

DIN ISO 16338

ICS 25.160.10

Entwurf

Einsprüche bis 2017-01-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 16338:2014-08

**Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau –
Widerstandspunkt- und Rollennahtschweißen (ISO/FDIS 16338:2016);
Text Deutsch und Englisch**

Welding for aerospace applications –
Resistance spot and seam welding (ISO/FDIS 16338:2016);
Text in German and English

Soudage pour applications aérospatiales –
Soudage par résistance par points et à la molette (ISO/FDIS 16338:2016);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-11-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 98 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)
DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Spezifische technische Anforderungen	9
6 Einteilung der Schweißverbindungen in Sicherheitsklassen	10
7 Anforderungen an die Fertigung.....	10
8 Anforderungen an das Schweißpersonal.....	10
9 Verantwortliche Person für die Qualifizierung der Schweißanweisung und für die Qualifizierungsprüfung der Schweißmaschine	10
10 Werkstoffgruppen	10
11 Vorbereitung der zu verschweißenden Teile	11
11.1 Allgemeines	11
11.2 Anforderungen an die Reinigung.....	11
11.3 Oberflächenbeschichtungen.....	11
11.4 Zusammenbau der Fügeteile	11
12 Anforderungen an Geräte	11
12.1 Schweißmaschinen	11
12.2 Elektroden.....	11
12.3 Maschinen für die Scherzugprüfung.....	11
12.3.1 Allgemeines	11
12.3.2 Stationäre Scherzugprüfmaschinen	12
12.3.3 Transportable Scherzugprüfmaschinen	12
12.4 Vorrichtungen und Werkstückspanneinrichtungen	12
13 Schweißmaschinen	12
13.1 Anforderungen an die Qualifizierungsprüfung.....	12
13.1.1 Allgemeines	12
13.1.2 Verfahren zur Qualifizierung der Schweißmaschine	12
13.2 Anordnung der Prüfstücke und Prüfanforderungen.....	15
14 Schweißanweisung (pWPS)	16
14.1 Anforderungen an die Qualifizierungsprüfung.....	16
14.1.1 Allgemeines	16
14.1.2 Bestimmung der SchweißEinstellungen	17
14.1.3 Verfahren für die Qualifizierung einer Schweißanweisung	17
14.1.4 Grenzen für Dickenkombinationen	17
14.1.5 Schweißanweisung (WPS).....	18
14.1.6 Wiederholung der Qualifizierung einer Schweißanweisung	18
14.2 Anordnung der Prüfstücke und Prüfanforderungen.....	19
15 Qualitätsanforderungen an die Fertigung.....	20
15.1 Allgemeines	20

15.2	Fertigungsbegleitproben	20
15.2.1	Allgemeines	20
15.2.2	Fertigungsbegleitproben	20
15.2.3	Oberflächenwiderstand	21
15.2.4	Parameteranpassung	21
15.2.5	Anordnung und Prüfung von Fertigungsbegleitproben	21
15.2.6	Alternative Anforderungen an eine Prüfung anstelle der Fertigungsbegleitprobenprüfung	24
15.3	Fertigungsteile	24
15.3.1	Prüfanforderungen	24
15.3.2	Verschlechterung der Schweißgüte	24
15.3.3	Heftschweißungen	24
16	Prüfstücke	24
16.1	Standardprüfstücke	24
16.2	Prüfstücke für spezielle Zwecke	27
17	Untersuchung, Prüfung und Abnahmekriterien	28
17.1	Allgemeines	28
17.2	Sichtprüfung	28
17.2.1	Sichtbare Unregelmäßigkeiten an Proben oder Fertigungsteilen	28
17.2.2	Spalt zwischen verschweißten Bauteilen	29
17.2.3	Elektrodeneindruck	29
17.3	Durchstrahlungsprüfung	30
17.4	Metallographische Untersuchung	31
17.4.1	Allgemeines	31
17.4.2	Elektrodeneindruck	32
17.4.3	Innere Unregelmäßigkeiten	33
17.4.4	Schweißlinseneindringtiefe	33
17.4.5	Schweißlinsendurchmesser oder Rollennahtbreite	34
17.5	Mechanische Prüfung	36
17.5.1	Punktschweißungen — Blech	36
17.5.2	Punktschweißungen — Folie	40
17.5.3	Rollennahtschweißungen — Folie	40
17.5.4	Proben für Schweißverbindungen aus mehreren Fügeteilen	41
18	Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR)	41
Anhang A (informativ)	Formular für den Prüfbericht über die Qualifizierung einer Schweißmaschine	42
Anhang B (informativ)	WPS-Formular	44
Anhang C (informativ)	Beispiel-Formulare für den Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR)	45
Anhang D (informativ)	Bemerkungen zur Qualifizierung der Schweißmaschine	47
Literaturhinweise		51

Nationales Vorwort

Dieses Dokument ist die deutsche Übersetzung des ISO/FDIS 16338:2016, die im ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ (Sekretariat: AFNOR) im Unterkomitee ISO/TC 44/SC 14 „Welding and brazing in aerospace“ (Sekretariat: DIN) unter Mitwirkung der deutschen Experten des Arbeitsausschusses NA 092-00-17 AA „Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau (DVS AG A 9)“ des DIN-Normenausschusses Schweißen und verwandte Verfahren (NAS) erarbeitet wurde.

Die Überarbeitung der ISO-Norm erfolgt im Verfahren einer „Minor Revision“. Bei diesem Verfahren sind nur redaktionelle Änderungen möglich und das internationale Normprojekt wird direkt in der Stufe Schluss-Entwurf (ISO/FDIS) gestartet. In dieser Stufe sind keine technischen Änderungen möglich. Daher können auch nur redaktionelle Kommentare zur englischen Fassung und Verbesserungsvorschläge zur deutschen Übersetzung im Rahmen dieses Norm-Entwurfes berücksichtigt werden.

Bestehende Schweißanweisungen und Schweißmaschinenzulassungen

Bestehende Schweißanweisungen und Schweißmaschinenzulassungen nach DIN ISO 16338:2014-08 werden mit Erscheinen dieses Dokumentes nicht außer Kraft gesetzt. Für neu durchzuführende Schweißmaschinenzulassungen und neu zu qualifizierende Schweißanweisungen ist mit Erscheinen der vorliegenden DIN ISO 16338 nur noch diese Norm anzuwenden. Dieses gilt auch für neu durchzuführende Wiederholungsprüfungen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des ISO/FDIS 16338 entsprechend der diesbezüglich durch ISO erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen mit gleicher Zählnummer verwiesen:

ISO 6520-2	siehe	DIN EN ISO 6520-2
ISO 10447:2015	siehe	DIN EN ISO 10447:2015-05
ISO 14731	siehe	DIN EN ISO 14731
ISO 14732	siehe	DIN EN ISO 14732
ISO 14373:2015	siehe	DIN EN ISO 14373:2015-06
ISO 15609-5	siehe	DIN EN ISO 15609-5
ISO 17677-1:2009	siehe	DIN EN ISO 17677-1:2010-01

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 16338:2014-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anmerkungen zur unterschiedlichen Bestimmung des klaren Ringes bei der Durchstrahlungsprüfung und der metallographischen Untersuchung wurden den Legenden unter Bild 8 und Bild 9 hinzugefügt;
- b) der Zahlendreher in der Spalte *t* in Tabelle 14 wurde korrigiert; Werte in den Zeilen 0,60 mm und 0,65 mm getauscht;
- c) um einen hängenden Absatz zu korrigieren, wurde die Überschrift 14.1.3.1 Allgemeines eingeführt;
- d) in 17.3 b) und d) die deutsche Übersetzung verbessert;
- e) die in der Vorgängerfassung aufgeführten Normen in Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ wurden aufgrund ihrer informativen Erwähnung im Normtext in die „Literaturhinweise“ verschoben.
- f) weitere redaktionelle Änderungen zur Anpassung an die aktuellen Gestaltungsregeln.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6520-2, Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen — Teil 2: Pressschweißungen

DIN EN ISO 10447:2015-05, Widerstandsschweißen — Prüfung von Schweißverbindungen — Schäl- und Meißelprüfung von Widerstandspunkt- und Buckelschweißverbindungen (ISO 10447:2015); Deutsche Fassung EN ISO 10447:2015

DIN EN ISO 14373:2015-06, Widerstandsschweißen — Verfahren zum Punktschweißen von niedriglegierten Stählen mit oder ohne metallischem Überzug (ISO 14373:2015); Deutsche Fassung EN ISO 14373:2015

DIN EN ISO 14731, Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung

DIN EN ISO 14732, Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen

DIN EN ISO 15609-5, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 5: Widerstandsschweißen

DIN EN ISO 17677-1:2010-01, Widerstandsschweißen — Begriffe — Teil 1: Punkt-, Buckel- und Rollennahtschweißen (ISO 17677-1:2009); Dreisprachige Fassung EN ISO 17677-1:2009

Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Widerstandspunkt- und Rollennahtschweißen

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an das Widerstandspunktschweißen und das Rollennahtschweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau fest.

Dieses Dokument gilt nicht für Widerstandsschweißungen, die lediglich als Zwischenschritt durchgeführt werden und keinen Einfluss auf die Qualität des Endprodukts haben, z. B. für das Heftschweißen von Basisbauteilen, bevor ein anderer Prozess zu ihrer Verbindung angewendet wird.

Das Widerstandsschweißen von Fügeteilen aus Werkstoffen unterschiedlicher Werkstoffgruppen ist in dieser Internationalen Norm nicht erfasst.

Sicherheits- und Gesundheitsaspekte sind in dieser Internationalen Norm ebenfalls nicht erfasst.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. 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).

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 6520-2, ISO 14731, ISO 17677-1, ISO/TR 25901-1, ISO/TR 25901-3, ISO/TR 25901-4 und die folgenden Begriffe.

3.1

Meißel- bzw. Keilprüfung

zerstörendes (Meißelprüfung) oder nicht zerstörendes Prüfverfahren (Keilprüfung), bei der die Schweißverbindungen im Wesentlichen durch eine Kopfbzugkraft, die hauptsächlich Spannungen in Normalrichtung zur Oberfläche der Verbindung hervorruft, belastet werden

[QUELLE: ISO 10447:2015, 3.1 — modifiziert: „oder nicht zerstörendes Prüfverfahren“ hinzugefügt und Anmerkung 1 zum Begriff gelöscht.]

