

**Prüf- und Dokumentationsrichtlinie für die Fügeignung
von Feinblechen aus Stahl – Teil 4: MIG-Löten**

**Testing and Documentation Guideline for the Joinability
of thin sheet of steel – Part 4: Gas Metal Arc brazing**

SEP 1220-4
2. Ausgabe
2nd edition

Bei Unstimmigkeiten zwischen deutscher und englischer Sprachversion hat die deutsche Version Vorrang.

In the event of inconsistencies between the German and English language versions, the German version shall prevail.

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck
2	Geltungsbereich
3	Probenvorbereitung
4	Lötausrüstung und Prüfbedingungen
5	Bestimmung der Qualitätsgrenzen
5.1	Durchführung
5.1.1	Untere Qualitätsgrenze
5.1.2	Obere Qualitätsgrenze
5.1.3	Dokumentation und Auswertung
6	Prüfverfahren
6.1	Probenherstellung
6.1.1	Durchgehende Überlappverbindungen
6.1.2	Gesteppte Überlappverbindungen
6.1.3	Kopfzugproben
6.1.4	H-Proben
6.1.5	LME-Sensitivitäts-Bewertung
6.2	Zerstörungsfreie Prüfung
6.2.1	Sichtprüfung
6.2.2	Durchstrahlungsprüfung
6.3	Zerstörende Prüfungen
6.3.1	Quasistatische Scherzugprüfung
6.3.2	Quasistatische Kopfzugprüfung
6.3.3	Zyklische Prüfung
6.3.4	Dynamische Prüfung
6.3.5	Metallografie
6.3.6	Härteprüfung
7	Muster-Dokumentationsblätter
8	Einheiten
9	Formelzeichen

Table of contents

1	Purpose
2	Scope
3	Preparation of samples
4	Brazing equipment and test conditions
5	Determination of quality limits
5.1	Procedure
5.1.1	Lower quality limit
5.1.2	Upper quality limit
5.1.3	Documentation and evaluation
6	Test methods
6.1	Sample preparation
6.1.1	Continuous overlap joints
6.1.2	Stitched overlap joints
6.1.3	Cross tension test specimens
6.1.4	H specimens
6.1.5	LME sensitivity evaluation
6.2	Non-destructive testing
6.2.1	Visual testing
6.2.2	X-ray testing
6.3	Destructive testing
6.3.1	Quasi-static tensile shear testing
6.3.2	Quasi-static cross tension testing
6.3.3	Cyclic testing
6.3.4	Dynamic testing
6.3.5	Metallography
6.3.6	Hardness testing
7	Example documentation sheets
8	Units
9	Symbols

10 Datenheader MIG-Löten

- 10.1 Beschreibung Datenheader nach SEP 1220-1
- 10.2 Merkmal „Drahtvorschubgeschwindigkeit v_{Dmin} , v_{Dmax} “
- 10.3 Merkmal „Kennzeichnung des Parallelversuches (a-e)“
- 10.4 Merkmal „Kennzeichnung der Probe-seite (OS, US)“
- 10.5 Merkmal Sichtprüfung „Kennzeichnung der Probenart (K, H)“
- 10.6 Merkmal Bruchverhalten „Kennzeichnung der Aufnahme der gebrochenen Naht (U, S, F)“

11 Normative Verweise**12 Anhang**

- 12.1 Tabellen
- 12.2 Bilder
- 12.3 Datenheader SEP 1220-4
 - 12.3.1 Werkstoffdaten
 - 12.3.2 Qualitätsgrenzen
 - 12.3.3 Scherzugprüfung
 - 12.3.4 Scherzugwerte-Datei
 - 12.3.5 Kopfzugprüfung
 - 12.3.6 Kopfzugwerte-Datei
 - 12.3.7 Schliffbilder
 - 12.3.8 Härteprüfung
 - 12.3.9 Sichtprüfung
 - 12.3.10 Durchstrahlungsprüfung
 - 12.3.11 Hochgeschwindigkeitszugversuch
 - 12.3.12 Hochgeschwindigkeitszugversuchs-werte-Datei
 - 12.3.13 Zyklische Prüfung

1 Zweck

Mit den in diesem Stahl-Eisen-Prüfblatt (SEP) festgelegten Prüfmethoden wird die Eignung von Stahlfeinblechen für das Fügeverfahren Metallschutzgaslöten (MIG-Löten) ermittelt.

2 Geltungsbereich

Dieses SEP gilt für die Prüfung der Fügeignung zum MIG-Löten (Prozess 983 nach DIN EN ISO 4063) von Feinblechen aus Stahl bis zu einer Einzelblechdicke von 3 mm.

Allgemeine Festlegungen finden sich in SEP 1220-1, das im Zusammenhang mit diesem Prüfblatt zu verwenden ist.

10 Data header MIG brazing

- 10.1 Description of data header according to SEP 1220-1
- 10.2 Characteristic 'Wire feed speed v_{Dmin} , v_{Dmax} '
- 10.3 Characteristic 'Designation of the parallel tests (a-e)'
- 10.4 Characteristic 'Designation of the specimen surface (OS, US)'
- 10.5 Characteristic visual testing 'Designation of specimen type (K, H)'
- 10.6 Characteristic Fracture Behaviour 'Designation of the photograph of the fractured seam (U, S, F)'

11 Normative references**12 Annex**

- 12.1 Tables
- 12.2 Figures
- 12.3 Data header SEP 1220-4
 - 12.3.1 Material data
 - 12.3.2 Quality limits
 - 12.3.3 Tensile shear testing
 - 12.3.4 Tensile shear curve data
 - 12.3.5 Cross tension testing
 - 12.3.6 Cross tension curve data
 - 12.3.7 Metallographic cross sections
 - 12.3.8 Hardness testing
 - 12.3.9 Visual testing
 - 12.3.10 X-ray testing
 - 12.3.11 High speed tensile testing
 - 12.3.12 High speed tensile test curve data
 - 12.3.13 Fatigue test

1 Purpose

The test methods in this Stahl-Eisen-Prüfblatt (SEP) guideline describe the procedure to determine the suitability of thin steel sheet for the gas metal arc GMA brazing process.

2 Scope

This SEP is valid for the determination of the joinability by GMA brazing (process 983 according to EN ISO 4063) of thin steel sheet with a single sheet thickness of up to 3 mm.

General information is provided in SEP 1220-1, which shall be used in combination with this document.

3 Probenvorbereitung

Das Material wird mit dem üblichen Beölungsgrad (Anlieferungszustand) untersucht. Ölsorte und Ölmenge sind zu dokumentieren.

Der Blechzuschnitt hat unter Berücksichtigung der Walzrichtung zu erfolgen. Die Lage der Zuschnitte zur Walzrichtung ist abhängig von der späteren Prüfmethode und kann dem jeweiligen Abschnitt entnommen werden.

Die Bleche sind derart vorzubereiten, dass der Schnittgrat an allen Schnittkanten in die gleiche Richtung weist. Die zu fügenden Einzelbleche sind so zu positionieren, dass die Schnittgrate nicht in die Fügeebene weisen. Bei Dreiblechverbindungen ist das mittlere Blech zu entgraten. Bei Stumpfstoßverbindungen sind die Schnittgrate auf die der Wärmequelle abgewandten Seite zu legen.

4 Löt-ausrüstung und Prüfbedingungen

Eine Zusammenfassung des gesamten Prüfablaufs ist der **Tabelle 1** zu entnehmen. Bei allen Lötungen sind die Versuchsbedingungen einzuhalten und zu dokumentieren (siehe Musterdokumentationsblätter).

Für die Versuchsdurchführung sind die in **Tabelle 2** angegebenen Vorgaben zu verwenden. Die Versuche werden mit Kurzlichtbogen durchgeführt. Wenn die unten angeführten Qualitätsmerkmale nicht erreicht werden, kann alternativ der Impulslichtbogen eingesetzt werden.

Weitere Parameter wie Drahtvorschub, Kontaktrohrabstand, Maschineneinstellungen und verwendete Gerätetechnik sind zu dokumentieren.

Der Arbeitsabstand, auch als Stick-out bezeichnet, ist in **Bild 3** dargestellt. Empfohlen wird das 10fache des Drahtdurchmessers.

Parameteränderungen zur Optimierung von Nahtanfang und -ende sind zulässig und müssen dokumentiert werden (Anmerkung: Parameteranpassungen können insbesondere für die Anfertigung der Steppnähte erforderlich werden). Für die in 6.1.5 beschriebenen Versuche zur Bewertung der LME-Sensitivität sind spezifische Start- und Stopp-Bedingungen gegeben.

3 Preparation of samples

The material shall be investigated in normal oiled condition (as received). The type and quantity of the oil shall be documented.

In preparing the metal sheets the rolling direction has to be considered. The orientation of the samples with respect to the rolling direction depends on the applied test method. This information is given in the relevant clauses.

The sheets are to be prepared in such a way, that the burrs of all the cut edges are pointing in the same direction. The sheets to be joined shall be positioned in a way that the burrs do not point towards the interface of joining. In three-sheet combinations the burr of the center sheet shall be removed. In butt joints the burrs shall be positioned pointing away from the heat source.

4 Brazing equipment and test conditions

A summary of the entire testing scope is shown in **Table 1**. In all brazing tests the testing conditions shall be fulfilled and documented (see example documentation sheets).

The test conditions given in **Table 2** shall be applied. The tests are to be carried out using short arc brazing. If the below mentioned quality limits cannot be fulfilled, alternatively a pulsed arc can be used.

Further parameters, such as wire speed, stick-out distance, machine settings and the used equipment shall be documented.

Stick-out, also called contact tip working distance (CTWD) is shown in **Figure 3**. It is recommended to use a stick-out distance of 10x wire diameter.

Changed parameter conditions to optimize start and stop of the seam are allowed and shall be documented (Note: parameters may have to be adapted in particular for brazing stitched seams). For tests described in 6.1.5 regarding Liquid Metal Embrittlement sensitivity assessment, specific start and stop conditions are given.

Die Versuche sind mit abschmelzender Drahtelektrode durchzuführen. Der Lötzusatz ist in Abhängigkeit von der Grundwerkstofffestigkeit auszuwählen:

- CuSi3Mn1 (Cu 6560), Werkstoff-Nr. 2.1461 nach DIN EN ISO 24373, im Si-Gehalt begrenzt auf max. 3,0 % für Stahlfeinblech mit einer Zugfestigkeit ≤ 500 MPa,
- CuAl7 (Cu 6100), Werkstoff-Nr. 2.0921, in Anlehnung an DIN EN ISO 24373 für Werkstoffe mit einer Zugfestigkeit > 500 MPa.

Der **Drahtdurchmesser** beträgt vorzugsweise 1,0 mm. Als Schutzgas ist Argon 4.6 nach DIN EN ISO 14175 zu verwenden. Die Schutzgasmenge ist so zu wählen, dass ein Schutz des schmelzflüssigen Lotes vor der Atmosphäre gewährleistet ist. Als Anhaltswert gelten 10–16 l/min bei einem Austrittsdurchmesser der Gasdüse von 16 bis 22 mm.

Zur Sicherstellung einer vergleichbaren Wärmeableitung sind die Bleche in einer **Spannvorrichtung** beispielsweise nach **Bild 1** in horizontaler Lötposition PB (Kehlnaht am Überlappstoß) zu spannen.

Die Spannbacken und der Grundkörper sind aus Kupfer herzustellen. Geometrie und Abmessungen sind **Bild 2** zu entnehmen. Ausgleichsbleche können verwendet werden, um den Dickenunterschied auszugleichen und die Planparallelität beim Spannen sicherzustellen. Blech 1 ist so zu spannen, dass ein Mindestabstand von 14 mm zum Spannbügel gewährleistet ist.

Einseitig beschichtete Bleche sind so zu löten, dass die Beschichtung dem Brenner zugewandt ist. Der Abstand des Drahts zur Kante beträgt 1,0 mm (**Bild 4**).

Die Versuche müssen mit **technischem Nullspalt** durchgeführt werden. Wenn beim Löten mit technischem Nullspalt die untere oder die obere Qualitätsgrenze nach 5.1.1 und 5.1.2 nicht bestimmt werden kann, sind die Untersuchungen mit einem definierten Spalt von 0,3 mm weiterzuführen. Diese Spaltbreite wird über die gesamte Nahtlänge durch eine durchgehende metallische Distanzfolie eingestellt. Der Abstand zwischen der Distanzfolie und der Kante des oberen Blechs beträgt 4 mm.

The tests shall be carried out with a melting filler wire. The selected type of brazing filler material depends on the strength of the tested base material.

- CuSi3Mn1 (Cu 6560), Material-Nr. 2.1461 according to EN ISO 24373, with a Si content limited to max. 3.0 % for thin steel sheet with a tensile strength ≤ 500 MPa
- CuAl7 (Cu 6100), Material-Nr. 2.0921, following EN ISO 24373 for Materials with a tensile strength > 500 MPa.

The **wire diameter** should be preferentially 1.0 mm. Argon 4.6 according to EN ISO 14175 shall be used as shielding gas. The amount of shielding gas has to be chosen in such a way that the molten braze is shielded from the surrounding atmosphere. As indication, 10–16 l/min can be used for a nozzle diameter between 16 to 22 mm.

To ensure comparable heat conduction, the sheets shall be clamped in a **clamping device** similar to the example shown in **Figure 1** in horizontal brazing position PB (fillet weld on overlap joint).

The clamps and the base plate shall be made of copper. Geometry and dimensions are given in **Figure 2**. Shim plates can be used to compensate for the thickness step and ensure parallel clamping. Sheet 1 shall be clamped in such a way that a minimum distance of 14 mm from the clamp is ensured.

When brazing single-sided coated sheets, the coating shall be facing towards the torch. The offset of the wire to the edge is 1.0 mm (**Figure 4**).

The test shall be carried out with technical zero gap. When during brazing with **technical zero gap** the lower or upper quality limit as defined in clauses 5.1.1 and 5.1.2 cannot be determined, the tests shall be continued using a defined gap of 0.3 mm. This gap width is to be created by an uninterrupted metallic spacer foil over the entire seam length. The distance between the spacer foil to the upper sheet edge is 4 mm.

5 Bestimmung der Qualitätsgrenzen

5.1 Durchführung

Die Bleche weisen eine Länge von 500 mm auf. Die Lötnaht wird als Kehlnaht am Überlappstoß ausgeführt, wobei eine Benetzung des Unterblechs von $b \geq t_1 + c$ anzustreben ist (**Bild 5**). Es ist eine Überlappung von 16 mm einzustellen. Es sind 5 Steppnähte mit einer Nahtlänge von 80 mm zu löten (**Bild 6**).

Die Lötparameter sind unter Einhaltung der in **Tabelle 1** angegebenen Vorgaben einzustellen, um einen stabilen Lötprozess sicherzustellen.

Bei konstanter Lötgeschwindigkeit muss die Drahtvorschubgeschwindigkeit für jede Lötung in Schritten von 0,2 mm variiert werden, um die Drahtvorschubgeschwindigkeiten für die untere und obere Qualitätsgrenze zu bestimmen. Die Grenze wird dann in Schritten von 0,1 m/min verfeinert.

5.1.1 Untere Qualitätsgrenze

Als untere Qualitätsgrenze v_{Dmin} gilt die kleinste Drahtvorschubgeschwindigkeit, bei der bei stabilem Lichtbogen eine Naht mit einem Benetzungswinkel $\Theta \geq 90^\circ$ erzeugt wird. Eine spritzerarme Lötung und eine visuell porenfreie Naht sind anzustreben.

5.1.2 Obere Qualitätsgrenze

Als obere Qualitätsgrenze v_{Dmax} gilt die Drahtvorschubgeschwindigkeit, bei der bei stabilem Lichtbogen eine Lötnaht mit einer maximalen Aufschmelzung h des unteren Blechs von 10 % der Blechdicke t_2 erzeugt wird. Eine spritzerarme Lötung und eine visuell porenfreie Naht sind anzustreben.

5.1.3 Dokumentation und Auswertung

Die ermittelten Drahtvorschubgeschwindigkeiten für v_{Dmin} und v_{Dmax} sowie alle relevanten Lötparameter sind zu dokumentieren. Die Spannvorrichtung ist fotografisch zu dokumentieren.

5 Determination of quality limits

5.1 Procedure

Sheets with a length of 500 mm are to be used. The brazing geometry is a fillet lap joint in which one should aim for a wetting of the lower sheet of $b \geq t_1 + c$ (**Figure 5**). The overlap of the sheets shall be 16 mm. The brazing shall encompass five stitches of 80 mm length each (**Figure 6**).

Brazing parameters shall be optimised in compliance with the conditions given in **Table 1** to give a stable brazing process.

With constant brazing speed the wire feed speed shall be varied for each brazed seam in steps of 0.2 m/min to determine the wire feed speeds at which the lower and upper quality limits are reached. Limits must then be refined in steps of 0.1 m/min.

5.1.1 Lower quality limit

The lower quality limit v_{Dmin} is the smallest wire speed at which the arc is stable and produces a brazing seam with a wetting angle of $\Theta \geq 90^\circ$. At the same time low spatter and a visually pore-free seam should be aimed at.

5.1.2 Upper quality limit

The upper quality limit v_{Dmax} is the wire feed speed at which the arc is stable and produces a brazing seam with a penetration h in the lower sheet of 10 % of the sheet thickness t_2 . Low spatter and a visually pore-free seam should be aimed at.

5.1.3 Documentation and evaluation

The determined wire feed speeds v_{Dmin} and v_{Dmax} as well as all relevant brazing parameters shall be documented. The clamping device shall be documented photographically.

