

DIN EN 12797



ICS 25.160.50

Einsprüche bis 2017-08-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12797:2000-12

Entwurf

**Hartlöten –
Zerstörende Prüfung von Hartlötverbindungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12797:2017**

Brazing –
Destructive tests of brazed joints;
German and English version prEN 12797:2017

Brasage fort –
Essais destructifs des assemblages réalisés par brasage fort;
Version allemande et anglaise prEN 12797:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-06-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 60 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12797:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-26 AA „Hartlöten (DVS AG V 6.1)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12797:2000-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) redaktionelle Überarbeitung.

Hartlöten — Zerstörende Prüfung von Hartlötverbindungen

Brasage fort — Essais destructifs des assemblages réalisés par brasage fort

Brazing — Destructive tests of brazed joints

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	5
3 Allgemeine Grundsätze	5
4 Scherzugprüfungen	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Kurzbeschreibung	6
4.3 Prüfstücke und Proben	6
4.4 Durchführung	7
4.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	7
5 Zugprüfungen	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Kurzbeschreibung	10
5.3 Prüfstücke und Proben	10
5.4 Durchführung	10
5.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	14
6 Metallographische Untersuchung	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Kurzbeschreibung	15
6.3 Vorbereitung der Probe	15
6.4 Durchführung	15
6.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	16
7 Härteprüfung	16
7.1 Allgemeines	16
7.2 Kurzbeschreibung	17
7.3 Vorbereitung der Probe	17
7.4 Durchführung	17
7.4.1 Makrohärteprüfung	17
7.4.2 Härteprüfung mit geringer Kraft	17
7.4.3 Mikrohärteprüfung	17
7.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	18
8 Schälprüfungen	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Kurzbeschreibung	18
8.3 Vorbereitung der Probe	19
8.4 Durchführung	19
8.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	19
9 Biegeprüfungen	20
9.1 Allgemeines	20
9.2 Kurzbeschreibung	20
9.3 Vorbereitung der Probe	20
9.4 Durchführung	20
9.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	21
Anhang A (informativ) Unregelmäßigkeiten in Hartlötverbindungen	27

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12797:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12797:2000 ersetzen.

Die wichtigsten Änderungen im Vergleich zur vorherigen Fassung sind:

- a) normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt zerstörende Prüfverfahren und Arten von Prüfstücken, die zur Durchführung von Prüfungen an Hartlötverbindungen notwendig sind.

Hartlötverbindungen werden in einer Vielzahl von Baugruppen genutzt und die konstruktiven Anforderungen, die an diese Verbindungen gestellt werden, sind ebenfalls sehr unterschiedlich; normalerweise wird eine bestimmte Festigkeit gefordert; das wird jedoch möglicherweise nicht ausdrücklich angegeben und ist häufig im Vergleich zu anderen Kriterien, z. B. Luftdichtheit, von geringerer Bedeutung. Daraus folgt, dass eine Festigkeitsprüfung für die Beurteilung einer Verbindung für eine besondere Anwendung vollständig belanglos sein kann, wenn die Festigkeit von geringerer Bedeutung ist. Diese Situation wird dadurch erschwert, dass Hartlötverbindungen nahezu ausnahmslos dafür ausgelegt sind, auf Scherung beansprucht zu werden, und die Abmessungen der Verbindung die Scherfestigkeit in viel größerem Umfang beeinflussen als die Zugfestigkeit. Die in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren sind erfolgreich angewendet worden, um Informationen über spezifische Eigenschaften zu erhalten; es wird empfohlen, eines von ihnen festzulegen, wenn derartige Informationen benötigt werden.

Wesentlich ist die Erkenntnis, dass für viele Fertigungen keine dieser Prüfungen geeignet ist und daher spezifische Prüfungen zu entwickeln sind, um die notwendigen Informationen zu erhalten (die eher qualitativ als quantitativ sein können). Die folgenden zerstörenden Prüfverfahren werden beschrieben:

- a) Scherzugprüfungen (siehe Abschnitt 4);
- b) Zugprüfungen (siehe Abschnitt 5);
- c) Metallographische Untersuchung (siehe Abschnitt 6);
- d) Härteprüfungen (siehe Abschnitt 7);
- e) Schälprüfung (siehe Abschnitt 8);
- f) Biegeprüfungen (siehe Abschnitt 9).