3.2

Schweißungen mit engem Punktabstand

Schweißpunkte mit einer Schweißpunktteilung von weniger als zwei Durchmessern

3.3

Kernbildung

beginnende Aufschmelzung

Aufschmelzen und Wiedererstarren des Werkstoffs an den Korngrenzen der Wärmeeinflusszone und/oder in der Schweißlinse

Anmerkung 1 zum Begriff: Kernbildung/beginnende Aufschmelzung erscheint bei einer Untersuchung mit geringer Vergrößerung als rissartige Unregelmäßigkeit, die sich jedoch bei hoher Vergrößerung als werkstoffgefüllt erweist. Dieses Phänomen tritt vorwiegend bei Nickellegierungen auf.

3.4

verantwortliche Entwicklungsstelle

Organisation, die für die konstruktive Ausführung oder die Erhaltung der Lufttichtigkeit der Gerätschaften und Übereinstimmung mit allen relevanten Dokumenten verantwortlich ist

3.5

Folie

Fügeteil mit einer Dicke von höchstens 0,20 mm

3.6

metallographischer Schliff

<Widerstandsschweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau> Querschnitt durch den Durchmesser einer Punktschweißung oder durch eine Rollennahtschweißung oder Schnitt längs durch die Mitte einer Rollennahtschweißung

3.7

Schweißlinse

Bereich einer Punkt-, Buckel- oder Rollennahtschweißung, in dem das Metall aufgeschmolzen wurde

[QUELLE: ISO 17677-1:2009, 4.10, modifiziert — die Verweisung „Siehe Bild 2.“ wurde entfernt]

3.8

Linsendurchmesser

in der Stoßfläche gemessener Durchmesser der Schweißlinse

3.9

Linseneindringtiefe

Ausdehnung der Schweißlinse oder der Schmelzzone innerhalb der Dicke eines der Fügeteile

3.10

Schälversuch

Abrollversuch

zerstörende Prüfung, bei der ein widerstandsgeschweißter Überlappstoß durch eine Schälkraft geprüft wird, die hauptsächlich zu Beanspruchungen in Dickenrichtung der Schweißnaht führt

3.11

vorläufige Schweißanweisung

pWPS

(en: preliminary welding procedure specification)

Dokument, das die erforderlichen Einflussgrößen eines Schweißverfahrens enthält und noch zu qualifizieren ist

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.5.6]

3.12

Fertigungsbegleitprobe

unter Anwendung der bei der Fertigung angewendeten Einstellungen durchgeführte Schweißungen an Proben, die zerstörend geprüft werden, um Daten über die Qualität der Fertigungsschweißungen zu erhalten

3.13

Widerstandsrollennahtschweißung

<Widerstandsschweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau> Widerstandsschweißprozess, bei dem in den Stoßflächen eine Vereinigung der Werkstücke erreicht wird, während die Werkstücke durch auf beiden Seiten angeordnete Elektroden zusammengedrückt werden, wobei die Wärme genutzt wird, die aus dem Widerstand der Werkstücke gegenüber dem elektrischen Strom resultiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Rollennahtschweißung wird entlang der Stoßflächen durch eine fortschreitende Reihe einander überlappender Widerstandspunktschweißungen eine Schweißverbindung erzeugt, entweder durch Drehen der Rollenelektroden oder durch Indexieren (regelmäßig rastende Weiterbewegung) des Werkstücks bei feststehenden Elektroden.

3.14

Widerstandspunktschweißen

Widerstandsschweißprozess, bei dem in den Stoßflächen zwischen überlappten Teilen eine Schweißung durch die Wärme erzeugt wird, die durch den Stromfluss durch den Widerstand der Werkstücke erzielt wird, wobei der Strom durch Elektroden, die den Strom konzentrieren und Kraft in die Schweißung einleiten, übertragen wird

[QUELLE: ISO 17677-1:2009, 1.12]

3.15

Rollpunktschweißung

Variante des Widerstandsschweißens, bei der Punktschweißungen mit einer oder mehreren rotierenden ringförmigen Elektroden erzeugt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Rotation der Elektroden kann oder kann nicht während der Schweißung unterbrochen werden.

[QUELLE: ISO 17677-1:2009, 3.5]

3.16

Nahtbreite

Breite der Schweißung senkrecht zur Längsachse einer linearen Naht in der Ebene der Stoßflächen

[QUELLE: ISO 17677-1:2009, 4.14]

3.17

Blech

<Widerstandsschweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau> Fügeteil mit einer Dicke von mehr als 0,20 mm

3.18

Punktabstand

Mittenabstand zwischen zwei benachbarten Punktschweißungen

[QUELLE: ISO 14373:2015, 3.4]

3.19

Schweißbedingung

<Widerstandsschweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau> Vorkehrung für die Erzeugung einer Schweißnaht unter Berücksichtigung des Werkstoffs, der Konfiguration, der Werkstoffvorbereitung, der Kühlung, des Werkstoffs und der Geometrie der Elektroden, der Schweißmaschinen-Nummer und aller Schweißparameter, die einen direkten Einfluss auf die Qualität der Schweißung haben

3.20

Schweißparameter

<Widerstandsschweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau> Einstellung oder Justierung der Schweißmaschine

BEISPIEL Beispiele sind Elektrodenkraft, Schweißstrom, Schweißgeschwindigkeit, Schweißzeit.

3.21

Schweißanweisung

WPS

(en: welding procedure specification)

Dokument, das durch ein Verfahren qualifiziert wurde und die erforderlichen Einflussgrößen des Schweißverfahrens enthält, um die Wiederholbarkeit beim Schweißen in der Fertigung sicherzustellen

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.5.4]

4 Symbole und Abkürzungen

D_s	kleinste(r) erforderliche(r) Schweißlinsendurchmesser oder Rollennahtbreite (siehe Tabelle 11)
e_l	Eindruck der unteren Elektrode
e_u	Eindruck der oberen Elektrode
F	Kraft
l	Länge der Probe
s_M	tatsächliche(r) Schweißlinsendurchmesser oder Rollennahtbreite, durch metallographische Untersuchung bestimmt
t	Dicke des dünneren Blechs
t_o	Dicke des äußeren Fügeteils
w	Breite/Überlappung der Probe
Ac	Mittelwert für das Prüflös
NDT	zerstörungsfreie Prüfung
pWPS	vorläufige Schweißanweisung
QA	Qualitätssicherung
SPC	statistische Prozessüberwachung
WPQR	Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens
WPS	Schweißanweisung

5 Spezifische technische Anforderungen

Falls Widersprüche zwischen den Anforderungen dieses Dokumentes und den Anforderungen in den anzuwendenden Bauunterlagen auftreten, gelten die in den anzuwendenden Bauunterlagen angegebenen Anforderungen.

Die Sicherheitsklasse der Schweißverbindung (siehe Abschnitt 6) muss in der Bauteilspezifikation oder in der Zeichnung für das jeweilige Werkstück angegeben werden.

6 Einteilung der Schweißverbindungen in Sicherheitsklassen

Für die Einteilung der Schweißverbindungen in Sicherheitsklassen gelten folgende Grundlagen:

- Klasse I: Schweißverbindungen, deren Versagen unter Betriebsbedingungen zum Verlust des Flugzeuges/Raumfahrzeuges oder eines seiner wesentlichen Teile führt oder Menschen direkt gefährdet.
- Klasse II: Schweißverbindungen, deren Versagen zu Störungen führt, die keine Beeinträchtigung für die Fortsetzung des sicheren Fluges bis zum Ende der Mission darstellt.
- Klasse III: Schweißverbindungen, deren Versagen die Sicherheit und die Transportfunktion des Flugzeuges/Raumfahrzeuges nicht beeinflusst.

7 Anforderungen an die Fertigung

Vor der Fertigung müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) Qualifizierung des Personals;
- b) Qualifizierung der Schweißmaschine;
- c) Qualifizierung des Schweißverfahrens.

8 Anforderungen an das Schweißpersonal

Das Schweißpersonal muss für den vorgesehenen Prozess ausgebildet und fachkundig sein. Wenn von der verantwortlichen Entwicklungsstelle gefordert, kann ISO 14732 geltend gemacht werden.

9 Verantwortliche Person für die Qualifizierung der Schweißanweisung und für die Qualifizierungsprüfung der Schweißmaschine

Die Schweißaufsichtsperson (siehe ISO 14731) muss schriftlich als verantwortlich für die Qualifizierung von Schweißanweisungen und für Prüfungen zur Schweißmaschinenzulassung bestimmt werden. Die Schweißaufsichtsperson muss entsprechende Kenntnisse und Erfahrungen hinsichtlich des jeweiligen Schweißprozesses haben und von der zuständigen verantwortlichen Entwicklungsstelle oder der anerkannten Prüfungsstelle akzeptiert werden.

Für die Schweißaufsichtsperson wird eine Qualifizierung als Internationaler Schweißfachingenieur (en: International Welding Engineer; IWE) nach IIW IAB-252-11 empfohlen.

Die Schweißaufsichtsperson darf eine andere Person zur Durchführung der Qualifizierung der Schweißanweisung oder der Qualifizierungsprüfung für die Schweißmaschine bevollmächtigen.

10 Werkstoffgruppen

Werkstoffgruppe A: unlegierter Stahl, niedrig legierte Stähle, hoch legierte ferritische Stähle.

Werkstoffgruppe B: hoch legierte austenitische und martensitische Stähle, Nickel und Nickellegierungen, Kobaltlegierungen.

Werkstoffgruppe C: Titan und Titanlegierungen, Niob, Zirkon und andere reaktive Metalle.

Werkstoffgruppe D: Aluminium und Aluminiumlegierungen, Magnesium und Magnesiumlegierungen.

Werkstoffgruppe E: Werkstoffe, die nicht den Werkstoffgruppen A bis D entsprechen (z. B. Molybdän, Wolfram, Kupferlegierungen).

11 Vorbereitung der zu verschweißenden Teile

11.1 Allgemeines

Die Oberflächen und die Stoßflächen der zu schweißenden Teile dürfen nicht verunreinigt sein, z. B. durch schwere Oxide, Zunder, Farbe, Fett, Schmutz oder andere Substanzen, oder durch eine Oberflächenbeschaffenheit, welche den Schweißprozess nachteilig beeinflusst. Die Oberflächen müssen gleichmäßig sein, da dieses ein bestimmender Faktor zur Sicherstellung einer guten Reproduzierbarkeit der Schweißung ist.