6 Prüfverfahren

6.1 Probenherstellung

6.1.1 Durchgehende Überlappverbindungen

Fünf Proben an der oberen und unteren Qualitätsgrenze werden aus 10 Blechen der Abmessungen 500 x 120 mm gelötet, und zwar als durchgehende Kehlnaht am Überlappstoß mit einer Überlappung von 16 mm und einer Nahtlänge von 480 mm.

Hinweis: Die Breite 120 mm entspricht der Walzrichtung und kann an die Bedingungen der verwendeten Zugprüfmaschine angepasst werden. Die freie Einspannlänge 95 mm muss erreicht werden.

An allen 5 Lötproben der unteren bzw. oberen Qualitätsgrenze sind Sichtprüfungen durchzuführen, an jeweils drei Proben für jede Qualitätsgrenze auch Durchstrahlungsprüfungen.

Aus je einer Lötprobe je Qualitätsgrenze sind 5 Scherzugproben für die quasistatische Zugprüfung und 4 Querschliffe für die Metallographie herauszutrennen (**Bild 7**). Die Querschliffe an den Positionen S1 und S4 sind für Gefügebewertung und Härteprüfung zu verwenden. Die restlichen Querschliffe werden für zusätzliche Prüfungen aufbewahrt, wenn erforderlich.

Aus einer zweiten Lötprobe je Qualitätsgrenze sind weitere 5 Scherzugproben für die dynamische Zugprüfung zu entnehmen, wenn erforderlich (siehe Abschnitt 6.3.4).

Beim Heraustrennen der Scherzugproben ist sicherzustellen, dass eine thermische und mechanische Beeinflussung des Nahtbereichs klein gehalten wird. Das Trennverfahren ist zu dokumentieren. Die Probe ist so zu schneiden, dass die Lötnaht in den Einspannungen der Prüfmaschine vertikal zentriert ist (siehe 6.3.1.1 und **Bild 7**).

Lötnähte, die bei der Durchstrahlungsprüfung im Röntgenfilm Unregelmäßigkeiten aufweisen, sind exemplarisch an diesen Stellen metallografisch zu untersuchen. Jede Art von Unregelmäßigkeit ist nach DIN EN ISO 5817 zu klassifizieren.

6 Test methods

6.1 Sample preparation

6.1.1 Continuous overlap joints

Five samples each at the upper and lower quality limit from 10 sheets of dimensions 500 x 120 mm are brazed in continuous fillet lap configuration, with an overlap of 16 mm and a seam length of 480 mm.

Note: The width of 120 mm is parallel to the rolling direction and can be adapted to match the tensile testing machine. A free clamping length of 95 mm must be obtained.

All 5 brazed samples at the lower respective upper quality limit have to be checked by visual testing, and three of them at each quality limit are assessed by X-ray testing.

From one brazed sample at each quality limit, 5 tensile shear test specimens for quasi-static testing and 4 cross sections for metallography shall be taken (**Figure 7**). The cross sections at positions S1 and S4 shall be used for microstructure evaluation and hardness testing. The remaining cross sections are stored for additional testing, if required.

From a second brazed sample for each quality limit, 5 additional tensile shear samples shall be taken for dynamic testing if required (see clause 6.3.4).

When cutting the tensile shear specimens it must be ensured that the thermal and mechanical influence on the seam area is minimized. The cutting method shall be documented. The specimen shall be cut in such a way that the brazing seam is vertically centered between the tensile machine jaws (see clause 6.3.1.1 and **Figure 7**).

Brazing seams that show imperfections during X-ray testing shall be investigated exemplarically at each location by metallography. Each type of imperfection shall be categorised according to EN ISO 5817.

6.1.2 Gestepte Überlappverbindungen

Fünf Proben an der oberen und unteren Qualitätsgrenze werden aus 10 Blechen der Abmessungen 500 x 120 mm gelötet. Die Lötverbindung ist eine Kehlnaht am Überlappstoß mit einer Überlappung von 16 mm, bestehend aus 11 Steppnähten von je 25 mm Länge (Lötpistolen-Abstand). Die Einzelnähte haben 20 mm Abstand.

Hinweis: Die Breite 120 mm entspricht der Walzrichtung und kann an die Bedingungen der verwendeten Zugprüfmaschine angepasst werden. Die freie Einspannlänge 95 mm muss erreicht werden.

An allen 5 Lötproben der unteren bzw. oberen Qualitätsgrenze sind Sichtprüfungen durchzuführen, an jeweils drei Proben für jede Qualitätsgrenze auch Durchstrahlungsprüfungen.

Aus einer Lötprobe je Qualitätsgrenze sind 5 Scherzugproben für die quasistatische Zugprüfung und 6 Querschliffe herauszutrennen (**Bild 8**). Die Querschliffe an den Positionen S2 und S5 sind in der Mitte der Steppnähte zu entnehmen und für Gefügebewertung und Härteprüfung zu verwenden. Die restlichen Querschliffe werden für zusätzliche Prüfungen aufbewahrt, wenn erforderlich.

Aus einer zweiten Lötprobe je Qualitätsgrenze sind weitere 5 Scherzugproben für die dynamische Zugprüfung zu entnehmen, wenn erforderlich (siehe Abschnitt 6.3.4).

Beim Heraustrennen der Scherzugproben ist sicherzustellen, dass eine thermische und mechanische Beeinflussung des Nahtbereiches klein gehalten wird. Das Trennverfahren ist zu dokumentieren. Die Probe ist so zu schneiden, dass die Lötnaht in den Einspannungen der Prüfmaschine vertikal zentriert ist (siehe 6.3.1.1 und **Bild 8**).

Wahlweise können die Proben für die quasistatische und die dynamische Scherzugprüfung auch als Einzelproben gelötet werden.

Lötnähte, die bei der Durchstrahlungsprüfung im Röntgenfilm Unregelmäßigkeiten aufweisen, sind exemplarisch an diesen Stellen metallografisch zu untersuchen. Jede Art von Unregelmäßigkeit ist nach DIN EN ISO 5817 zu klassifizieren.

6.1.2 Stitched overlap joints

Five samples each at the upper and lower quality limit from 10 sheets of dimensions 500 x 120 mm are brazed. The brazed joint is in fillet lap configuration with an overlap of 16 mm, made of 11 stitched welds which are 25 mm long (brazing gun distance). Each stitch is separated by 20 mm.

Note: The width of 120 mm is parallel to the rolling direction and can be adapted to match the tensile testing machine. A free clamping length of 95 mm must be obtained.

All five brazed samples at the lower respective upper quality limit have to be checked by visual testing and three of them at each quality limit are assessed by X-ray testing.

From one sample at each quality limit, 5 tensile shear test specimens for quasi-static testing and 6 cross sections shall be taken (**Figure 8**). The cross sections at positions S2 and S5 shall be taken in the middle of the stitch seam length and used for microstructure evaluation and hardness testing. The remaining cross sections are stored for additional testing, if required.

From a second brazed sample for each quality limit, 5 additional tensile shear samples shall be taken for dynamic testing, if required (see clause 6.3.4).

When cutting the tensile shear specimens it must be ensured that the thermal and mechanical influence on the seam area is minimized. The cutting method shall be documented. The specimen shall be cut in such a way that the brazing seam is vertically centered between the tensile machine jaws (see clause 6.3.1.1 and **Figure 8**).

Alternatively, the tensile shear samples for quasi-static and dynamic testing can be brazed as single specimens.

Brazing seams that show imperfections during X-ray testing shall be investigated exemplarily at each location by metallography. Each type of imperfection shall be categorised according to EN ISO 5817.

6.1.3 Kopfbzugproben

6 Kopfbzugproben werden in Anlehnung an DIN EN ISO 14272 aus zwei Blechen der Abmessungen 50 x 150 mm hergestellt (**Bild 9**). Das Langloch $\varnothing 10 \times 25$ mm wird vorzugsweise mittels Fräser eingebracht. Die Längskanten der Bleche müssen in Walzrichtung liegen.

Die Bleche sind in einer Spannvorrichtung waagrecht zu spannen, vorzugsweise nach **Bild 10** und **Bild 11** zu verwenden. Die Spannvorrichtung ist fotografisch zu dokumentieren.

Die zwei Löt Nähte verlaufen parallel auf den Längskanten des Langloches (Nahtlänge jeweils 15 mm). Die Lötung wird an der unteren Qualitätsgrenze ausgeführt. Gegebenenfalls ist die Drahtvorschubgeschwindigkeit in Schrittweiten von 0,1 m/min anzupassen, um unterschiedliche Wärmekapazitäten zwischen den Proben nach Abschnitt 6.1.1 und der Kopfbzugprobe zu kompensieren. Die Nähte werden gegenläufig und unmittelbar nacheinander gelötet.

An allen 6 Kopfbzugproben sind Sicht- und Durchstrahlungsprüfungen durchzuführen. 5 Kopfbzugproben sind der Zugprüfung zuzuführen, an der restlichen sind repräsentative Querschliffe für die Gefügebewertung anzufertigen.

Löt Nähte, die bei der Durchstrahlungsprüfung im Röntgenfilm Unregelmäßigkeiten aufweisen, sind exemplarisch an diesen Stellen metallografisch zu untersuchen. Jede Art von Unregelmäßigkeit ist nach DIN EN ISO 5817 zu klassifizieren.

6.1.4 H-Proben

Zur Ermittlung der zyklischen Belastbarkeit im Zeitfestigkeitsbereich wird die H-Scherzugprobe in Anlehnung an DIN EN ISO 18592 mit den in **Bild 12** angegebenen Abmessungen verwendet.

Auf Anforderung kann zusätzlich die H-Schälzugprobe in Anlehnung an DIN EN ISO 18592 mit den in **Bild 13** angegebenen Abmessungen verwendet werden.

Die Walzrichtung der Blechstreifen muss der Prüfrichtung entsprechen.

Es werden 12 H-Proben mit je 5 Steppnähten je Probenseite gelötet, die Nahtlänge beträgt jeweils 25 mm. Der Abstand zwischen den Stepp-

6.1.3 Cross tension test specimens

6 cross tension samples shall be made each from two sheets of dimensions 50 x 150 mm following EN ISO 14272 (**Figure 9**). The elongated hole $\varnothing 10 \times 25$ mm shall be made preferably by milling. The long sides of the sheets shall be parallel to the rolling direction.

The sheets shall be clamped horizontally in a clamping device, preferably as in **Figures 10** and **11**. The clamping device shall be documented photographically.

The two brazed stitches are positioned parallel on the long sides of the elongated hole (15 mm seam length each). Brazing is performed at the lower quality limit. If necessary, the wire feed speed can be adapted in steps of 0.1 m/min to compensate for the difference in heat capacity of the samples in clause 6.1.1 and the cross tension samples. The stitches shall be brazed in opposite direction and immediately after each other.

All 6 cross tension samples shall be tested visually and by X-ray. 5 cross tension samples shall be used for tensile testing. The remaining sample shall be cross sectioned for microstructure evaluation.

Brazing seams that show imperfections during X-ray testing shall be investigated exemplarily at each location by metallography. Each type of imperfection shall be categorised according to EN ISO 5817.

6.1.4 H specimens

To investigate the finite life fatigue behaviour the H shear lap specimen following EN ISO 18592 with dimensions according to **Figure 12** is used.

On request, additionally the H peel specimen following EN ISO 18592 with dimensions according to **figure 13** can be used.

The rolling direction shall be parallel to the testing direction.

12 H specimens are brazed with 5 stitches of 25 mm length on each side with 15 mm in between the stitches. The distance of the first

nähten beträgt 15 mm, der Abstand der ersten und letzten Steppnaht zum Rand der Probe beträgt 7,5 mm. Die Lötungen erfolgen umlaufend entsprechend **Bild 14**.

Die Lötung wird an der unteren Qualitätsgrenze ausgeführt. Gegebenenfalls ist die Drahtvorschubgeschwindigkeit in Schrittweiten von 0,1 m/min an die Geometrie der H-Probe anzupassen, um unterschiedliche Wärmekapazität zwischen den Proben nach 6.1.1 und der H-Probe zu kompensieren.

Für eine Wöhlerkurve im Zeitfestigkeitsbereich werden nach dem Perlenschnurverfahren mindestens 12 Prüfkörper gelötet. Der jeweils zuerst und der zuletzt gelötete Prüfkörper sind vor der zyklischen Prüfung einer Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen, um die Nahtqualität zu dokumentieren. Sie dienen gleichzeitig als Rückstellmuster.

6.1.5 LME-Sensitivitäts-Bewertung

Für die Bewertung der Empfindlichkeit gegenüber Flüssigmetallversprödung (LME) sind gesteppte Überlappnähte zu verwenden.

Drei zusätzliche Lötproben werden aus Blechen der Abmessungen 500 x 120 mm hergestellt. Die Lötnaht ist eine Kehlnaht am Überlappstoß, deren Geometrie in 6.1.2 beschrieben ist.

Für die Lötbedingungen, siehe Abschnitt 4 und Tabelle 2 mit der folgenden Einstellung. Bei Prozessbeginn ist ein Warmstart erlaubt (bis 130 % der Stromstärke innerhalb eines Zeitintervalls von 0,5 s). Am Prozessende muss Entkrater-Füllung (Rückbrand) vermieden werden.

Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Steppnähten muss zwischen 7 und 9 Sekunden eingestellt werden, um einen Temperaturanstieg im Blech zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, ist es erforderlich nach jeder Steppnaht so lange zu warten, bis die Temperatur auf unter 40 °C gesunken ist.

Die Bleche werden gelötet unter Verwendung 3 unterschiedlicher Niveaus der Wärmeeinbringung (HI). Der jeweilige HI-Wert hängt von der Blechdicke ab, entsprechend folgender Formeln:

$$HI1 = 2,2 \cdot t/1,5 \text{ kJ/cm} \pm 0,1$$

$$HI2 = 1,7 \cdot t/1,5 \text{ kJ/cm} \pm 0,1$$

$$HI3 = 1,4 \cdot t/1,5 \text{ kJ/cm} \pm 0,1$$

and last stitches to the edge of the specimen is 7.5 mm. The brazing sequence of the stitches is circumferential and given in **Figure 14**.

Brazing is carried out at the lower quality limit. If necessary, the wire feed speed is to be adapted in steps of 0.1 m/min to the H specimen geometry to compensate for the difference in heat capacity of the samples according to 6.1.1 and the H specimen.

For the determination of the F/N curve (Woehler line) for finite fatigue life, according to the pearl string method, at least 12 specimens will be brazed. The first and last brazed specimen each shall be tested by X-ray before cyclic testing to document the seam quality. At the same time they serve as fall-back specimens.

6.1.5 LME sensitivity evaluation

A stitched overlap seam shall be used for Liquid Metal Embrittlement (LME) sensitivity assessment.

Three additional brazed samples are made from 6 sheets of dimensions 500 x 120 mm. The brazing seam is a fillet lap joint with a geometry as described in clause 6.1.2.

For brazing conditions, see clause 4 and Table 2 with the following adjustment. To start the process, a hot start is allowed (up to 130 % of current, within the time frame of 0.5 s). To end the process, end crater filling (burn back) must be avoided.

Time between two subsequent stitches must be controlled between 7 and 9 seconds to avoid a temperature increase of the sheet. If not possible, it will be necessary to wait after each stitch, that temperature has cooled down below 40 °C.

Sheets are brazed using three different heat input levels (HI). Each HI value depends on the sheet thickness as described by the following formulas:

$$HI1 = 2.2 \cdot t/1,5 \text{ kJ/cm} \pm 0,1$$

$$HI2 = 1.7 \cdot t/1,5 \text{ kJ/cm} \pm 0,1$$

$$HI3 = 1.4 \cdot t/1,5 \text{ kJ/cm} \pm 0,1$$

Wie im Abschnitt 5 beschrieben, müssen die Drahtvorschubgeschwindigkeit und damit verbundene Lötparameter so eingestellt werden, dass HI-Werte nach folgender Formel erreicht werden:

$$HI = (U \cdot I \cdot 60) / (100 \cdot v)$$

mit

U Spannung (V),

I Stromstärke (A),

v Lötgeschwindigkeit (mm/min)

U und I müssen in der stabilen Lichtbogen-Phase gemessen werden (Ausschluss der Lichtbogenzündung).

Hinweis: WFS, bestimmt für HI1 bis HI3, kann höher sein als v_{Dmax}

Alle 3 Lötproben sind durch Durchstrahlungsprüfung zu bewerten, wie in Abschnitt 6.2 beschrieben.

Für jede Naht sind die Anzahl eventueller Risse anzugeben sowie die Länge jedes Risses zu messen. Alle Risse innerhalb des Nahtbereichs einschließlich der WEZ müssen berücksichtigt werden. Ergebnisse für jede Naht und jede Probe sind in einer Summen-Tabelle zu dokumentieren, siehe **Tabelle 5**.

Zusätzlich ist bei jedem Wärmeeinbringungsniveau HI ein Querschliff von Steppnaht Nr. 5 anzufertigen und zu dokumentieren (siehe Abschnitt 6.3.5).

Alle Röntgenbilder sind auf Anfrage zur Verfügung zu stellen. Die abschließende Bewertung muss der Kunde vornehmen.

6.2 Zerstörungsfreie Prüfung

6.2.1 Sichtprüfung

6.2.1.1 Durchführung

Die Sichtprüfung erfolgt an allen Löt Nähten an der Nahtober- und -unterseite. Die Prüfung erfolgt im Lötzustand ohne Reinigung der Oberflächen. Geprüft wird auf Nahtaussehen, offene Poren, Spritzeranhaftungen und Oberflächenrisse mit bloßem Auge, ggf. unter Zuhilfenahme eines geeigneten Hilfsmittels (z. B. beleuchtete Lupe). Bei Verdacht auf Risse muss ein Stereomikroskop zu Hilfe genommen werden.

