

**Prüf- und Dokumentationsrichtlinie für die Fügeignung von Feiblechen
aus Stahl – Teil 7: Buckelschweißen von Funktionselementen**

**Testing and Documentation Guideline for the Joinability of Thin Sheet
of Steel – Part 7: Projection Welding of Fasteners**

SEP 1220-7
1. Ausgabe
1st 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 Schweißeinrichtung und Prüfbedingungen**
 - 4.1 Schweißeinrichtung
 - 4.2 Schweißelektroden
 - 4.3 Schweißmutter
 - 4.4 Schweißparameter
- 5 Durchführung der Schweißung**
 - 5.1 Bestimmung der Qualitäts-Stufen
 - 5.1.1 Untere Qualitäts-Stufe, minimaler Schweißstrom I_{\min}
 - 5.1.2 Qualitätsstufe Spaltgröße, Schweißstrom $I_{\text{gap}0.15}$
 - 5.1.3 Obere Qualitätsstufe, Schweißstrom I_{upper}
 - 5.1.4 Dokumentation und Auswertung
 - 5.2 Schweißen von zusätzlichen Proben
 - 5.2.1 Dokumentation und Auswertung
 - 5.3 Stabilitätstest
 - 5.3.1 Durchführung
 - 5.3.2 Dokumentation und Auswertung
- 6 Prüfverfahren**
 - 6.1 Zerstörungsfreie Prüfung
 - 6.1.1 Sichtprüfung
 - 6.1.2 Prüfung der Gewindegängigkeit
 - 6.1.3 Messung der Spalt-GöÙe (Muttern-Setzverhalten)
 - 6.2 Zerstörende Prüfungen
 - 6.2.1 Ausdrück- oder Abziehprüfung
 - 6.2.2 Drehmoment-Prüfung

Table of contents

- 1 Purpose**
- 2 Scope**
- 3 Preparation of samples**
- 4 Welding equipment and test conditions**
 - 4.1 Welding equipment
 - 4.2 Welding electrodes
 - 4.3 Weld fastener
 - 4.4 Welding parameters
- 5 Welding procedure**
 - 5.1 Determination of quality levels
 - 5.1.1 Lower quality level, minimum welding current I_{\min}
 - 5.1.2 Quality level gap size, welding current $I_{\text{gap}0.15}$
 - 5.1.3 Upper quality level, welding current I_{upper}
 - 5.1.4 Documentation and evaluation
 - 5.2 Welding of additional specimens
 - 5.2.1 Documentation and evaluation
 - 5.3 Stability test
 - 5.3.1 Procedure
 - 5.3.2 Documentation and evaluation
- 6 Testing**
 - 6.1 Non-destructive testing
 - 6.1.1. Visual testing
 - 6.1.2 Thread engagement test
 - 6.1.3 Measurement of the gap size (weld nut set-down)
 - 6.2 Destructive testing
 - 6.2.1 Pull-out and push-out testing
 - 6.2.2 Torque testing

6.2.3	Metallografie	6.2.3	Metallography
6.2.4	Härteprüfung	6.2.4	Hardness testing
7	Einheiten	7	Units
8	Symbole	8	Symbols
9	Datenheader	9	Data header
9.1	Beschreibung des Datenheaders nach SEP 1220-1	9.1	Description of the data header according to SEP 1220-1
9.2	Merkmal "Schweißstrom (I_{min} , $I_{gap0.15}$, I_{upper})"	9.2	Characteristic 'Welding current (I_{min} , $I_{gap0.15}$, I_{upper})'
9.3	Kennzeichnung von Parallelversuchen (a-j)	9.3	Designation of parallel tests (a-j)
10	Normative Verweisungen	10	Normative references
11	Anhang	11	Appendix
11.1	Tabellen	11.1	Tables
11.2	Bilder	11.2	Figures
11.3	Datenheader	11.3	Data header

1 Zweck

Mit den in diesem Stahl-Eisen-Prüfblatt (SEP) festgelegten Prüfmethode(n) wird die Eignung von Stahlfeinblechen für das Fügeverfahren *Zweiseitiges Widerstandsbuckelschweißen* (Prozess 232 nach DIN EN ISO 4063) ermittelt.

2 Geltungsbereich

Dieses SEP gilt für die Prüfung der Fügeignung zum zweiseitigen Widerstandsbuckelschweißen auf Feinblechen aus Stahl bis zu einer Einzelblechdicke von 3 mm. Das Buckelschweißen von Schweißmuttern gemäß Abschnitt 4.3 wird dabei als repräsentativ für das Buckelschweißen von mechanischen Verbindungselementen erachtet.

Zyklische und schlagdynamische Prüfungen werden in diesem SEP nicht behandelt.

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

1 Purpose

The test methods in this Stahl-Eisen test specification (SEP) describe the procedure to determine the suitability of thin steel sheet for *two-sided projection welding of fasteners* (process 232 according to EN ISO 4063).

2 Scope

This SEP is valid for the determination of the joinability by two-sided projection welding of thin steel sheet with a single sheet thickness of up to 3 mm. The projection welding of nuts as specified in clause 4.3 is considered to be representative of projection welding of fasteners.

Cyclic and dynamic testing are outside the scope of this SEP.

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

3 Probenvorbereitung

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

Die Probengeometrie für die Torsionsprüfung, den Ausdrück- bzw. Abziehversuch sowie für die Ermittlung des Schweißbereiches zeigt **Bild 1**. Es werden Blechproben der Größe 80 x 80 mm mit einem zentrischen Loch vom Durchmesser 9.5 mm (+0.5/-0.0) verwendet (siehe **Bild 1**). Beim Blechzuschnitt gegebenenfalls entstandene Grate müssen entfernt werden. Das Loch kann entweder durch Fräsen, Laserschneiden, Funkenerosion oder Bohren hergestellt werden. Die Herstellungsweise des Loches soll dokumentiert werden. Die Walzrichtung des Materials braucht nicht berücksichtigt zu werden.

4 Schweißeinrichtung und Prüfbedingungen

4.1 Schweißeinrichtung

Die Schweiß-Prüfungen können an einer Wechselstrom-Schweißmaschine (AC) mit ortsüblicher Netzfrequenz oder an einer Gleichstrom-Schweißmaschine (MFDC) durchgeführt werden, welche für das Buckelschweißen ausgerüstet sein muss. Bei beiden Stromarten muss mit Konstantstromregelung (KSR) gearbeitet werden.

Modell, Typ und Spezifikationen der verwendeten Schweißmaschine sind im Dokumentationsblatt zu dokumentieren. Dazu gehören die Art der Kraftaufbringung und die Nachführart (z. B. servomotorisch, pneumatisch oder federbetätigt). Beim Schweißen mit MFDC ist der Pluspol auf die Schweißmutter zu legen und die Frequenz des Inverters zu dokumentieren. Die Verwendung anderer Steuerungssysteme als der Konstantstromregelung ist im Rahmen dieses SEP nicht zulässig.

4.2 Schweißelektroden

Sowohl die obere als auch die untere Elektrode, die bei der Prüfung verwendet werden, müssen aus der Legierung CuCr1Zr (Typ A2/2) nach DIN EN ISO 5182 bestehen. In **Bild 2** ist die Geometrie der oberen Elektrode angegeben. Die im Test verwendete untere Elektrode muss einen Zentrierstift aus elektrisch isolierendem Material haben, um die Mutter auf dem Blech auszurich-

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.

The geometry of the steel sheets for torque, push-out-/pull-out-test and determination of the welding range is given in **Figure 1**. Sheet samples of dimension 80 mm x 80 mm are used with a central hole with a diameter of 9.5 mm (+0.5/-0.0) (see **Figure 1**). Any eventually remaining burr from cutting the steel sheet shall be removed. The hole can be produced either by milling, laser cutting, electrical discharge machining, or drilling. The manufacturing process to produce the hole shall be documented. The rolling direction does not have to be considered.

4 Welding equipment and test conditions

4.1 Welding equipment

The welding tests can be carried out with a local line frequency AC (Alternating Current) or with an MFDC (Medium Frequency Direct Current) resistance welding machine, which must be equipped to perform projection welding. AC and MFDC welding shall be carried out using a constant current control (CCC).

The model, the type and the specifications of the welding machine used shall be recorded in the documentation sheet. This includes the method of force application and means of follow-up (e. g. servo-, pneumatic- or spring-actuated). If welding is performed with MFDC, the plus pole shall be oriented to the weld fastener and the inverter frequency shall be documented. The use of control systems other than constant current control is not allowed in the context of this SEP.

4.2 Welding electrodes

Both the upper and lower electrodes used in the test shall be from alloy CuCr1Zr (type A2/2) according to EN ISO 5182. In **Figure 2** the geometry of the upper electrode is specified. The lower electrode used in the test shall use a centering pin made of electrically insulating material to align the nut with the hole in the sheet. In **Figure 3** the geometry of the lower electrode is

ten. In **Bild 3** ist die Geometrie der unteren Elektrode angegeben. Jede Abweichung von den Elektrodenformen oder dem Elektrodenmaterial nach diesem SEP muss dokumentiert werden.

Die Ausrichtung und Parallelität der oberen und unteren Elektrodenflächen zueinander muss sichergestellt werden, um eine möglichst gleichmäßige Qualität aller verschweißten Buckel zu erzielen. Die Reinigung der Elektroden wird in den Abschnitten 5.1 und 5.3.1 beschrieben. Eine Wasserkühlung der Elektroden ist erlaubt, aber nicht obligatorisch. Die Schweißrate soll weniger als 15 Muttern pro Minute betragen. Die Positionierung der Schweißmutter und der Probe zwischen der oberen und unteren Elektrode ist in **Bild 4** dargestellt.

4.3 Schweißmutter

Als mechanisches Verbindungselement soll eine unbeschichtete Sechskant-Schweißmutter mit Flansch nach DIN EN ISO 21670 und M8-Gewinde verwendet werden, welche drei Buckelsegmente aufweist (**Bild 5**).

4.4 Schweißparameter

Die Schweißparameter müssen gemäß Tabelle 2 eingestellt werden. Die Vorhaltezeit muss so eingestellt werden, dass die vorgewählte Elektrodenkraft erreicht ist, bevor der Schweißstrom einsetzt. Bei einseitig beschichtetem Material muss die beschichtete Seite zur Schweißmutter gewandt sein.

5 Durchführung der Schweißung

Eine Übersicht über den gesamten Prüfablauf ist in **Tabelle 1** dargestellt. Bei allen Schweißprüfungen müssen die Prüfbedingungen erfüllt und dokumentiert werden (siehe Muster-Dokumentationsblatt, **Bild 16**).

Die Schweißparameter werden gemäß **Tabelle 2** gewählt.

5.1 Bestimmung der Qualitäts-Stufen

Die Qualitätsstufen sind durch das Aufnehmen einer Serie von Schweißbereichs-Diagrammen zu bestimmen. Die Prüfung beginnt bei einem Schweißstrom, bei dem noch keine Verschmelzung stattfindet (erfahrungsbasierter Richtwert; 12 kA). Der Strom wird dann in Schritten von 0,5 kA erhöht. Für jede Stromeinstellung werden

specified. Any deviation from the required electrode designs or electrode material according to this SEP shall be documented.

Alignment and parallelism of the upper and lower electrode faces to each other shall be ensured to obtain the most uniform as possible weld quality of all welded projections. Cleaning of the electrodes is described in clauses 5.1 and 5.3.1. Water cooling of the electrodes is allowed but not mandatory. Welding rate shall be less than 15 nuts per minute. The positioning of the weld nut and the sample within the upper and lower electrode is shown in **Figure 4**.

4.3 Weld fastener

As weld fastener an uncoated hexagonal weld nut with flange and M8 thread according to EN ISO 21670 shall be used, exhibiting three projection segments (**Figure 5**).

4.4 Welding parameters

The welding parameters shall be set according to Table 2. The squeeze time shall be adjusted in a way that the selected electrode force is reached before the welding current is applied. In the case of single sided coated material, the coated face shall be positioned towards the contact surface of the weld fastener.

5 Welding procedure

An overview of the entire welding procedure is shown in **Table 1**. In all welding tests the testing conditions shall be fulfilled and documented (see example documentation sheet **Figure 16**).

Welding parameters are selected according to **Table 2**.

5.1 Determination of quality levels

The quality levels shall be determined by measuring a set of weld growth curves. The test is started with a welding current where no fusion takes place (generally based on experience; as indication 12 kA). The current will then be increased in steps of 0.5 kA. Two welded samples are made for each current setting. The welding

zwei Schweißproben angefertigt. Das Schweißen sollte bis mindestens $I_{\text{gap0.15}}$ und I_{upper} , wie in den Abschnitten 5.1.2 und 5.1.3 definiert, fortgesetzt werden.

Die Elektroden müssen vor Beginn der Prüfung sauber und frei von Oxiden oder Verunreinigungen sein. Sie dürfen während der Prüfung bei Bedarf mit einem trockenen Tuch oder Polierpapier der Körnung 1200 zwischendurch gereinigt werden.