11.2 Anforderungen an die Reinigung

Das anzuwendende Reinigungsverfahren (z. B. Beizen) muss in Abhängigkeit von den beteiligten Werkstoffen ausgewählt und von jedem Hersteller in Übereinstimmung mit den Anforderungen der verantwortlichen Entwicklungsstelle exakt festgelegt werden.

Das zur Vorbereitung der Werkstoffe für die Qualifizierung der Schweißanweisung angewendete Reinigungsverfahren muss in der pWPS festgelegt sein. Für Werkstoffgruppe D müssen die Anforderungen an den Oberflächenwiderstand von der verantwortlichen Entwicklungsstelle festgelegt werden.

Die zeitlichen Begrenzungen zwischen Reinigung und Schweißen müssen in der pWPS oder einer anderen Herstellungsdokumentation festgelegt sein.

11.3 Oberflächenbeschichtungen

Von der verantwortlichen Entwicklungsstelle festgelegte Oberflächenbeschichtungen müssen in der pWPS genauer bestimmt werden.

11.4 Zusammenbau der Fügeteile

Die für das nachfolgende Schweißen zusammengebauten Fügeteile müssen so angeordnet werden, dass die durch die Schweißung zu verbindenden Oberflächen vor der ersten und vor jeder folgenden Schweißung miteinander in Kontakt sind oder durch Handkraft in Kontakt gebracht werden können.

12 Anforderungen an Geräte

12.1 Schweißmaschinen

Die Schweißmaschine muss eine Qualifizierungsprüfung nach Abschnitt 13 haben und in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers und/oder anderen, von der verantwortlichen Entwicklungsstelle festgelegten Anforderungen kalibriert und gewartet werden.

Eine Anweisung zur vorbeugenden Wartung muss festgelegt und Aufzeichnungen von der Wartung aufbewahrt werden.

12.2 Elektroden

Auf allen verwendeten Elektroden muss mindestens die Bezeichnung des Elektrodenwerkstoffs als dauerhafte Kennzeichnung angegeben sein.

12.3 Maschinen für die Scherzugprüfung

12.3.1 Allgemeines

Die Maschinen für die Scherzugprüfung müssen eine Fehlergrenze aufweisen, die höchstens $\pm 2\%$ von der angezeigten Ablesung abweichen darf. Die Prüfgeschwindigkeit bei der Scherzugprüfung darf 13 mm/min nicht überschreiten.

12.3.2 Stationäre Scherzugprüfmaschinen

Um die Fehlergrenze stationärer Scherzugprüfmaschinen sicherzustellen, müssen die Maschinen in Abständen von höchstens einem Jahr einer Kalibrierung unterzogen werden.

12.3.3 Transportable Scherzugprüfmaschinen

Um die Fehlergrenze transportabler Scherzugprüfmaschinen sicherzustellen, müssen die Maschinen in Abständen von höchstens zwei Monaten einer Kalibrierung unterzogen werden.

12.4 Vorrichtungen und Werkstückspanneinrichtungen

Vorrichtungen und Werkstückspanneinrichtungen müssen so gestaltet sein, dass der in die Werkstücke einzuleitende Schweißstrom möglichst geringfügig durch diese Vorrichtungen und Spanneinrichtungen anstatt durch die Werkstücke fließt. Alle Werkzeuge, die zum Lokalisieren der Schweißnähte oder für den Zusammenbau der zu schweißenden Teile erforderlich sind und während des Schweißvorganges in den Wirkungsbereich des Magnetfelds gelangen, sollten nach Möglichkeit aus nicht magnetisierbaren Werkstoffen bestehen.

13 Schweißmaschinen

13.1 Anforderungen an die Qualifizierungsprüfung

13.1.1 Allgemeines

Bestehende Maschinenqualifikationen, die vor Veröffentlichung dieses Dokumentes erfolgten, werden als gültig betrachtet, sofern von der verantwortlichen Entwicklungsstelle nichts anderes festgelegt ist.

Vor der Fertigung muss für jede Widerstandspunkt- oder Rollennahtschweißmaschine eine Qualifizierung durchgeführt werden, um ihre Eignung und die Gleichmäßigkeit des Schweißergebnisses zu ermitteln. Die Qualifizierung erfolgt zu dem Zweck, den Schweißbereich, für den die Schweißmaschine als geeignet angesehen werden kann, zu identifizieren und zu verifizieren. Die Schweißbedingungen müssen in einer WPS als Teil eines Prüfberichts über die Qualifizierung der Prüfmaschine dokumentiert werden. Typische Beispiele für diese Berichtsformulare sind in den Anhängen A und B angegeben. Die Formulare dürfen erforderlichenfalls modifiziert oder erweitert werden. Die Prüfberichte müssen auch nach Erteilung der Zulassung für die Schweißmaschine aufbewahrt werden, so dass sie für spätere Überprüfungen verfügbar sind.

Die Qualifizierungsprüfung für Schweißmaschinen ist so durchzuführen, dass die Schweißanforderungen an die kritischste Sicherheitsklasse (siehe Abschnitt 6) jeder Werkstoffgruppe (siehe Abschnitt 10) erfüllt werden, für die ihre Anwendung in der Fertigung vorgesehen ist. Eine für das Schweißen nach den Anforderungen einer Sicherheitsklasse in einer Werkstoffgruppe qualifizierte Schweißmaschine ist auch als qualifiziert für weniger kritische Klassen derselben Werkstoffgruppe anzusehen. Eine Qualifizierung einer Punktschweißmaschine für das Punktschweißen schließt die Qualifizierung für überlappende Punktschweißungen ein. Die für das Folienschweißen der Klasse III angewendeten Schweißmaschinen dürfen durch Aufstellung einer WPS qualifiziert werden. Schweißmaschinen, die sich für eine Sicherheitsklasse des Rollennahtschweißens qualifiziert haben, sind auch als qualifiziert für die Rollpunktschweißung in derselben Klasse anzusehen.

13.1.2 Verfahren zur Qualifizierung der Schweißmaschine

13.1.2.1 Allgemeines

Während des Schweißens der Proben dürfen keine Wartungs- oder Einstellarbeiten vorgenommen werden.

13.1.2.2 Prüfwerkstoffe

Als Prüfwerkstoffe für die Qualifizierung der Werkstoffgruppen A, B, C und D darf ein beliebiger Werkstoff der jeweiligen Gruppe ausgewählt werden, der üblicherweise in der Fertigung verwendet wird.

Eine Qualifizierungsprüfung, die an einem Werkstoff der Gruppe A durchgeführt wird, qualifiziert nur für Schweißwerkstoffe der Gruppe A.

Eine Qualifizierungsprüfung, die an einem Werkstoff der Gruppe B durchgeführt wird, qualifiziert nur für Schweißwerkstoffe der Gruppe B.

Eine Qualifizierungsprüfung, die an einem Werkstoff der Gruppe C durchgeführt wird, qualifiziert nur für Schweißwerkstoffe der Gruppe C.

Eine Qualifizierungsprüfung, die an einem Werkstoff der Gruppe D durchgeführt wird, qualifiziert nur für Schweißwerkstoffe der Gruppe D.

Eine Qualifizierungsprüfung, die an einem spezifischen Werkstoff der Gruppe E durchgeführt wird, qualifiziert nur für Schweißungen, die mit demselben Werkstoff durchgeführt werden.

13.1.2.3 Prüfanforderungen

Die in 13.2 aufgeführten Schweißprüfungen müssen durchgeführt werden, und die zutreffenden Abnahmekriterien müssen erfüllt werden. Für jede Werkstoffgruppe sind zwei Prüfsätze erforderlich: eine Qualifizierungsprüfung der Schweißmaschine am oberen Ende des (dicksten) Dickenbereichs und eine am unteren Ende des (dünnsten) Dickenbereichs. Typischerweise werden die Qualifizierungsprüfungen der Schweißmaschine am oberen und am unteren Ende des Dickenbereichs jeweils an zwei Fügeteilen mit gleicher Dicke durchgeführt. Alternativ dürfen Fügeteile mit unterschiedlichen Dicken und/oder Schweißkombinationen von mehr als zwei Fügeteilen angewendet werden. Um die Qualifizierungsprüfung für die Schweißmaschine festzulegen, die zur Erfassung aller Fertigungsaufgaben erforderlich sind, gelten die folgenden Anforderungen:

- a) die Gesamtdicke aller Fügeteile in einer Fertigungsschweißkombination darf nicht größer sein als die Gesamtdicke aller Fügeteile am oberen Ende des (dicksten) Dickenbereichs der Qualifizierungsprüfung der Schweißmaschine und nicht kleiner als die Gesamtdicke aller Fügeteile am unteren Ende des (dünnsten) Dickenbereichs;
- b) das dünnste zu verschweißende (die Elektrode berührende) Fügeteil in einer Fertigungsschweißkombination darf nicht dicker sein als das dünnste Fügeteil am oberen Ende des (dicksten) Dickenbereichs der Qualifizierungsprüfung;
- c) das dünnste zu verschweißende (die Elektrode berührende) Fügeteil in einer Fertigungsschweißkombination darf nicht dünner sein als das dünnste Fügeteil am unteren Ende des (dünnsten) Dickenbereichs der Qualifizierungsprüfung;
- d) wird eine Schweißmaschine für eine bestimmte Schweißkombination angewendet, muss sie nur für diese Schweißkombination nach den in 13.2 beschriebenen Mengen und Verfahren qualifiziert werden.

ANMERKUNG 1 Beispiele zur Anwendung dieser Regeln siehe Anhang D.

ANMERKUNG 2 Wenn mehrere Schweißmaschinen der gleichen Ausführung zu qualifizieren sind, kann der Prüfumfang nach dem Ermessen der verantwortlichen Entwicklungsstelle verringert werden.

13.1.2.4 Wiederholungsprüfung zur Qualifizierung der Schweißmaschine

Eine erneute Qualifizierung ist erforderlich, wenn die Schweißmaschine umgebaut wird oder wenn sich die Betriebsbedingungen wesentlich verändern (z. B. Auswechslung wichtiger Maschinenteile, Ortsveränderung der Maschine und Wechsel der Stromversorgung). Für das Blechschweißen darf die Anzahl der Proben verringert werden (siehe Tabelle 2).

Ist eine erneute Qualifizierung einer Schweißmaschine erforderlich, müssen alle WPS vor Anwendung in der Fertigung erneut qualifiziert werden, sofern von der verantwortlichen Entwicklungsstelle nicht anders festgelegt.