As described in section 5, wire feed speed and associated brazing parameters must be set to achieve HI levels according to the following formula:

$$HI = (U \cdot I \cdot 60) / (100 \cdot v)$$

with

U voltage (V),

I current (A),

v brazing speed (mm/min)

U and I must be measured in the stable arc phase (arc ignition is excluded).

Note: WFS determined for HI1 to HI3 can be higher than v_{Dmax}

All 3 brazed samples shall be assessed by X-ray testing as specified in clause 6.2.

For each seam the number of eventual cracks needs to be counted, and the length of each crack needs to be measured. All cracks within the seam area including the HAZ have to be considered. Results for each seam and each sample shall be documented in a summary table as shown in **Table 5**.

Additionally, at each heat input level HI, one cross section of stitch number 5 shall be made and documented (see clause 6.3.5).

All x-ray images must be made available on request. The final assessment is to be done by the customer.

6.2 Non-destructive testing

6.2.1 Visual testing

6.2.1.1 Procedure

All brazed seams are visually tested at the top and bottom side. Visual testing is carried out in as-brazed condition without cleaning of the surface. Testing includes visual appearance, open pores, spatter and surface cracks. Visual testing is accomplished with the naked eye, if necessary, with help of a suitable aid (e.g. magnifying lens with illumination). In the case cracks are suspected, a stereo microscope shall be used.

6.2.1.2 Dokumentation und Auswertung

Das Aussehen einer repräsentativen Lötnaht (Ober- und Unterseite) ist fotografisch mit Maßstab zu dokumentieren.

Die Anzahl und Länge der Oberflächenrisse sind für jede Lötprobe zu dokumentieren. Die Befunde der Sichtprüfung sind nach **Tabelle 3** zu dokumentieren.

6.2.2 Durchstrahlungsprüfung**6.2.2.1 Durchführung**

Die Lötverbindung ist durch Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN ISO 5579 zu untersuchen. Anzeigen sind nach DIN EN ISO 5817 zu klassifizieren. Die Durchstrahlungsprüfung kann mit analogen oder digitalen Techniken durchgeführt werden.

Wenn analoge Filmtechniken angewendet werden, ist EN ISO 17636-1 zu beachten, und die Filmklasse muss mindestens C3 nach DIN EN ISO 11699-1 betragen.

Wenn digitale Durchstrahlungsprüfungs-Systeme angewendet werden, ist eine äquivalente Bildqualität entsprechend DIN EN ISO 17636-1, Klasse B, sicherzustellen.

Die Bildgüte ist durch Verwendung geeigneter Bildgüte-Prüfkörper (IQI) nachzuweisen. Die Bildgüte muss mindestens äquivalent zur Sichtbarkeit eines 0.1-mm-Drahts nach DIN EN ISO 19232-1 sein. Der IQI muss mindestens einmal auf dem Röntgenbild sichtbar sein.

Das Durchstrahlungsbild einer gesteppten Verbindung muss mindestens vier einzelne Steppnähte enthalten.

6.6.2.2 Dokumentation und Auswertung

Alle Parameter der Durchstrahlungsprüfung müssen dokumentiert werden. Für digitale Techniken müssen alle spezifischen Parameter nach DIN EN ISO 16371-2 dokumentiert werden (Signal-zu-Rausch-Verhältnis, etc.).

Bei Anwendung analoger Techniken sind die originalen Röntgenfilme oder deren digitalisierte Versionen bereitzustellen.

Bei Anwendung digitaler Techniken sind die originalen Bilddaten bereitzustellen. Die bereitgestellten Bilddaten müssen das ursprüngliche

6.2.1.2 Documentation and evaluation

The appearance of a representative brazed seam (top and bottom side) shall be photographically documented, including a scale.

Number and length of the surface cracks shall be documented for each brazed sample. The results of visual testing shall be documented according to **Table 3**.

6.2.2 X-ray testing**6.2.2.1 Procedure**

The brazed joint shall be characterized using X-ray testing according to EN ISO 5579. Indications must be classified according to EN ISO 5817. X-ray testing (radiography) can be carried out with analogous or digital techniques.

When analogous film techniques are applied, EN ISO 17636-1 shall be observed, and the film class shall be at least class C3 according to EN ISO 11699-1.

When digital radiographic systems are applied, an equivalent image quality in accordance with EN ISO 17636-2, class B, shall be ensured.

Image quality shall be demonstrated using suitable image quality indicators IQI. At least an image quality equivalent to the visibility of a 0.1 mm diameter wire in accordance with EN ISO 19232-1 shall be achieved. The IQI must be visible at least once on the X-ray image.

For stitched joints, the radiographic image shall contain at least four stitch welds.

6.2.2.2 Documentation and evaluation

All x-ray parameters shall be documented. For digital techniques, all specific parameters as specified in EN ISO 16371-2 shall be documented (Signal-to-noise ratio SNR, etc.)

When analogous techniques are applied, the original radiographic films or their digitized versions shall be provided.

When digital technologies are applied, the original image data shall be provided. The provided image data shall represent the original test im-

Prüfbild wiedergeben, vollständig und unverändert ausgenommen Komprimierung. Bildbearbeitung darf nicht die Nachweisbarkeit von Unregelmäßigkeiten beeinflussen und muss dokumentiert werden. Die Pixel-Kantenlänge darf 0,1 mm nicht überschreiben, und die Bilder müssen einen Maßstab enthalten. Erforderliche Prüf- und Identifikations-Daten müssen klar der Durchstrahlungs-Aufnahme zugeordnet sein und in der begleitenden Dokumentation enthalten sein.

Digitaler Daten-Export muss in einem nicht eigentumsgeschützten, industriell etablierten Format (JPG, TIFF) erfolgen.

Alle Unregelmäßigkeiten müssen dokumentiert werden.

Zusätzlich muss jede LME-Durchstrahlungsprobe (siehe Abschnitt 6.1.5) auf Risse geprüft werden. Anzahl und Längen müssen dokumentiert werden. Ein Muster-Dokumentationsblatt zeigt **Tabelle 4**.

6.3 Zerstörende Prüfungen

6.3.1 Quasistatische Scherzugprüfung

6.3.1.1 Durchführung

Die Prüfung erfolgt bei Raumtemperatur (296 ± 5 K) nach DIN EN ISO 14273. In der Klemmvorrichtung der Zugprüfmaschine sind Ausgleichsbleche zu verwenden, um den Versatz der Scherzugproben beim Einspannen zu kompensieren. Die Lötnaht muss zwischen den Einspannbacken vertikal zentriert werden. Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 10 mm/min.

6.3.1.2 Dokumentation und Auswertung

Die Bruchart ist entsprechend **Bild 15** zu bewerten und fotografisch durch eine Übersichtsaufnahme zu dokumentieren. Für kontinuierliche Nähte ist eine Seitenansicht von 5 gebrochenen Proben erforderlich für jedes Wärmeeintragsniveau. Die Auswertung beinhaltet die Angabe der Bruchart oder bei Mischbrüchen die Angabe der Brucharten.

Zu dokumentieren sind Bruchart, das Kraft-Verlängerungs-Diagramm und die hieraus resultierenden Kennwerte $F_{\max}$, $S_{F\max}$, $W_{F\max}$, $F_{0.3F\max}$, $S_{0.3F\max}$, $W_{0.3F\max}$. Die Werte der Parallelproben werden jeweils arithmetisch gemittelt, zusätzlich werden Maximum und Minimum angegeben. Zur

age, completely and unaltered except for compression. Image post-processing shall not influence the detectability of imperfections and shall be documented. The pixel edge length shall not exceed 0.1 mm, and the images shall contain information relating to scale. Required test and identification data shall be clearly assigned to the radiographic image or provided in accompanying documentation.

Digital data export shall be carried out using a non-proprietary, industrially established format (JPG or TIFF).

Any imperfections shall be documented.

In addition, each LME x-ray specimen (see clause 6.1.5) shall be examined for cracks. Number and length shall be documented. An example documentation sheet is given in **Table 4**.

6.3 Destructive testing

6.3.1 Quasi-static tensile shear testing

6.3.1.1 Procedure

Testing shall be carried out at room temperature (296 ± 5 K) according to EN ISO 14273. In the tensile test shim plates are to be used in the clamps of the test equipment to compensate the offset in sample positioning. The seam weld must be vertically centred between the clamp jaws. The testing speed shall be 10 mm/min.

6.3.1.2 Documentation and evaluation

The fracture type shall be assessed according to **Figure 15** and documented by an overview photograph. For continuous seams, a side view of the 5 broken specimens is also required at each heat input level. The evaluation includes the fracture type or in case of mixed mode the fracture types.

Fracture type, the force-displacement-diagram and the derived values $F_{\max}$, $S_{F\max}$, $W_{F\max}$, $F_{0.3F\max}$, $S_{0.3F\max}$, $W_{0.3F\max}$ are to be documented. The values for the parallel specimens are arithmetically averaged, additionally the maximum and minimum values are indicated. For the determina-

Bestimmung der Energieaufnahme bei Probenbruch ist das Abbruchkriterium $0,3 F_{\max}$.

6.3.2 Quasistatische Kopfzugprüfung

6.3.2.1 Durchführung

Die Prüfung erfolgt nach DIN EN ISO 14272 bei Raumtemperatur (296 ± 5 K). Die Prüfgeschwindigkeit beträgt 10 mm/min.

Die Spannvorrichtung nach Merkblatt DVS 2916-1 ist zu verwenden. Abweichungen sind zu dokumentieren

6.3.2.2 Dokumentation und Auswertung

Die Bruchart ist entsprechend **Bild 15** zu bewerten und fotografisch durch eine Übersichtsaufnahme zu dokumentieren. Die Bewertung beinhaltet die Angabe der Bruchart oder bei Mischbrüchen die Angabe der Brucharten.

Zu dokumentieren sind Bruchart, das Kraft-Verlängerungs-Diagramm und die abgeleiteten Kennwerte Scherzugkraft $F_{\max}$, die Probenverlängerung $s_{F_{\max}}$ bei $F_{\max}$, die Energieaufnahme bis $F_{\max}$ ($W_{F_{\max}}$), die Kraft F_B ($\geq 0,3 F_{\max}$), der Weg s_{FB} und die Energieaufnahme W_{FB} bis zu F_B . Die Werte der Parallelproben werden jeweils arithmetisch gemittelt, zusätzlich werden Maximum und Minimum angegeben.

6.3.3 Zyklische Prüfung

Die zyklische Prüfung wird nur auf Anfrage durchgeführt.

Zur Bestimmung der Schwingfestigkeit im Zeitfestigkeitsbereich (HCF) nach SEP 1220-1 wird die H-Scherzugprobe und ggf. die H-Schälzugprobe in Anlehnung an DIN EN ISO 18592 mit den in den **Bildern 13 und 14** angegebenen Abmessungen verwendet.

Für eine Wöhlerkurve im Zeitfestigkeitsbereich werden mindestens 12 Prüfkörper gelötet, von denen der zuerst und der zuletzt gelötete Prüfkörper zur Dokumentation der Nahtqualität vor der zyklischen Prüfung einer Durchstrahlungsprüfung zu unterziehen ist. Sie dienen gleichzeitig als Rückstellmuster.

6.3.3.1 Durchführung

10 H-Proben werden der zyklischen Prüfung in Anlehnung an DIN EN ISO 18592 zugeführt. Die Prüfung erfolgt im Zugschwellbereich mit einem

tion of the absorbed energy the integration is stopped at $0,3 F_{\max}$.

6.3.2 Quasi-static cross tension testing

6.3.2.1 Procedure

Testing shall be carried out at room temperature (296 ± 5 K) according to EN ISO 14272. The testing speed shall be 10 mm/min.

The clamping device according to guideline DVS 2916-1 shall be used. Deviations shall be documented.

6.3.2.2 Documentation and evaluation

The fracture type shall be assessed according to **Figure 15** and documented by an overview photograph. The assessment shall include the fracture type or in case of mixed fracture mode the fracture types.

To be documented are: Fracture type, the force-displacement diagram and the derived values tensile shear force $F_{\max}$, the specimen elongation $s_{F_{\max}}$ at $F_{\max}$, the energy absorption up to $F_{\max}$ ($W_{F_{\max}}$), the force F_B ($\geq 0,3 F_{\max}$), the displacement s_{FB} and the energy absorption W_{FB} up to F_B . The values for the parallel specimens are each arithmetically averaged, additionally the maximum and minimum values are indicated.

6.3.3 Cyclic testing

Cyclic testing is only carried out if explicitly required.

The determination of fatigue life in the High Cycle Fatigue (HCF) range according to SEP 1220-1 is performed using the H-shear lap specimen and if required the H-peel specimen following EN ISO 18592 using the dimensions given in **Figures 13 and 14**.

For the determination of the fatigue life, using a F/N curve (Woehler line), at least 12 specimens will be brazed, of which the first and last brazed specimen shall be tested by X-ray before cyclic testing. They serve at the same time as fall-back specimens.

6.3.3.1 Procedure

10 H-specimens are subjected to cyclic testing following EN ISO 18592. The tests are performed with a load ratio of $R = 0.1$ at room temperature

Lastverhältnis $R = 0,1$ nach dem Perlenschnurverfahren bei Raumtemperatur ($296 \pm 5 \text{ K}$).

6.3.3.2 Dokumentation und Auswertung

Die Zeitfestigkeit bis 2×10^6 Lastwechseln ist in Form eines Wöhlerdiagramms zu dokumentieren. Die Prüfergebnisse werden in tabellarischer und grafischer Form bei einer Änderung der Wegschwingbreite um 40 % dargestellt. Die Lebensdauerstreuspanne T_N und der Neigungsexponent der Wöhlerlinie (k -Wert) sind gesondert anzugeben, siehe SEP 1220-1. Die Bruchart einer geprüften Probe ist exemplarisch zu dokumentieren.

6.3.4 Dynamische Prüfung

Die dynamische Prüfung wird nur auf Anfrage durchgeführt.

6.3.4.1 Durchführung

Die Prüfung erfolgt nach SEP 1231 mit einer Prüfgeschwindigkeit von 2,5 m/s, wie in SEP 1220-1 vorgegeben.

Die Proben werden unter Verwendung der Parameter für die gesteppte Überlappverbindung hergestellt, wie in Abschnitt 6.1.2 beschrieben.

6.3.4.2 Dokumentation und Auswertung

Die Dokumentation und Auswertung erfolgen nach SEP 1231; sie können z. B. analog zu Abschnitt 6.3.3.2 durchgeführt werden.

6.3.5 Metallografie

6.3.5.1 Durchführung

Die Lötverbindungen und der angrenzende Grundwerkstoff sind durch metallografische Methoden in Form eines geätzten Querschliffs darzustellen. Messwerte, wie in **Bild 5** dargestellt, sind auf jedem Bild anzugeben.

6.3.5.2 Dokumentation und Auswertung

Die Schliffaufnahmen sind in digitaler Form an das Prüfprotokoll anzufügen. Der Maßstab und das verwendete Ätzmittel sind in Anlehnung an DIN EN ISO 17639 zu dokumentieren. Unregelmäßigkeiten wie Poren, Risse, Lötrisse sowie die Nahtgeometrie (z. B. Nahtbreite, Nahtüberhöhung etc.) sind zu dokumentieren.

6.3.6 Härteprüfung

6.3.6.1 Durchführung

Die Härteprüfung nach Vickers ist nach DIN EN ISO 6507-1 durchzuführen mit einer Prüfkraft

($296 \pm 5 \text{ K}$) using a different load amplitude for each test according to the 'Pearl string method'.

6.3.3.2 Documentation and evaluation

Finite life fatigue strength until 2×10^6 load cycles shall be documented in a S/N (Woehler) curve. The test results shall be documented in a table as well as in a graph using a termination criterion of 40 % of the deflection. The scatter value T_N and the exponential slope of the S-N-curve (k -value) shall be indicated separately, see SEP 1220-1. The failure mode of an exemplary specimen shall be documented.

6.3.4 Dynamic testing

Dynamic testing is only performed if explicitly required.

6.3.4.1 Procedure

Testing shall be performed according to SEP 1231 with a test speed of 2.5 m/s, as specified in SEP 1220-1.

Samples are produced using parameters for stitched overlap joints, as described in clause 6.1.2.

6.3.4.2 Documentation and evaluation

Documentation and evaluation shall be carried out according to SEP 1231; it may be carried out in analogy to clause 6.3.3.2.

6.3.5 Metallography

6.3.5.1 Procedure

The brazed joints and the adjacent base material are to be documented using metallographic methods by presentation of an etched transverse cross section. Measurements as shown in **Figure 5** shall be present on each image.

6.3.5.2 Documentation and evaluation

The cross section photographs shall be added in digital format to the test report. The magnification and the etching agent used are to be documented following EN ISO 17639. Irregularities such as pores, cracks, as well as the weld geometry (e.g. seam width, excess braze etc.) shall be documented.

6.3.6 Hardness testing

6.3.6.1 Procedure

Vickers hardness testing shall be performed according to EN ISO 6507-1 with a test load from

von 9,81 N (HV1). Abweichungen hiervon, bzw. die Ergebnisse, sind im Prüfbericht zu dokumentieren.

9.81 N (HV1). Any deviations from this procedure, and the results shall be documented in the test report.

Entsprechend **Bild 16** ist die Härtemessung im Grundwerkstoff, in der Wärmeeinflusszone und im Lötgut durchzuführen. In Abhängigkeit von Blechdicke und Härte des Grundwerkstoffs, der Wärmeeinflusszone und des Lötguts ist eine möglichst hohe Anzahl an Härtemessungen durchzuführen. Die erforderlichen Mindestabstände nach DIN EN ISO 6507-1 sind einzuhalten.

