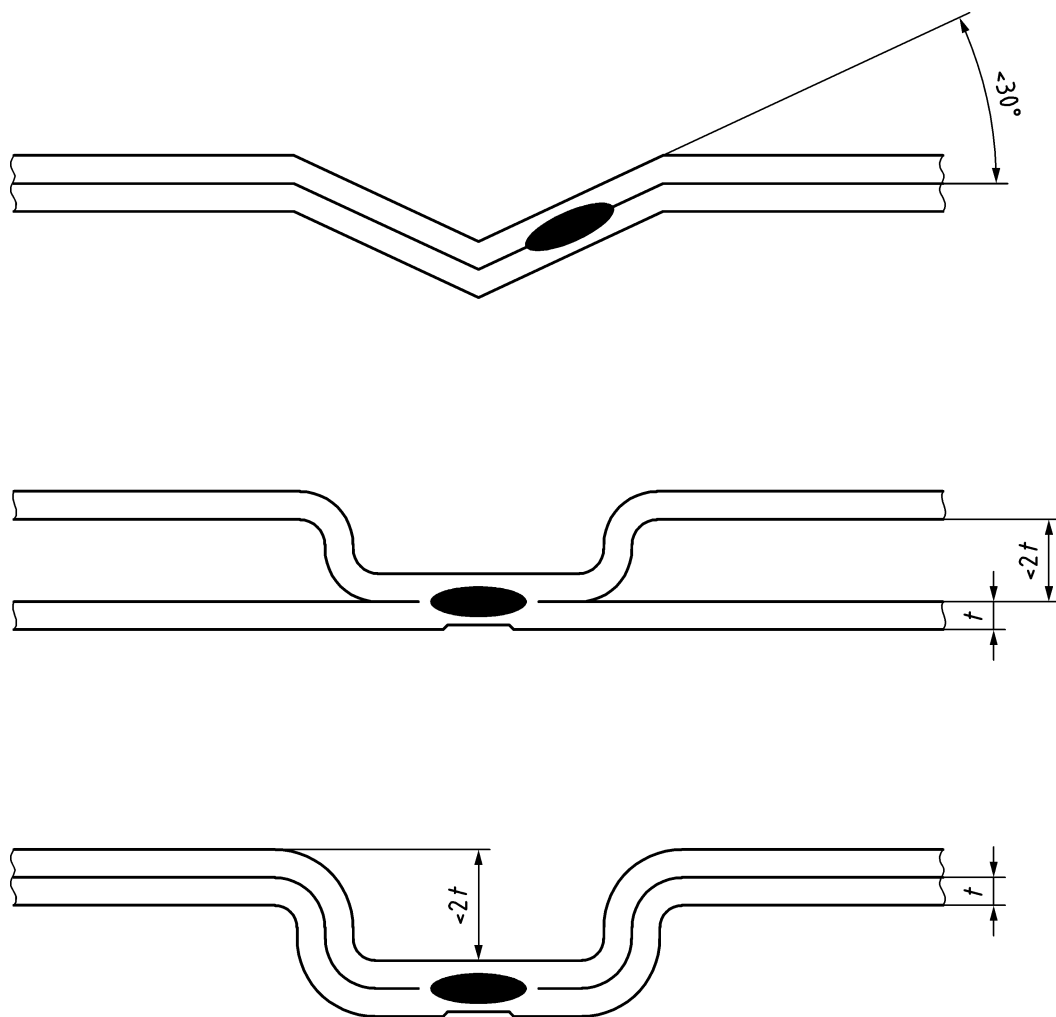
ANMERKUNG 3 Festigkeit der Klasse B entspricht einem Punktdurchmesser von $4\sqrt{t}$.

9.5 Schweißerscheinungsbild — Oberflächenzustand

Die zu schweißende Oberfläche sollte frei von jeglichen Rissen oder Oberflächenporosität sein. Das Aufnehmen von Elektrodenmaterial auf der Schweißoberfläche kann ernste Korrosionsprobleme verursachen und sollte vermieden werden.

Schweißspritzer sind ein Anzeichen für schlechte Oberflächenqualität, Versatz, Elektrodenverschleiß und/oder falsche Schweißereinstellungen, z. B. unzureichende Vorhaltezeit, zu geringe Elektrodenkraft oder zu hoher Schweißstrom, und sollten nicht akzeptiert werden.