Folgende Veränderungen erfordern keine erneute Qualifizierung der Schweißmaschine:

- a) Veränderung des Aufstellungsortes innerhalb eines Werks unter Beibehaltung des bisherigen Stromkreises;
- b) allgemeine Wartung der Schweißmaschine;
- c) Auswechslung von Teilen, z. B. Elektroden und Elektrodenhaltern, die keinen Einfluss auf die Druck- oder Leistungsdaten ausüben.

13.2 Anordnung der Prüfstücke und Prüfanforderungen

Für die Prüfungen gelten die Festlegungen in Tabelle 1 und Bild 1 sowie die Bilder 3 bis 5.

Tabelle 1 — Prüfstücke für die Qualifizierungsprüfung der Schweißmaschine und Prüfanforderungen

Klasse	Prüfstück	Anzahl je Prüfreihe	Prüfung			
			Sicht- prüfung	Durchstrah- lungsprüfung	Mechanische Prüfung	Metallogra- phische Prüfung
Punktschweißungen — Blech						
I	Bild 1 a) oder 1 b)	105 Schweißpunkte	alle	alle	100 Scherzug- versuche	5 Mikroschliffe
II	Bild 1 a) oder 1 b)	105 Schweißpunkte	alle	alle	100 Scherzug- versuche	5 Makroschliffe
III	Bild 1 a) oder 1 b)	53 Schweißpunkte	alle	keine	50 Scherzug- versuche	3 Makroschliffe
Punktschweißungen — Folie						
I, II, III ^a	Bild 3	<i>l</i> = 300 mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	Schälversuch	keine
Rollennahtschweißungen — Blech						
I	Bild 5	<i>l</i> = 600 mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	alle	keine	8 Mikroschliffe (4 quer, 4 längs)
II	Bild 5	<i>l</i> = 600 mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	alle	keine	8 Makroschliffe (4 quer, 4 längs)
III	Bild 5	<i>l</i> = 300 mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	keine	4 Makroschliffe (2 quer, 2 längs)
Rollennahtschweißungen — Folie						
I, II, III ^a	Bild 4	<i>l</i> = 300 mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	Schälversuch	keine
^a Schweißmaschinen, die für Folienschweißungen der Klasse III verwendet werden, können durch das Erstellen einer WPS qualifiziert werden.						

Bei einer wiederholten Qualifizierung einer Schweißmaschine darf die Anzahl der Proben für das Blechschweißen nach Tabelle 2 verringert werden.

Tabelle 2 — Prüfstücke für die erneute Qualifizierung der Schweißmaschine und Prüfanforderungen

Klasse	Prüfstück	Anzahl je Prüfreihe	Prüfung			
			Sichtprüfung	Durchstrahlungsprüfung	Mechanische Prüfung	Metallographische Prüfung
Punktschweißungen — Blech						
I	Bild 1 a) oder 1 b)	53 Schweißpunkte	alle	alle	50 Scherzugversuche	3 Mikroschliffe
II	Bild 1 a) oder 1 b)	53 Schweißpunkte	alle	keine	50 Scherzugversuche	3 Makroschliffe
III	Bild 1 a) oder 1 b)	28 Schweißpunkte	alle	keine	25 Scherzugversuche	3 Makroschliffe
Rollennahtschweißungen — Blech						
I	Bild 5	$l = 300$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	alle	keine	4 Mikroschliffe (2 quer, 2 längs)
II	Bild 5	$l = 300$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	alle	keine	4 Makroschliffe (2 quer, 2 längs)
III	Bild 5	$l = 150$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	keine	2 Makroschliffe (1 quer, 1 längs)

14 Schweißanweisung (pWPS)

14.1 Anforderungen an die Qualifizierungsprüfung

14.1.1 Allgemeines

Bestehende Qualifizierungsprüfungen, die vor Veröffentlichung dieses Dokumentes erfolgten, werden als gültig betrachtet, sofern von der verantwortlichen Entwicklungsstelle nichts anderes festgelegt ist.

Vor der Fertigung muss eine WPS erstellt werden, um die Mindestfestigkeit, den Schweißlinsendurchmesser oder die Rollennahtbreite oder die Qualitätsanforderung nach diesem Dokument oder nach Festlegung der verantwortlichen Entwicklungsstelle zu erreichen. Die Ergebnisse der Qualifizierung müssen in den Prüfbericht eingetragen werden, der auch die Angaben zu den beim Schweißen der Proben verwendeten Einstellungen enthält. Während des Schweißens der Proben bei der Qualifizierungsprüfung dürfen die Schweißereinstellungen nicht verändert werden. Nach einer erfolgreichen Qualifizierungsprüfung müssen für die Fertigung Einstellungen zugelassen werden, die von der WPS in der in 15.2.4 beschriebenen Art und Weise abweichen.

ANMERKUNG Wenn die Qualifizierungsprüfung an Teilen aus der Fertigung durchgeführt wird, kann die Zustimmung der verantwortlichen Entwicklungsstelle erforderlich sein.

14.1.2 Bestimmung der Schweißereinstellungen

Für jede Schweißmaschine und alle Kombinationen relevanter Werkstoffbedingungen (z. B. Legierung, Wärmebehandlung, Oberflächenbeschaffenheit, geometrische Bedingungen, Werkstückschichtung und Dickenkombinationen) müssen geeignete Schweißmaschineneinstellungen für Prüfstücke und für Teile aus der Fertigung bestimmt werden. Bedingungen und Einstellwerte müssen in einer pWPS vor dem Schweißen der Prüfstücke für die Qualifizierungsprüfung festgelegt werden. Typische Beispiele für Berichtsformulare sind in den Anhängen A und B angegeben. Die Formulare müssen erforderlichenfalls modifiziert oder erweitert werden. Nachdem die Qualifizierungsprüfung bestanden wurde, müssen Einstellungen für die Fertigung gemäß der qualifizierten pWPS ausgeführt werden, wobei die Abweichungen nach 15.2.4 erlaubt sind.

14.1.3 Verfahren für die Qualifizierung einer Schweißanweisung

14.1.3.1 Allgemeines

Zur Qualifizierung einer Schweißanweisung ist eines der folgenden Verfahren anzuwenden.

14.1.3.2 Standardqualifizierung einer Schweißanweisung

Mithilfe von Qualifizierungsprüfungen ist nachzuweisen, dass die Schweißanweisung für eine bestimmte Materialkombination und eine bestimmte Schweißmaschine Widerstandsschweißnähte erzeugt, die den in den Tabellen 12 bis 14 (Blech), 14.2 und in Abschnitt 17 festgelegten Anforderungen entsprechen.

14.1.3.3 Konstruktionsbezogene Qualifizierung

Die konstruktionsbezogene Qualifizierung muss angewendet werden, wenn von der verantwortlichen Entwicklungsstelle spezifische Anforderungen festgelegt werden. Mit den Qualifizierungsprüfungen ist nachzuweisen, dass für eine bestimmte Materialkombination und eine bestimmte Schweißmaschine mit der untersuchten Schweißanweisung Widerstandsschweißnähte erzeugt werden, die diesen Anforderungen entsprechen.

In der pWPS ist anzugeben, dass das konstruktionsbezogene Qualifizierungsverfahren durchgeführt wurde; die spezifischen Anforderungen müssen genannt werden.

14.1.4 Grenzen für Dickenkombinationen

Dickenkombinationen, die in die nachfolgend angegebenen Grenzen fallen, erfordern keine separate qualifizierte Schweißanweisung, sofern der qualifizierte mittlere Schweißlinsendurchmesser oder die qualifizierte mittlere Rollennahtbreite mit einer Schweißwärmeeinstellung (Schweißstromereinstellung) reproduzierbar ist, die mit Abweichungen von $\pm 10\%$ dem in der ursprünglichen Schweißanweisung festgelegten Wert entspricht, wobei alle anderen Bedingungen gleich bleiben.

- a) Folien: Die Abweichung der Dicke (gegenüber der ursprünglichen Schweißanweisung) eines äußeren Blechs beträgt höchstens $\pm 0,03$ mm, und die Abweichung der Summe der Dicken (gegenüber der ursprünglichen Schweißanweisung) beträgt höchstens $\pm 0,08$ mm.
- b) Für ein äußeres Blech $\leq 1,02$ mm einschließlich:
 - 1) der Dickenabweichung für ein äußeres Blech von höchstens $\pm 0,10$ mm;
 - 2) der Abweichung der Summe der kombinierten Dicken von höchstens $\pm 0,15$ mm.
- c) Für ein äußeres Blech $> 1,02$ mm:
 - 1) die Dickenabweichung eines äußeren Blechs beträgt höchstens $\pm 10\%$ für Legierungen der Werkstoffgruppen D und E oder $\pm 20\%$ für Legierungen der Werkstoffgruppen A, B und C;
 - 2) die Abweichung der Summe der kombinierten Dicken beträgt höchstens $\pm 10\%$.

14.1.5 Schweißanweisung (WPS)

Nach der Qualifizierungsprüfung muss die WPS für die Bediener der Schweißmaschine und für das mit der Qualitätssicherung (QA) beauftragte Personal verfügbar sein. In der WPS müssen die folgenden Parameter angegeben werden, und alle Änderungen dieser kritischen Parameter über die in 15.2.4 angegebenen zulässigen Grenzen hinaus erfordern eine Wiederholung der Qualifizierungsprüfung:

- a) Kraft;
- b) Elektrode (Geometrie und Werkstoffgruppe);
- c) Schweißereinstellungen (Zeit, Strom, Anzahl der Zyklen);
- d) Oberflächenvorbereitung;
- e) Schweißüberlappung (Anzahl der Schweißpunkte je Längeneinheit der Rollenschweißnaht) bei Rollenschweißungen;
- f) Vorschubgeschwindigkeit für Rollenschweißnähte.

Ziel der Qualifizierungsprüfung ist eine Nachbildung der für die Fertigungsteile erwarteten Ergebnisse; daher müssen die Bedingungen bei der Qualifizierungsprüfung den bei der Fertigung erwarteten Bedingungen entsprechen.

In Anhang B ist ein Vorschlag für ein WPS-Formular angegeben. Weitere Informationen zu WPS-Richtlinien, siehe ISO 15609-5.