Hardness measurements in the base material, heat affected zone and in the braze metal shall be performed according to **Figure 16**. Depending on sheet thickness, hardness of the base metal, heat affected zone and braze metal, a high as possible number of hardness indents shall be made. The required minimum distances according to EN ISO 6507-1 shall be met.

6.3.6.2 Dokumentation und Auswertung

Die gemessenen Härtewerte sind in tabellarischer Form zu erfassen und grafisch in einem Härteverlaufdiagramm (Härte/Weg) darzustellen. Die Härtewerte müssen am Schliff dem entsprechenden Härteeindrücken zuzuordnen sein. Für Grundwerkstoff, Lötnaht und Wärmeeinflusszone sind die maximale und die minimale Härte anzugeben.

6.3.6.2 Documentation and evaluation

The measured hardness values shall be acquired in a table and presented graphically in a hardness profile (hardness/distance). The hardness values shall be related to the corresponding hardness indents in the cross section. For base material, braze metal and heat affected zone the maximum and minimum hardness values are to be indicated.

7 Muster-Dokumentationsblätter

Die Dokumentation umfasst die detaillierten Ergebnisse der in der Fügемatrix vorgegebenen Prüfungen. Die Darstellung kann beispielsweise in Form einer Excel-Datei erfolgen. Für eine eindeutige Zuordnung von Prüfung und Prüfstück ist eine Probenidentnummer nach den Abschnitt 10.1 genannten Vorgaben (Merkmalen) zu vergeben. Die Struktur des Merkmalaufbaus und die Struktur der Angaben zu den Grundwerkstoffen sind in SEP 1220-1 festgelegt.

7 Example documentation sheets

The documentation includes the detailed results of the tests required in the joining matrix. The report can be for example done by an Excel spreadsheet. To obtain an unambiguous test and specimen identification, a specimen ident number is formed according to the keywords (characteristics) in clause 10.1. The construction of the keywords and of the base material data is described in SEP 1220-1.

8 Einheiten

Soweit nicht anders vereinbart, sind bei allen durchgeführten Messungen die folgenden Einheiten zu verwenden:

8 Units

When not differently specified, the following units shall be used in all measurements:

Kraft	<kN>
Weg	<mm>
Zeit	<ms>
Temperatur	<K>
Strom	<kA>
Arbeit	<kJ>
Relative Größe	<%>
Winkel	<°>
Geschwindigkeit	m/min

Force	<kN>
Distance	<mm>
Time	<s>
Temperature	<K>
Current	<kA>
Energy	<kJ>
Related dimension	<%>
Angle	<°>
velocity	m/min

9 Formelzeichen

Begriff	Beschreibung	Einheit
v_D	Drahtvorschubgeschwindigkeit	m/min
V_G	Schutzgasmenge	l/min
$F_{\max}$	maximale Zugkraft	kN
d_D	Drahtdurchmesser	mm
v_L	Lötgeschwindigkeit	m/min
a	Lötnahtdicke	mm
e	Nahtüberhöhung	mm
h	Einbrandtiefe	mm
b, c	Benetzungslänge	mm
r	Innenbiegeradius	mm
$s_{F_{\max}}$	Probenverlängerung bei $F_{\max}$	mm
t	Blechdicke	mm
Θ	Benetzungswinkel	°

9 Symbols

Abbreviation	Description	Unit
v_D	Wire feed speed	m/min
V_G	Gas flow	l/min
$F_{\max}$	Maximum load	kN
d_D	Wire diameter	mm
v_L	Brazing speed	m/min
a	Throat thickness of braze	mm
e	Excess weld metal	mm
h	Penetration depth	mm
b, c	Wetting length	mm
r	Inner bending radius	mm
$s_{F_{\max}}$	Elongation at $F_{\max}$	mm
t	Sheet thickness	mm
Θ	Wetting angle	°

10 Datenheader MIG-Löten

10.1 Beschreibung Datenheader nach SEP 1220-1

Um eine eindeutige Zuordnung der Proben zu gewährleisten, ist der Probenname nach folgenden Merkmalen zu vergeben. Der auf den untersuchten Werkstoff bezogene Datenheader ist in SEP 1220-1 beschrieben.

Das übergeordnete Merkmal des in diesem SEP beschriebenen MIG-Lötens ist J_00983.

10.2 Merkmal „Drahtvorschubgeschwindigkeit $v_{D_{\min}}$, $v_{D_{\max}}$, v_{DLME} “

Zusätzlich zu den in SEP 1220-1 definierten Merkmalen wird hier das Merkmal „Drahtvorschubgeschwindigkeit“ eingeführt.

Das Merkmal dient der Angabe der verwendeten Einstellung der Drahtvorschubgeschwindigkeit: untere ($v_{D_{\min}}$) oder obere ($v_{D_{\max}}$) Qualitätsgrenze.

Das Merkmal v_{DLME} dient zur Kennzeichnung des eingesetzten Drahtvorschubes beim Test für die Löttrissneigung. Es werden drei unterschiedliche Drahtvorschübe ermittelt, um die geforderten Energieeinträge (Hi1; Hi2 und Hi3) einzustellen.

10 Data header gas-metal arc brazing

10.1 Description of data header according to SEP 1220-1

To obtain an unambiguous identification of the specimens, the specimen name is assigned according to the following characteristics. The data header that relates to the investigated material is described in SEP 1220-1.

The superordinate characteristic for gas metal arc brazing, described in this SEP, is J_00983.

10.2 Characteristic “Wire feed speed $v_{D_{\min}}$, $v_{D_{\max}}$, v_{DLME} ”

In Addition to the characteristics defined in SEP 1220-1, the characteristic “Wire feed speed” is introduced.

The characteristic is used to indicate the applied setting of the wire feed speed: lower ($v_{D_{\min}}$) or upper ($v_{D_{\max}}$) quality limit.

The v_{DLME} parameter is used to identify the wire feed speed used for the liquid metal embrittlement test. Three different wire feed speeds are determined to achieve the required heat inputs (HI1, HI2 and HI3)

Beispiel:

J_00973_A_DP_DC04_ZE_SUP_PC_042_V01_R01_17_VDLME

10.3 Merkmal „Kennzeichnung des Parallelversuches (a-e)“

Das Merkmal dient zur Kennzeichnung des jeweiligen Parallelversuchs.

Beispiel:

(z. B.: J_00983_A_SZ_DCO4_ZE_TSG_PC_021_V01_R01_001_VDMIN_b)

10.4 Merkmal „Kennzeichnung der Proben Seite (OS, US)“

Das Merkmal dient zur Kennzeichnung der Proben Seite. Die dem Lichtbogen zugewandte Seite entspricht der Oberseite (OS), die vom Lichtbogen abgewandte Seite entspricht der Unterseite (US) der Probe.

Beispiel:

J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_OS

10.5 Merkmal Sichtprüfung „Kennzeichnung der Probenart (K, H)“

Das Merkmal dient zur Kennzeichnung der Probenart bei der Sichtprüfung der Löt n ä h t e mit der Verbindungsart 020.

K = Kop f z u g p r o b e,
H = H - P r o b e.

Beispiel:

J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_H_US

10.6 Merkmal Bruchverhalten „Kennzeichnung der Aufnahme der gebrochenen Naht (U, S, F)“

Das Merkmal dient zur Kennzeichnung der Aufnahme bei den im Scherzugversuch geprüften Löt n ä h t e n mit der Verbindungsart 021 und 022.

U = Ü b e r s i c h t s a u f n a h m e,
S = S e i t e n a n s i c h t,
F = B r u c h f l ä c h e.

Beispiel:

J_00973_A_SZ_DCO4_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_U

Example:

J_00973_A_DP_DC04_ZE_SUP_PC_042_V01_R01_17_VDLME

10.3 Characteristic 'Designation of the parallel tests (a-e)'

The characteristic serves to designate relevant parallel tests.

Example:

(for example: J_00983_A_SZ_DCO4_ZE_TSG_PC_021_V01_R01_001_VDMIN_b)

10.4 Characteristic 'Designation of the specimen surface (OS, US)'

This characteristic is used to identify the specimen side. The side facing the arc corresponds to the top side (OS), the side facing away from the arc corresponds to the bottom side (US) of the specimen.

Example:

J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_OS

10.5 Characteristic visual testing 'Designation of specimen type (K, H)'

This characteristic is used to identify the specimen type during visual testing of brazed seams of joint type 020.

K = c r o s s t e n s i o n s p e c i m e n,
H = H s p e c i m e n.

Example:

J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_H_US

10.6 Characteristic Fracture Behaviour 'Designation of the photograph of the fractured seam (U, S, F)'

This characteristic is used to identify the photograph of brazed joints tested in a tensile shear test with joint types 021 and 022.

U = o v e r v i e w p i c t u r e,
S = s i d e v i e w,
F = f r a c t u r e s u r f a c e

Example:

J_00973_A_SZ_DCO4_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_U

11 Normative Verweise

Die folgenden referenzierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie unentbehrlich. Bei undatierten Verweisungen gilt die jeweils neueste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

SEP 1220-1 Prüf- und Dokumentationsrichtlinie für die Fügeignung von Feinblechen aus Stahl – Teil 1: Allgemeine Angaben

DIN EN ISO 4063 Schweißen, Hartlöten, Weichlöten und Schneiden – Liste der Prozesse und Ordnungsnummern

DIN EN 5579 Zerstörungsfreie Prüfung – Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen – Grundlagen

DIN EN ISO 24373 Schweißzusätze – Massivdrähte und -stäbe zum Schmelzschweißen von Kupfer und Kupferlegierungen – Einteilung

DIN EN ISO 14175 Schweißzusätze – Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse

DIN EN ISO 5817 Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten

DIN EN ISO 18592 Widerstandsschweißen – Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen – Verfahren zur Schwingfestigkeitsprüfung von Mehrpunktproben

DIN EN ISO 14272 Probenmaße und Verfahren für die Kopfzugprüfung an Widerstandspunkt- und Buckelschweißungen mit geprägten Buckeln

DIN EN ISO 14273 Probenmaße und Durchführung für die Scherzugprüfung an Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißungen mit geprägten Buckeln

DIN EN ISO 17636-1 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen

11 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this guideline. For dated references only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendment) applies.

SEP 1220-1 Testing and Documentation Guideline for the Joinability of thin sheet of steel – Part 1: General specifications

EN ISO 4063 Welding, brazing, soldering and cutting – Nomenclature of processes and reference numbers

EN ISO 5579 Non-destructive testing – Radiographic testing of metallic materials using film and X- or gamma rays – Basic rules

EN ISO 24373 Welding consumables – Solid wires and rods for fusion welding of copper and copper alloys – Classification

EN ISO 14175 Welding consumables – Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes

EN ISO 5817 Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections

EN ISO 18592 Resistance welding – Destructive testing of welds – Method for the fatigue testing of multi-spot-welded specimens

EN ISO 14272 Specimen dimensions and procedure for cross tension testing resistance spot and embossed projection welds

EN ISO 14273 Specimens dimensions and procedure for testing resistance spot, seam and embossed projection welds

EN ISO 17636-1 Non destructive testing of welds – Radiographic testing – Part 1: X- and gamma-ray techniques with film

DIN EN ISO 14096-1 Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung von Röntgenfilm-Digitalisierungssystemen – Teil 1: Definitionen, quantitative Messung von Bildqualitätsparametern, Standard-Referenzfilm und Qualitätssicherung;	EN ISO 14096-1 Non-destructive testing – Qualification of radiographic film digitisation systems – Part 1 Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control
DIN EN ISO 14096-2 Zerstörungsfreie Prüfung – Qualifizierung von Röntgenfilm-Digitalisierungssystemen – Teil 2: Mindestanforderungen; Deutsche Fassung	EN ISO 14096-2 Non-destructive testing – Qualification of radiographic film digitisation systems – Part 2: Minimum requirements
DIN EN ISO 19232-1 Zerstörungsfreie Prüfung – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper	EN ISO 19232-1 Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 1: Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators
DIN EN ISO 19232-2 Zerstörungsfreie Prüfung – Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen – Teil 2: Ermittlung der Bildgütezahl mit Stufe/Loch-Typ-Bildgüteprüfkörper	DIN EN ISO 19232-2 Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 2: Determination of the image quality value using step/hole-type image quality indicators
DIN EN ISO 11699-1 Zerstörungsfreie Prüfung – Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung – Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung	EN ISO 11699-1 Non-destructive testing – Industrial radiographic films – Part 1: Classification of film systems for industrial radiography
DIN EN 16371-2 Zerstörungsfreie Prüfung – Industrielle Computer-Radiographie mit Phosphor-Speicherfolien – Teil 2: Grundlagen für die Prüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen	EN ISO 16371-2 Non-destructive testing – Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates – Part 2: General principles for testing of metallic materials using X-rays and gamma rays
DIN EN ISO 17639 Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Makroskopische und mikroskopische Untersuchungen von Schweißnähten	EN ISO 17639: Destructive tests on welds in metallic materials – Macroscopic and microscopic examination of welds (ISO 17639:2022)
DIN EN ISO 6507-1 Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Vickers – Teil 1: Prüfverfahren	EN ISO 6507-1 Metallic materials – Vickers hardness test – Part 1: Test method
Merkblatt DVS 2916-1 Prüfen von Widerstandsschweißverbindungen – Zerstörende Prüfung, quasistatisch	Technical bulletin DVS 2916-1 Testing of resistance welded joints – Destructive testing, quasi static

12 Anhang**12.1 Tabellen****12 Annex****12.1 Tables****Tabelle 1:** Zusammenfassung der Prüfungen, Prüfablauf

Aufgabe	Abschn.	Bes.	Aktion	Proben- maße	Löt- / Prüfbedingungen	Anzahl
Allgemeine experimentelle Bedingungen	4	–	–	–	Lötzusatz: CuSi3Mn1 (Cu6560, 2.1461) für Feinblech mit Zugfestigkeit ≤ 500 MPa Lötzusatz: CuAl7 (Cu6100, 2.0921) oder CuSi3Mn1 (Cu6560, 2.1461) für Feinblech mit Zugfestigkeit > 500 MPa Kurz-Lichtbogen (alternativ: Impuls-Lichtbogen) Düsen-Dmr. 16–22 mm Schutzgas: I1 Schutzgasstrom: 10–16 l/min Lötposition: PB Blech 1 ist eingespannt mit einem Mindestabstand von 14 mm zum Spannbügel Beschichtung dem Brenner zugewandt bei einseitig beschichtetem Blech Technischer Nullspalt (alternativ: 0,3 mm) Brenner-Anstellung: $0^\circ - 15^\circ$ schiebend Brennerwinkel: $20^\circ - 35^\circ$ Abstand zur Kante: 1,0 mm Stick-out : 10 x Draht-Dmr. Lötgeschwindigkeit: 500 mm/min Steppnaht: programmierte Nahtlänge	
Ermittlung der unteren Qualitäts-grenze v_{Dmin}	5.1.1	–	Lötproben-Herstellung	Länge 500mm	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung; Lötnahtlänge 480 mm; 5 Steppnähte je 80 mm; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; Variation des Draht-Vorschubs in Schritten von 0,2 m/min (verfeinert 0,1 m/min); v_{Dmin} ist der kleinste Draht-vorschub für spritzerarme und porenfreie Nähte bei stabilem Lichtbogen mit max. 10 % Aufschmelzung am Unterblech	so viele wie nötig
	6.2.1	–	Sichtprüfung			alle
Ermittlung der oberen Qualitäts-grenze v_{Dmax}	5.1.2	–	Lötproben-Herstellung	Länge 500mm	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung; Lötnahtlänge 480 mm; 5 Steppnähte je 80 mm; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; Variation des Draht-Vorschubs in Schritten von 0,2 m/min (verfeinert 0,1 m/min); v_{Dmax} ist der größte Draht-vorschub für spritzerarme und porenfreie Nähte bei stabilem Lichtbogen mit max. 10 % Aufschmelzung am Unterblech	so viele wie nötig
	6.2.1	–	Sichtprüfung			alle
Löten von durchgehenden Überlapp-Verbindungen an der unteren Qualitäts-grenze	6.1.1	–	Lötproben-Herstellung	500 x ca.120 mm* (Walz-richtung)	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung; Lötnahtlänge 480 mm durchgehend; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$ (ggf. anpassen)	5
	6.2.1	–	Sichtprüfung		Bewertung möglicher Unregelmäßigkeiten	alle
	6.2.2	–	Durchstrahlungs-prüfung		digital oder analog, Anzeigen klassifizieren nach DIN EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Querschleife		S1 + S4 from aus einer Naht	2
	6.3.6	–	Härteprüfung		an Schliff-Positionen S1 und S4; HV1	2
	6.3.1	–	quasistat. Scherzug-Prüfung	45 mm Breite	Probe aus einer Naht	5
	6.3.4	auf Anfrage	dynamische Scherzug-Prüfung	45 mm Breite	auf Anfrage	