Eine Schweißung wird als mangelhaft angesehen, wenn der Grundwerkstoff derart verzogen ist, dass die Schweißung mehr als 30° außerhalb der Werkstoffebene liegt oder wenn die Schweißfläche um mehr als die zweifache Blechdicke aus der Blechebene vertikal verschoben ist (siehe Bild 1).



Legende

t Blechdicke

Bild 1 — Höchster zulässiger Verzug des Bleches

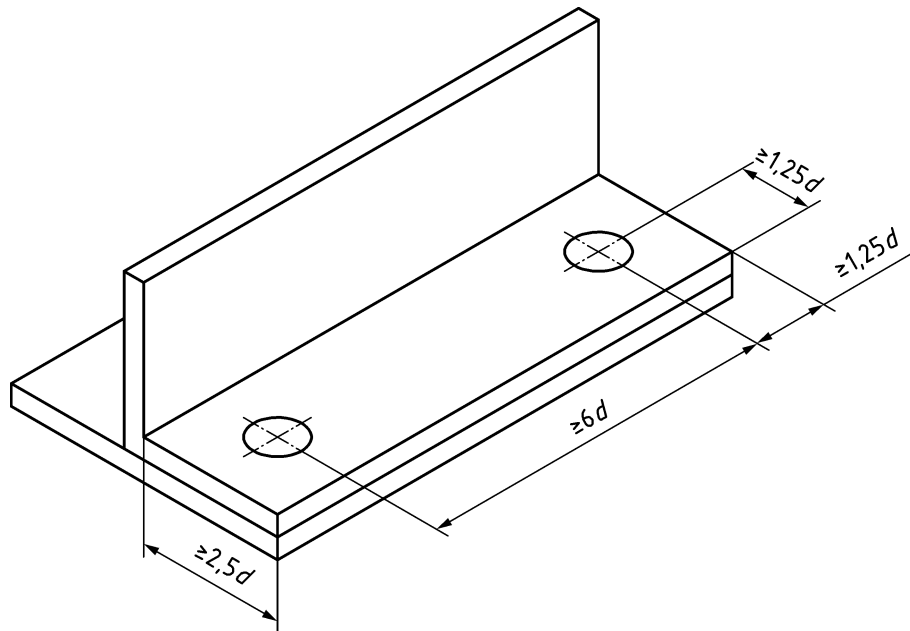
10 Mehrfachschweiß-Anordnungen

In der Mehrheit der Anwendungen bestehen Punktschweißungen aus einer Linie von Schweißungen oder bilden eine Schweißanordnung.

Der Punktabstand, d. h. der Mittenabstand zwischen benachbarten Schweißpunkten (siehe Bild 2), sollte $6d$ nicht unterschreiten und sollte vorzugsweise größer sein. Wenn geringere Randabstände verwendet werden sollen, dann muss das in der Prüfdokumentation aufgezeichnet werden. Kleinere Punktabstände dürfen festgelegt werden, wenn der Strom nach der ersten Schweißung erhöht wird, um die Nebenschlusswirkung auszugleichen und wenn die erforderliche Schweißqualität erreicht werden kann.

Soweit nicht anders festgelegt, müssen alle in einem Muster gegebenen Schweißpunkte innerhalb von $\pm 10\%$ des festgelegten Abstands zwischen den Schweißpunkten liegen. Der maximale Abstand zwischen benachbarten Schweißungen darf bei Schweißungen mit handgeführten Punktschweißgeräten den festgelegten Punktabstand nicht um mehr als 20% überschreiten.

ANMERKUNG Bei Aluminiumlegierungen ist die Nebenschlusswirkung wegen der höheren elektrischen Leitfähigkeit weitaus größer als bei Stahl.