14.1.6 Wiederholung der Qualifizierung einer Schweißanweisung

Die Wiederholung der Qualifizierung der WPS ist erforderlich, wenn für die Schweißmaschine eine erneute Qualifizierung durchgeführt wurde (siehe 13.1.2.4) oder wenn für die WPS wesentliche Veränderungen der in 14.1.5 festgelegten Betriebsbedingungen zutreffen.

Eine Wiederholung der Qualifizierung der WPS ist auch dann erforderlich, wenn eine Veränderung des Reinigungsverfahrens zu anderen Ergebnissen (Schweißlinsen- und Festigkeitsbereiche) als bei dem zuvor angewendeten Verfahren führt.

ANMERKUNG Eine vorhandene WPS benötigt keine erneute Qualifizierung für einen anderen Vertrag oder eine andere Gestaltung wobei allerdings vorausgesetzt wird, dass alle Werkstoffbedingungen (z. B. Legierung, Wärmebehandlung, Oberflächenbeschaffenheiten, geometrische Bedingungen, Werkstückschichtung und Dickenkombinationen) den in der vorliegenden WPS festgelegten Bedingungen entsprechen.

Die Wiederholungsqualifizierung einer Schweißanweisung ist immer dann erforderlich, wenn begründete Zweifel bestehen, dass eine Schweißmaschine unter Anwendung der vorhandenen WPS zur Erzeugung zufriedenstellender Schweißnähte in der Lage ist.

14.2 Anordnung der Prüfstücke und Prüfanforderungen

Die Prüfungen müssen den Festlegungen in den Tabellen 3 bis 6 und den Darstellungen in den Bildern 1 bis 5 entsprechen. Die Schweißungen dürfen höchstens $\pm 1,5$ mm von der Mitte der Überlappung abweichen. Die Grenzabweichung für die Größe des Prüfstücks muss $\pm 1,5$ mm betragen.

**Tabelle 3 — Prüfstücke für die Qualifizierung der pWPS und Prüfanforderungen —
Punktschweißungen — Blech**

Art	Werkstoff- gruppe	Klasse	Prüfstück	Anzahl Schweiß- punkte ^a	Prüfung			
					Sicht- prüfung	Durch- strahlungs- prüfung	Mechanische Prüfung ^a	Metallo- graphische Prüfung
Einzel- oder Rollpunkt- schweißung	A, B, C	I	Bild 1 a) oder 1 b)	13	alle	alle	10 Scherzug- versuche	3 Mikroschliffe
		II	Bild 1 a) oder 1 b)	8	alle	alle	5 Scherzug- versuche	3 Makroschliffe
		III	Bild 1 a) oder 1 b)	5	alle	keine	3 Scherzug- versuche	2 Makroschliffe
	D, E	I	Bild 1 a) oder 1 b)	25	alle	alle	20 Scherzug- versuche	5 Mikroschliffe
		II	Bild 1 a) oder 1 b)	15	alle	alle	10 Scherzug- versuche	5 Makroschliffe
		III	Bild 1 a) oder 1 b)	5	alle	keine	3 Scherzug- versuche	2 Makroschliffe
Schweißungen mit engem Punktabstand	A, B, C, D, E	I	Bild 2	20	alle	alle	keine	10 Mikroschliffe
		II	Bild 2	10	alle	alle	keine	5 Makroschliffe
		III	Bild 2	3	alle	keine	keine	3 Makroschliffe
^a Wenn mehr als zwei Bleche zusammenzufügen sind, müssen mechanische Prüfungen gesondert an jeder zu fügenden Schnittfläche in der endgültigen Anordnung durchgeführt werden (zwei Prüfreiheiten für das Zusammenfügen von drei Blechen, drei Prüfreiheiten für das Zusammenfügen von vier Blechen usw., siehe 17.5.4).								

**Tabelle 4 — Prüfstücke für die Qualifizierung der pWPS und Prüfanforderungen —
Punktschweißungen — Folie**

Werkstoff- gruppe	Klasse	Prüfstück	Prüfung			
			Sicht- prüfung	Durchstrahlungsprüfung	Mechanische Prüfung	Metallographische Prüfung
A, B, C, D, E	I	Bild 3	alle	keine	Schälversuch min. 10 aufeinanderfolgende Schweißpunkte	4 Mikroschliffe: 4 Schweißpunkte, zufällig ausgewählt aus mindestens 10 Schweißpunkten
	II, III	Bild 3	alle	keine	Schälversuch min. 10 aufeinanderfolgende Schweißpunkte	keine

**Tabelle 5 — Prüfstücke für die Qualifizierung der pWPS und Prüfanforderungen —
Rollennahtschweißungen — Blech**

Werkstoffgruppe	Klasse	Prüfstück	Schweißnahtlänge	Prüfung		
				Sichtprüfung	Durchstrahlungsprüfung	Metallographische Prüfung
A, B, C, D, E	I	Bild 5	$l = 300$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	alle	4 Quer-Mikroschliffe (Tr) 4 Längs-Mikroschliffe (Lo)
	II	Bild 5	$l = 300$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	alle	4 Quer-Makroschliffe (Tr) 4 Längs-Makroschliffe (Lo)
	III	Bild 5	$l = 300$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	1 Quer-Makroschliff (Tr) 2 Längs-Makroschliffe (Lo)

**Tabelle 6 — Prüfstücke für die Qualifizierung der pWPS und Prüfanforderungen —
Rollennahtschweißungen — Folie**

Werkstoffgruppe	Klasse	Prüfstück	Schweißnahtlänge	Prüfung			
				Sichtprüfung	Durchstrahlungsprüfung	Mechanische Prüfung	Metallographische Prüfung
A, B, C, D, E	I	Bild 4, 2 Proben erforderlich	$l = 300$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	Schälversuch 17.5.3 a)	1 Längs-Mikroschliff: 25 mm
	II, III	Bild 4, 2 Proben erforderlich	$l = 100$ mm nicht unterbrochene Nahtlänge	alle	keine	Schälversuch 17.5.3 b) (75 mm Mindestlänge)	1 Längs-Makroschliff: 25 mm

15 Qualitätsanforderungen an die Fertigung

15.1 Allgemeines

Eine WPS muss verfügbar sein und für jede zu fertigende Schweißverbindung angewendet werden.

15.2 Fertigungsbegleitproben

15.2.1 Allgemeines

Um festzustellen, ob mit einer bestimmten Schweißmaschine bei Anwendung einer bestimmten Schweißanweisung und anderer spezifischer, bei der Fertigung angewendeter Bedingungen Widerstandsschweißungen erzeugt werden, die den Anforderungen dieses Dokumentes entsprechen, müssen regelmäßige Prüfungen durchgeführt werden. Für jede Widerstandsschweißmaschine müssen die Prüfberichte in einer individuellen Dokumentation (Logbuch) enthalten und für Überprüfungen verfügbar sein.

15.2.2 Fertigungsbegleitproben

Proben für die Qualifizierungsprüfung und Fertigungsbegleitproben müssen hinsichtlich Werkstoff, Dicke, Überlappung, Anordnung und Oberflächenbeschaffenheit oder Oberflächenvorbereitung den Fertigungsteilen entsprechen, die sie repräsentieren. Die Fertigungsbegleitproben müssen die bei der Fertigung vorliegenden Schweißbedingungen durchlaufen, indem entweder Qualifizierungsproben oder den Fertigungsteilen nachempfundene Proben verwendet werden.

Wenn bei der Fertigung andere Bedingungen als bei der Qualifizierungsprüfung vorliegen, die so weit abweichende Maschineneinstellungen verursachen, dass die zulässigen Parameterjustierungen überschritten werden (siehe 15.2.4), muss die Qualifizierungsprüfung unter Einbeziehung der betreffenden kritischen Fertigungsbedingungen wiederholt werden. Beispiele für derartige Fertigungsbedingungen sind, neben weiteren möglichen Bedingungen: magnetischer Werkstoff innerhalb der Arme der Schweißmaschine (Schweißfenster), Krümmung des Bauteils, Abstand zwischen den Schweißpunkten und Bauteil(überlappungs-)breite.

15.2.3 Oberflächenwiderstand

Der in Mikroohm angegebene Oberflächenwiderstand ist für Schweißungen in der Werkstoffgruppe D an Fertigungsteilen täglich zu überprüfen. Mindestens fünf Ablesungen sind an den Fertigungsteilen oder an Proben vorzunehmen, die typisch für den zu schweißenden Werkstoff, seine Oberflächenbeschaffenheit und Oberflächenvorbereitung sind. Der genaue Verfahrensablauf bei der Messung des Oberflächenwiderstands muss mit dem Ablauf übereinstimmen, der bei der pWPS-Qualifizierung oder bei den Reinigungsverfahren angewendet wurde, und die für den Oberflächenwiderstand ermittelten Werte dürfen die Stetigkeitsgrenzen und die maximalen Werte nicht überschreiten, die zu diesem Zeitpunkt bestimmt wurden.

Die Überprüfungen des Oberflächenwiderstandes dürfen durch bestehende Kontrollen/Überwachungen der Reinigungs- und Beizverfahren ersetzt werden, sofern die verantwortliche Entwicklungsstelle dieses Vorgehen als geeignet ansieht.

Die Anwendung einer prozessintegrierten Schweißdatenüberwachung, mit der nachgewiesen werden kann, ob die Oberflächenwiderstandswerte aus dem festgelegten Bereich herausfallen, darf anstatt der Überprüfungen des Oberflächenwiderstands angewendet werden, sofern die verantwortliche Entwicklungsstelle dieses Vorgehen als geeignet ansieht.

15.2.4 Parameteranpassung

Die Schweißparameter (siehe 14.1.5) dürfen um $\pm 5\%$ von den festgelegten WPS-Werten abweichen oder um $\pm 10\%$, wenn nur eine Einstellung verändert wird. Wenn eine Anpassung der Einstellungen während der Fertigung vorgenommen wird, müssen die Schweißparameter innerhalb des vorgegebenen Bereichs bleiben und innerhalb von $\pm 5\%$ der für die Begleitproben verwendeten Parameter.

Falls innerhalb dieser Einstellgrenzen keine zufrieden stellenden Schweißungen mehr erzeugt werden können, muss der Schweißprozess unterbrochen werden, und die Schweißmaschine ist auf fehlerhaften Betrieb zu untersuchen. Falls nachgewiesen werden kann, dass die fehlerhafte Schweißung verursacht wurde, weil sich andere als die von der qualifizierten Schweißanweisung beschriebenen Bedingungen verändert haben, und nach ihrer Korrektur mit Hilfe der ursprünglichen qualifizierten Schweißanweisung wieder akzeptable Schweißungen erzeugt werden können, kann die Erstellung einer neuen qualifizierten Schweißanweisung entfallen (siehe auch 15.3.2.).