Wird beim Aufschweißen der Schweißmuttern eine Spritzerbildung beobachtet, ist dies zu dokumentieren.

Zur Bestimmung des Schweißbereichs-Verlaufes sind nach dem Schweißen und Abkühlen der Proben auf Raumtemperatur folgende Schritte durchzuführen (siehe **Tabelle 1**):

- Der Spalt zwischen Blech und Schweißmutter (Muttern-Setzverhalten) ist bei allen Proben (d. h. bei jeder Strom-Stufe an zwei Proben) zu messen, siehe Abschnitt 6.2.3.
- Nach der Spaltmessung ist bei allen Proben die Ausdrück- bzw. Abziehkraft zu messen, siehe Abschnitt 6.3.1. Wird das Eindrehen einer Schraube für die Ausdrück- bzw. Abziehprüfung behindert (z. B. durch Verschmutzung des Gewindes), ist dies im Prüfbericht zu vermerken.

Für alle Proben ist die Bruchart gemäß Abschnitt 6.3 und **Bild 6** zu dokumentieren.

Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Qualitätsstufen I_{min} , $I_{\text{gap0.15}}$ und I_{upper} ist in den Abschnitten 5.1.1 bis 5.1.4 beschrieben. Details zu den zerstörenden Prüfungen sind im Abschnitt 6.3 zu finden.

5.1.1 Untere Qualitäts-Stufe, minimaler Schweißstrom I_{min}

Die untere Qualitätsstufe I_{min} ist erreicht, wenn die Ausdrück- bzw. Abziehkraft beider Schweißmuttern bei gleicher Stromstärke gleich oder größer als der in **Tabelle 3** angegebene Mindestwert ist.

5.1.2 Qualitätsstufe Spaltgröße, Schweißstrom $I_{\text{gap0.15}}$

Die Qualitätsstufe Spaltgröße $I_{\text{gap0.15}}$ (Qualitätsstufe zum Setzverhalten) ist als diejenige

should continue until at least $I_{\text{gap0.15}}$ and I_{upper} (as defined in clauses 5.1.2 and 5.1.3).

The electrodes shall be clean and without oxides or contaminations before the start of the test. They can be cleaned using a dry cloth or polishing paper grade 1200 during the test procedure when necessary.

If spattering is observed when welding the nut to the sheet, it shall be documented.

To determine the weld growth curve, the following steps need to be followed, after the samples have been welded and cooled down to room temperature (see **Table 1**):

- The gap between the sheet and the nut (weld nut set-down) shall be measured for all samples (i. e. at each current step on two specimen), see clause 6.2.3.
- After the gap measurement, the push-out force or pull-out force has to be measured for all samples, see clause 6.3.1. If during the push-out or pull-out test the engagement of a screw is obstructed (e. g. by contamination of the thread), it shall be marked in the documentation sheets.

The type of failure has to be documented for all samples according to clause 6.3 and **Figure 6**.

The procedure to derive the quality levels I_{min} , I_{upper} and $I_{\text{gap0.15}}$ is described in clauses 5.1.1 up to 5.1.4. The details for the destructive tests are described in clause 6.2.

5.1.1 Lower quality level, minimum welding current I_{min}

The lower quality level I_{min} is reached when the push-out or pull-out force of both welds at the same current level are equal or larger than the minimum value specified in **Table 3**.

5.1.2 Quality level gap size, welding current $I_{\text{gap0.15}}$

The gap size quality level $I_{\text{gap0.15}}$ (set down quality level) is defined as the welding current where

Stromstärke definiert, bei welcher die maximale Spaltgröße zwischen Blech und Mutter beider Schweißproben bei gleicher Stromstärke kleiner als 0,15 mm (15 % der ursprünglichen Schweißbuckel-Höhe) ist.

Wenn bei der Aufnahme des Schweißbereichs-Verlaufs keine Stromwerte mit $I_{\text{gap}0.15}$ enthalten sind, sollte das Verfahren aus 5.1 um höhere Stromwerte erweitert werden.

5.1.3 Obere Qualitätsstufe, Schweißstrom I_{upper}

Die obere Qualitätsstufe I_{upper} ist definiert als der Stromwert $I_{\text{upper}} = I_{\text{min}} * 1,6$. Wenn bei der Aufnahme des Schweißbereichs-Verlaufs keine Stromwerte mit I_{upper} enthalten sind, sollte das Verfahren aus Abschnitt 5.1 um höhere Stromwerte erweitert werden.

5.1.4 Dokumentation und Auswertung

Für alle Proben sind Schweißstrom, maximale Spaltgröße (Mutter-Setzverhalten), Ausdrück- bzw. Abziehkraft und das gemessene Drehmoment, sowie die Bruchart, die Spritzerbildung und die Gewindegängigkeit zu dokumentieren. Die Ergebnisdarstellung erfolgt mit Hilfe eines Schweißbereichs-Verlaufs gemäß **Bild 7** und eines Verlaufes der Fügespaltmessungen gemäß **Bild 8**.

5.2 Schweißen von zusätzlichen Proben

Nach der Ermittlung des Schweißbereichs-Verlaufes sind weitere Proben mit den Stromwerten I_{min} , $I_{\text{gap}0.15}$ und I_{upper} in folgender Reihenfolge zu schweißen:

- zehn Proben für Ausdrück- oder Abziehprüfungen
- fünf Proben für Drehmomentprüfungen
- eine Probe für metallografische Untersuchungen
- zwei Ersatzproben als Reserve, falls eine der oben genannten Prüfungen fehlschlägt.

5.2.1 Dokumentation und Auswertung

Für alle Proben sind der Schweißstrom, die maximale Spaltgröße (Mutter-Setzverhalten), die Ausdrück- bzw. Abziehkraft und das gemessene

the maximum gap size between sheet and nut is smaller than 0.15 mm (15 % of the original projection height) for both welds at the same current level.

If the measurement of the weld growth curve did not include steps with current level until $I_{\text{gap}0.15}$, the procedure in 5.1 should be extended to higher current levels.

5.1.3 Upper quality level, welding current I_{upper}

The upper quality level I_{upper} is defined as the current value $I_{\text{upper}} = I_{\text{min}} * 1.6$. If the measurement of the weld growth curve did not include steps with current level until I_{upper} , the procedure in clause 5.1 should be extended to higher current levels.

5.1.4 Documentation and evaluation

For all samples the welding current, the maximum gap size (weld nut set-down), the push-out or pull-out force and measured torque, as well as failure type, occurrence of spatter and thread engagement shall be documented. The evaluation shall take place by means of weld growth curve diagram according to **Figure 7** and weld nut gap measurement as in **Figure 8**.

5.2 Welding of additional specimens

After the determination of the weld growth curve, additional test specimens shall be welded at the current values I_{min} , $I_{\text{gap}0.15}$, and I_{upper} in the following sequence:

- Ten specimens for push-out- or pull-out testing
- Five specimens for torque testing
- One specimen for metallographic examination
- Two spare specimens to keep in reserve which can be used in case one of the above mentioned tests failed.

5.2.1 Documentation and evaluation

For all specimens the welding current, the maximum gap size (weld nut set-down), the push-out or pull-out force and measured torque, as

Drehmoment, sowie die Versagensart, das Auftreten von Spritzern und die Gewindegängigkeit zu dokumentieren.

well as failure mode, occurrence of spatter and thread engagement are to be documented.

5.3 Stabilitätstest

5.3 Stability test

5.3.1 Durchführung

5.3.1 Procedure

Nach der Ermittlung des Schweißbereichs-Verlaufs und der Herstellung zusätzlicher Proben wird ein Stabilitätstest durchgeführt.

After determination of the welding current range and production of additional specimen a stability test is performed.

Die Elektroden müssen vor Beginn des Stabilitätstests sauber und frei von Oxiden oder Verunreinigungen sein. Eine Reinigung der Elektroden ist während des Stabilitätstests nicht zulässig. Die Schweißparameter entsprechen **Tabelle 2**.

The electrodes shall be clean and without oxides or contaminations before the start of the test procedure, cleaning of the electrodes is not allowed during the stability test. The welding parameters shall be according to **Table 2**.

Der Schweißstrom für den Stabilitätstest wird zu $I_{\text{stability}} = I_{\text{min}} * 1.3$ eingestellt. Es werden 30 einzelne Proben mit denselben Schweißparametern geschweißt. Für alle Proben ist die Spaltgröße zwischen Blech und Schweißmutter zu messen, siehe Abschnitt 6.2.3.

The welding current shall be set to $I_{\text{stability}} = I_{\text{min}} * 1.3$. A series of 30 individual samples shall be welded with the same welding conditions. For all specimens, the gap size (weld nut set-down) between the sheet and the nut shall be measured, see clause 6.2.3.

Für alle Proben ist die Ausdrück- bzw. Abziehkraft zu messen, siehe Abschnitt 6.3.1.

The push-out force or pull-out force shall be measured for all samples, see clause 6.3.1.

5.3.2 Dokumentation und Auswertung

5.3.2 Documentation and evaluation

Für alle Proben sind das Auftreten von Spritzern, die Gewindegängigkeit, die maximale Spaltgröße (Muttern-Setzverhalten), die Ausdrück- bzw. Abziehkraft, sowie die Bruchart zu dokumentieren. Die Ergebnisse sind in einem Stabilitätstest-Diagramm darzustellen, **Bild 9**.

For all specimens the occurrence of spatter, thread engagement, maximum gap size (weld nut set-down), push-out or pull-out force, and failure mode shall be documented. The data shall be evaluated in a stability test diagram according to **Figure 9**.

6 Prüfverfahren

6 Testing

An allen Schweißproben sind zerstörungsfreie Prüfungen gemäß Abschnitt 6.1 durchzuführen.

On all welds non-destructive testing shall be performed as described in clause 6.1.

Proben, die zur Bestimmung des Schweißbereichs-Verlaufs verwendet wurden, sind in einer Ausdrück- bzw. Abziehprüfung (Abschnitt 6.2.1) zerstörend zu prüfen.

Specimens which have been used to determine the weld growth curve shall be destructively tested using the push-out or pull-out test (clause 6.2.1).

Zusätzliche Proben, die in den unteren und oberen Qualitätsstufen I_{min} , $I_{\text{gap0.15}}$ und I_{upper} geschweißt wurden, müssen mittels Ausdrück- bzw. Abziehprüfung, Drehmomentprüfung oder Metallografie gemäß den Abschnitten 6.2.1, 6.2.2 and 6.2.3 geprüft werden.

Additional specimens welded at the lower and upper quality levels I_{min} , $I_{\text{gap0.15}}$ and I_{upper} shall be tested using push-out or pull-out testing, torque testing or metallography according to clauses 6.2.1, 6.2.2 and 6.2.3.

Das jeweilige Prüfergebnis ist mit der eindeutig gekennzeichneten Probe zu verknüpfen.

The individual test result has to be assigned to the uniquely marked specimen.

6.1 Zerstörungsfreie Prüfung

Die Prüfung erfolgt visuell und funktionsbezogen. Alle innerhalb des Schweißbereichs-Verlaufes geschweißten Proben sind zu untersuchen.

6.1.1 Sichtprüfung

6.1.1.1 Durchführung

Die Sichtprüfung auf Oberflächenfehler erfolgt im Schweißzustand ohne Reinigung der Oberfläche mit bloßem Auge, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme eines geeigneten Hilfsmittels (z. B. Lupe mit Beleuchtung). Eventuelle Ungängen (Risse im Blech, Blechdurchbrand, Spritzer im Gewinde, Oberflächenspritzer) sind zu dokumentieren.

6.1.1.2 Dokumentation und Auswertung

Ungängen sind zu dokumentieren. Zusätzlich sind repräsentative Fotos von visuell festgestellten Ungängen beizufügen.

6.1.2 Prüfung der Gewindegängigkeit

Die Gewindegängigkeit ist gegeben, wenn sich eine unbeschichtete Schraube manuell (ohne Werkzeug) vollständig einschrauben lässt. Muttern und/oder Schrauben sind im Lieferzustand ohne weitere Behandlung zu verwenden. Die Prüfung der Gewindegängigkeit darf frühestens nach Abkühlung der Probe auf Raumtemperatur durchgeführt werden.

6.1.3 Messung der Spalt-Göße (Muttern-Setzverhalten)

Zwischen den drei Buckel-Segmenten der verschweißten Muttern befinden sich drei Spalte. Der größte dieser drei Spalte ist für jede Schweißprobe zu dokumentieren (siehe **Bild 10**).

Die Spaltmaße zwischen Mutter und Blech sind für jede Schweißprobe mit Fühlerlehren zu messen. Die Messgenauigkeit sollte $\leq 0,05$ mm betragen. Der Maximalwert der drei gemessenen Abstände ist für jede Probe zu dokumentieren (siehe **Bild 8**).