Legende

d Punktdurchmesser

Bild 2 — Empfohlener Randabstand und Punktabstand

Unter gewissen Umständen können einzelne Punktschweißungen in einer Mehrfachschweiß-Anordnung eingeteilt werden als:

- a) kritische Schweißungen — alle strukturellen oder tragenden Schweißungen fallen unter diese Einteilung und müssen allen Anforderungen dieses Dokuments entsprechen;
- b) unkritische Schweißungen — d. h. nicht strukturelle oder nicht tragende Schweißungen fallen unter diese Einteilung. Heftschweißungen gehören auch in diese Kategorie. Qualitätsanforderungen an derartige Schweißungen können festgelegt werden, Abweichungen von diesem Dokument sind aber nur hinsichtlich des Erscheinungsbildes des Ortes oder der Oberfläche zulässig.

Wenn Nichtübereinstimmungen festgelegt sind, müssen Ausschuss-Schweißungen durch mindestens drei Schweißungen getrennt werden, die den in Abschnitt 9 zusammengefassten Anforderungen entsprechen. Alle Endschweißungen in einer Anordnung sollten zwischen einem Minimum von 10 mm und einem Maximum von 17 mm vom Ende der Kante lokalisiert sein (siehe Bild 2). Eckschweißungen müssen als Endschweißungen angesehen werden, wobei eine Ecke jede Änderung in Kantenrichtung ist, die 30° überschreitet. Schweißungen an jeder Seite der Unterbrechung eines Schweißmusters oder am Anschluss einer Platte oder Kante mit einer anderen Platte oder Kante müssen als Endschweißungen klassifiziert werden. Alle Endschweißungen müssen den Anforderungen dieses Dokuments entsprechen.

Zulässige Toleranzen in der Anordnung einzelner Schweißungen außerhalb der in der dazugehörigen technischen Konstruktionszeichnung festgelegten Anordnung dürfen 10 % nicht überschreiten. Beim Mehrfach- und Roboterschweißen sollte der Ansetzwinkel der Elektrode beim Zünden des Schweißstroms 10° zur Senkrechten nicht überschreiten. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass schräg angesetzte Elektroden zu elliptischen Schweißlinsen mit kleineren Bruchzonen führen und dass die Elektrodenstandmenge mit zunehmendem Ansetzwinkel abnimmt.

Anhang A (informativ)

Typische Punktschweißbedingungen

Tabelle A.1 gibt eine Anleitung zu Punktschweißbedingungen für Aluminiumlegierungen in den am häufigsten verwendeten Dicken, die in diesem Dokument für einen Linsendurchmesser von $5\sqrt{t}$ abgedeckt werden. Abhängig vom spezifischen Linsendurchmesser, von der Art der Schweißeinrichtung/-maschine, von den mechanischen Eigenschaften und von den dynamischen Kennwerten der Schweißeinrichtung, der Elektroden und des Werkstoffs können diese Bedingungen Änderungen erforderlich machen.

Diese Schweißbedingungen gelten für Elektroden nach ISO 5182, Werkstoff der Klasse A2/2.

Es sollte eine ausreichende Vorhaltezeit eingestellt werden, damit sich die Elektrodenkraft auf ihren voreingestellten Wert aufbauen kann.

Bei Punktschweißzangen mit begrenzter Elektrodenkraft werden die Tabellenwerte der Elektrodenkräfte bei Blechdicken von mehr als 1,6 mm um bis zu 30 % reduziert. Möglicherweise müssen der Schweißstrom und/oder die Schweißzeit entsprechend angepasst werden.

Beim Schweißen von zwei Blechen verschiedener Dicke dürfen die Schweißbedingungen auf dem dünneren Blech basieren.

Beim Schweißen von drei Blechen dürfen die Schweißbedingungen auf dem zweitdünnsten Blech basieren. Bei Legierungen mit hoher Festigkeit kann eine höhere Elektrodenkraft notwendig werden. Schweißströme dürfen aufgrund der zu schweißenden Aluminiumart mit hoher Festigkeit gemindert werden.

Tabelle A.1 — Leitlinien für das Einzelpunktschweißen von Aluminiumlegierungen mit abgerundeten Elektroden

Einzelblech- dicke t mm	Linsen- durchmesser d_n mm	Elektrode		Schweißparameter		
		D mm	R mm	Kraft kN	Schweißzeit ms	Strom kA
0,50	3,6	16	75	1,8	40	26
0,75	4,5	16	75	2,2	60	31
1,00	5,0	16	75	3,0	60	34
1,25	5,5	20	100	3,5	80	36
1,50	6,0	20	100	4,0	100	39
2,00	7,0	20	100	5,0	120	44
2,50	8,0	20	100	6,5	140	50
3,00	8,5	25	100	8,0	160	52

Anhang B (informativ)

Teilliste von Aluminiumlegierungen im Geltungsbereich dieses Dokuments

Siehe Tabelle B.1 und Tabelle B.2.