Da Berstprüfungen bei Hartlötverbindungen nicht allgemein gebräuchlich sind, sind Einzelheiten darüber nicht enthalten.

Die Art des Prüfstücks, das für jede Prüfung beschrieben wird, kann angeführt oder in die technischen Anwendungsnormen, die hartgelötete Baugruppen behandeln, aufgenommen werden.

Die Ergebnisse der Prüfungen werden genutzt, um:

- g) Basisdaten bezüglich des Verhaltens des Lots zu ermitteln;
- h) optimale Hartlötkonstruktionen (einschließlich Hartlötspalten) und Hartlötverfahren zu erstellen;
- i) die Fertigungsergebnisse mit den Ergebnissen, die bei der Entwicklung erzielt wurden, in Beziehung zu setzen.

Diese Europäische Norm empfiehlt nicht die Anzahl der zu untersuchenden Proben oder der zulässigen Wiederholungsprüfungen. Sie legt bis auf einen aufgeführten Leitfaden bezüglich der notwendigen Vorsichtsmaßnahmen weder die Verfahren der Probenahme aus den Hartlötverbindungen fest, noch erläutert sie die Bewertungsmerkmale, die für jede der Prüfungen gelten.

Es wurde nicht versucht festzulegen, welche Prüfung bzw. Prüfungen in welcher Situation angewendet werden sollte(n). Dies ist zu vereinbaren, bevor ein spezielles Prüfverfahren ausgewählt wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12799:2000, *Hartlöten — Zerstörungsfreie Prüfung von Hartlötverbindungen*

EN ISO 4545-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Knoop — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 4545-1)*

EN ISO 5173, *Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen (ISO 5173)*

EN ISO 6506-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1)*

EN ISO 6507-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1)*

EN ISO 6508-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Rockwell — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6508-1)*

EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)*

EN ISO 7438, *Metallische Werkstoffe — Biegeversuch (ISO 7438)*

ISO 5187, *Welding and allied processes — Assemblies made with soft solders and brazing filler metals — Mechanical test methods*

3 Allgemeine Grundsätze

Wenn Hartlötverbindungen zerstörend geprüft werden, können Unregelmäßigkeiten erkannt werden. Sie können die Qualität und die Gebrauchseigenschaften der Verbindung oder der hartgelöteten Baugruppe herabsetzen.

Zerstörende Prüfungen können benötigt werden, um die Auswirkungen des Hartlötprozesses oder einer nachfolgenden Wärmebehandlung auf die Eigenschaften der Verbindung zu bestimmen (z. B. Grundwerkstoffe, Lote, Eigenspannungen).

Diese Europäische Norm gibt keinen Leitfaden bezüglich der Ursache der Unregelmäßigkeit oder ihres Einflusses auf die Qualität der Verbindung oder die Auswirkungen einzelner bzw. mehrfacher Fehler auf die Gebrauchseigenschaften der hartgelöteten Baugruppe. Dies ist abhängig von der Begrenzung der Lebensdauer infolge der Prozesse, denen die Verbindung unterworfen ist, und von den Anforderungen an die Einsatzzeit und dem spezifischen Betriebsverhalten der hartgelöteten Baugruppe.

Die Mehrzahl der Hartlötverbindungen wird als Überlappverbindungen der einzelnen Bauteile ausgeführt. Wegen des Kapillareffektes einer Hartlötverbindung sind die meisten Unregelmäßigkeiten im Verbindungsbereich enthalten, wobei die Hauptachsen parallel zur Verbindungsebene liegen. Alle anderen Unregelmäßigkeiten wurden wahrscheinlich durch Beanspruchungen im Hartlot oder im Grundwerkstoff hervorgerufen oder waren bereits vor dem Hartlöten vorhanden. Ein Leitfaden für die Art der Unregelmäßigkeiten, die bei der Anwendung der zerstörenden Prüfungen beobachtet werden, ist in Anhang A angeführt, in dem die Arten schematisch dargestellt sind.

Die Bedeutung der Toleranzen von typischen Unregelmäßigkeiten, der Grund für eine Zurückweisung, das Verfahren der Auswertung von Unregelmäßigkeiten und das Verfahren der Darstellung von Beobachtungen sind zu vereinbaren, bevor ein spezielles Prüfverfahren ausgewählt wird.