6.2 Zerstörende Prüfungen

Zerstörende Prüfungen an Proben aller Qualitätsstufen (Abschnitt 5.2) und an Proben aus dem Stabilitätstest (Abschnitt 5.3) dürfen frühestens 10 Stunden nach dem Schweißen durchgeführt werden. Bei der Prüfung von ver-

6.1 Non-destructive testing

Testing is carried out visually and by function. All specimens welded within the weld growth curve shall be examined.

6.1.1. Visual testing

6.1.1.1 Procedure

Visual testing for surface defects in the as-welded condition without surface cleaning shall be performed with the naked eye, if necessary, with help of a suitable aid (e.g. magnifying lens with illumination). Any imperfection (cracks in the sheet metal, sheet metal burn through, spatter inside the threads, surface splashes) shall be documented.

6.1.1.2 Documentation and evaluation

Imperfections shall be documented. Additionally, representative photographs shall be included for imperfections which have been visually detected.

6.1.2 Thread engagement test

Thread engagement is given when an uncoated screw can be fully screwed in manually (without tools). Nuts and/or screws must be used as delivered without any further treatment. The thread engagement test shall be performed earliest when the specimen has cooled down to room temperature.

6.1.3 Measurement of the gap size (weld nut set-down)

There are three gaps in between the projections of the weld nut, the largest gap size of these three gaps needs to be documented for every welded specimen (see **Figure 10**).

The size of the gaps between the nut and the sheet shall be measured using feeler gauges for each welded specimen. The precision of the measurement should be ≤ 0.05 mm. The maximum value of the three measured gaps shall be reported for each weld (see **Figure 8**).

6.2 Destructive testing

Destructive tests of specimens at all quality levels (clause 5.2) and specimens produced for the stability test (clause 5.3), shall be carried out at the earliest 10 hours after welding. When fasteners are tested for the determination of the weld-

schweißten Verbindungselementen zur Bestimmung des Schweißstrombereichs können diese geprüft werden, sobald sie auf Raumtemperatur abgekühlt sind.

Bei allen zerstörenden Prüfungen ist die Bruchart zu dokumentieren und der Probennummer zuzuordnen. Dabei ist zwischen folgenden Brucharten zu unterscheiden (**Bild 6**):

- sw: Haftschweißung
- if: Scherbruch
- pf: Ausknöpfbruch
- ptf: partieller Dickenbruch
- mf: Mischbruch

Beim Mischbruch ist der überwiegende Bruch-Anteil anzugeben (z. B. bedeutet mf-if, dass zwei der drei Buckel im Scherbruch versagt haben)

6.2.1 Ausdrück- oder Abziehprüfung

6.2.1.1 Ziel

Zur Messung der Tragfähigkeit der Schweißverbindung werden Ausdrück- bzw. Abziehkräfte bestimmt. Das Prüfverfahren darf innerhalb einer Prüfreihe nicht geändert werden. Das verwendete Verfahren ist zu dokumentieren.

Alle zur Bestimmung des Schweißstrombereichs verwendeten Proben sind im Ausdrück- oder Abziehversuch zu prüfen. Zusätzlich sind Proben der Qualitätsstufen I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ und I_{upper} sowie die im Stabilitätstest hergestellten Proben im Ausdrück- oder Abziehversuch zu prüfen.

6.2.1.2 Prüfeinrichtung

Die Probe ist mit Hilfe einer Spannvorrichtung zu prüfen, welche die Blechverformung minimiert. Ein Beispiel für eine empfohlene Spannvorrichtung ist in **Bild 11** und **Bild 12** dargestellt. Der Innendurchmesser der Senkbohrung, des Niederhalters und der Matrize beträgt 26 mm für die zu verwendende Schweißmutter (Abschnitt 4.3). Der Kantenradius der Senkbohrung und des Niederhalters beträgt $R = 2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. Die verwendete Prüfeinrichtung ist zu dokumentieren.

6.2.1.3 Durchführung

Die Ausdrück- bzw. Abziehprüfung erfolgt durch Eindrehen von Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9, entweder von der Mutter-Seite (Abziehprüfung) oder von der Blechseite (Ausdrückprüfung). Wird während der Ausdrück- oder Abzieh-

ing current range, the fasteners can be tested as soon as they have cooled down to room temperature.

For all destructive tests the failure type has to be documented and linked to the specimen number. One should discriminate between the following failure modes (**Figure 6**):

- sw: stuck weld (no fusion)
- if: interface failure
- pf: plug failure
- ptf: partial thickness failure
- mf: mixed failure

For mixed failure, the dominant failure mode shall be indicated (e. g., mf-if means mixed failure when two of the three projections failed as interface failure)

6.2.1 Push-out and pull-out testing

6.2.1.1 Test scope

For measuring the loading capacity of the welded joint, push-out or pull-out forces are measured. The test method must not be changed within one test series. The method used has to be documented.

All specimens used to determine the welding current range shall be tested using the push-out or pull-out test. Additionally, specimens for each of the quality levels I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ and I_{upper} as well as specimens produced in the stability test shall be tested using the push-out or pull-out test.

6.2.1.2 Test equipment

The specimen shall be tested using a clamping device that minimises any sheet deformation; an example of a recommended clamping device is presented in **Figure 11** and **Figure 12**. The inner diameter of the counter hole and the blank holder and the die is 26 mm for the specified welding nut (clause 4.3). The edge radius of the counter hole and the blank holder shall be $R = 2 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$. The used test equipment shall be documented.

6.2.1.3 Procedure

Push-out or pull-out testing is performed by inserting screws of strength class 12.9 either from the nut side (pull-out test) or from the sheet side (push-out test). If during the push-out or pull-out test the engagement of a screw is ob-

prüfung die Gewindegängigkeit verschlechtert (z. B. durch Verschmutzung des Gewindes), muss dies im Dokumentationsblatt vermerkt werden. Bei sichtbaren Gewindeschäden muss eine neue Schraube verwendet werden. Die Prüfung der Proben erfolgt mit einer Prüfgeschwindigkeit von 10 mm/min.

Proben mit Rissen im Blech, Durchbrand im Grundblech, Schweißperlen im Gewinde, fehlender Gewindegängigkeit oder plastischer Verformung der Schweißmutter dürfen nicht verwendet werden.

Bei der Ausdrückprüfung ist eine Verformung der Schraube nicht zulässig. Verformt sich die Schraube während der Ausdrückprüfung, kann sich der Abstand zwischen Schraubenkopf und Blech verringern (siehe **Bild 11**).

Die Prüfung muss vollmechanisiert durchgeführt werden.

6.2.1.4 Dokumentation und Auswertung

Die Bruchart und der Kraft-Weg-Verlauf sind zu dokumentieren. **Bild 16** zeigt ein Beispiel für die Dokumentation. Repräsentative Fotos der Bruchflächen von Schweißbuckeln und der zugehörigen Mutter (Übersichtsaufnahme) sind beizufügen.

Ist die Prüfung aufgrund eines beschädigten Muttergewindes, fehlender Gewindegängigkeit oder eines beschädigten Gewindes der Prüfschraube nicht möglich, ist dies entsprechend zu dokumentieren (Kennzeichnung „O“ in den Datenheader-Dateien).

6.2.2 Drehmoment-Prüfung

6.2.2.1 Ziel

Die Drehmomentprüfung wird durchgeführt, um die Verdrehfestigkeit geschweißter Proben bei jeder der Qualitäts-Stufen I_{\min} , I_{\min}' , $I_{\text{gap}0.15}$ und I_{upper} zu bestimmen. Für die Bestimmung des Schweißstrombereichs oder für den Stabilitätstest ist die Drehmomentprüfung nicht erforderlich.

6.2.2.2 Prüfeinrichtung

Zum Einspannen der Proben kann die in **Bild 13** dargestellte Vorrichtung verwendet werden. Die Klemmkraft des Blechhalters muss ausreichend sein, um eine Bewegung des Bleches während der Drehmomentprüfung zu verhindern.

structured (e. g. by contamination of the thread), it shall be marked in the documentation sheet. A new screw is required when the thread shows visible damage. Testing of the specimens shall be performed with a test speed of 10 mm/min.

Specimens exhibiting cracks in the sheet metal, base sheet metal burn through, weld expulsion on the threads, lack of thread engagement or plastic deformation of the nut shall not be used.

When the push-out test is performed any deformation of the screw is not accepted. If the screw deforms during the push-out test the distance between the screw head and the sheet can be reduced (see **Figure 11**).

The test must be performed fully mechanized.

6.2.1.4 Documentation and evaluation

The failure mode and the force-elongation curve shall be documented. An example of the documentation is presented in **Figure 16**. Representative photographs of the fractured area of welded protrusions and the corresponding nut (overview picture) shall be added.

In case the testing is not possible because of the following reasons: damaged thread of the nut, no thread engagement or damaged thread of the testing screw it shall be documented (marked as 'O' in the data header files).

6.2.2 Torque testing

6.2.2.1 Test scope

The torque test is performed to determine the torque strength of welded samples at each of the quality values I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ and I_{upper} . The torque test is not required for the determination of the welding current range or for the stability test.

6.2.2.2 Test equipment

For clamping the test pieces, the device given in **Figure 13** can be used. The blank holder clamping force must be sufficient to prevent movement of the sheet during torque testing.

Typ und Messbereich des verwendeten Drehmomentschlüssels (nach DIN EN ISO 6789-2) sind zu dokumentieren. Die Prüfung kann manuell oder teilmechanisiert durchgeführt werden. Das Drehmoment muss kontinuierlich (es ist sicherzustellen, dass die Kraft in Blechebene wirkt) bis zum Versagen der Schweißverbindung, des Muttergewindes oder der Prüfschraube aufgebracht werden.

6.2.2.3 Durchführung

Die Drehmomentprüfung erfolgt mit Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9, die von der Mutterseite her eingesetzt werden. Typ, Gewindebeschichtung usw. sind zu dokumentieren.

Bei sichtbaren Gewindeschäden muss eine neue Schraube verwendet werden. Der Typ des verwendeten Drehmomentschlüssels ist zu dokumentieren. Die Prüfung kann manuell oder teilmechanisiert durchgeführt werden. Das Drehmoment muss kontinuierlich mit wiederholbarem Drehwinkel aufgebracht werden, bis entweder die Schweißnaht versagt oder das Werkzeug von der Mutter abrutscht.

Zum Einspannen der Proben kann die in **Bild 12** dargestellte Vorrichtung verwendet werden. Die Klemmkraft des Blechhalters muss ausreichend sein, um eine Bewegung des Blechs während der Drehmomentprüfung zu verhindern.

6.2.2.4 Dokumentation und Auswertung

Die verwendete Einrichtung zur Drehmomentprüfung muss dokumentiert werden. Es ist zu dokumentieren, wenn die Schweißnaht versagt oder das Werkzeug von der Mutter abrutscht. Die Bruchart ist zu dokumentieren.

Ist die Prüfung aus folgenden Gründen nicht möglich: Durchrutschen des Steckschlüssels auf der Mutter oder wenn das Drehmoment den maximalen Bereich des Drehmomentschlüssels überschreitet, ist dies mit einem „O“ in den Datenheader-Dateien zu dokumentieren.

6.2.3 Metallografie

6.2.3.1 Prüfumfang

An je einer Probe der Qualitäts-Stufen I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ und I_{upper} muss eine metallografische Untersuchung an einem geätzten Mikro-Schliff durchgeführt werden.

The type and measuring range of the used torque wrench according to EN ISO 6789-2 shall be documented. The test can be performed manually or partially mechanized. The torque must be applied continuously (it must be ensured that the force is acting in the sheet plane) until failure of either the weld, the thread of the nut or the screw.

6.2.2.3 Procedure

Torque testing is performed by using screws of strength class 12.9 inserted from the nut side. Type, thread coating etc. shall be documented.

A new screw is required when the thread shows visible damage. The type of the torque wrench used shall be documented. The test can be performed manually or partially mechanized. The torque momentum must be applied continuously with repeatable turning angle until failure of either the weld or slipping of the tool on the nut occurs.

For clamping the specimens, the device given in **Figure 12** can be used. The blank holder clamping force must be sufficient to prevent movement of the sheet during torque testing.

6.2.2.4 Documentation and evaluation

The equipment used for torque testing shall be documented. It shall be documented if the weld fails or if the tool slips on the nut. The failure mode shall be documented.

In case the testing is not possible because of the following reasons: slipping of the cap onto the nut or when the torque is beyond the maximum range of the tool, it shall be documented (marked as 'O' in the data header files)

6.2.3 Metallography

6.2.3.1 Test scope

On one specimen of each quality level I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ and I_{upper} a metallographic examination shall be carried out at an etched microsection.

6.2.3.2 Durchführung

Der Querschliff soll durch eines der drei Buckel-Segmente und mittig durch die Schweißmutter verlaufen. Am geätzten Schliff müssen die Schweißlinse sowie die angrenzenden Bereiche (Grundwerkstoff, WEZ) erkennbar sein, **Bild 14**.