Tabelle B.1 — Aluminiumlegierungen nach ihrer mittleren thermischen und elektrischen Leitfähigkeit gruppiert

Werkstoff- abkürzung	Werkstoff- gruppe	Mittlere thermische Leitfähigkeit $\frac{W}{cm \times K}$	Mittlere spezifische elektrische Leitfähigkeit $\frac{m}{\Omega \times mm^2}$	Mittlerer spezifischer elektrischer Widerstand $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$
Al99,8	I	2,2	36	0,028
Al99,5		2,2	34,5	0,029
Al99,0		2,2	33,5	0,030
AlFeSi		2,2	32,5	0,030
AlMn, AlMnCu	II	1,75	25	0,040
AlMn1Mg/Mg0,5		1,63	24,5	0,041
AlMg0,5		1,95	27,5	0,035
AlMg1		1,85	27,5	0,038
AlMg1,5-1,8		1,75	26,0	0,039
AlMg2Mn0,3		1,5	24,5	0,041
AlMg2,5		1,5	22,0	0,046
AlMg2Mn0,8		1,5	22,0	0,046
AlMgSi0,5 ^{a c}		2,0	30,0	0,033
AlMgSi0,7 ^{a c}		1,7	28,0	0,035
AlMgSi1 ^a		1,85	28,0	0,036
AlMg0,4Si1,2 ^{b d}		1,70	27,0	0,037
AlCuMg1 ^b		1,55	23,5	0,044
AlCuMg2 ^b		1,50	23,0	0,046
AlCuSiMn ^a		1,65	23,5	0,044

Werkstoff- abkürzung	Werkstoff- gruppe	Mittlere thermische Leitfähigkeit $\frac{W}{cm \times K}$	Mittlere spezifische elektrische Leitfähigkeit $\frac{m}{\Omega \times mm^2}$	Mittlerer spezifischer elektrischer Widerstand $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$
AlMg3	III	1,45	21,0	0,048
AlMg5 ^e		1,3	17,0	0,063
AlMg2,7Mn		1,35	20,0	0,051
AlMg4,5Mn		1,2	17,5	0,058
AlZn4,5Mg1 ^a		1,3	20,5	0,050
AlZnMgCu0,5 ^a		1,35	20,0	0,052
AlZnMgCu1,5 ^a		1,35	21,0	0,049
^a Gültig für den üblicherweise verwendeten Zustand: wärmebehandelt (ausgehärtet). ^b Gültig für den üblicherweise verwendeten Zustand: bei Umgebungstemperatur ausgehärtet. ^c Kann nur als Strangpressprofil geliefert werden. ^d Keine genormte Legierung für den Karosseriebau. ^e Gültig für die nicht genormte Legierung des gleichen Typs.				

Tabelle B.2 — Schweißbarkeit von Aluminiumlegierungen bei Punkt- und Rollennaht^a-Schweißprozessen mit Berücksichtigung der Oberflächenbehandlung und des Werkstoffzustands — kaltverfestigt oder ausgehärtet (Dickenbereich 0,35 mm bis 3,5 mm)

Werkstoff- gruppe ^b	Werkstoffzustand ^c		Brinell- Härte	Oberflächenbehandlung			
	Stadium	Suffix		ohne	chemische Vor- behandlung	mechanische Vor- behandlung	Service- behandlung im Aluminium- werk ^d
I	weich	.10	20...25	A, C	A, C	A, C	A, C
	halb-hart	.26	30...40	A, C	A, C	A, C	A, C
	hart	.30	40...55	A, C	A, C	A, C	A, C
II	weich	.10	30...50	A, C	A, C	A, C	A, C
	halb-hart	.26	45...70	B, C	B	B	B
	hart	.30	50...85	B, C	B	B	B
	bei Umgebungs- temperatur ausgehärtet	.51	e	B, C	B	B	B
	thermisch künstlich ausgehärtet	.71	e	B, C	B	B	B