Die Anwendung eines beliebigen Verfahrens sollte stets in Abhängigkeit zur Gesamtprüfung gesehen werden. Die Vorteile der Anwendung eines bestimmten Verfahrens können nur durch Berücksichtigung ihrer Ergebnisse in Verbindung mit denen, die durch den Einsatz anderer Prüfverfahren erbracht wurden, erkannt werden. Das (die) am besten geeignete(n) Prüfverfahren sollte(n) ausgewählt werden.

Die Verfahren der zerstörenden Prüfung sind nicht mit einer bestimmten Prüfstückart verbunden, sie legen jedoch die allgemeinen Grundsätze der beschriebenen Prüfungsarten fest. Es wird hervorgehoben, dass ein zufriedenstellendes Prüfverfahren nur dann entwickelt und angewendet werden kann, wenn alle entscheidenden Faktoren bezüglich der zu verwendenden Ausrüstung und der Eigenschaften der zu untersuchenden Prüfstücke berücksichtigt wurden.

Die Anwendung der beschriebenen Prüfverfahren ermöglicht, die Ergebnisse verschiedener Organisationen zu vergleichen, so dass eine größere Gültigkeit erreicht wird, und sie liefert Konstrukteuren Grunddaten über das Betriebsverhalten von Hartloten und hartgelöteten Konstruktionen. Es ist jedoch wesentlich anzuerkennen, dass die erzielten Ergebnisse, wie bei allen mechanischen Prüfungen, nicht grundlegend sind und die ermittelten Werte von den Bedingungen der Prüfung, dem Zustand des Hartlots, der Gestaltung der Verbindung und der durch den Hartlötprozess erreichten Qualität abhängen. Der Hartlötprozess erzeugt Verbindungen, die nicht homogen sind, da sie aus Grundwerkstoffen und einem Lot gebildet werden.

Viele Faktoren (wie der Hartlötspalt, Hartlötzyklus, Diffusion des Lots in den Grundwerkstoff, usw.) beeinflussen die mechanischen Eigenschaften der Verbindung. Daher sind die Kenntnisse eines Experten erforderlich, um zu beurteilen, ob es möglich ist, die mechanischen Eigenschaften in der Fertigung zu wiederholen, die beim Prüfstück erreicht wurden.

4 Scherzugprüfungen

4.1 Allgemeines

Viele Probenausführungen sind verwendet worden, um Daten von Scherzugprüfungen für Hartlötverbindungen zu ermitteln. Die große Mehrzahl von Hartlötverbindungen ist dafür ausgelegt, auf Scherung beansprucht zu werden; es ist unmöglich, die an hartgelöteten Stumpfstoßverbindungen gewonnenen Ergebnisse auf Scherfestigkeiten zu übertragen. Aus Prüfstücken, die von hartgelöteten Baugruppen entnommen wurden, können nur schwierig genormte Scherzugproben angefertigt werden; Baugruppen mit vielen Verbindungen verursachen ähnliche Probleme, wobei eine vorhandene fehlerhafte Verbindung die Gesamtfestigkeit nicht zu vermindern braucht, aber einen Betriebsausfall verursachen kann. Die Scherzugprobe sollte im Wesentlichen einfach gestaltet und wirtschaftlich herzustellen sowie zu prüfen sein.

In jedem Fall und besonders wenn eine breite Streuung der Ergebnisse vorliegt, sollten die Einflüsse von nicht gebundenen Bereichen und anderen Unregelmäßigkeiten, die durch zerstörungsfreie Prüfungen und durch die Sichtprüfung der Bruchoberflächen festgestellt wurden, berücksichtigt werden.

4.2 Kurzbeschreibung

Das Prüfprinzip ist es, die Probe durch Scherzugbelastungen bis zum Bruch zu beaufschlagen und ihre mechanischen Eigenschaften zu beurteilen, nachdem sie diesem Belastungsverfahren unterworfen wurde.

4.3 Prüfstücke und Proben

Die Einzelheiten der zu verwendenden Prüfstücke und Proben müssen vor der Prüfung vereinbart werden und dürfen beispielsweise einem der folgenden Typen entsprechen:

- a) Typ I, wie in Bild 1 gezeigt;
- b) Typ II, wie in Bild 2 gezeigt.