Aufgabe	Abschn.	Bes.	Aktion	Proben- maße	Löt- / Prüfbedingungen	Anzahl
Löten von durch- gehenden Über- lapp-Verbindun- gen an der oberen Qualitätsgrenze	6.1.1	–	Lötproben- Herstellung	500 x ca.120 mm*	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung; Lötnahtlänge 480 mm durchgehend; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$ (ggf. anpassen)	5
	6.2.1	–	Sichtprüfung		Bewertung möglicher Unregelmäßigkeiten	alle
	6.2.2	–	Durchstrah- lungs- prüfung		digital oder analog, Anzeigen klassifizieren nach DIN EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Querschleife		S1 + S4 aus einer Naht	2
	6.3.6	–	Härteprüfung		an Schliff-Positionen S1 und S4; HV1;	2
	6.3.1	–	quasistat. Scherzug- Prüfung	45 mm Breite	Probe aus einer Naht	5
	6.3.4	auf Anfrage	Dynamic tensile shear test	45 mm Breite	auf Anfrage	
Löten von gesteppten Über- lapp-Verbindun- gen (Steppnaht) für die untere Qualitätsgrenze	6.1.2	–	Lötproben- Herstellung	500 x ca.120 mm*	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung Steppnaht mit 25 mm Einzelnahtlänge und je 20 mm Abstand; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$	5
	6.2.1	–	Sichtprüfung		Bewertung möglicher Unregelmäßigkeiten	alle
	6.2.2	–	Durchstrah- lungs- prüfung		digital oder analog, Anzeigen klassifizieren nach DIN EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Querschleife		S2 + S5 aus einer Naht	2
	6.3.6	–	Härteprüfung		an Schliff-Positionen S2 and S5, HV1	2
	6.3.1	–	Quasi-stat. Scherzug- Prüfung	45 mm Breite	Probe aus einer Naht	5
	6.3.4	auf Anfrage	dynamische Scherzug- Prüfung	45 mm Breite	auf Anfrage	
Löten von gesteppten Über- lapp-Verbindun- gen (Steppnaht) für die obere Qualitätsgrenze	6.1.2	–	Lötproben- Herstellung	500 x ca.120 mm*	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung Steppnaht mit 25 mm Einzelnahtlänge und je 20 mm Abstand; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$	5
	6.2.1	–	Sichtprüfung		Bewertung möglicher Unregelmäßigkeiten	alle
	6.2.2	–	Durchstrah- lungs- prüfung		digital oder analog, Anzeigen klassifizieren nach DIN EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Querschleife		S2 + S5 aus einer Naht	2
	6.3.6	–	Härteprüfung		an Schliff-Positionen S2 and S5, HV1	2
	6.3.1	–	Quasi-stat. Scherzug- Prüfung	45 mm Breite	Probe aus einer Naht	5
	6.3.4	auf Anfrage	dynamische Scherzug- Prüfung	45 mm Breite	auf Anfrage	

Aufgabe	Abschn.	Bes.	Aktion	Proben- maße	Löt- / Prüfbedingungen	Anzahl
Löten von Kopfzugproben	6.1.3	–	Lötproben- Herstellung	50 x 150 mm, Lang- loch, 25 mm lang	2 Lötnahte mit je 15 mm Länge parallel zu den Langloch-Kanten; Nullspalt; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$ (ggf. anpassen in Schritten von 0,1 m/min)	6
	6.2.1	–	Sichtprüfung		Bewertung möglicher Unregelmäßigkeiten	all
	6.2.2	–	Durchstrah- lungs- prüfung		digital oder analog, Anzeigen klassifizieren nach DIN EN ISO 5817	6
	6.3.2	–	Querschliffe		zusätzlich bei in der Durchstrahlungsprüfung festgestellten Unregelmäßigkeiten	1
	6.3.2	–	Quasi-stat. Kopfzug- Prüfung	Kopfzug- probe nach DIN EN ISO 14292		5
Löten von H-Proben wenn gefordert	6.1.4	auf Anfrage	Lötproben- Herstellung	H-Probe nach DIN EN ISO 18592	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; auf jeder Seite 5 Steppnaht mit 25 mm Einzelnahtlänge und je 15 mm Abstand; Randabstand 1. und 5. Naht: 7,5 mm; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D =$ v_{Dmin} (ggf. anpassen in Schritten von 0,1 m/min)	12
	6.2.1		Sichtprüfung			alle
	6.2.2		Durchstrah- lungsprü- fung		erste und letzte H-Probe; aufhaben als Rückstellmuster	2
	6.3.3		Zyklische Prüfung		nach DIN EN ISO 18592	10
LME sensitivity assessment	6.1.5	–	Lötproben- Herstellung	500 x ca.120 mm*	Kehlnaht am Überlappstoß; Nullspalt; 16 mm Überlappung Steppnaht mit 25 mm Einzelnahtlänge und je 20 mm Abstand; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; 3 Energieeinträge HI1, HI2, HI3; 7–9 s Wartezeit zwischen den Steppnähten	3
	6.2.2	–	Durchstrah- lungsprü- fung			alle
	6.3.2	–	Querschliffe		nur Steppnaht 5 bei jedem Energieeintrag	3
	6.2.2.2	–	Riss-Doku- mentation		Alle Risse müssen gezählt und dokumentiert werden	alle
Lötrissprobe	Bild 17		Lötproben- Herstellung	200 mm Naht- länge, innerer Biege- radius $r = 2t$ nach DIN EN ISO 18592	Kehlnaht am Bördelstoß; Nullspalt; Lötnahtlänge 200 mm; Lötgeschwindigkeit = 0,5 m/min; $v_D = v_{Dmax}$	0
			Sichtprüfung			0
			Querschliffe		am Nahtanfang (15 mm von der Kante), Nahtmitte, Nahtende (15 mm von der Kante)	0

Bemerkung

*) kurze Kante kann für Scherzugprüfung (freie Einspannlänge = 95 mm) angepasst werden

Table 1: Summary of tests, test procedure

Task	Clause	Specificity	Action	Sample size	Brazing / Test conditions	Number
General experi- mental conditions	4	–	–	–	Brazing filler material : CuSi3Mn1 (Cu6560, 2.1461) for thin steel sheet with a tensile strength ≤ 500 MPa Brazing filler material : CuAl7 (Cu6100, 2.0921) or CuSi3Mn1 (Cu6560, 2.1461) for thin steel sheet with a tensile strength > 500 MPa Short arc (alternatively pulsed arc) Nozzle diameter : 16–22 mm Shielding gas : I1 Shielding gas rate : 10–16 l/min	
					Brazing position : PB Sheet 1 is clamped with a minimum distance of 14 mm from the clamp Coating facing towards the torch with single-sided coated sheets Technical zero gap (alternatively 0.3 mm) Torch inclination : 0° to 15° pushing Torch angle : 20° to 35° Offset : 1,0 mm Stick-out : 10 x wire diameter Brazing speed : 500 mm/min Stitch length : programmed seam length	
Determination of the lower quality limit v_{Dmin}	5.1.1	–	Brazing of samples	Length 500 mm	Edge overlap weld; zero-gap; 16 mm overlap; Brazing seam length 480 mm; 5 stitches of 80 mm; brazing speed = 0.5 m/min; variation of wire speed in steps of 0.2 m/min (refinement 0.1 m/min); v_{Dmin} is the lowest wire speed at which spatter-free and pore-free seams at a stable arc are obtained;	as many as nec- essary
	6.2.1	–	Visual assessment			all
Determination of the upper quality limit v_{Dmax}	5.1.2	–	Brazing of samples	Length 500 mm	Edge overlap weld; zero-gap; 16 mm overlap; Brazing seam length 480 mm; 5 stitches of 80 mm; brazing speed = 0,5 m/min; variation of wire speed in steps of 0.2 m/min (refinement 0.1 m/min); v_{Dmax} is the highest wire speed at which spatter-free and pore-free seams at a stable arc are obtained with max. 10 % penetration in the lower sheet	as many as nec- essary
	6.2.1	–	Visual assessment			all
Brazing of con- tinuous overlap seam at the lower quality limit	6.1.1	–	Brazing of samples	500 x ca.120 mm* (= rolling direction)	Edge overlap weld; zero-gap; 16 mm overlap; Brazing seam length 480 mm continuous; brazing speed = 0.5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$ (adapt if necessary)	5
	6.2.1	–	Visual assessment		evaluation of possible imperfections	all
	6.2.2	–	X-ray testing		digital or analogous, indications to be classified according to EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Cross sections		S1 + S4 from a single brazing seam	2
	6.3.6	–	Hardness testing		of cross section at locations S1 and S4; HV1	2
	6.3.1	–	Quasistatic tensile shear test	45 mm width	test specimen from a single brazing seam	5
	6.3.4	On request	Dynamic tensile shear test	45 mm width	if requested	

Task	Clause	Specificity	Action	Sample size	Brazing / Test conditions	Number
Brazing of continuous overlap seam at the upper quality limit	6.1.1	–	Brazing of samples	500 x ca.120 mm*	Edge overlap seam zero-gap; 16 mm overlap; Brazing seam length 480 mm continuous; brazing speed = 0.5 m/min; $v_D = v_{Dmax}$ (adapt if necessary)	5
	6.2.1	–	Visual assessment		evaluation of possible imperfections	all
	6.2.2	–	X-ray testing		digital or analogous, indications to be classified according to EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Cross sections		S1 + S4 from a single brazing seam	2
	6.3.6	–	Hardness testing		of cross section at locations S1 + S4; HV1	2
	6.3.1	–	Quasistatic tensile shear test	45 mm width	Test specimen from a single brazing seam	5
	6.3.4	On request	Dynamic tensile shear test	45 mm width	if requested	
Brazing of stitched overlap seams at the lower quality limit	6.1.2	–	Brazing of samples	500 x ca.120 mm*	Edge overlap seam; zero-gap; 16 mm overlap. Stitched seam with 25 mm stitch length and 20 mm distance between the stitches; brazing speed = 0.5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$	5
	6.2.1	–	Visual assessment		evaluation of possible imperfections	all
	6.2.2	–	X-ray testing		digital or analogous, indications to be classified according to EN ISO 5817	3
	6.3.5	–	Cross sections		S2 + S5 from a single brazing seam	2
	6.3.6	–	Hardness testing		of cross sections S2 and S5, HV1	2
	6.3.1	–	Quasistatic tensile shear test	45 mm width	test specimen from a single brazing seam	5
	6.3.4	On request	Dynamic tensile shear test	45 mm width	if requested	
Brazing of stitched overlap seams at the upper quality limit	6.1.2	–	Brazing of samples	500 x ca.120 mm*	Edge overlap seam; zero-gap; 16 mm overlap. Stitched seam with 25mm stitch length and 20 mm distance between the stitches; brazing speed = 0.5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$	5
	6.2.1	–	Visual assessment		evaluation according imperfections	all
	6.2.2	–	X-ray testing			3
	6.3.5	–	Cross sections		S2 + S5 from a single brazing seam	2
	6.3.6	–	Hardness testing		of cross sections S2 and S5, HVX	2
	6.3.1	–	Quasistatic tensile shear test	45 mm width	test specimen from a single brazing seam	5
	6.3.4	On request	Dynamic tensile shear test	45 mm width	if requested	

Task	Clause	Specificity	Action	Sample size	Brazing / Test conditions	Number
Brazing of cross tensile specimen	6.1.3	–	Brazing of samples	50 x 150 mm, elongated hole of length = 25 mm	2 stitches of 15 mm length each, parallel to the elongated hole; zero-gap; brazing speed = 0.5 m/min; $v_D = v_{Dmin}$ (adapt if necessary in steps of 0.1 m/min)	6
	6.2.1	–	Visual assessment		evaluation according imperfections	all
	6.2.2	–	X-ray testing		digital or analogous, indications to be classified according to EN ISO 5817	6
	6.3.2	–	Cross sections		additionally defects from the X-ray analysis	1
	6.3.2	–	Quasistatic cross tensile test	Cross tensile specimen acc. EN ISO 14292		5
Brazing of H specimen when requested	6.1.4	On request	Brazing of samples	H-specimen according to EN ISO 18592	Edge overlap seam; zero-gap; on each side 5 stitches of 25 mm length each and 15 mm distance in between the stitches; edge distance 1st and 5th seam : 7.5 mm; $v_L = 0.5$ m/min; $v_D = v_{Dmin}$ (possibly adapt in step width 0.1 m/min)	12
	6.2.1		Visual assessment			all
	6.2.2		X-ray testing		first and last H-sample, which are samples in reserve as well	2
	6.3.3		Cyclic testing		according to EN ISO 18592	10
LME sensitivity assessment	6.1.5	–	Brazing of samples	500 x ca.120 mm*	Edge overlap seam; zero-gap; 16 mm overlap Stitched seam with 25 mm stitch length and 20 mm distance between the stitches; brazing speed = 0.5 m/min; 3 heat input levels HI1, HI2, HI3; 7 to 9 s holding time between the stitches	3
	6.2.2	–	X-ray testing			all
	6.3.2	–	Cross sections		only stitch 5 at each heat input level	3
	6.2.2.2	–	Crack docum.		All cracks must be quoted and documented	all
Flared V-groove test	Figure 17		Brazing of samples	200 mm seam length, inner bending radius $r = 2t$ acc. EN ISO 18592	Flared V-groove; zero-gap; brazing seam length 200 mm; brazing speed = 0.5 m/min; $v_D = v_{Dmax}$	0
			Visual assessment			0
			Cross sections		Start of brazing seam (15 mm from the edge), centre and end of the weld seam (15 mm from edge)	0

Remark

*) Dimension of short side may be adapted for shear tensile test (free clamping length = 95mm)

Tabelle 2: Versuchsbedingungen

Schutzgasart, Schutzgasmenge V_G [l/min]	I1 (Ar 4.6) 12 l/min
Zusatzwerkstoff, $d_D = 1,0\text{mm}$	Cu 6560 ($R_m \leq 500\text{ MPa}$) Cu 6100 ($R_m > 500\text{ MPa}$)
Brenneranstellung	stechend 10° bis / to 20°
Brennerneigung	20° bis / to 45°
Lötgeschwindigkeit v_L [m/min]	0,5 m/min
Lötposition	PB

Table 2: Test conditions

Type of shielding gas Shielding gas rate V_G [l/min]	I1 (Ar 4.6) 12 l/min
Consumable, $d_D = 1,0\text{mm}$	Cu 6560 ($R_m \leq 500\text{ MPa}$) Cu 6100 ($R_m > 500\text{ MPa}$)
Torch inclination	pushing 10° bis / to 20°
Torch angle	20° bis / to 45°
Brazing velocity v_L [m/min]	0,5 m/min
Brazing position	PB

Tabelle 3: Beispielhafte Dokumentation der Sichtprüfung gelöteter Verbindungen

Untersuchungswerkstoff im Vergleich zur Referenz	
fotografische Dokumentation Oberseite	X
Löcher / Auswürfe / Poren	Weniger
Oberflächenrisse, Löttrisse	Gleich
Nahtüberhöhung	Keine
Lötspritzer	Mehr
Nahtschuppung	Weniger
Gleichmäßigkeit der Nahtoberfläche	Gleich
Schmauch und Verfärbungen	Mehr
Weitere Auffälligkeiten	Keine

*) Auswahl Referenzwerkstoff obliegt dem Werkstofflieferanten (vgl. Abschnitt 6.1.1); z. B. H340LAD+Z

Table 3: Example of documentation for visual inspection of brazed joints

Test material in comparison to reference	
Photographic documentation top side	X
Holes / ejections / pores	less
Surface cracks, brazing cracks	Equal
Excess braze	none
Brazing spatter	more
Scale	less
Homogeneity of seam surface	equal
Smooth and discolouring	more
Weitere Auffälligkeiten	none

*) Choice of reference material is up to the material supplier (comp. clause 6.1.1): e. g. H340LAD+Z

Nr. 0001/2010 Seite 1 von 2
No. Page of

Auftrag Nr.: Order No.:	Schweißverfahren: Weld process:
An Kunde: To Purchaser:	Nahtform: Type of weld:
Projekt: Project:	Werkstoff: Material:
Komponente: Component:	Wärmebeh. Zust.: State of heat treatment:
Bauteil: Part:	Fabr.-Nr.: Fabr.-No.:
Zeichnungs Nr.: Drawing No.:	Prüfungsfang: Scope of Examination:

RÖNTGENPRÜFUNG RADIOGRAPHIC EXAMINATION

K-Spec. Nr.: P-Spec.No.:		Prüfanweisung: NDT-Procedure:	
Prüfvorschrift: NDT-Specification:		Filmtyp: Type of film:	
Strahlenquelle: Source:		Folien: vorne / hinten Screen: front / back	
Format / Brennfleck: Size / Focal spot:	Energie / Spannung: Energy / Voltage:	Aktivität / Strom: Activity / Current:	

1) nach / according to DIN EN 1435

Kurzzeichen nach / Symbols according to ÖNORM EN ISO 6520-1

[illegible]

Tabelle 5

Steppnaht-Nr.	Riss-Nr.	Risslänge	Orientierung (längs oder quer zur Naht)

Table 5

Stitch number	Crack number	Crack length	Orientation (longitudinal or transversal)

12.2 Bilder

12.2 Figures

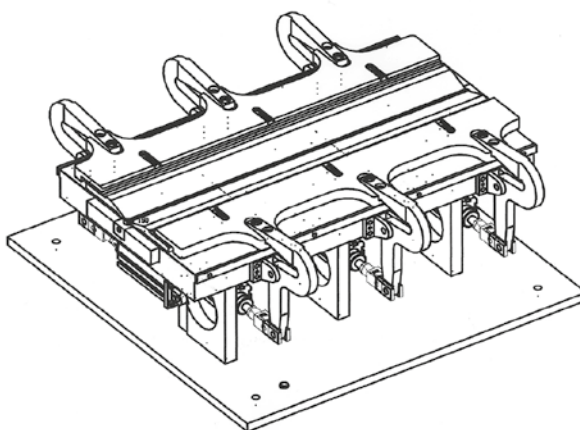
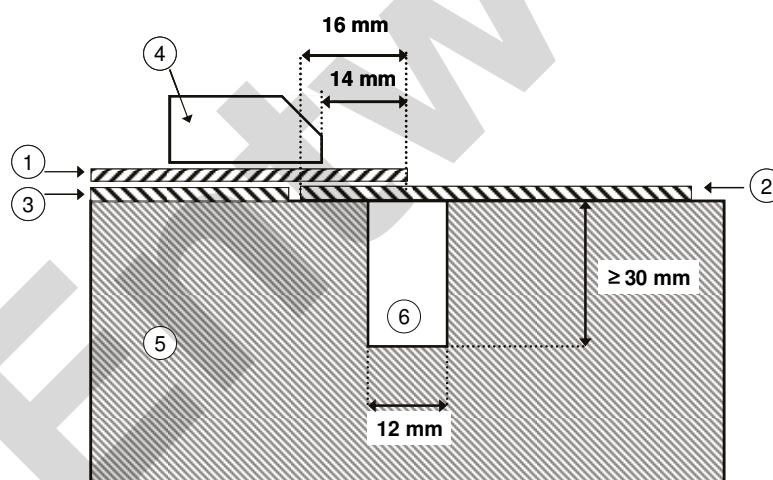