6.2.3.3 Dokumentation und Auswertung

Die Eindringtiefe der Schweißlinse in das Blechmaterial sowie der Spalt zwischen der Flanschfläche der Schweißmutter und dem Stahlfeinblech sind zu vermessen und zu dokumentieren, **Bild 14**.

Die Schliffaufnahmen einschließlich Maßstab sind in digitaler Form (JPEG-Format) dem Prüfprotokoll beizufügen. Die Vergrößerung und das verwendete Ätzmittel sind nach DIN EN ISO 17639 zu dokumentieren.

6.2.4 Härteprüfung

6.2.4.1 Prüfumfang

An je einer Schliffprobe der Qualitäts-Stufen I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ und I_{upper} muss eine Härteprüfung durchgeführt werden.

6.2.4.2 Durchführung

Die Härteprüfung nach Vickers wird nach DIN EN ISO 14271 durchgeführt. Eine Prüfkraft von 4,9035 N (HV0,5) wird bevorzugt. Abweichungen von diesem Verfahren sind im Prüfbericht zu dokumentieren. Das Härteprofil muss den Grundwerkstoff des Blechs, die Wärmeeinflusszone des Blechs, das Schweißgut, die Wärmeeinflusszone der Schweißmutter und den Grundwerkstoff der Mutter umfassen, wie in **Bild 14** und **Bild 15** dargestellt.

6.2.4.3 Dokumentation und Auswertung

Die gemessenen Härtewerte sind in tabellarischer Form zu erfassen und grafisch in einem Härteverlaufdiagramm (Härte / Weg) darzustellen. Im Diagramm können Grundwerkstoff, Wärmeeinflusszone und Schweißzone gekennzeichnet werden.

Die Härtewerte müssen am Schliff den entsprechenden Härteeindrücken zuzuordnen sein. Ein Beispiel für die Dokumentation ist in **Bild 15** dargestellt.

6.2.3.2 Procedure

The etched transverse cross section shall be made through one of the three projections and through the center of the nut. Weld bead and the adjacent regions (base material and HAZ) shall be visible (see **Figure 14**).

6.2.3.3 Documentation and evaluation

The weld penetration into the sheet material, as well as the gap between the flange plane of the weld nut and the base sheet metal shall be measured and documented (**Figure 14**)

Cross section photographs including a scale shall be added in digital format (JPEG format) to the test report. The magnification and the etching agent used shall be documented in accordance with EN ISO 17639.

6.2.4 Hardness testing

6.2.4.1 Test scope

On one cross section for each quality level I_{\min} , $I_{\text{gap}0.15}$ and I_{upper} , a hardness test shall be carried out.

6.2.4.2 Procedure

Vickers hardness testing shall be performed according to EN ISO 14271. A test force of 4.9035 N (HV0,5) is to be preferred. Any deviations from this procedure shall be documented in the test report. The hardness profile shall include the base material of the sheet, the heat affected zone of the sheet, the weld metal, the heat affected zone of the nut and the base material of the nut as shown in **Figure 14** and **Figure 15**.

6.2.4.3 Documentation and evaluation

The hardness profiles shall recorded in a table and graphically presented in a hardness profile diagram (hardness/distance). In the diagram, base metal, heat affected zone and weld zone can be indicated.

Hardness values shall be related to the corresponding hardness indents in the cross section. An example of the documentation is presented in **Figure 15**.

7 Einheiten

Wenn nicht anders vereinbart, sind die folgenden Einheiten zu verwenden:

Kraft	kN
Weg	mm
Zeit	ms
Strom	kA
Winkel	°
Drehmoment	Nm

7 Units

If not otherwise agreed, the following units shall be used:

Force	kN
Position	mm
Time	ms
Current	kA
Angle	°
Torque	Nm

8 Symbole

8 Symbols

Symbol	Beschreibung	Einheit
I	Schweißstrom	kA
I_{min}	Schweißstrom zum Erreichen der unteren Qualitätsstufe	kA
$I_{gap0.15}$	Schweißstrom zum Erreichen der Qualitätsstufe Spaltweite 0.15 mm (Setzverhalten der Mutter) 15 % von 1 mm	kA
I_{upper}	$I_{upper} = I_{min} * 1.6$	kA
$I_{stability}$	$I_{stability} = I_{min} * 1.3$	kA

Symbol	Description	Unit
I	Welding Current	kA
I_{min}	Current to achieve the lower quality level	kA
$I_{gap0.15}$	Current to achieve the maximum gap width (weld nut set down) of 15% of 1 mm	kA
I_{upper}	$I_{upper} = I_{min} * 1.6$	kA
$I_{stability}$	$I_{stability} = I_{min} * 1.3$	kA

9 Datenheader

9 Data header

9.1 Beschreibung des Datenheaders nach SEP 1220-1

9.1 Description of the data header according to 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.

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.

Das übergeordnete Merkmal des in diesem SEP beschriebenen Buckelschweißens ist J_00232.

The superordinate characteristic for projection welding, described in this SEP, is J_00232.

9.2 Merkmal "Schweißstrom"

(I_{min} , $I_{gap0.15}$, I_{upper})

9.2 Characteristic 'Welding current'

(I_{min} , $I_{gap0.15}$, I_{upper})

Zusätzlich zu den in SEP1220-1 definierten Merkmalen wird hier das Merkmal „Schweiß-

In addition to the characteristics defined in SEP1220-1, the characteristic 'welding current'

strom“ eingeführt. Das Schlüsselwort gibt den jeweils ermittelten Stromwert an: untere Qualitäts-Stufe (I_{min}), Qualitäts-Stufe Spaltgröße ($I_{gap0.15}$) und obere Qualitäts-Stufe (I_{upper}).

Beispiel: J_00232_A_SZ_DCO4_ZE_SUP_PC_010_V01_R01_001_IMIN

is introduced. The keyword is used to indicate the applied setting of the welding current: lower quality level (I_{min}), gap size quality level ($I_{gap0.15}$) and upper quality level (I_{upper}).

Example: J_00232_A_SZ_DCO4_ZE_SUP_PC_010_V01_R01_001_IMIN

9.3 Kennzeichnung von Parallelversuchen (a-j)

Das Merkmal dient zur Kennzeichnung des jeweiligen Parallelversuchs.

Beispiel: J_00232_A_SZ_DCO4_ZE_SUP_PC_010_V01_R01_001_IMIN_g

9.3 Designation of parallel tests (a-j)

This characteristic is used to designate relevant parallel tests.

Example: J_00232_A_SZ_DCO4_ZE_SUP_PC_010_V01_R01_001_IMIN_g

10 Normative Verweisungen

Die folgenden referenzierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie unverzichtbar. Bei datierten Referenzen gilt ausschließlich die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Referenzen gilt die jeweils neueste Ausgabe des referenzierten Dokuments (einschließlich etwaiger Änderungen).

Allgemeines:

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

DIN EN ISO 17677-1 Widerstandsschweißen – Begriffe – Teil 1: Punkt-, Buckel- und Rollen-nahtschweißen; Dreisprachige Fassung EN ISO 17677-1:2021

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

Abschnitt 4:

DIN EN ISO 5182 Widerstandsschweißen – Werkstoffe für Elektroden und Hilfseinrichtungen

DIN EN ISO 21670 Mechanische Verbindungselemente – Sechskant-Schweißmutter mit Flansch

Abschnitt 6:

DIN EN ISO 6789-1 Schraubwerkzeuge – Handbetätigte Drehmoment-Schraubwerkzeuge – Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren für die Typprüfung und Annahmepfung – Mindestanforderungen an Konformitätserklärungen

10 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.

General:

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

ISO 17677-1 Resistance welding – Vocabulary – Part 1: Spot, projection and seam welding (Trilingual)

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

Clause 4:

EN ISO 5182 Resistance welding - Materials for electrodes and ancillary equipment

EN ISO 21670 Fasteners – Hexagon weld nuts with flange

Clause 6:

EN ISO 6789-1 Assembly tools for screws and nuts – Hand torque tools – Part 1: Requirements and methods for design conformance testing and quality conformance testing: minimum requirements for declaration of conformance

DIN EN ISO 6789-2 Schraubwerkzeuge – Handbetätigte Drehmoment-Schraubwerkzeuge – Teil 2: Anforderungen an die Kalibrierung und die Bestimmung der Messunsicherheit

EN ISO 6789-2 Assembly tools for screws and nuts – Hand torque tools – Part 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty

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

DIN EN ISO 14271 Widerstandsschweißen – Vickers-Härteprüfung (Kleinkraft- und Mikrohärtbereich) von Widerstandspunkt-, Buckel- und Rollennahtschweißverbindungen

EN ISO 14271 Resistance welding – Vickers hardness testing (low-force and microhardness) of resistance spot, projection, and seam welds

11 Anhang

11.1 Tabellen

Tabelle 1. Prüfablauf

Aufgabe	Schritt	Detaillierte Referenz	Schweiß- bzw. Prüfbedingungen	Anzahl
Minimalen Schweißstrom finden	Buckel-schweißen	Bild 1. Maße: 80 mm x 80 mm	Stromstärke in Schritten von 0.5 kA erhöhen bis kurz vor Haftschweißung	so viele Schritte wie nötig
Schweißbereichs-Diagramm bestimmen	Buckel-schweißen	Bild 7	Stromstärke in Schritten von 0.5 kA erhöhen	2 Proben je Schritt
	Gewindgängigkeit	Abschnitt 6.2.2	Manuell prüfen, dokumentieren	alle Proben
	Spaltgrößen messen	Bild 10 und Abschnitt 6.2.3	Nach Abkühlen auf Raumtemp. Maximalwert der 3 Spalte dokumentieren	alle Proben
	Ausdrück- bzw. Abziehprüfung	Bild 11 und Abschnitt 6.3.1	Nach Abkühlen auf Raumtemp. Maximalkraft und Bruchart dokumentieren	alle Proben
	Untere Qualitätsstufe I_{\min}	Bild 7, Tabelle 3 und Abschnitt 5.1.1	Stromstärke dokumentieren, bei der die minimale Ausdrückkraft nach Tabelle 3 überschritten ist	
	Qualitätsstufe Spaltgröße $I_{\text{gap}0.15}$	Abschnitt 5.1.2	Stromstärke dokumentieren, bei der die Spaltgröße maximal 0.15 mm beträgt	
	Obere Qualitätsstufe I_{upper}	Bild 7 und Abschnitt 5.1.3	Stromstärke dokumentieren, bei der das Plateau der Ausdrückkraft erreicht ist. Angabe als $I_{\min} + 0.6 \cdot I_{\min}$	

Zusätzliche Proben für jede Qualitätsstufe schweißen	Buckel-schweißen	Bild 1 und Abschnitt 5.2	$l = l_{\min}$	18
	Buckel-schweißen	Bild 1 und Abschnitt 5.2	$l = l_{\text{gap}0.15}$	18
	Buckel-schweißen	Bild 1 und Abschnitt 5.2	$l = l_{\text{upper}}$	18
Proben für den Stabilitätstest schweißen	Buckel-schweißen	Bild 1 und Abschnitt 5.3	$l = l_{\text{stab}}$	30
Prüfung der zusätzlichen Proben für l_{\min} , $l_{\text{gap}0.15}$, l_{upper}	Prüfung frühestens 10 h nach dem Schweißen			alle Proben
	Spaltgröße messen	Bild 10 und Abschnitt 6.2.3	Maximalwert der 3 Spalte dokumentieren	16 für l_{\min} 16 für $l_{\text{gap}0.15}$ 16 für l_{upper}
	Ausdrück- bzw. Abziehprüfung	Bilder 11, 12 und Abschnitt 6.3.1	Maximalkraft und Bruchart dokumentieren	10 für l_{\min} 10 für $l_{\text{gap}0.15}$ 10 für l_{upper}
	Drehmoment-Prüfung	Bild 13 und Abschnitt 6.3.2	Maximales Drehmoment und Bruchart dokumentieren	5 für l_{\min} 5 für $l_{\text{gap}0.15}$ 5 für l_{upper}
	Metallographie	Bild 14 und Abschnitt 6.3.3	An 1 Buckel Spaltgröße D_{gap} und Schweiß-Penetration D_{pen} messen und dokumentieren	1 für l_{\min} 1 für $l_{\text{gap}0.15}$ 1 für l_{upper}
	Härteprüfung	Bild 15 und Abschnitt 6.3.4	HV0.5 messen, Härteverlauf darstellen	1 für l_{\min} 1 für $l_{\text{gap}0.15}$ 1 für l_{upper}
Stabilitätstest	Prüfung frühestens 10 h nach dem Schweißen			alle Proben
	Spaltgröße messen	Bild 10 und Abschnitt 6.2.3	Maximalwert der 3 Spalte dokumentieren	30
	Ausdrück- bzw. Abziehprüfung	Bilder 11, 12 und Abschnitt 6.3.1	Maximalkraft und Bruchart dokumentieren	30