Die in den Bildern 1 und 2 angegebenen Maße sind die üblicherweise verwendeten Maße, Änderungen können jedoch notwendig sein, damit sie den spezifischen Anwendungen entsprechen.

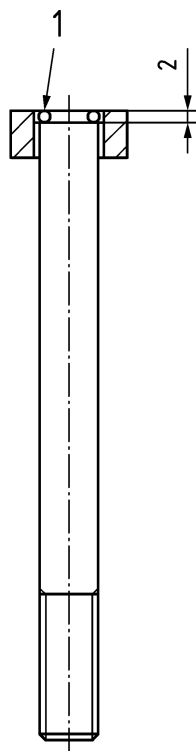
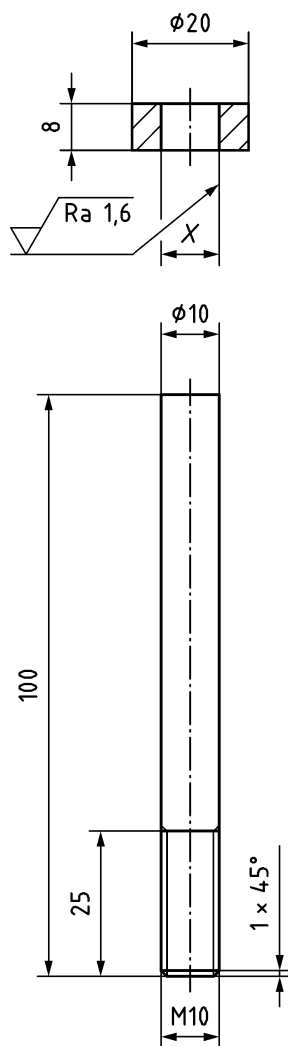
4.4 Durchführung

Die Prüfung muss im Allgemeinen nach den Grundsätzen von ISO 5187 durchgeführt werden.

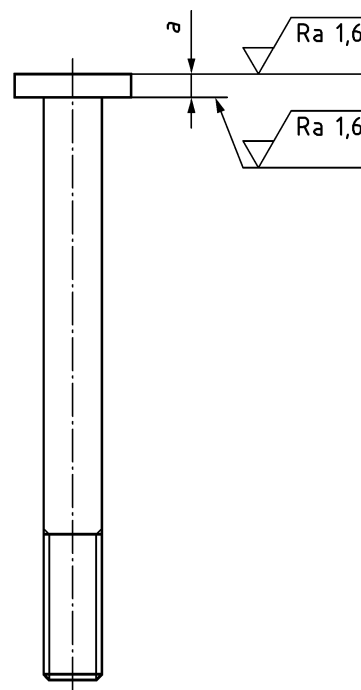
4.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht

Die Prüfergebnisse und der Prüfbericht müssen Folgendes enthalten:

- a) Prüfstück und Einzelheiten einschließlich Maße, Toleranzen, Hartlötspalt und Verfahren zur Vorbereitung;
- b) Bezug, z. B. Auftragsnummer, Teilnummer, Lage in der Hartlötkonstruktion, falls zutreffend;
- c) Datum der Prüfung;
- d) Hartlot;
- e) Grundwerkstoffe;
- f) Einzelheiten des Hartlötprozesses;
- g) Typ der Probe;
- h) Anzahl der Proben;
- i) Art der Prüfmaschine;
- j) Prüftemperatur;
- k) zahlenmäßige Ergebnisse;
- l) Lage des Bruchs;
- m) Aussehen der Bruchoberfläche (Unregelmäßigkeiten, wenn der Bruch in der Hartlötverbindung liegt);
- n) Name des Labors und Unterschrift des Bevollmächtigten.