Bild 1: Schematische Darstellung einer Spannvorrichtung zum MIG-Löten

Figure 1: Schematic drawing of a clamping device for Gas Metal Arc Brazing

(Bezugsquelle: voestalpine Stahl GmbH, Abteilung B4M – Mechanisch Technisches Zentrum, voestalpine-Str. 3, A-4020 Linz; Zeichnungsnummer PUDF.LSV-01000 mit Nachrüstsatz PUDF.LSV-01016)



1	Oberblech / Upper sheet
2	Unterblech / Lower sheet
3	Ausgleichblech / shim plate
4	Spannbacken / Clamps
5	Grundkörper / Base
6	Nut / Groove

Bild 2: Schematische Darstellung der Einspannung

Figure 2: Schematic drawing of the clamping device

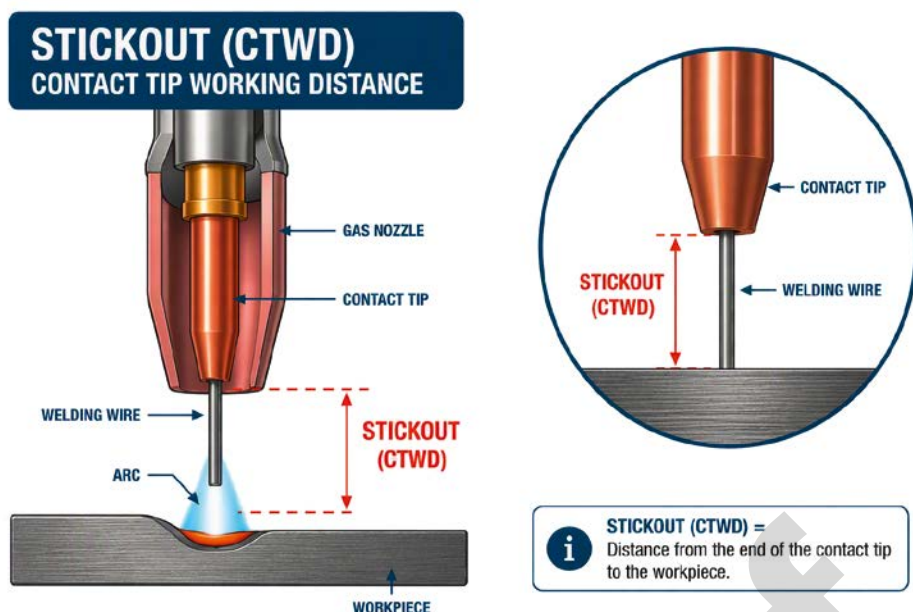


Bild 3: Stick-out
(Quelle: ...)

Bild 3: Stick-out (CTWD)
(source: ...)

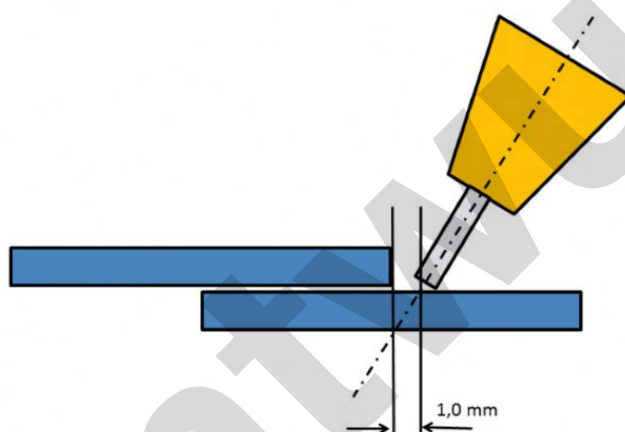


Bild 4: Abstand des Drahts zur Kante

Bild 4: Offset of the wire to the edge

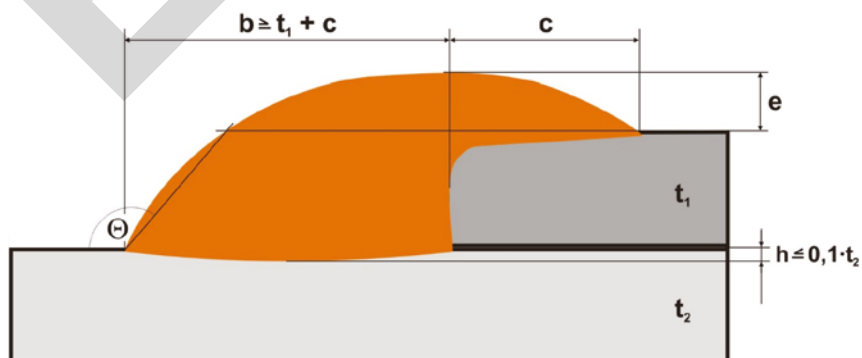


Bild 5: Nahtgeometrie (b = Benetzung des Unterblechs, t = Blechdicke, e = Nahtüberhöhung, h = Spalt, c = Benetzung des Oberblechs)

Figure 5: Brazing seam geometry (b = wetting of lower sheet, t = sheet thickness, e = excess braze, h = gap, c = wetting of upper sheet)

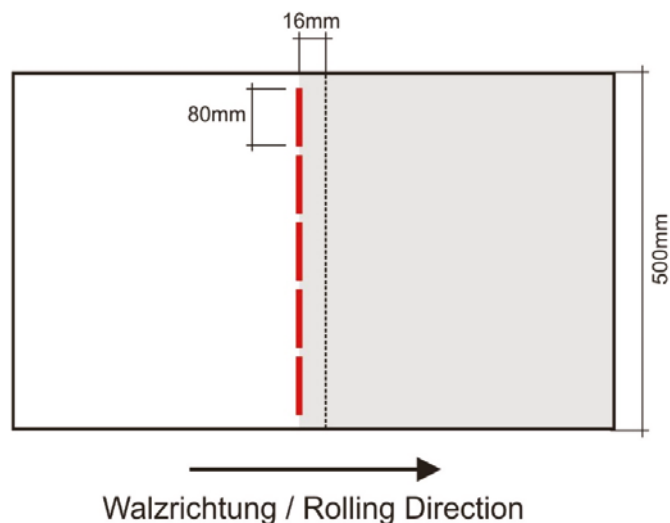
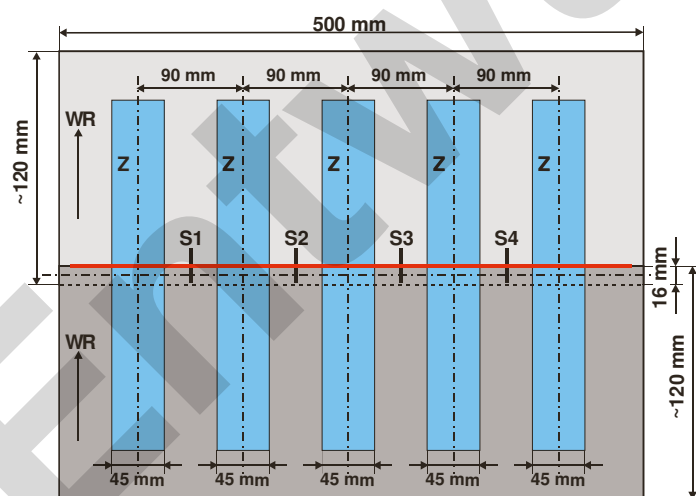


Bild 6: Probenform für die Ermittlung der Qualitätsgrenzen, Kehlnaht am Überlappstoß

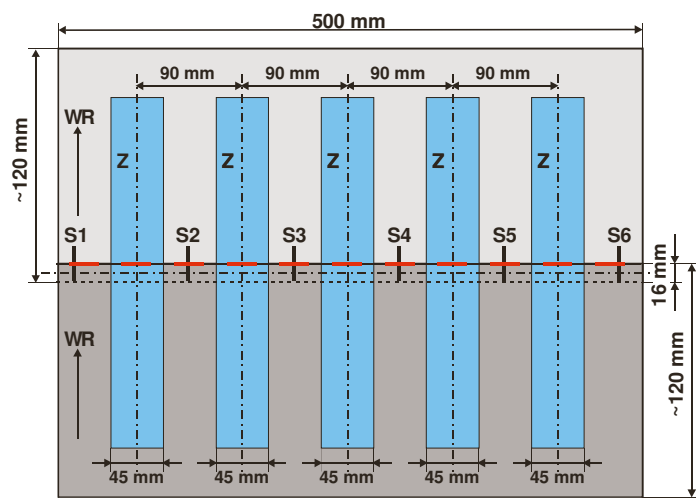
Figure 6: Sample shape for determination of the quality limits, fillet lap joint



Z: Scherzugprobe; tensile shear specimen
S1 – S4: Schliffprobe; cross section specimen
WR: Walzrichtung; rolling direction

Bild 7: Probenentnahmeplan für durchgehende Löttnähte

Figure 7: Sketch of sampling for continuous brazed seams



Z: Scherzugprobe; shear tensile specimen
 S1 – S6: Schliffprobe; cross section specimen
 WR: Walzrichtung; rolling direction

Bild 8: Probenentnahmeplan für Steppnähte

Figure 8: Sketch of sampling for stitched seams

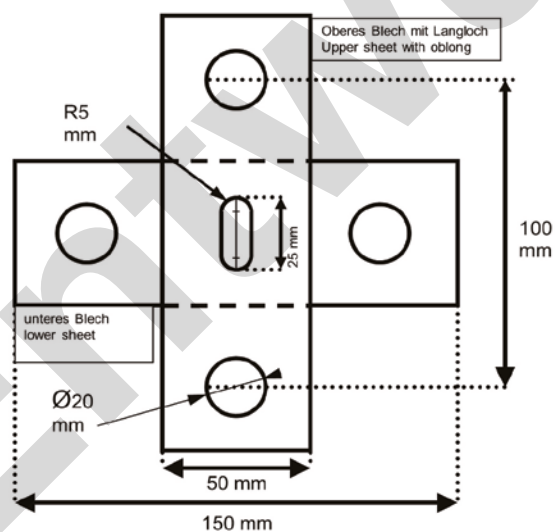
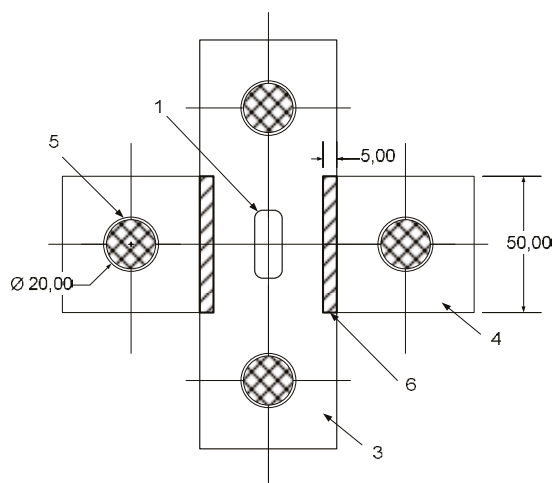


Bild 9: Abmessungen der Kopfzugprobe

Figure 9: Dimensions of cross tensile specimen



- 1: Lötnaht / braze seam
- 2: Walzrichtung / rolling direction
- 3: oberes Blech / upper sheet
- 4: unteres Blech / lower sheet
- 5: Bolzen auf Spannvorrichtung zur Positionierung der Bleche (alternativ) / Stud on clamping device for alternative positioning of sheets
- 6: Auflagefläche für Spannelemente der Spannvorrichtung / Contact area for clamp elements of the clamping device

Bild 10: Spannprinzip Kopfzugprobe zum MIG-Löten

Figure 10: Principle for clamping cross tensile specimen for gas-metal arc brazing

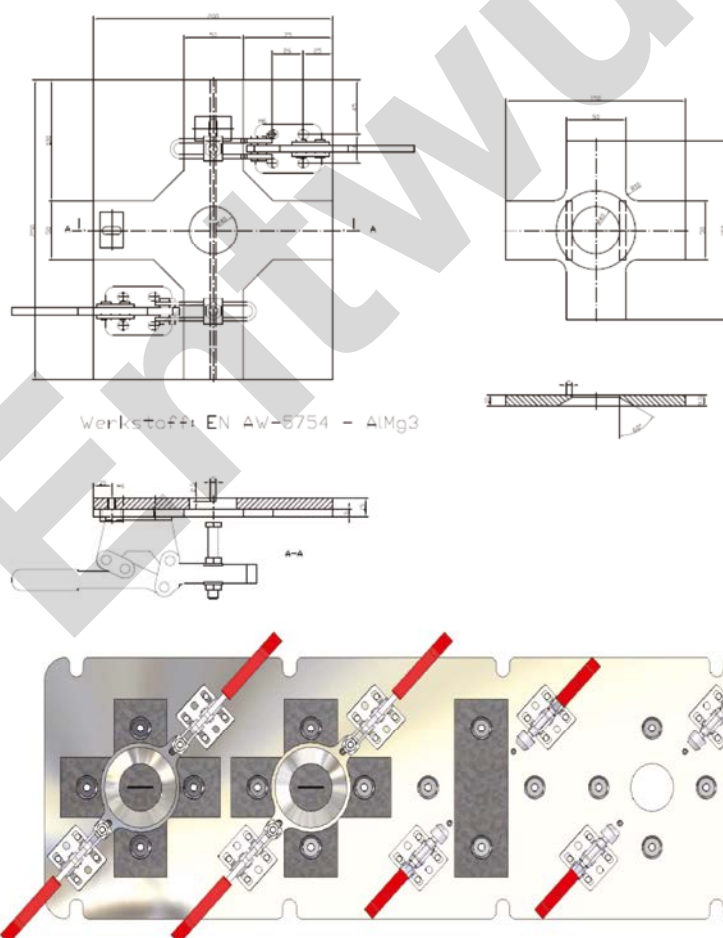


Bild 11: Spannvorrichtung zum Löten von Kopfzugproben

Figure 11: Clamping device for brazing cross tensile specimens

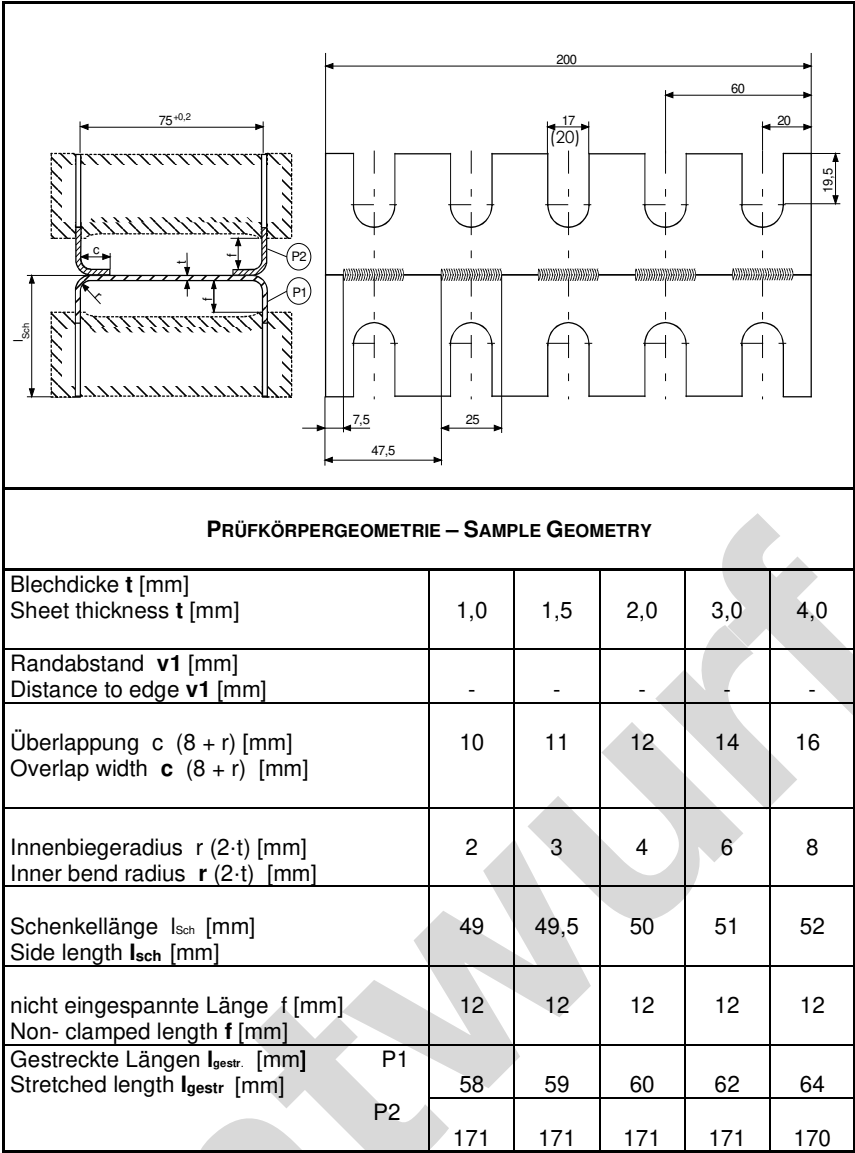


Bild 13: H-Schälzugprobe MIG-Löten, Steppnaht

Figure 13: H-peel specimen Gas Metal Arc Brazing, stitched seam

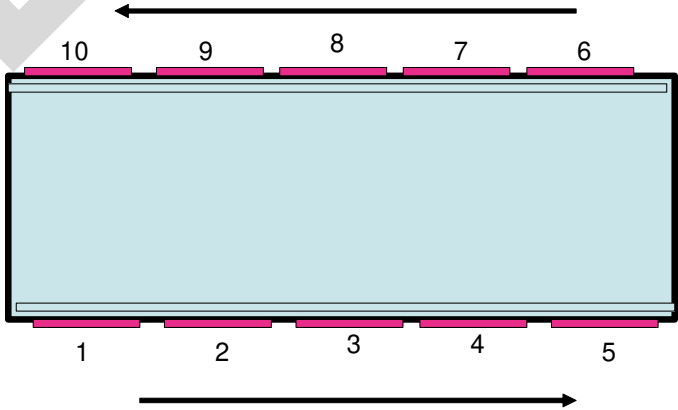
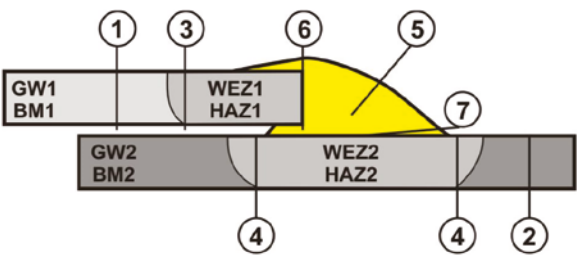