ANMERKUNG Für die Durchmesser der Elektroden bei Rollennahtschweißungen können nach Vereinbarung mit der zuständigen verantwortlichen Entwicklungsstelle Schwankungen $> 5\%$ zugelassen werden.

15.2.5 Anordnung und Prüfung von Fertigungsbegleitproben

15.2.5.1 Allgemeines

Die folgenden Prüfungen an Fertigungsbegleitproben müssen stets beim Schweißen von Fertigungsteilen angewendet werden. Die Fertigungsbegleitproben sind Kopien der Fertigungsteile hinsichtlich aller Bedingungen, die durch die qualifizierte Schweißanweisung und die Zeichnung festgelegt werden. Die Ergebnisse dieser Prüfungen müssen in einer für jede Schweißmaschine individuellen Dokumentation (Logbuch) aufgezeichnet und aufbewahrt werden.

15.2.5.2 Prüfung der Begleitproben

Für die Fertigungsabnahmeprüfung müssen folgende Proben verwendet werden:

- a) Begleitprobenprüfung vor der Fertigung: Fertigungsbegleitproben, die zu Beginn jedes Arbeitstags oder vor dem Schweißen eines neuen Fertigungsloses oder vor Wiederaufnahme des Schweißens nach einer Abschaltung der Schweißmaschine entnommen werden.
- b) Begleitprobenprüfung während der Fertigung: Fertigungsbegleitproben, die während der Fertigungsschweißung oder vor oder nach einer geringfügigen Veränderung an der Schweißmaschine entnommen werden.

BEISPIEL Beispiele für geringfügige Veränderungen an der Schweißmaschine sind ein Elektrodenwechsel oder ein Wechsel der Spannvorrichtung.

- c) Begleitprobenprüfung nach der Fertigung: Fertigungsbegleitproben, die am Ende jedes Arbeitstags oder nach Fertigstellung eines Fertigungsloses entnommen werden.

In Abhängigkeit von der Schweißklasse müssen für die Fertigungsteile Begleitprobenprüfungen nach Tabelle 7 durchgeführt werden.

Tabelle 7 — Anforderungen an die Begleitprobenprüfung

Klasse	Prüfung vor der Fertigung	Prüfung während der Fertigung			Prüfung nach der Fertigung
		regelmäßiga	vor einer geringfügigen Veränderung an der Schweißmaschine	nach einer geringfügigen Veränderung an der Schweißmaschine	
I	erforderlich	alle 60 min	erforderlich	erforderlich	erforderlich ^b
II	erforderlich	alle 120 min	erforderlich	erforderlich	erforderlich ^c
III	erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich
^a Der Zeitpunkt für den Beginn einer regelmäßigen Begleitprobenprüfung während der Fertigung beginnt mit der ersten Fertigungsschweißung des Fertigungsloses. Die Zeit wird als durchgehende Maschinenlaufzeit berechnet und nicht als die Zeit, in der tatsächlich Strom durch das Bauteil fließt.					
^b Prüfung ist nicht erforderlich, wenn das Schweißen des Fertigungsloses innerhalb von 30 min nach der letzten Abnahmeprüfung beendet ist.					
^c Prüfung ist nicht erforderlich, wenn das Schweißen des Fertigungsloses innerhalb von 60 min nach der letzten Abnahmeprüfung beendet ist.					

Für jedes Prüflös gelten die Festlegungen in Tabelle 8 für Probenanzahl, Probenanordnung und Prüfverfahren. Alle festgelegten Größen dürfen an einer Simulation einer Schweißverbindung aus der Fertigung oder an einem Fertigungsteil ermittelt werden.

Wenn an Fertigungsbegleitproben oder an aus Fertigungsteilen entnommenen Proben für Prüfungen während oder nach der Fertigung die Abnahmekriterien nicht erfüllt werden, sind alle seit der letzten bestandenen Fertigungsabnahmeprüfung geschweißten Teile gesondert zu lagern, bis die verantwortliche Entwicklungsstelle eine endgültige Entscheidung trifft.

Tabelle 8 — Prüflose für die Begleitprobenprüfung und Prüfanforderungen

Klasse	Probe	Mindestmenge je Prüflos ^a	Prüfung		
			Sichtprüfung	Mechanische Prüfung ^a	Metallographische Prüfung
Punktschweißungen — Blech					
I	Bild 1 a) oder 1 b)	3 Schweißpunkte	alle	Scherzugversuch	3 Mikroschliffe
II	Bild 1 a) oder 1 b)	3 Schweißpunkte	alle	Scherzugversuch	3 Makroschliffe
III	Bild 1 a) oder 1 b)	3 Schweißpunkte	alle	Scherzugversuch	3 Makroschliffe
Punktschweißungen — Blech — Schweißungen mit engem Punktabstand					
I	Bild 2	10 Schweißpunkte	alle	keine	1 Längs- und 1 Quer-Mikroschliff ^b
II	Bild 2	10 Schweißpunkte	alle	keine	1 Längs- und 1 Quer-Makroschliff ^b
III	Bild 2	10 Schweißpunkte	alle	keine	1 Längs- und 1 Quer-Makroschliff ^b
Punktschweißungen — Folie					
I	Bild 3	3	alle	Schälversuch 17.5.2 a)	keine
II	Bild 3	1	alle	Schälversuch 17.5.2 a)	keine
III	Bild 3	1	alle	Schälversuch 17.5.2 b)	keine
Rollennahtschweißungen — Blech					
I	Bild 5	<i>l</i> = 75 mm der nicht unterbrochenen Schweißnaht	alle	keine	2 Quer- und 1 Längs-Mikroschliff
II	Bild 5	<i>l</i> = 75 mm der nicht unterbrochenen Schweißnaht	alle	keine	2 Quer- und 1 Längs-Makroschliff
III	Bild 5	<i>l</i> = 75 mm der nicht unterbrochenen Schweißnaht	alle	keine	2 Quer- und 1 Längs-Makroschliff
Rollennahtschweißungen — Folie					
I	Bild 4	1	alle	Schälversuch 17.5.3 a)	keine
II	Bild 4	1	alle	Schälversuch 17.5.3 b)	keine
III	Bild 4	1	alle	Schälversuch 17.5.3 b)	keine
Für die Prüfung von Fertigungsbegleitproben darf der Schälversuch durch den zerstörenden Meißelversuch nach ISO 10447:2015, 5.1 ersetzt werden, aber nur nach Zustimmung der verantwortlichen Entwicklungsstelle.					
^a Zur Prüfung von Fertigungsbegleitproben wird als Standarduntersuchung eine metallographische Untersuchung durchgeführt; werden jedoch mechanische Prüfungen angewendet, um die Übereinstimmung von Punktschweißungen zu untersuchen, die nach der genormten pWPS-Qualifizierung erzeugt wurden, werden für Schweißungen der Klassen I und II zusätzlich bei der Prüfung von Begleitproben vor der Fertigung drei zusätzliche Schweißungen metallographisch untersucht (siehe 17.4); für Schweißungen der Klasse I werden bei jeder vierten regelmäßigen Prüfung während der Fertigung drei zusätzliche Schweißungen metallographisch untersucht. Für Schweißungen der Klasse III darf anstelle der metallographischen Untersuchung ein Schälversuch durchgeführt werden.					
^b Mindestens 4 Schweißpunkte in einem Querschliff in Längsrichtung und 1 Schweißpunkt in einem Querschliff in Querrichtung müssen bewertet werden.					

15.2.6 Alternative Anforderungen an eine Prüfung anstelle der Fertigungsbegleitprobenprüfung

Als Alternative zu den Prüfanforderungen von Tabelle 7 darf nach Zustimmung der verantwortlichen Entwicklungsstelle ein zerstörungsfreies Echtzeit-SPC-System angewendet werden. Das statistische Prozessüberwachungssystem (SPC-System) muss mindestens das Zusammenpassen der Bauteile, die Vorreinigung, die Elektrodenüberwachung und die kritischen Prozessparameter während des Prozesses überwachen. Die Regelungen müssen (es gibt weitere Möglichkeiten) einschließen: anpassungsfähige Echtzeit-Steuerungen oder während des Prozesses durchgeführte zerstörungsfreie Prüfungen (NDT-Verfahren). Zerstörende Prüfungen müssen nach wie vor angewendet werden, um zu bestimmen und zu verifizieren, ob dieses SPC-System Schweißungen identifizieren kann, die den Festigkeits- oder Größenanforderungen mit einer Zuverlässigkeit von 99,5 % entsprechen.

15.3 Fertigungsteile

15.3.1 Prüfanforderungen

Die Fertigungsteile müssen mindestens den in Tabelle 9 festgelegten Prüfanforderungen entsprechen, sofern in den Bauunterlagen nichts anderes festgelegt wurde. Die in Abschnitt 17 angegebenen Abnahmekriterien müssen erfüllt werden.

Tabelle 9 — Prüfanforderungen an Fertigungsteile

Klasse	Anzahl der zu untersuchenden Schweißungen	
	Sichtprüfung	Durchstrahlungsprüfung
I	alle	alle
II	alle	keine
III	alle	keine

15.3.2 Verschlechterung der Schweißgüte

Wenn bei der Untersuchung auf Unregelmäßigkeiten in der Schweißung erkannt wird, dass sich die Schweißgüte aus eindeutigen Gründen verschlechtert hat (z. B. durch verformte oder unangemessen gereinigte Elektrodenspitzen), und diese Ursachen so korrigiert werden, dass (verglichen mit den Anforderungen bei der Qualifizierung) wieder annehmbare Schweißungen erzeugt werden, ist eine Qualifizierung einer neuen WPS nicht erforderlich. Wenn Bedingungen vorliegen, unter denen die Schweißmaschine innerhalb der zulässigen Einstellungen für die Schweißparameter keine annehmbaren Schweißungen erzeugt, ist die Qualifizierung der Schweißmaschine nicht mehr gültig, und die Schweißmaschine muss erneut qualifiziert werden. Alle WPS-Qualifizierungen für Schweißungen der Klasse I für diese Schweißmaschine verlieren ihre Gültigkeit, und es sind entsprechende neue Qualifizierungen durchzuführen.