11 Appendix

11.1 Tables

Table 1. Test realisation sequence

Task	Step	Detail reference	Welding respective Test conditions	amount
Find starting current	Projection welding	80 mm x 80 mm (Figure 1)	Increase current in steps of 0.5 kA just before stuck weld	As many as necessary
Determine welding current range	Projection welding	Figure 7	Current step 500A	2 samples/ current step.
	Document thread engagement	Section 6.2.2	Manual test and documentation	All samples
	Measure gap size	Figure 10 and clause 6.2.3	After cool-down to room temp. M document max. value of 3 gaps (6.2.3)	All samples
	Push-out/ Pull-out testing	Figure 11 and clause 6.3.1	After cool-down to room temp. document max. force and failure mode (6.3.1)	All samples
	Lower quality level I_{\min}	Figure 7, Table 3, clause 5.1.1	Document the current for which the min push-out force acc. Table 3 is exceeded	
	Quality level $I_{\text{gap}0.15}$	clause 5.1.2	Document the current for which the gap size is max. 0.15 mm	
	Upper quality level I_{upper}	Figure 7 and clause 5.1.3	Document the current at which the plateau of the push-out force is reached. Note $I_{\min} + 0.6 \cdot I_{\min}$	
Weld additional samples at quality values	Projection welding	Figure 1 Section 5.2	$I = I_{\min}$	18
	Projection welding	Figure 1 Section 5.2	$I = I_{\text{gap}0.15}$	18
	Projection welding	Figure 1 Section 5.2	$I = I_{\text{upper}}$	18
Weld samples for stability test	Projection welding	Figure 1 Section 5.3	$I = I_{\text{stab}}$	30

Testing of additional samples at l_{min} , $l_{gap0.15}$, l_{upper}	Testing at least 10 hours after welding			All samples
	Gap measurement	Figure 10 and clause 6.2.3	Max of 3 gaps in between the projections (6.2.3)	16 for l_{min} 16 for $l_{gap0.15}$ 16 for l_{upper}
	Push-out or pull-out testing	Figure 11, 12 and clause 6.3.1	Document max force and failure mode (6.3.1)	10 for l_{min} 10 for $l_{gap0.15}$ 10 for l_{upper}
	Torque testing	Figure 13 and clause 6.3.2	Document max torque and failure mode (6.3.2)	5 for l_{min} 5 for $l_{gap0.15}$ 5 for l_{upper}
	Metallography	Figure 14 and clause 6.3.3	On one protrusion, document gap size (D_{gap}) and weld penetration (D_{pen})	1 for l_{min} 1 for $l_{gap0.15}$ 1 for l_{upper}
	Hardness testing	Figure 15 and clause 6.3.4	Measure HV0.5 and display the hardness trajectory	1 for l_{min} 1 for $l_{gap0.15}$ 1 for l_{upper}
Stability test	Testing at least 10 hours after welding			All samples
	Gap measurement	Figure 10 and clause 6.2.3	Max of 3 gaps	30
	Push-out or pull-out testing	Figure 11 and clause 6.3.1	Document max force and failure mode (6.3.1)	30

Tabelle 2. Schweißparameter

Elektrodenkraft	6	[kN]
Schweißzeit	100	[ms]
Haltezeit	200	[ms]

Table 2. Welding parameters

Electrode force	6	[kN]
Welding time	100	[ms]
Hold time	200	[ms]

Tabelle 3. Werte für die untere Qualitätsgrenze I_{\min}

Gewinde	Blech- dicke	Mindestwerte für Aus- drück- / Abzieh-Kraft
M8	≥ 0.5 <0.6 mm	2000 N
M8	≥ 0.6 <0.7 mm	2100 N
M8	≥ 0.7 <0.8 mm	2200 N
M8	≥ 0.8 <0.9 mm	2300 N
M8	≥ 0.9 <1.0 mm	2400 N
M8	≥ 1.0 <1.1 mm	2500 N
M8	≥ 1.1 <1.2 mm	2600 N
M8	≥ 1.2 <1.3 mm	2700 N
M8	≥ 1.3 <1.4 mm	2800 N
M8	≥ 1.4 <1.5 mm	2900 N
M8	≥ 1.5 <1.6 mm	3000 N
M8	≥ 1.6 <1.7 mm	3100 N
M8	≥ 1.7 <1.8 mm	3200 N
M8	≥ 1.8 <1.9 mm	3300 N
M8	≥ 1.9 <= 2.0mm	3400 N

Table 3. Lower quality value I_{\min}

Thread	Sheet thickness	Minimum push-out force/pull-out force
M8	≥ 0.5 <0.6 mm	2000 N
M8	≥ 0.6 <0.7 mm	2100 N
M8	≥ 0.7 <0.8 mm	2200 N
M8	≥ 0.8 <0.9 mm	2300 N
M8	≥ 0.9 <1.0 mm	2400 N
M8	≥ 1.0 <1.1 mm	2500 N
M8	≥ 1.1 <1.2 mm	2600 N
M8	≥ 1.2 <1.3 mm	2700 N
M8	≥ 1.3 <1.4 mm	2800 N
M8	≥ 1.4 <1.5 mm	2900 N
M8	≥ 1.5 <1.6 mm	3000 N
M8	≥ 1.6 <1.7 mm	3100 N
M8	≥ 1.7 <1.8 mm	3200 N
M8	≥ 1.8 <1.9 mm	3300 N
M8	≥ 1.9 <= 2.0mm	3400 N

11.2 Bilder

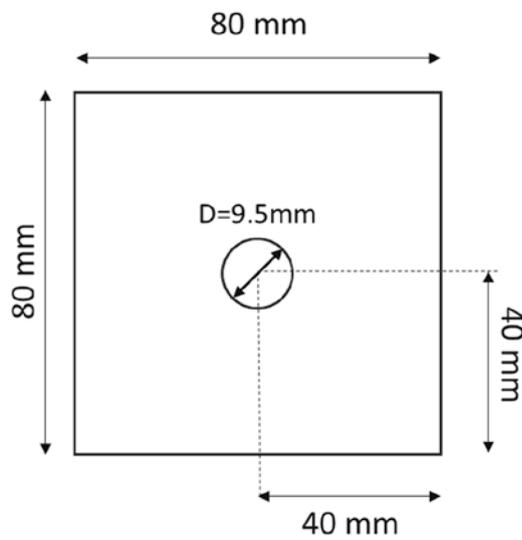


Bild 1. Probengeometrie
Figure 1. Sample geometry

11.2 Figures

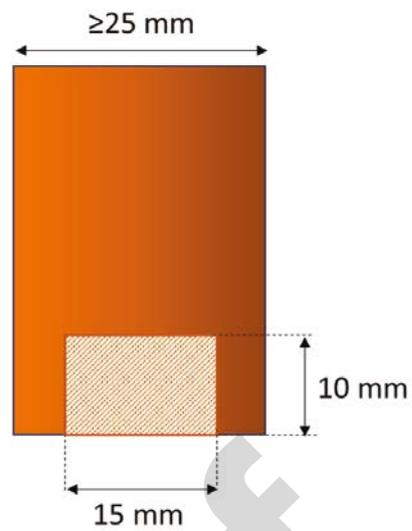


Bild 2. Abmessungen der Oberelektrode
Figure 2. Dimensions of the upper electrode

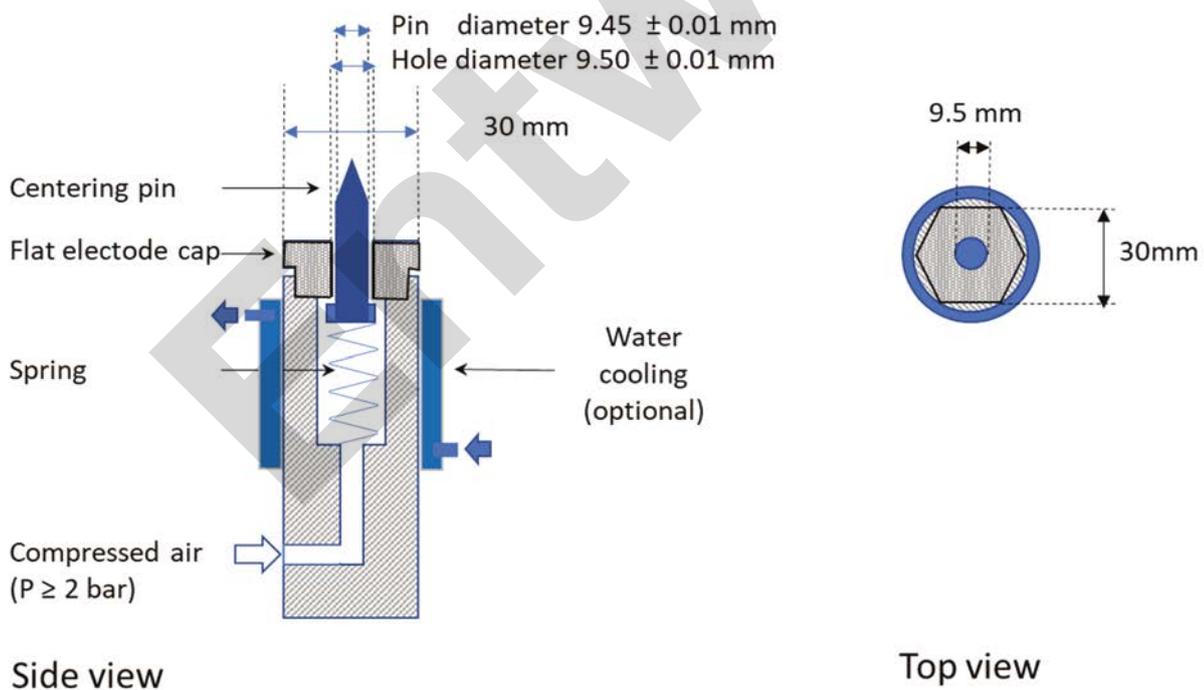
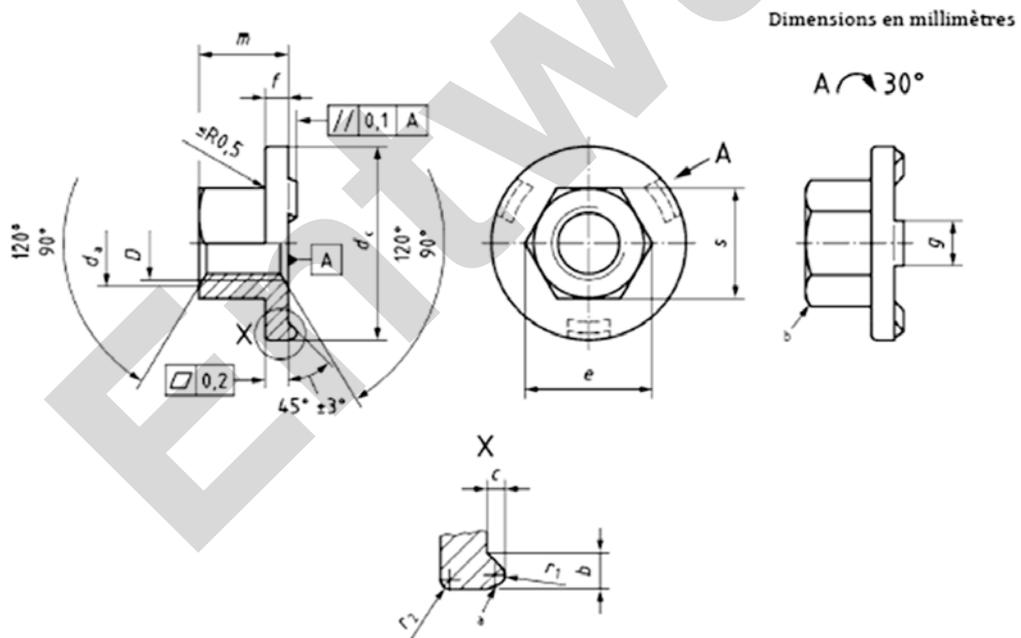
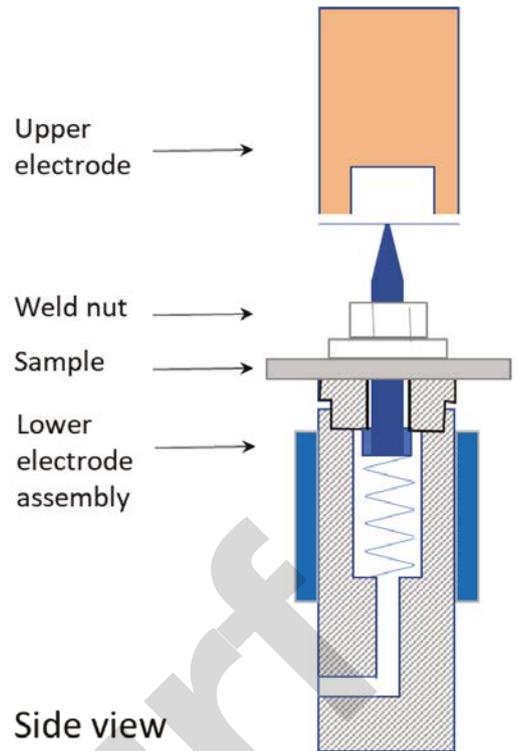