Bild 14: Nahtfolge beim MIG-Löten von H-Proben, Probendraufsicht

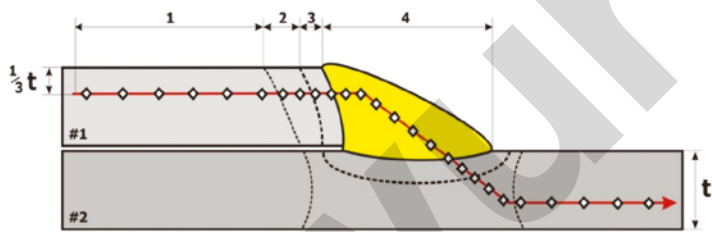
Figure 14: Joining sequence for gas-metal arc brazed H-specimens, top view



- Mögliche Bruchformen sind:
- 1. BMF_1: Bruch im GW (Grundwerkstoff) 1 / fracture in (BM) base metal 1
 - 2. BMF_2: Bruch im GW 2 / fracture in BM 2
 - 3. HAZF_1: Bruch in der WEZ von GW1 / fracture in HAZ of BM 1
 - 4. HAZF_2: Bruch in der WEZ von GW2 / fracture in HAZ of BM 2
 - 5. BF: Bruch im Lot / fracture in braze
 - 6. IF_1: Bruch im Übergang Lötnaht/WEZ 1 / interfacial fracture braze/HAZ 1
 - 7. IF_2: Bruch im Übergang Lötnaht/WEZ 2 / interfacial fracture braze/HAZ 2

Bild 15: Mögliche Bruchformen

Figure 15: Possible fracture modes



Bereich Area	Bezeichnung Description	Abstand Härteeindrücke Distance hardness indentations
1	Grundwerkstoff / Base Material	Lage und Mindestanzahl entsprechend Skizze
2	WEZ – Anlasszone / HAZ – annealed zone	Position and minimum number acc. to sketch
3	WEZ – Umwandlungszone (sichtbare WEZ) HAZ – transformation zone (visible HAZ)	
4	Lötgut / Braze Material	

Bild 16: Kleinkrafthärteprüfung am Querschnitt einer Lötnaht, Verlauf der Härte-Messspur

Figure 16: Small-force hardness testing on a cross section of a brazed seam, Hardness trajectory

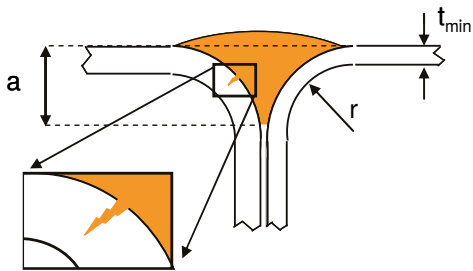


Bild 17: Lötversuch; Kehlnaht am Bördelstoß

Figure 17: Brazing crack specimen; Flared V-groove sample

12.3 Datenheader

Beispiel-Datenformat für den elektronischen Datenaustausch von Ergebnissen zum MIG-Löten.

Unterscheidung der Daten für gesteppte und durchgehende Naht nach SEP 1220-1,
Merkmal Verbindungsart:

020 = Kehlnaht am Überlappstoß (für Kopfzug- und H-Proben)

021 = Kehlnaht am Überlappstoß, durchgehend

022 = Kehlnaht am Überlappstoß, gesteppt

042 = Kehlnaht am abgesetzten Überlappstoß, gesteppt (später für LME-Test)

12.3.1 Werkstoffdaten

Siehe SEP 1220-1

12.3.2 Qualitätsgrenzen

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

ZUSATZWERKSTOFF

DRAHTDURCHMESSER_ZUSATZWERKSTOFF <mm>

SCHUTZGASART

SCHUTZGASMENGE <l/min>

BRENNERSTELLUNG <°>

BRENNER-ANSTELLWINKEL <°>

LOETANLAGE

HERSTELLERKENNNLINIE_UND_LICHTBOGENART

UNTERE_QUALITAETSGRENZE_VDMIN <m/min>

SCHWEISSSTROM_VDMIN <A>

SCHWEISSSPANNUNG_VDMIN <V>

OBERE_QUALITAETSGRENZE_VDMAX <m/min>

SCHWEISSSTROM_VDMAX <A>

SCHWEISSSPANNUNG_VDMAX <V>

TECHNISCHER_NULLSPALT

SPANNVORRICHTUNG <jpg>

12.3 Datenheader**12.3.1 Material data**

See SEP 1220-1

12.3.2 Quality limits

= J_00973_A_Q_DC04_ZE_SUP_
PC_022_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= QUALITAETSGRENZEN

= 02.05.2026

= SUP

= Name

=

= CU6560

= 1

= Argon 4.6

= 12

= 10

= 25

= TPSi400 LSC (Fronius)

= 2635

= 4.2

= 82

= 17.2

= 5.6

= 96

= 18.3

= 0.0

= J_00973_A_Q_DC04_ZE_SUP_
PC_022_V01_R01_17.jpg

12.3.3 Scherzugprüfung

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

VDMIN <m/min>

VDMAX <m/min>

12.3.3 Tensile shear test

= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_
PC_021_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= SCHERZUG

= 16.05.2026

= SUP

= Name

=

= 4.2

= 5.6

ANZAHL_PROBEN_VDMIN	= 5
ANZAHL_PROBEN_VDMAX	= 5
TRENNVERFAHREN	= erodiert
UEBERSICHTSAUFNAHME_BRUCHVERHALTEN_VDMIN <jpg>	= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_U.jpg
SEITENANSICHT_BRUCHVERHALTEN_VDMIN <jpg>	= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_S.jpg
BRUCHFLAECHE_BRUCHVERHALTEN_VDMIN <jpg>	= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_F.jpg
UEBERSICHTSAUFNAHME_BRUCHVERHALTEN_VDMAX <jpg>	= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_U.jpg
SEITENANSICHT_BRUCHVERHALTEN_VDMAX <jpg>	= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_S.jpg
BRUCHFLAECHE_BRUCHVERHALTEN_VDMAX <jpg>	= J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_F.jpg

BEGINN SCHERZUGWERTE_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; FMAX <N>; SFMAX <mm>; WFMAX <Nm>; F0,3FMAX <N>; SF0,3MAX <mm>; WF0,3FMAX <Nm>; BRUCHART; MESSDATEI

1; SZ_21_VDMIN_1; 2935.6; 3.6; 5.1; 1347.5; 3.6; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_a.txt
 2; SZ_21_VDMIN_2; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_b.txt
 3; SZ_21_VDMIN_3; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_c.txt
 4; SZ_21_VDMIN_4; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_d.txt
 5; SZ_21_VDMIN_5; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_e.txt

BEGINN SCHERZUGWERTE_VDMAX

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; FMAX <N>; SFMAX <mm>; WFMAX <Nm>; F0,3FMAX <N>; SF0,3MAX <mm>; WF0,3FMAX <Nm>; BRUCHART; MESSDATEI

1; SZ_21_VDMAX_1; 2935.6; 3.6; 5.1; 1347.5; 3.6; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_a.txt
 2; SZ_21_VDMAX_2; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_b.txt
 3; SZ_21_VDMAX_3; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_c.txt
 4; SZ_21_VDMAX_4; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_d.txt
 5; SZ_21_VDMAX_5; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;
 J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_e.txt

J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17 = je 5 weitere Scherzugproben bei VDMIN und VDMAX mit Kehlnaht am Überlappstoß, gesteppt (Verbindungsart 022)

12.3.4 Scherzugwerte-Datei**12.3.4 Tensile shear curve data**

PROBENIDENTNUMMER = J_00973_A_SZ_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_a

BEGINN DATEN

WEG <mm>; KRAFT <N>

0.002; 41.553

0.006; 43.066

0.017; 58.929

0.024; 62.978

0.030; 71.628

...;...

39.614; 101.91

12.3.5 Kopfzugprüfung**12.3.5 Cross tension test**

PROBENIDENTNUMMER

= J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_
PC_020_V01_R01_17

VERFAHREN

= MIG-LOETEN 00973

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

= 26_005

PRUEFUNG

= KOPFZUG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

= 17.05.2026

PRUEFSTELLE

= SUP

PRUEFER

= Name

BEMERKUNG

=

VDMIN <m/min>

= 4.2

ANZAHL_PROBEN_VDMIN

= 5

UEBERSICHTSAUFNAHME_BRUCHVERHALTEN_VDMIN <jpg> =
J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN.jpg

BEGINN KOPFZUGWERTE_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; FMAX <N>; SFMAX <mm>; WFMAX <Nm>;
F0,3FMAX <N>; SF0,3MAX <mm>; WF0,3FMAX <Nm>; BRUCHART; MESSDATEI

1; KZ_20_VDMIN_1; 2935.6; 3.6; 5.1; 1347.5; 3.6; IF 1;

J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_a.txt

2; KZ_20_VDMIN_2; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;

J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_b.txt

3; KZ_20_VDMIN_3; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF 1;

J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_c.txt

4; KZ_20_VDMIN_4; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF 1;

J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_d.txt

5; KZ_20_VDMIN_5; 2565.2; 3.4; 4.1; 2565.2; 3.4; IF_1;

J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_e.txt

12.3.6 Kopfzugwerte-Datei**12.3.6 Cross tension curve data**

PROBENIDENTNUMMER = J_00973_A_KZ_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN_a

BEGINN DATEN

WEG <mm>; KRAFT <N>

0.002; 28.553

0.005; 33.056

0.027; 48.931

0.034; 58.278

0.045; 69.356

...;...

68.726; 13.801

12.3.7 Schliffbilder**12.3.7 Metallographic cross section****12.3.7.1 Schliffbilder Naht 021/022****12.3.7.1 Metallographic cross section joint 021/022**

PROBENIDENTNUMMER

= J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17

VERFAHREN

= MIG-LOETEN 00973

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

= 26_005

PRUEFUNG

= SCHLIFFBILDER

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

= 02.06.2026

PRUEFSTELLE

= SUP

PRUEFER

= Name

BEMERKUNG

=

AETZMITTEL

= Nital 20:1

VDMIN <m/min>

= 4.2

VDMAX <m/min>

= 5.6

ANZAHL_SCHLIFFE_VDMIN

= 2

ANZAHL_SCHLIFFE_VDMAX

= 2

BEGINN SCHLIFFBILDER VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GEFUEGEBESTANDTEILE_GW;
GEFUEGEBESTANDTEILE_WEZ; GEFUEGEBESTANDTEILE_NAHT; BILDDATEI <jpg>

1; SB_21_VDMIN_1; Ferrit; Bainit+Martensit; Bainit+Martensit;

J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_a.jpg

2; SB_21_VDMIN_4; Ferrit; Bainit+Martensit; Bainit+Martensit;

J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMIN_b.jpg

BEGINN SCHLIFFBILDER VDMAX

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GEFUEGEBESTANDTEILE_GW;
GEFUEGEBESTANDTEILE_WEZ; GEFUEGEBESTANDTEILE_NAHT; BILDDATEI <jpg>

1; SB_21_VDMAX_1; Ferrit; Bainit+Martensit; Bainit+Martensit;

J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_a.jpg

2; SB_21_VDMAX_4; Ferrit; Bainit+Martensit; Bainit+Martensit;

J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_R01_17_VDMAX_b.jpg

**J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17 = je 2 weitere Schliffbilder an den
Schliffen S2 und S5 bei VDMIN und VDMAX mit Kehlnaht am Überlappstoß, gesteppt
(Verbindungsart 022)**

12.3.7.2 Schliffbilder Naht 020

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

AETZMITTEL

VDMIN <m/min>

ANZAHL_SCHLIFFE_VDMIN

12.3.7.2 Metallographic cross section joint 020= J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_
PC_020_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= SCHLIFFBILDER

= 02.06.2026

= SUP

= Name

=

= Nital 20:1

= 4.2

= 1

BEGINN_SCHLIFFBILDER_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDDATEI <jpg>

1; SB_20_VDMIN_1; J_00973_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_020_V01_R01_17_VDMIN.jpg

12.3.8 Härteprüfung

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

AETZMITTEL

VDMIN <m/min>

VDMAX <m/min>

ANZAHL_HAERTEPRUEFUNGEN_VDMIN

ANZAHL_HAERTEPRUEFUNGEN_VDMAX

12.3.8 Hardness test= J_00973_A_H_DC04_ZE_SUP_
PC_021_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= HAERTEPRUEFUNG

= 18.06.2026

= SUP

= Name

=

= Nital 20:1

= 4.2

= 5.6

= 2

= 2

BEGINN_HAERTEVERLAUF_VDMIN_1

MESSPUNKT <n>; X <mm>; Y <mm>; HAERTEWERT <HV>; LAGE

1; 0; 0; 145; BM1

2; 1; 0; 159; BM1

...; ...; ...; ...; ...;

38; 18.0; 0; 143; BM2

BEGINN_HAERTEVERLAUF_VDMIN_2

MESSPUNKT <n>; X <mm>; Y <mm>; HAERTEWERT <HV>; LAGE

1; 0; 0; 138; BM1

2; 1; 0; 142; BM1

...; ...; ...; ...; ...;

39; 18.2; 0; 141; BM2

BEGINN_HAERTEVERLAUF_VDMAX_1

MESSPUNKT <n>; X <mm>; Y <mm>; HAERTEWERT <HV>; LAGE

1; 0; 0; 148; BM1

2; 1; 0; 141; BM1

...; ...; ...; ...; ...;

37; 18.6; 0; 136; BM2

BEGINN_HAERTEVERLAUF_VDMAX_2

MESSPUNKT <n>; X <mm>; Y <mm>; HAERTEWERT <HV>; LAGE

1; 0; 0; 136; BM1

2; 1; 0; 139; BM1

...; ...; ...; ...; ...;

37; 17.8; 0; 138; BM2

J_00973_A_H_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17 = je 2 weitere Härteverläufe an den Schlifflen S2 und S5 bei VDMIN und VDMAX mit Kehlnaht am Überlappstoß, gesteppt (Verbindungsart 022)

12.3.9 Sichtprüfung**12.3.9 Visual test**
**12.3.9.1 Sichtprüfung der Proben (480 mm)
für Scherzug- und Schlißproben
mit durchgehender Überlappnaht**
**12.3.9.1 Visual test of specimen (480 mm)
for making tensile shear and cross
section specimen with continous
overlap seam**

PROBENIDENTNUMMER

= J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_
PC_021_V01_R01_17

VERFAHREN

= MIG-LOETEN 00973

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

= 26_005

PRUEFUNG

= SICHTPRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

= 02.05.2026

PRUEFSTELLE

= SUP

PRUEFER

= Name

BEMERKUNG

=

VDMIN <m/min>

= 4.2

VDMAX <m/min>

= 5.6

ANZAHL_PROBEN_VDMIN

= 5

ANZAHL_PROBEN_VDMAX

= 5

AUSGEWAELTE_DARSTELLUNG_EINER_SCHWEISSNAHTBILD_PROBENOBERVERSEITE_VDMIN <jpg> = J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_
R01_17_VDMIN_OS.jpgBILD_PROBENUNTERSEITE_VDMIN <jpg> = J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_
R01_17_VDMIN_US.jpgBILD_PROBENOBERVERSEITE_VDMAX <jpg> = J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_
R01_17_VDMAX_OS.jpgBILD_PROBENUNTERSEITE_VDMAX <jpg> = J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_PC_021_V01_
R01_17_VDMAX_US.jpg**Vorschlag Neu**

\$ PRUEFUNG AUF UNREGELMAESSIGKEITEN

\$ GLEICHMAESSIGE NAHT; SPRITZER; RISSE; HOHLRAEUME; BINDEFEEHLER;

SCHMAUCHSPUREN;

\$ 1 = JA; 0 = NEIN

BEGINN_SICHTPRUEFUNG_VDMINPROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GLEICHMAESSIGE_NAHT; SPRITZER; RISSE;
HOHLRAEUME; BINDEFEEHLER; SCHMAUCHSPUREN

1; NAHT_21_VDMIN_1; 1; 0; 0; 0; 0; 1

2; NAHT_21_VDMIN_2; 1; 0; 0; 0; 0; 1

3; NAHT_21_VDMIN_3; 1; 0; 0; 0; 0; 1

4; NAHT_21_VDMIN_4; 1; 0; 0; 0; 0; 1

5; NAHT_21_VDMIN_5; 1; 0; 0; 0; 0; 1

BEGINN SICHTPRUEFUNG_VDMAX

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GLEICHMAESSIGE_NAHT; SPRITZER; RISSE;
HOHLRAEUME; BINDEFehler; SCHMAUCHSPUREN

1; NAHT_21_VDMAX_1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
2; NAHT_21_VDMAX_2; 1; 0; 0; 0; 0; 1
3; NAHT_21_VDMAX_3; 1; 0; 0; 0; 0; 1
4; NAHT_21_VDMAX_4; 1; 0; 0; 0; 0; 1
5; NAHT_21_VDMAX_5; 1; 0; 0; 0; 0; 1

**12.3.9.2 Sichtprüfung der Proben für
Scherzug- und Schliffproben
mit gesteppter Kehlnaht am
Überlappstoß**

**12.3.9.2 Visual test of tensile shear
and cross section specimen
with stitched overlap seams**

Unabhängig von der Herstell-Methode (durchgehende Naht mit anschließendem Heraustrennen oder Direkt-Anfertigung von 11 Stück Einzelproben, siehe auch Bild 6) erfolgt hier die Dokumentation der Sichtprüfung aller Proben mit Steppnaht am Überlappstoß.