15.3.3 Heftschweißungen

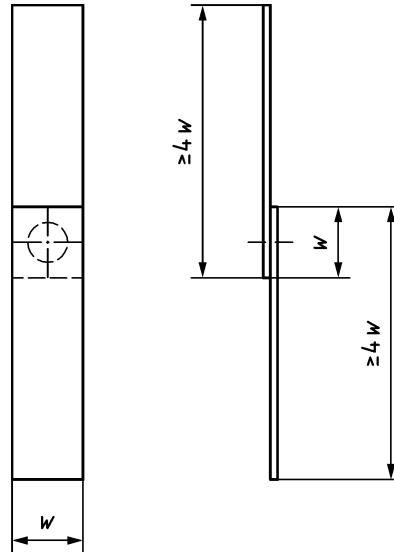
Heftschweißungen müssen durch Widerstandsschweißen erzeugt werden, sofern die verantwortliche Entwicklungsstelle nicht anderen Prozessen zugestimmt hat.

Für Schweißungen der Klasse I dürfen Heftschweißungen nur angewendet werden, wenn sie nach technischen Zeichnungen oder anwendbaren Dokumenten ausdrücklich zulässig sind und durch die nachfolgende Fertigungsschweißung entfernt oder vollständig abgedeckt werden. Für Heftschweißnähte ist keine Prüfung erforderlich, ihre Festigkeit muss lediglich zum Erfüllen ihrer zeitweiligen Funktion ausreichen. Heftschweißnähte sind nicht Gegenstand dieses Dokumentes, sofern die endgültigen Schweißungen den festgelegten Anforderungen entsprechen.

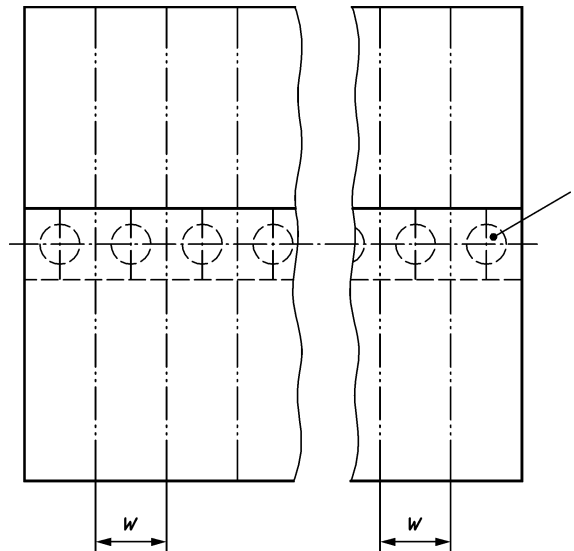
16 Prüfstücke

16.1 Standardprüfstücke

Für die Qualifizierungsprüfung der Schweißmaschine und der Schweißanweisung müssen die Standardprüfstücke angewendet werden, die in den Bildern 1 bis 5 dargestellt sind. In der Werkstoffgruppe D (siehe Abschnitt 10) müssen Mehrpunktproben angewendet werden. Für Schweißungen der anderen Werkstoffgruppen ist die Anwendung von Mehrpunktproben freigestellt.



a) Einzelpunktprobe



b) Mehrpunktprobe

Legende

w Probenbreite/Probenüberlappung

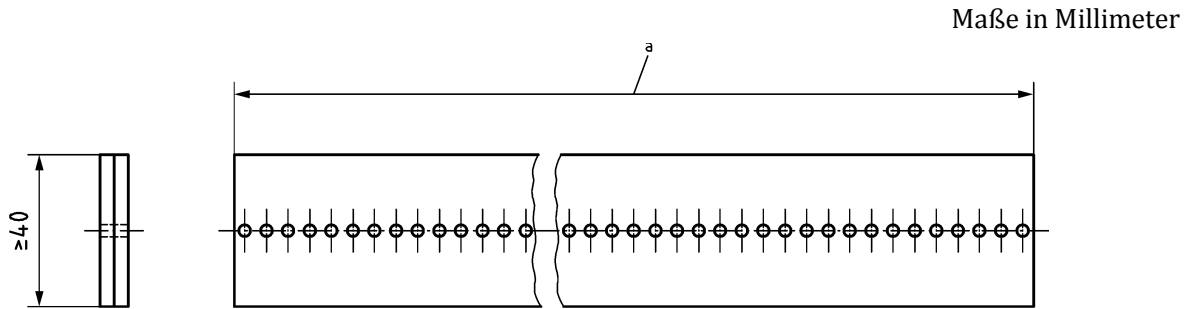
^a Der erste Schweißpunkt ist zu kennzeichnen; er bleibt unberücksichtigt.

**Bereich für die Dicke t des dünneren
der untersuchten Bleche^b**

$0,20 \text{ mm} < t \leq 0,75 \text{ mm}$	$\geq 17 \text{ mm}$
$0,75 \text{ mm} < t \leq 2,50 \text{ mm}$	$\geq 25 \text{ mm}$
$2,50 \text{ mm} < t \leq 3,20 \text{ mm}$	$\geq 32 \text{ mm}$
$t > 3,20 \text{ mm}$	$\geq 38 \text{ mm}$

^b Für die Prüfung von mehrfachen Fügeiteilkombinationen sind zusätzlich besondere Prüfstücke zu verwenden (siehe Bild 12).

Bild 1 — Punktschweißungen an Blech



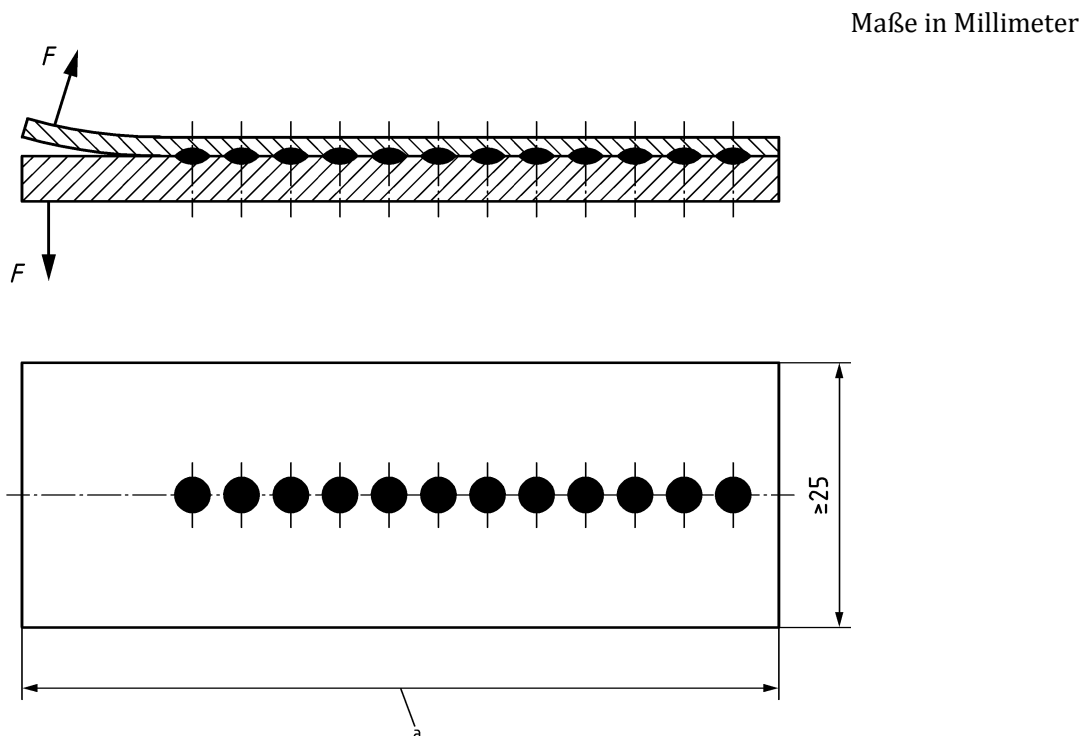
Legende

^a Länge wie notwendig, siehe Tabellen 3 und 8.

Der Schweißpunktabstand muss dem Abstand des betreffenden Fertigungsteils entsprechen.

Dieser enge Punktabstand kann mehr Strom erfordern als andere Punktschweißungen.

Bild 2 — Schweißungen mit engem Punktabstand an Blech



Legende

F Kraft

^a Länge wie notwendig, siehe Tabellen 4 und 8.

Für Fertigungsbegleitproben und Proben zur Qualifizierung der pWPS muss ein Schweißpunktabstand angewendet werden, der dem Schweißpunktabstand des Fertigungsteils entspricht. Für die Qualifizierung der Schweißmaschine muss der Schweißpunktabstand so ausgewählt werden, dass jeder Schweißpunkt eindeutig vom nächsten getrennt ist.

Bild 3 — Punktschweißungen an Folie

Maße in Millimeter

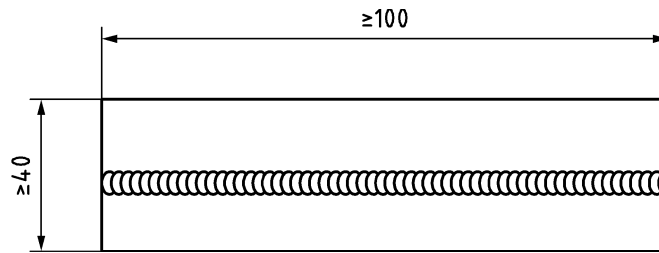
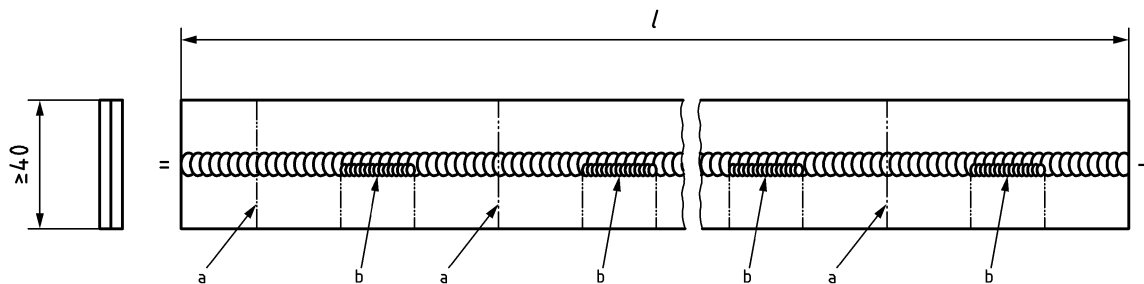