Werkstoff- gruppe ^b	Werkstoffzustand ^c		Brinell- Härte	Oberflächenbehandlung			
	Stadium	Suffix		ohne	chemische Vor- behandlung	mechanische Vor- behandlung	Service- behandlung im Aluminium- werk ^d
III	weich	.10	55...70	B, C	B	B	B
	halb-hart	.26	70...100	B	B	B	B
	hart	.30	88...105	B	B	B	B, C
	thermisch künstlich ausgehärtet	.71	e	B, C	B	B	B

- A Kein Strom-/Kraftprogramm erforderlich (nur hinsichtlich der Schweißqualität).
- B Strom-/Kraftprogramme empfohlen für höhere Anforderungen an Festigkeitswerte mit einer Blechdicke von W 1 mm.
- C Geringe Elektrodenstandmenge.
- ^a Die Schweißeinrichtung muss für das Schweißen von Aluminiumlegierungen geeignet sein: Bewertungskriterien sind Schweißqualität (keine Unregelmäßigkeiten) und Elektrodenstandmenge. Eine geeignete Oberflächenbehandlung verbessert in jedem Fall die Elektrodenstandmenge.
- ^b Werkstoffgruppe nach Tabelle C.1.
- ^c Die Bewertung der Zwischenbedingungen wird durch ein niedrigeres Suffix angezeigt. Die mit den Suffixen .25, .27, .29 und .31 bezeichneten Bedingungen führen zu einem nachteiligen Ergebnis.
- ^d Schweißbar wie geliefert.
- ^e Abhängig von der Legierungsgruppe.

Anhang C (informativ)

Typische Angaben in dem Schweißverfahrensblatt für Punktschweißen

Einige oder alle der nachfolgenden Angaben sollten im Schweißverfahrensblatt enthalten sein (siehe 9.1):

- a) Nummer der Schweißverfahrensprüfung;
- b) zugehörige Spezifikations- und/oder Zeichnungsnummer;
- c) zu schweißender Werkstoff, Spezifikationsnummer oder Zusammensetzung;
- d) metallurgische Beschaffenheit des Werkstoffs;
- e) Schweißeinrichtung/-maschine;
- f) Schweißstrom:
 - 1) Art des Stromes (Gleichstrom oder Wechselstrom);
 - 2) Polarität der Elektrode bei Verwendung von Gleichstrom;
- g) Einzelheiten der Werkzeuge;
- h) Angaben zur oberen Elektrode:
 - 1) Typ und Radius und/oder Anfangsdurchmesser der Elektrodenarbeitsfläche;
 - 2) zulässige Vergrößerung des Durchmessers der Elektrodenarbeitsfläche vor Austausch/Nacharbeit;
- i) Angaben zur unteren Elektrode:
 - 1) Typ und Radius und/oder Anfangsdurchmesser der Elektrodenarbeitsfläche;
 - 2) zulässige Vergrößerung des Durchmessers der Elektrodenarbeitsfläche vor Austausch/Nacharbeit;
- j) Oberflächenvorbehandlungsmethode, falls zutreffend;
- k) Aufbau der Verbindungen (Randabstand, Schweißpunktstand);
- l) Schweißreihenfolge;
- m) Angaben zu Schweißbedingungen oder Maschinen-Steuerungseinstellungen:
 - 1) Einstellen der Transformatoranzapfung;
 - 2) Einstellen der Wärmesteuerung oder des Schweißstroms;
 - 3) Elektrodenkraft;
 - 4) Einstellen des Druckmessers;

- 5) Vorhaltezeit;
 - 6) Schweißzeit;
 - 7) Nachhaltezeit;
 - 8) Offenhaltezeit;
 - 9) Armausladung;
 - 10) Abstand zwischen Armen;
 - 11) verwendetes adaptives Regelungssystem und feste Parameter;
- n) Ablauf der Durchführung von Prüfschweißungen.

Literaturhinweise

- [1] ISO 18594, *Resistance spot-, projection- and seam-welding — Method for determining the transition resistance on aluminium and steel material*