Bild 3. Aufbau der Unterelektrode mit Zentrierstift. Der Zentrierstift muss aus elektrisch nicht-leitfähigem Material sein

Figure 3. Design of the lower electrode with centering pin. The centering pin shall be made of electrically insulating material

Bild 4. Anordnung von Schweißmutter und Blechprobe zwischen Ober- und Unterelektrode

Figure 4. Assembly of the weld nut and sheet sample between upper and lower electrodes



D	b	c	da	dc	e	f	g	m		s	R1	R2
M8	2.70	1.0	9.5	22.5	13.6	2.5	6	9.64	10.00	13	0.8	0.8
tolerance	0 -0.2	+0.1 -0.1	max	0 -1	min	+0.25 -0.25	+0.1 -0.1	min	max	H14	+0.1 -0.1	+0.1 -0.1

Bild 5. Sechskant-Schweißmutter M8 (Detail aus DIN EN ISO 21670) mit Abmessungen in mm

Figure 5. Hexagon welding fastener M8 (detail from EN ISO 21670) with dimensions in mm

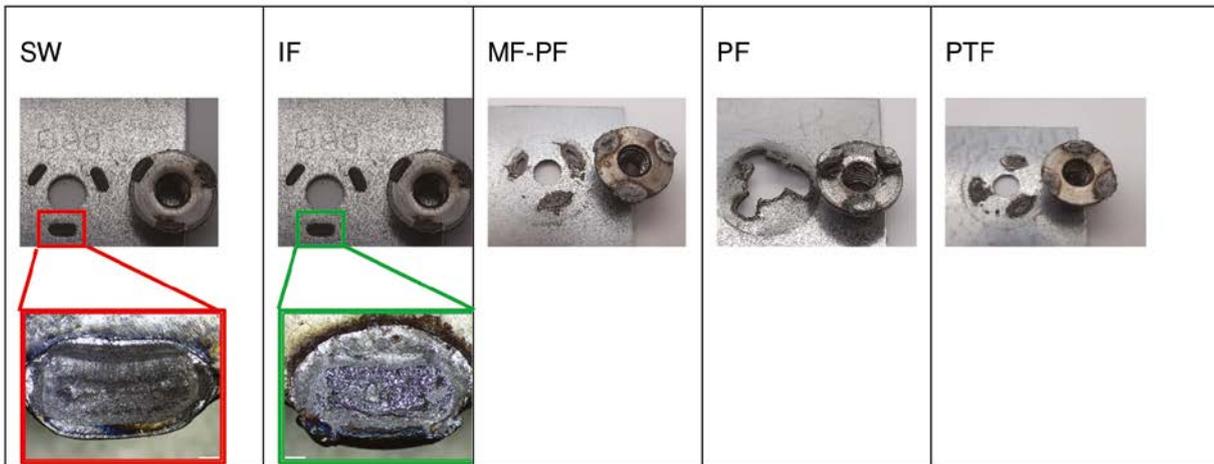


Bild 6. Beispielbilder für mögliche Brucharten nach dem Ausdrück- oder Abziehversuch

Figure 6. Example figures of possible failure modes after push-out or pull-out testing

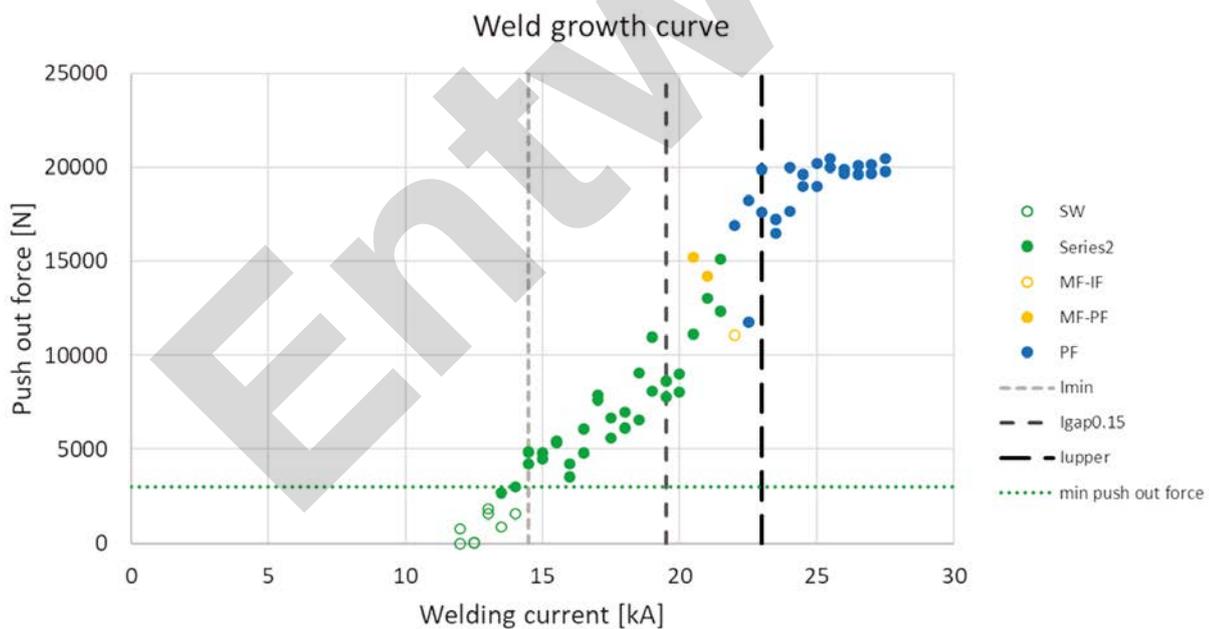


Bild 7. Schweißbereichs-Verlauf

Figure 7. Weld growth curve

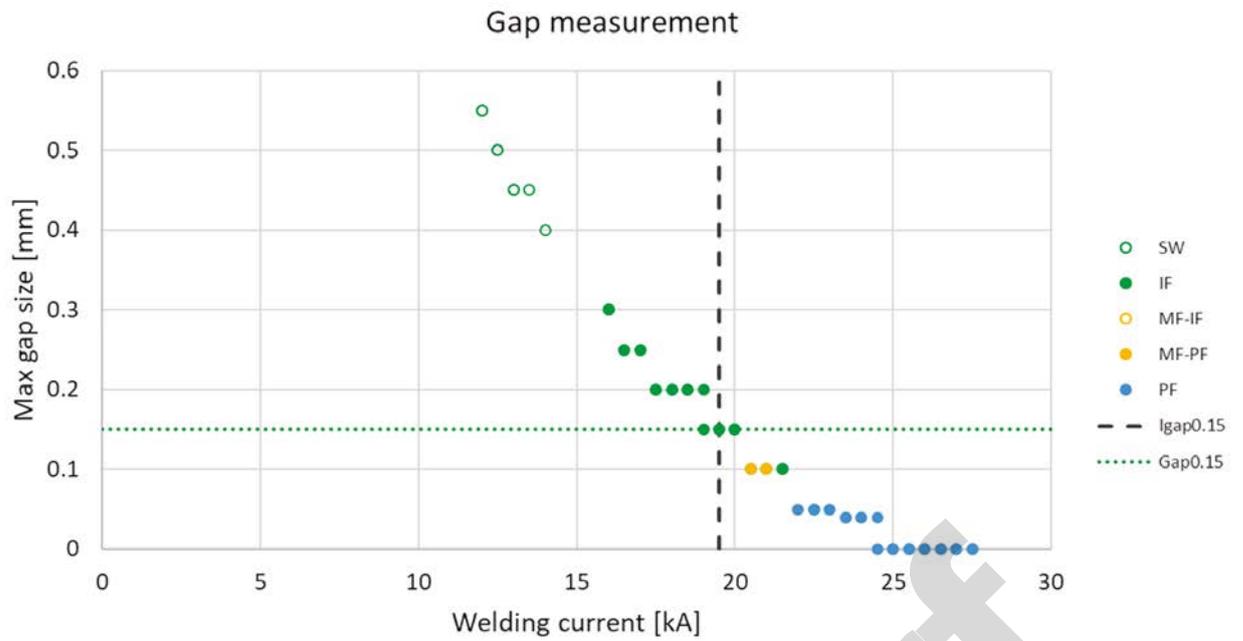


Bild 8. Messung der Spaltweite

Figure 8. Gap size measurement

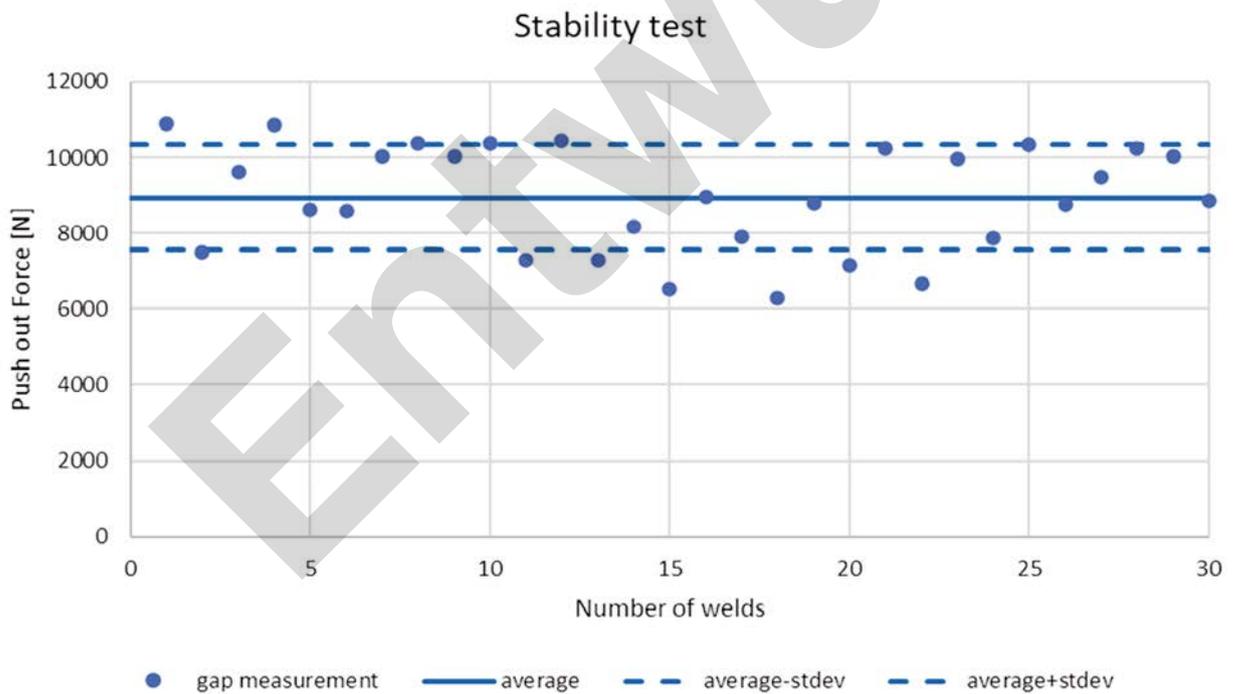


Bild 9. Diagramm für einen Stabilitätstest

Figure 9. Stability test diagram

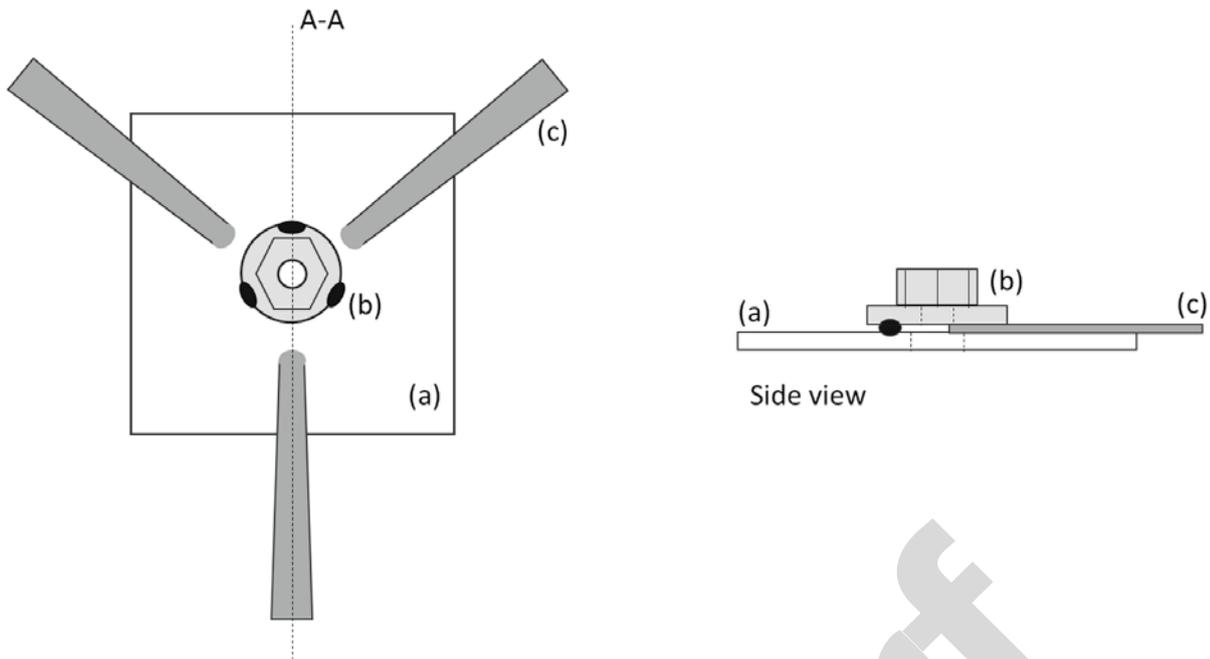


Bild 10. Messpositionen für die Spaltweiten-Messung (Draufsicht und Seitenansicht)
 (a) Probe,
 (b) Schweißmutter mit Schweißbuckeln
 (c) Positionen für die Fühler-Lehren