Bild 4 — Rollennahtschweißungen an Folie

Maße in Millimeter



Legende

- l* Länge der Probe (siehe Tabelle 1 für die Qualifizierung der Schweißmaschine, Tabelle 2 für die wiederholte Qualifizierung der Schweißmaschine, Tabelle 5 für die Qualifizierung der pWPS, Tabelle 8 für Fertigungsbegleitproben)
- a Schnitt in Querrichtung
- b Schnitt in Längsrichtung (≥ 25 mm)

Bild 5 — Rollennahtschweißungen an Blech

16.2 Prüfstücke für spezielle Zwecke

Wenn sich die Standardprüfstücke nach den Bildern 1 bis 5 von den zu schweißenden Teilen hinsichtlich folgender Punkte unterscheiden:

- a) geometrische Bedingungen (z. B. Krümmung mit $r < 80$ mm);
- b) Art des Werkstoffs (z. B. Gussteil);
- c) Überschweißung vorhandener Widerstands- oder Schmelzschweißnähte oder Schweißung in ihrer Nähe;
- d) Mindestrandabstand;
- e) Überlappungsabstand;
- f) Oberflächenvorbereitung (einschließlich Kugelstrahlen, chemischem Fräsen oder einer anderen Oberflächenvorbereitung); und
- g) Wärmebehandlungszustand;

dann müssen zusätzliche Proben aus den originalen Bauteilen oder Simulationen dieser Bauteile geprüft werden. Die Schweißaufsichtsperson muss die Prüfungen und die Anzahl der erforderlichen Proben festlegen, um eine Korrelation zu den an genormten Prüfstücken gewonnenen Ergebnissen zu bestimmen (siehe Bilder 1 bis 5). Die Korrelation muss in der WPS angegeben werden, sofern die Schweißaufsichtsperson diese Angabe für notwendig erachtet.

17 Untersuchung, Prüfung und Abnahmekriterien

17.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden Abnahmekriterien für die Qualifizierung der Schweißmaschine, die pWPS-Qualifizierung und für die Fertigungsprüfungen nach dem Standardqualifizierungsverfahren für die Werkstoffgruppen A, B, C und D festgelegt. Für die konstruktionsbezogene Qualifizierung muss die verantwortliche Entwicklungsstelle auf der technischen Zeichnung festlegen, welche Prüfungen durchzuführen sind und die entsprechenden Abnahmekriterien für die pWPS-Qualifizierung und für die Fertigung angeben.

Für andere als die in diesem Dokument erwähnten Arten von Unregelmäßigkeiten ist die verantwortliche Entwicklungsstelle anzusprechen.

Für die Werkstoffgruppe E müssen die Abnahmekriterien von der zuständigen verantwortlichen Entwicklungsstelle festgelegt werden.

Die Unregelmäßigkeiten müssen zufällig verteilt sein; sie dürfen nicht gehäuft in einem Bereich, in einem Bauteil oder in einer Gruppe von Bauteilen auftreten.

Wenn der in 17.2 bis 17.4 für den Umfang von Unregelmäßigkeiten festgelegte Grenzwert überschritten wird, jedoch um weniger als das Doppelte, darf der Hersteller Standardreparaturverfahren anwenden, um Reparaturen ohne Inanspruchnahme von besonderen Maßnahmen („Recourse to Salvage oder Materials Review Action“) durchzuführen. Alle Standard-Schweißreparaturanweisungen müssen eindeutig als Reparaturanweisungen identifizierbar sein. Die Standard-Reparaturanweisungen müssen von der verantwortlichen Entwicklungsstelle genehmigt werden.

17.2 Sichtprüfung

17.2.1 Sichtbare Unregelmäßigkeiten an Proben oder Fertigungsteilen

Fertigungsteile und Proben für die Qualifizierung der Schweißmaschine, die pWPS-Qualifizierung und die Fertigungsbegleitproben dürfen keine Unregelmäßigkeiten aufweisen, die die in Tabelle 10 angegebenen Werte überschreiten.

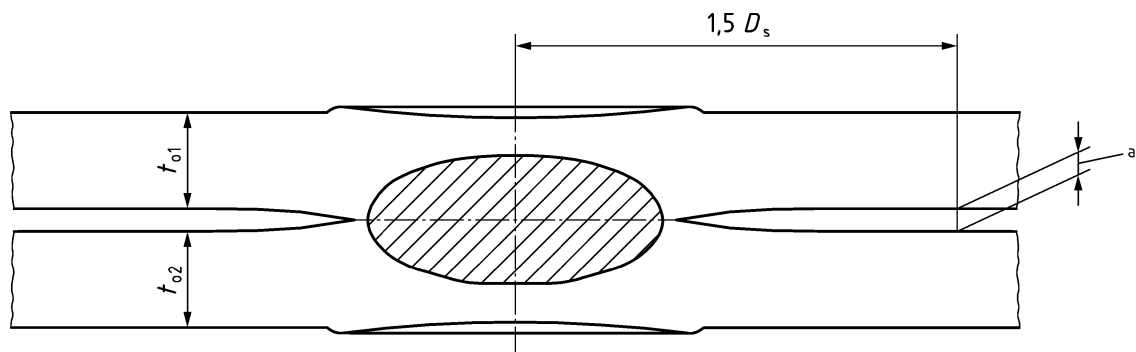
Tabelle 10 — Sichtbare äußere Unregelmäßigkeiten

Äußere Schweißunregelmäßigkeiten	Zulässiger Prozentanteil Proben oder Schweißpunkte in einer Schweißverbindung mit Schweißunregelmäßigkeiten		
	Klasse I	Klasse II	Klasse III
Risse	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig
Oberflächengrübchen, Durchmesser > 1,60 mm	nicht zulässig	nicht zulässig	10 %
Oberflächengrübchen, Durchmesser ≤ 1,60 mm	3 %	5 %	10 %
Spritzer und Anschmelzungen der Oberfläche	3 %	5 %	10 %

17.2.2 Spalt zwischen verschweißten Bauteilen

Ein Spalt zwischen verschweißten Teilen ist nicht akzeptabel, wenn a) oder b) überschritten wird, gemessen in einem Abstand wie in Bild 6 angegeben:

- a) $> 15\%$ der summierten Dicke des äußeren Blechs und des benachbarten Blechs oder 0,15 mm, wobei der jeweils größere Wert gilt;
- b) $> 0,08$ mm zwischen einer Folie und dem ihr benachbarten Füge teil.



Legende

- ^a Maximaler Abstand zwischen verschweißten Bauteilen bei $1,5 D_s$; Angaben zu D_s , siehe Tabelle 11.

Bild 6 — Spalt zwischen verschweißten Bauteilen

17.2.3 Elektrodeneindruck

Der Elektrodeneindruck, e_u oder e_i (siehe Bild 7), ist nicht akzeptabel, wenn seine Tiefe die folgenden Grenzwerte überschreitet:

- a) Blech; Klasse I: $0,1 t_0$ oder 0,13 mm, wobei der jeweils größere Wert gilt;
- b) Blech; Klasse II: $0,15 t_0$ oder 0,13 mm, wobei der jeweils größere Wert gilt;
- c) Blech; Klasse III: $0,2 t_0$ oder 0,13 mm, wobei der jeweils größere Wert gilt;
- d) wenn eine aerodynamisch glatte Oberfläche gefordert wird, darf der Elektrodeneindruck in Blech 0,10 mm nicht überschreiten.

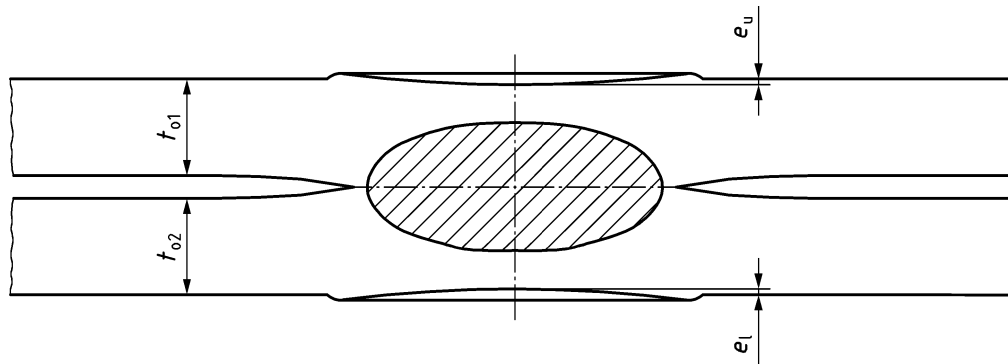


Bild 7 — Elektrodeneindruck

17.3 Durchstrahlungsprüfung

Alle Prüf- und Fertigungsschweißungen der Klasse I und alle Prüfschweißungen der Klasse II müssen auf Übereinstimmung mit folgenden Punkten untersucht werden:

- a) Abnahmegrenzen für Risse und Spritzer, siehe Tabelle 10.
- b) Hohlräume dürfen kein Längenmaß haben, das größer als 15 % der Schweißlinsendurchmesser oder die Rollennahtbreite ist, die in Tabelle 11 festgelegt sind.
- c) Hohlräume dürfen nicht bis in den äußeren Ring mit einer Breite von $0,075 D_s$ hineinreichen, wobei diese Breite der geforderten, in Bild 8 gezeigten klaren Ringbreite entspricht. Zur Ermittlung des geforderten klaren Ringes darf auch der bei der metallographischen Untersuchung von Fertigungsbegleitproben bestimmte kleinste Schweißlinsendurchmesser oder die kleinste Rollennahtbreite angewendet werden.
- d) Für Werkstoffe der Gruppe D, dürfen Hohlräume in der Schweißlinse keine Gesamtfläche haben, die größer als 5 % der Schweißlinsen- oder die Rollennahtfläche ist (basierend auf dem geforderten Schweißlinsendurchmesser oder der Rollennahtbreite, die in Tabelle 11 festgelegt sind); für Werkstoffe der Gruppen A, B und C, dürfen Hohlräume in der Schweißlinse keine Gesamtfläche haben, die größer als 10 % der Schweißlinsen- oder die Rollennahtfläche ist (basierend auf dem geforderten Schweißlinsendurchmesser oder der Rollennahtbreite, die in Tabelle 11 festgelegt sind).
- e) Die Schweißlinsen müssen hinsichtlich Durchmesser und Form gleichmäßig sein.