PROBENIDENTNUMMER	=	J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_
		PC_022_V01_R01_17
VERFAHREN	=	MIG-LOETEN 00973
VERSUCHSPROGRAMMNUMMER	=	26_005
PRUEFUNG	=	SICHTPRUEFUNG
PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>	=	02.05.2026
PRUEFSTELLE	=	SUP
PRUEFER	=	Name
BEMERKUNG	=	
VDMIN <m/min>	=	4.2
VDMAX <m/min>	=	5.6
ANZAHL_PROBEN_VDMIN	=	11
ANZAHL_PROBEN_VDMAX	=	11

Vorschlag Neu

\$ PRUEFUNG AUF UNREGELMAESSIGKEITEN

\$ GLEICHMAESSIGE_NAHT; SPRITZER; RISSE; HOHLRAEUME; BINDEFehler;
SCHMAUCHSPUREN;

\$ 1 = JA; 0 = NEIN

BEGINN SICHTPRUEFUNG_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GLEICHMAESSIGE_NAHT; SPRITZER; RISSE;
HOHLRAEUME; BINDEFehler; SCHMAUCHSPUREN

1; NAHT_22_VDMIN_S1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
2; NAHT_22_VDMIN_Z1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
3; NAHT_22_VDMIN_S2; 1; 0; 0; 0; 0; 1
4; NAHT_22_VDMIN_Z2; 1; 0; 0; 0; 0; 1
5; NAHT_22_VDMIN_S3; 1; 0; 0; 0; 0; 1
6; NAHT_22_VDMIN_Z3; 1; 0; 0; 0; 0; 1
7; NAHT_22_VDMIN_S4; 1; 0; 0; 0; 0; 1
8; NAHT_22_VDMIN_Z4; 1; 0; 0; 0; 0; 1
9; NAHT_22_VDMIN_S5; 1; 0; 0; 0; 0; 1
10; NAHT_22_VDMIN_Z5; 1; 0; 0; 0; 0; 1
11; NAHT_22_VDMIN_S6; 1; 0; 0; 0; 0; 1

BEGINN SICHTPRÜFUNG VDMAX

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GLEICHMAESSIGE_NAHT; SPRITZER; RISSE;
HOHLRAEUME; BINDEFehler; SCHMAUCHSPUREN

1; NAHT_22_VDMAX_S1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 2; NAHT_22_VDMAX_Z1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 3; NAHT_22_VDMAX_S2; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 4; NAHT_22_VDMAX_Z2; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 5; NAHT_22_VDMAX_S3; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 6; NAHT_22_VDMAX_Z3; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 7; NAHT_22_VDMAX_S4; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 8; NAHT_22_VDMAX_Z4; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 9; NAHT_22_VDMAX_S5; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 10; NAHT_22_VDMAX_Z5; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 11; NAHT_22_VDMAX_S6; 1; 0; 0; 0; 0; 1

12.3.9.3 Sichtprüfung der Kopfzug- und H-Proben

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

VD_KOPFZUG <m/min>

VD_H-PROBEN <m/min>

ANZAHL_PROBEN_KOPFZUG

ANZAHL_H-PROBEN

12.3.9.3 Visual test of cross tension and H-specimen

= J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_

PC_020_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= SICHTPRUEFUNG

= 02.05.2026

= SUP

= Name

= 4.2

= 4.2

= 6

= 12

AUSGEWAELTE DARSTELLUNG EINER SCHWEISSNAHT

BILD_PROBENOBERVERSEITE_KOPFZUG <jpg>

= J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_
PC_020_V01_R01_17_K_OS.jpg

BILD_PROBENUNTERSEITE_KOPFZUG <jpg>

= J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_
PC_020_V01_R01_17_K_US.jpg

BILD_PROBENOBERVERSEITE_H-PROBE <jpg>

= J_00973_A_SP_DC04_ZE_SUP_
PC_020_V01_R01_17_H_OS.jpg

Vorschlag Neu

\$ PRUEFUNG AUF UNREGELMAESSIGKEITEN

\$ GLEICHMAESSIGE NAHT; SPRITZER; RISSE; HOHLRAEUME; BINDEFehler;

SCHMAUCHSPUREN;

\$ 1 = JA; 0 = NEIN

BEGINN SICHTPRUEFUNG KOPFZUGPROBEN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GLEICHMAESSIGE NAHT; SPRITZER; RISSE;
HOHLRAEUME; BINDEFehler; SCHMAUCHSPUREN

1; KZ_20_VDMIN_1; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 2; KZ_20_VDMIN_2; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 3; KZ_20_VDMIN_3; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 4; KZ_20_VDMIN_4; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 5; KZ_20_VDMIN_5; 1; 0; 0; 0; 0; 1
 6; KZ_20_VDMIN_6; 1; 0; 0; 0; 0; 1

BEGINN SICHTPRUEFUNG H-PROBEN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GLEICHMAESSIGE NAHT; SPRITZER; RISSE;
HOHLRAEUME; BINDEFehler; SCHMAUCHSPUREN

1; H-PROBE_1; 1; 0; 0; 0; 0; 1

...;...;...;...;...;...;...

12; H-PROBE_12; 1; 0; 0; 0; 0; 1

12.3.10 Durchstrahlungsprüfung**12.3.10.1 Durchstrahlungsprüfung der Proben (480 mm) für Scherzug- und Schliffproben mit durchgehender Überlappnaht**

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

VDMIN <m/min>

VDMAX <m/min>

ANZAHL_PROBEN_VDMIN

ANZAHL_PROBEN_VDMAX

12.3.10 X-ray test**12.3.10.1 X-ray test of specimen (480 mm) for making tensile shear and cross section specimen with continous overlap seam**

= J_00973_A_DS_DC04_ZE_SUP_
PC_021_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= DURCHSTRAHLUNG

= 08.06.2026

= SUP

= Name

=

= 4.2

= 5.6

= 3

= 3

Anzahl Proben Stand Juni 2026: 3

Frage: nach welchen Kriterien werden die 3 # 5 Proben ausgewählt ?

weiterhin: sind die Prüfkriterien hierunter ausreichend ???

\$ Risse, Hohlräume, Bindefehler 1 = JA, 0 = NEIN

BEGINN DURCHSTRAHLUNGSPRUEFUNG_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDGUETEZAHl; RISSE; HOHLRAEUME;
BINDEFehler

1; NAHT_21_VDMIN_1; 18; 0; 1; 0

2; NAHT_21_VDMIN_2; 18; 0; 1; 0

3; NAHT_21_VDMIN_3; 18; 0; 1; 0

BEGINN DURCHSTRAHLUNGSPRUEFUNG_VDMAX

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDGUETEZAHl; RISSE; HOHLRAEUME;
BINDEFehler

1; NAHT_21_VDMAX_1; 18; 0; 1; 0

2; NAHT_21_VDMAX_2; 18; 0; 1; 0

3; NAHT_21_VDMAX_3; 18; 0; 1; 0

12.3.10.2 Durchstrahlungsprüfung der Proben für Scherzug- und Schliffproben mit gesteppter Kehlnaht am Überlappstoß

12.3.10.2 X-ray test for tensile shear and cross section specimen with stitched overlap seam

Unabhängig von der Herstell-Methode (durchgehende Naht mit anschließendem Heraustrennen oder Direkt-Anfertigung von 11 Stück Einzelproben, siehe auch Bild 6) erfolgt hier die Dokumentation der Durchstrahlungsprüfung aller Proben mit Steppnaht am Überlappstoß.

PROBENIDENTNUMMER	=	J_00973_A_DS_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17
VERFAHREN	=	MIG-LOETEN 00973
VERSUCHSPROGRAMMNUMMER	=	26_005
PRUEFUNG	=	DURCHSTRAHLUNGSPRUEFUNG
PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>	=	02.05.2026
PRUEFSTELLE	=	SUP
PRUEFER	=	Name
BEMERKUNG	=	
VDMIN <m/min>	=	4.2
VDMAX <m/min>	=	5.6
ANZAHL_PROBEN_VDMIN	=	11
ANZAHL_PROBEN_VDMAX	=	11
\$ PRUEFUNG AUF UNREGELMAESSIGKEITEN		
\$ RISSE; HOHLRAEUME; BINDEFEBLER		
\$ 1 = JA, 0 = NEIN		

BEGINN DURCHSTRAHLUNGSPRUEFUNG_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDGUETEZAHL; RISSE; HOHLRAEUME; BINDEFEBLER

1; NAHT_22_VDMIN_S1; 18; 1; 0; 1
 2; NAHT_22_VDMIN_Z1; 18; 1; 0; 1
 3; NAHT_22_VDMIN_S2; 18; 1; 0; 1
 4; NAHT_22_VDMIN_Z2; 18; 1; 0; 1
 5; NAHT_22_VDMIN_S3; 18; 1; 0; 1
 6; NAHT_22_VDMIN_Z3; 18; 1; 0; 1
 7; NAHT_22_VDMIN_S4; 18; 1; 0; 1
 8; NAHT_22_VDMIN_Z4; 18; 1; 0; 1
 9; NAHT_22_VDMIN_S5; 18; 1; 0; 1
 10; NAHT_22_VDMIN_Z5; 18; 1; 0; 1
 11; NAHT_22_VDMIN_S6; 18; 1; 0; 1

BEGINN DURCHSTRAHLUNGSPRUEFUNG_VDMAX

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDGUETEZAHL; RISSE; HOHLRAEUME; BINDEFEBLER

1; NAHT_22_VDMAX_S1; 18; 1; 0; 1
 2; NAHT_22_VDMAX_Z1; 18; 1; 0; 1
 3; NAHT_22_VDMAX_S2; 18; 1; 0; 1
 4; NAHT_22_VDMAX_Z2; 18; 1; 0; 1
 5; NAHT_22_VDMAX_S3; 18; 1; 0; 1
 6; NAHT_22_VDMAX_Z3; 18; 1; 0; 1
 7; NAHT_22_VDMAX_S4; 18; 1; 0; 1
 8; NAHT_22_VDMAX_Z4; 18; 1; 0; 1
 9; NAHT_22_VDMAX_S5; 18; 1; 0; 1
 10; NAHT_22_VDMAX_Z5; 18; 1; 0; 1
 11; NAHT_22_VDMAX_S6; 18; 1; 0; 1

12.3.10.3 Durchstrahlungsprüfung der Kopfzugproben und der H-Proben

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

VD_KOPFZUG <m/min>

VD_H-PROBEN <m/min>

ANZAHL_PROBEN_KOPFZUG

ANZAHL_H-PROBEN

\$ Risse, Hohlräume, Bindefehler 1 = JA, 0 = NEIN

12.3.10.3 X-ray test of cross tension specimens and H-specimens

= J_00973_A_DS_DC04_ZE_SUP_
PC_020_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= DURCHSTRAHLUNG

= 05.06.2026

= SUP

= NAME

=

= 4.2

= 4.2

= 6

= 2

BEGINN DURCHSTRAHLUNG KOPFZUGPROBEN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDGUETEZAHL; RISSE; HOHLRAEUME;
BINDEFehler

1; KZ_1; 18; 0; 1; 0

2; KZ_2; 18; 0; 1; 0

...;...;...;...;...;

5; KZ_5; 18; 0; 1; 0

6; KZ_6; 18; 0; 1; 0

BEGINN DURCHSTRAHLUNG H-PROBEN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDGUETEZAHL; RISSE; HOHLRAEUME;
BINDEFehler

1; H-PROBE_1; 18; 0; 1; 0

12; H-PROBE_12; 18; 0; 1; 0

12.3.10.4 Durchstrahlungsprüfung der LME-Proben

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

VD_LME_1 <m/min>

VD_LME_2 <m/min>

VD_LME_3 <m/min>

12.3.10.4 X-ray test of LME-specimens

= J_00973_A_DS_DC04_ZE_SUP_
PC_042_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= DURCHSTRAHLUNG

= 05.06.2026

= SUP

= NAME

=

= 4.2

= 4.8

= 5.7

ANZAHL_PROBEN_LME

= 3

\$ Risse, Hohlräume, Bindefehler 1 = JA, 0 = NEIN

BEGINN_DURCHSTRAHLUNG_KOPFZUGPROBEN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BILDQUETEZAHL; RISSE; HOHLRAEUME;
BINDEFehler

1; VDLME_1; 18; 0; 1; 0

2; VDLME_2; 18; 0; 1; 0

3; VDLME_3; 18; 1; 1; 0

12.3.11 Hochgeschwindigkeitszugversuch 12.3.11 High speed tensile test

Unterscheidung der Daten für gesteppte und durchgehende Naht nach SEP 1220-1 Merkmal

Verbindungsart:

021 = Kehlnaht am Überlappstoß, durchgehend

PROBENIDENTNUMMER	=	J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17
VERFAHREN	=	MIG-LOETEN 00973
VERSUCHSPROGRAMMNUMMER	=	26_005
PRUEFUNG	=	HOCHGESCHWINDIGKEITSVER-SUCH
PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>	=	05.06.2026
PRUEFSTELLE	=	SUP
PRUEFER	=	NAME
BEMERKUNG	=	
VDMIN_HGZ-PROBEN <m/min>	=	4.2
ANZAHL_PROBEN_HGZ	=	5

BEGINN_HOCHGESCHWINDIGKEITSZUGWERTE_VDMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; BRUCHART; MESSDATEI

1; HGZ_1; IF_1; J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17_VDMIN_a.txt

2; HGZ_2; IF_1; J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17_VDMIN_b.txt

3; HGZ_3; IF_1; J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17_VDMIN_c.txt

4; HGZ_4; IF_1; J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17_VDMIN_d.txt

5; HGZ_5; IF_1; J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17_VDMIN_e.txt

12.3.12 Hochgeschwindigkeitszugversuchs-Werte-Datei 12.3.12 High speed tensile test curve

PROBENIDENTNUMMER = J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_PC_022_V01_R01_17

BEGINN_DATEN

ZEIT <s>; KRAFT <N>; WEG <mm>; WEG_LOK <mm>

00.050; 0.0; 165.5282; 0

00.055; 27.1; 165.5282; 0

00.060; 27.1; 165.5282; 0

00.065; 27.1; 165.5282; 0

00.070; 54.2; 165.6540; 0

00.075; 54.2; 165.6540; 0

00.080; 54.2; 165.6540; 0

...; ...; ...; ...

05.195; 0.1; 221.3826; 0

12.3.13 Zyklische Prüfung

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

VDMIN_H-PROBEN <m/min>

ANZAHL_H-PROBEN _

DEHNUNGSVERHAELTNIS <1>

FREQUENZ <Hz>

ANZAHL_MESSUNGEN

12.3.13 Fatigue testing= J_00973_A_HGZ_DC04_ZE_SUP_
PC_022_V01_R01_17

= MIG-LOETEN 00973

= 26_005

= SCHWINGPRUEFUNG

= 05.06.2026

= SUP

= NAME

=

= 4.2

= 10

= 0,1

= 30

= 10

BEGINN_HEADER_MESSUNGPROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; HOECHSTBELASTUNG_F0 <kN>;
BELASTUNGS

AMPLITUDE_FA <kN>; WEG-AMPLITUDE_WA <muem>; SCHWINGSPIELZAHL_40% <1>

1; HPROB_2; 40.00; 18.000; 26.85; 15000

2; HPROB_3; 30.00; 13.500; 20.79; 27300

3; HPROB_4; 25.00; 11.250; 17.47; 68000

4; HPROB_5; 20.00; 9.000; 14.27; 165200

5; HPROB_6; 18.00; 8.100; 12.42; 252400

6; HPROB_7; 16.00; 7.200; 11.59; 324400

7; HPROB_8; 14.00; 6.300; 10.07; 582000

8; HPROB_9; 13.00; 5.800; 9.11; 805500

9; HPROB_10; 12.00; 5.400; 8.64; 1158200

10; HPROB_11; 11.00; 4.950; 8.12; 1642900

BEGINN_AUSWERTUNG_PRUEFUNG

\$ 40% STEIFIGKEITSVERLUST

VARIABLE_A <1>

= 5.98E+08

VARIABLE_C <1>

= 2.22E+02

REGRESSIONSKOEFFIZIENT_k

= - 3.74

KORRELATIONSKOEFFIZIENT_r

= 0.997

LEBENSDAUERSTREUSPANNE_TN

= 1.8