Figure 10. Measurement positions for the gap size (top view and side view)
 (a) Specimen,
 (b) Weld nut with projection welds,
 (c) Feeler gauge measurement positions

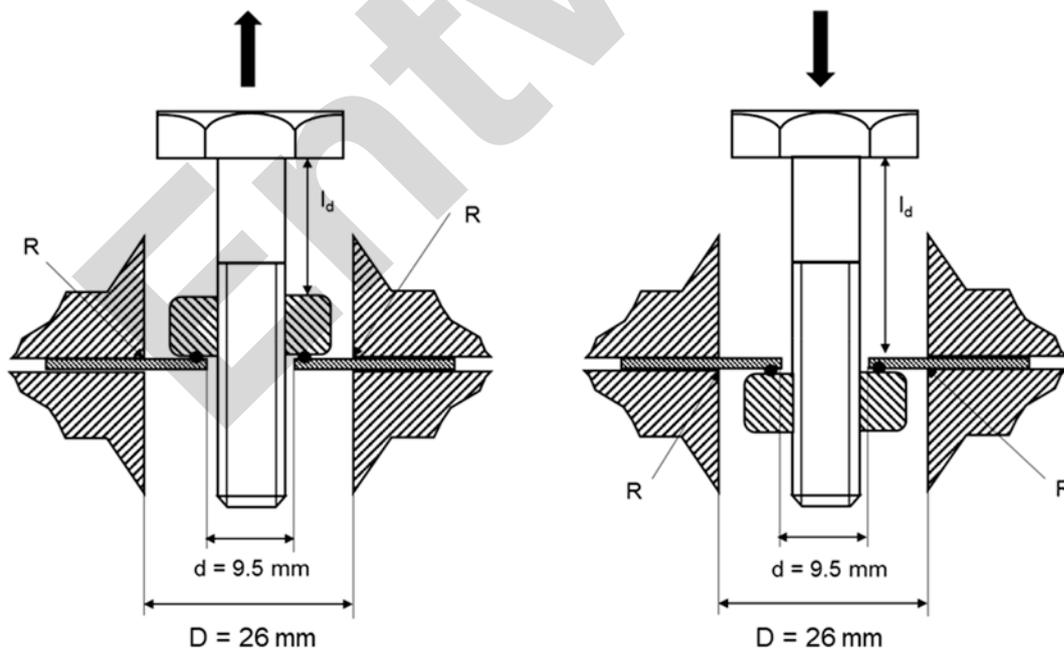


Bild 11. Vorrichtungen für den Abzieh- und Ausdrückversuch

Figure 11. Devices for pull-out and push-out testing

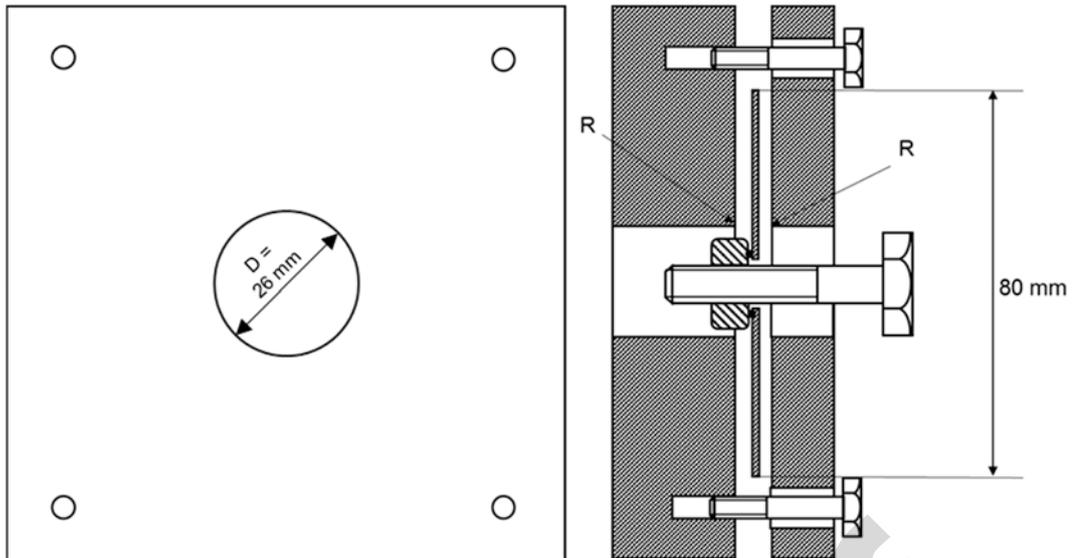


Bild 12. Beispiel einer Klemmvorrichtung für den Ausdrück-Versuch

Figure 12. Example of clamping device for the push-out test

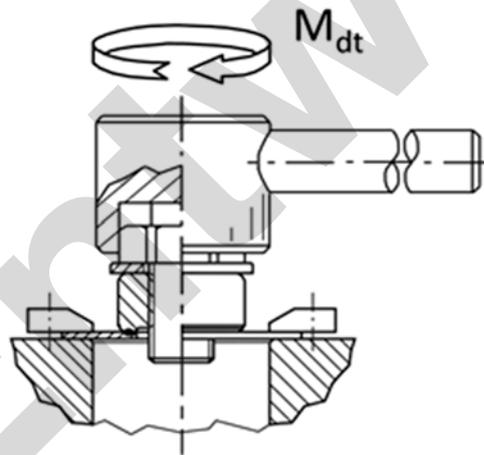


Bild 13. Beispiel einer Klemmvorrichtung für die Drehmomentprüfung

Figure 13. Example of Clamping device for the torque test

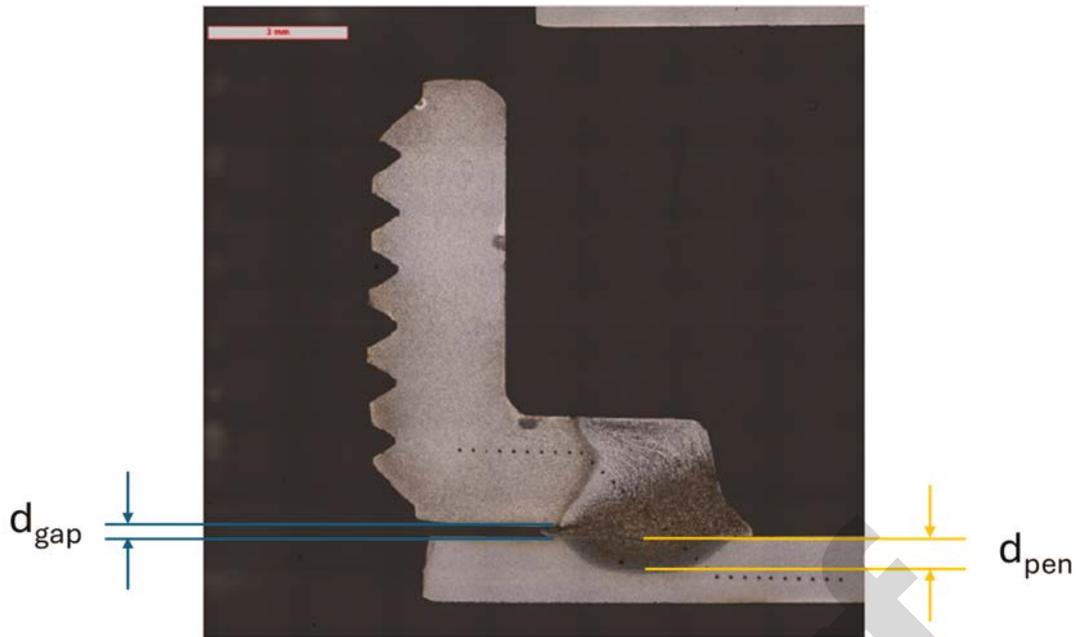


Bild 14. Messung der Eindringtiefe (Penetration) Spaltweite
 in das Stahlblech und Messung der

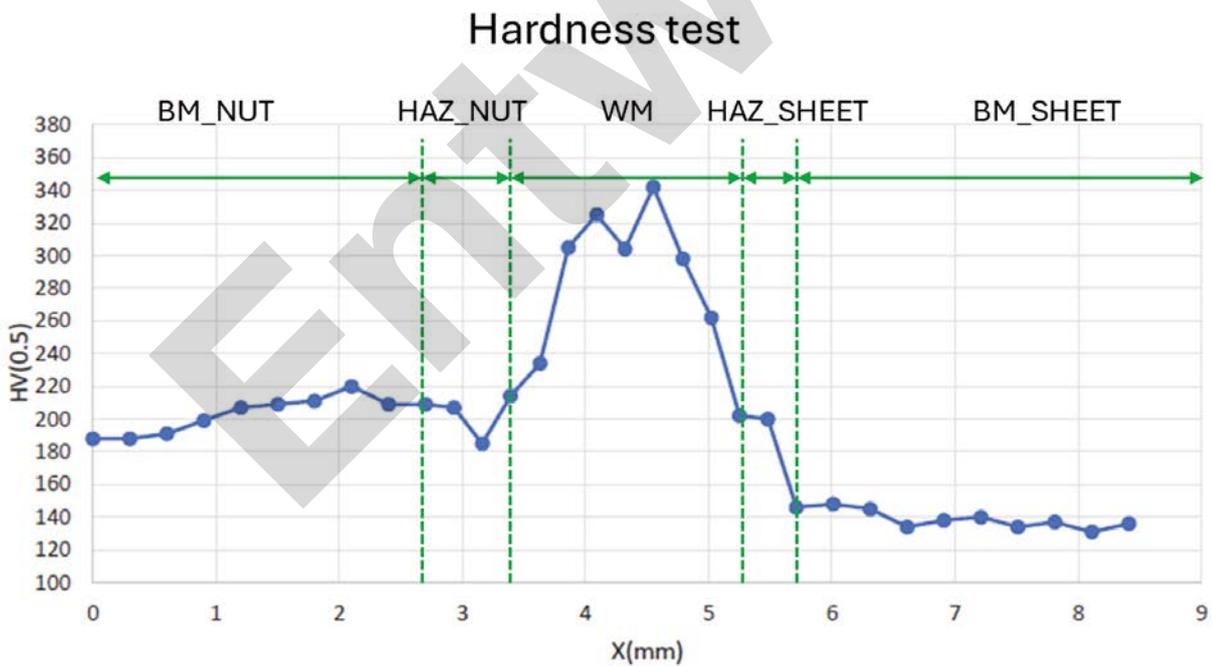


Bild 15. Härtemessungen am Querschliff einer
 Buckelschweißverbindung, Härteverlauf

Figure 15. Hardness measurements on a
 cross section of a projection weld, hardness
 trajectory

Test by Date Test number

Test Material

Material	Supplier	Material type	Heat treatment	Surface treat t[mm]	Sealer
----------	----------	---------------	----------------	---------------------	--------

Sheet metal

Name	Type	part number	PC	Type of projection
------	------	-------------	----	--------------------

Fastener

Welding Equipment

Trafo <input type="text"/>	Current <input type="text"/>	Electrode upper <input type="text"/>	Material <input type="text"/>	Part number <input type="text"/>
Timer <input type="text"/>	Gun <input type="text"/>	Electrode lower <input type="text"/>		
Cylinder <input type="text"/>	Sec. v <input type="text"/>			
Force checker <input type="text"/>	Current checker <input type="text"/>	Squeeze time <input type="text"/> [ms]		

Test Report

nF	Electrode force (kN)	Weldtime ms	Cooling ms	Current (kA) Set [unit]	Current (kA) Measured	Spatter	F max (kN)	Torque [Nm]	Failure	Comments	nF
1											1
2											2
3											3
4											4
5											5
6											6
7											7
8											8
9											9
10											10
11											11
12											12
13											13
14											14
15											15
16											16
17											17
18											18
19											19
20											20
21											21
22											22
23											23
24											24
25											25
26											26
27											27
28											28
29											29
30											30
31											31
32											32
33											33
34											34
35											35
36											36
37											37
38											38
39											39
40											40

Test Diagram

Cross Section

Bild 16. Muster- Dokumentationsblatt für die Drehmomentprüfung (analog: Ausdrück-/Abziehprüfung)

Figure 16. Example documentation sheet for torque testing (analogous: push-out/pull-out testing)

11.3 Datenheader**Schweißbereichsermittlung**

PROBENIDENTNUMMER
 VERFAHREN
 VERSUCHSPROGRAMMNUMMER
 PRUEFUNG
 PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>
 PRUEFSTELLE
 PRUEFER
 BEMERKUNG
 SCHWEISSMASCHINE
 SCHWEISSMASCHINE_STROMART
 SCHWEISSMASCHINE_FREQUENZ
 ELEKTRODE_OBEN
 ELEKTRODE_UNTEN
 ELEKTRODENWERKSTOFF
 ELEKTRODENKRAFT <kN>
 VORHALTEZEIT <ms>
 STROMZEIT_SCHWEISSEN <ms>
 NACHHALTEZEIT <ms>
 IMIN <kA>
 IGAP015 <kA>
 IUPPER <kA>
 PRUEFART
 DATEN

\$ Argumente Schweißbereichsermittlung

\$ GEWINDEGÄNGIGKEIT: 1 = gegeben / 0 = NICHT gegeben

\$ PROBENVERSAGEN: 0 = Einrichtungs-Versagen / equipment failure

[Gewinde der Mutter beschädigt / thread of welded nut failed, or

Gewinde der Prüf-Schraube beschädigt / thread of testing screw failed, or

Prüfschraube lässt sich nicht eindrehen / testing screw not applicable]

≠ 0 ⇒ Eintragung der Bruchart gemäß Kapitel 6.3 /

documentation of failure type acc. to chapter 6.3

PROBENNUMMER; I <kA>; GEWINDEGAENGIGKEIT; GAP_MAX <mm>; F_MAX <N>; PROBEN-
 VERSAGEN

1; 12.00; 1; 2.8; 680.6; SW

2; 12.00; 1; 2.8; 370.2; SW

3; 12.50; 1; 2.7; 1108.7; IF

4; 12.50; 1; 2.4; 1370.3; IF

5; 13.00; 1; 2.1; 2280.2; PIF

6; 13.00; 1; 2.0; 2461.5; PIF

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

51; 24.50; 0; 0.6; ; O

52; 24.50; 1; 0.5; 10741.8; PF

Ausdrück-/Abziehprüfung

PROBENIDENTNUMMER
 VERFAHREN
 VERSUCHSPROGRAMMNUMMER
 PRUEFUNG
 PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>
 PRUEFSTELLE

11.3 Data header**Weld growth curve**

= J_00232_A_Q_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_
 R00_001
 = ZWEISEITIGES BUCKELSCHWEIßEN 00232
 = PuD-F 24_027
 = STROMEINSTELLBEREICH
 = 05.03.2025
 = SUP
 = NAME
 =
 = PM1693
 = MFDC
 = 1000
 = Bild_Elektrode_oben.jpeg
 = Bild_Elektrode_unten.jpeg
 = CuCr1Zr
 = 6.0
 = 1500
 = 100
 = 200
 = 14.5
 = 19.5
 = 23.2
 = Ausdrückprüfung
 =

Push out/pull out test

= J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_
 R00_003
 = ZWEISEITIGES BUCKELSCHWEIßEN 00232
 = PuD-F 24_027
 = Ausdrückprüfung
 = 05.03.2025
 = SUP

PRUEFER = NAME
 BEMERKUNG = Testdatensatz Austauschformat
 IMIN <kA> = 14.5
 IGAP015 <kA> = 19.5
 IUPPER <kA> = 23.2
 ANZAHL_PROBEN_IMIN = 10
 ANZAHL_PROBEN_IGAP015 = 10
 ANZAHL_PROBEN_IUPPER = 10

\$ PROBENVERSAGEN: O = Einrichtungs-Versagen / equipment failure
 [Gewinde der Mutter beschädigt / thread of welded nut failed, or
 Gewinde der Prüf-Schraube beschädigt / thread of testing screw failed, or
 Prüfschraube lässt sich nicht eindrehen / testing screw not applicable]
 ≠ O ⇒ Eintragung der Bruchart gemäß Kapitel 6.3 /
 documentation of failure type acc. to chapter 6.3

BEGINN_AUSDRUECKPRUEFUNG_IMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; F_MAX <N>; PROBENVERSA-
 GEN; MESSDATEI

1; IMIN_1; 0.35; 3193; IF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_a.txt
 2; IMIN_2; 0.35; 3170; MF-IF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_b.txt
 3; IMIN_3; 0.35; 3125; IF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_c.txt
 ...; ...; ...; ...; ...
 8; IMIN_8; 0.35; 3115; PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_h.txt
 9; IMIN_9; 0.35; 3209; MF-PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_i.txt
 10; IMIN_10; 0.35; 3087; PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_j.txt

BEGINN_AUSDRUECKPRUEFUNG_IGAP015

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; F_MAX <N>; PROBENVERSA-
 GEN; MESSDATEI

1; IGAP015_1; 0.15; 5284; MF-PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IGAP015_a.txt
 ...; ...; ...; ...; ...
 10; IGAP015_10; 0.10; 5139; PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IGAP015_j.txt

BEGINN_AUSDRUECKPRUEFUNG_IUPPER

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; F_MAX <N>; PROBENVERSA-
 GEN; MESSDATEI

1; IUPPER_1; 0.05; 8373; PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IUPPER_a.txt
 ...; ...; ...; ...; ...
 10; IUPPER_10; 0.10; 8248; PF; J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IUPPER_j.txt

Ausdrück- / Abziehprüfung, Werte-Datei

Push-out / pull-out test, curve data

PROBENIDENTNUMMER = J_00232_A_PO_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN_a

BEGINN_DATEN

WEG <mm>; KRAFT <N>
 0.138; 681.2
 0.140; 694.5
 0.142; 707.8
 0.144; 724.3
 ...; ...
 5.901; 8.2

Drehmoment-Prüfung

PROBENIDENTNUMMER

Torque test

= J_00232_A_T_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003

VERFAHREN

= ZWEISEITIGES BUCKELSCHWEIßEN 00232

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

= PuD-F 24_027

PRUEFUNG

= Torsionsprüfung

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

= 05.03.2025

PRUEFSTELLE

= SUP

PRUEFER

= NAME

BEMERKUNG

= Testdatensatz Austauschformat

MESSBEREICHSENDE PRUEFMITTEL

= 80 Nm

IMIN <kA>

= 14.5

IGAP015 <kA>

= 19.5

IUPPER <kA>

= 23.2

ANZAHL_PROBEN_IMIN

= 5

ANZAHL_PROBEN_IGAP015

= 5

ANZAHL_PROBEN_IUPPER

= 5

\$ Argumente Drehmomentprüfung

\$ PROBENVERSAGEN: O = Einrichtungts-Versagen / equipment failure

[aufgesetzte Nuss der Prüfvorrichtung rutscht durch /

fitted testing cap slips through, or

Messbereichs-Ende der Prüfvorrichtung /

end of measuring range has been reached]

≠ O und/and < MESSBEREICHSENDE / end of measuring range

⇒ Eintragung der Bruchart gemäß Kapitel 6.3 /

documentation of failure type acc. to chapter 6.3

BEGINN_DREHMOMENTPRUEFUNG_IMIN

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; M_MAX <Nm>; PROBENVERSAGEN

1; IMIN_1; 0.35; 45; IF

2; IMIN_2; 0.30; 42; MF-IF

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

5; IMIN_5; 0.35; 41; IF

BEGINN_DREHMOMENTPRUEFUNG_IGAP015

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; M_MAX <Nm>; PROBENVERSAGEN

1; IGAP015_1; 0.15; 80; O

2; IGAP015_2; 0.15; 72; MF-PF

3; IGAP015_3; 0.10; 68; MF-PF

4; IGAP015_4; 0.15; 74; O

5; IGAP015_5; 0.15; 76; PF

BEGINN_DREHMOMENTPRUEFUNG_IUPPER

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; M_MAX <Nm>; PROBENVERSAGEN

1; IUPPER_1; 0.05; 80; O

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

5; IUPPER_5; 0.10; 80; O

Stabilitäts-Test

PROBENIDENTNUMMER	=	J_00232_A_POS_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003
VERFAHREN	=	ZWEISEITIGES BUCKELSCHWEIßEN 00232
VERSUCHSPROGRAMMNUMMER	=	PuD-F 24_027
PRUEFUNG	=	Stabilitäts-Prüfung
PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>	=	05.03.2025
PRUEFSTELLE	=	SUP
PRUEFER	=	NAME
BEMERKUNG	=	
IMIN <kA>	=	14.5
IMIN_+30% <kA>	=	18.85
ANZAHL_PROBEN	=	30

Stability test

\$ PROBENVERSAGEN: O = Einrichtungs-Versagen / equipment failure
 [Gewinde der Mutter beschädigt / thread of welded nut failed, or
 Gewinde der Prüf-Schraube beschädigt / thread of testing screw failed, or
 Prüfschraube lässt sich nicht eindrehen / testing screw cannot be screwed in]
 ≠ O ⇒ Eintragung der Bruchart gemäß Kapitel 6.3 /
 documentation of failure type acc. to chapter 6.3

BEGINN_STABILITY_TEST

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; GAP_MAX <mm>; F_MAX <N>; PROBENVERSAGEN
 1; POS_01; 0.20; 4521; MF-IF
 2; POS_02; 0.25; 4386; MF-PF
 3; POS_03; 0.20; 4602; MF-PF
 ...; ...; ...; ...; ...
 29; POS_29; 0.15; 4116; MF-IF
 30; POS_30; 0.20; 4389; MF-PF

Metallografie

PROBENIDENTNUMMER	=	J_00232_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003
VERFAHREN	=	ZWEISEITIGES BUCKELSCHWEIßEN 00232
VERSUCHSPROGRAMMNUMMER	=	PuD-F 24_027
PRUEFUNG	=	SCHLIFFBILDER
PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>	=	05.03.2025
PRUEFSTELLE	=	SUP
PRUEFER	=	NAME
BEMERKUNG	=	
AETZMITTEL	=	Nital
SCHLIFF_IMIN	=	J_00232_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN.jpg
SCHLIFF_IGAP015	=	J_00232_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IGAP015.jpg
SCHLIFF_IUPPER	=	J_00232_A_SB_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IUPPER.jpg

Metallography**BEGINN_SCHLIFFBILDER**

PROBENNUMMER; PROBENBEZEICHNUNG; STROMLAGE; I <kA>; GAP <mm>; PENETRATION <µm>
 1; SCHLIFF_IMIN; IMIN; 14.5; 0.35; 85;
 2; SCHLIFF_IGAP015; IGAP015; 19.5; 0.15; 136
 3; SCHLIFF_IUPPER; IUPPER; 23.5; 0.05; 226

Härteprüfung

PROBENIDENTNUMMER

VERFAHREN

VERSUCHSPROGRAMMNUMMER

PRUEFUNG

PRUEFDATUM <tt.mm.jjjj>

PRUEFSTELLE

PRUEFER

BEMERKUNG

AETZMITTEL

HAERTE HV

SCHWEIßSTROM I <kA>

HAERTEVERLAUF_AN_PROBE

Hardness testing

= J_00232_A_H_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IMIN

= ZWEISEITIGES BUCKELSCHWEIßEN 00232

= PuD-F 24_027

= HAERTEPRUEFUNG

= 05.03.2025

= SUP

= NAME

= Testdatensatz Austauschformat

= Nital

= 0.5

= 14.5

= IMIN

BEGINN_HAERTEVERLAUF

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

1; 0.0; 0.0; 105; BM_SHEET

2; 1.0; 0.0; 107; BM_SHEET

3; 2.0; 0.0; 107; BM_SHEET

4; 3.0; 0.0; 120; BM_SHEET

5; 3.2; 0.0; 114; HAZ_SHEET

6; 3.4; 0.0; 124; HAZ_SHEET

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

13; 3.4; 0.2; 193; HAZ_SHEET

14; 3.4; 0.4; 209; WM

15; 3.4; 0.6; 188; WM

16; 3.4; 0.8; 186; WM

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

23; 3.4; 1.2; 415; HAZ_NUT

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

31; 6.1; 1.2; 368; BM_NUT

J_00232_A_H_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IGAP015.txt = weiterer Härteverlauf für Probe IGAP015 bei Stromwert für Spalt ≤ 0.15 mm

J_00232_A_H_DC04_ZE_SUP_PC_010_V01_R00_003_IUPPER.txt = weiterer Härteverlauf für Probe IUPPER bei Stromwert IUPPER (= 1.6 x IMIN)