Maße in Millimeter
Oberflächenrauheit in Mikrometer



Für die Einteilung von Loten wird
ein Wert von $a = 4$ empfohlen.

a) Einzelheiten des Prüfstücks

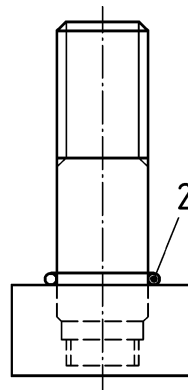
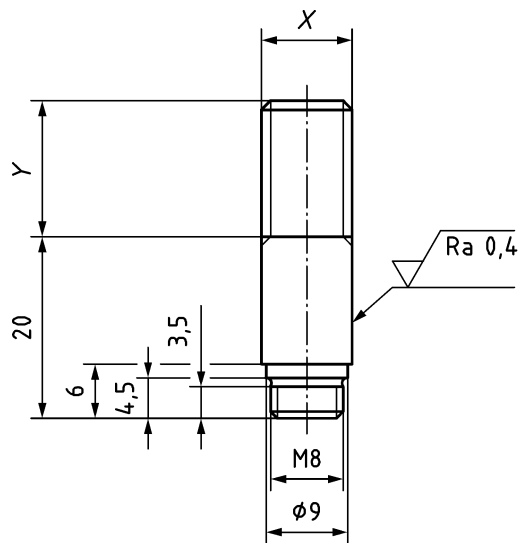
b) Prüfstück vor dem Hartlöten

c) Probe nach der
mechanischen Bearbeitung

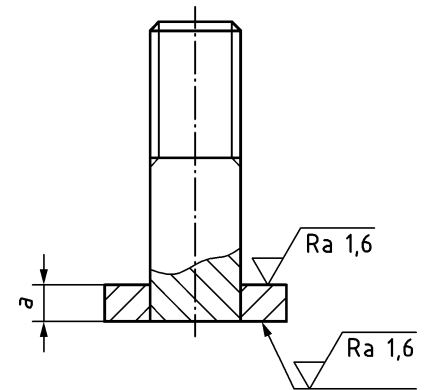
Legende

- X entsprechend dem geforderten Spalt
1 Lot

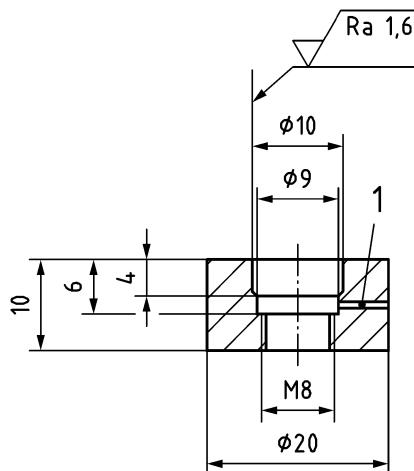
Bild 1 — Maße von Typ I-Scherzugprüfstück und -probe



Maße in Millimeter
Oberflächenrauheit in Mikrometer



Für die Einteilung von Loten wird ein Wert von $a = 4$ empfohlen.



a) Einzelheiten des Prüfstücks

b) Prüfstück vor dem
Hartlöten

c) Probe nach dem Hartlöten
und der mechanischen
Bearbeitung

Legende

- Y entsprechend der benutzten Vorrichtung
- X entsprechend dem geforderten Spalt
- 1 Gasauslass
- 2 Lot

Bild 2 — Maße von Typ II-Scherzugprüfstück und -probe

5 Zugprüfungen

5.1 Allgemeines

Viele Probenausführungen sind verwendet worden, um Daten für die Zugfestigkeit von Hartlötverbindungen zu ermitteln. Die Zugprobe sollte im Wesentlichen einfach gestaltet und wirtschaftlich herzustellen sowie zu prüfen sein.

Die Prüfergebnisse sollten unter Beachtung der Anforderungen von EN ISO 6892-1 sowie der Anforderungen jeder einzelnen Prüfung beurteilt werden. In jedem Fall und besonders wenn eine breite Streuung der Ergebnisse vorliegt, sollten die Einflüsse von nicht gebundenen Bereichen und anderen Unregelmäßigkeiten, die durch zerstörungsfreie Prüfungen und durch die Sichtprüfung der Bruchoberflächen festgestellt wurden, berücksichtigt werden.

5.2 Kurzbeschreibung

Das Prüfprinzip ist es, die Probe durch mechanische Zugbelastungen bis zum Bruch zu beaufschlagen und ihre mechanischen Eigenschaften zu beurteilen, nachdem sie diesem Belastungsverfahren unterworfen wurde.

5.3 Prüfstücke und Proben

Die Einzelheiten der zu verwendenden Prüfstücke und Proben müssen vor der Prüfung vereinbart werden und dürfen beispielsweise einem der folgenden Typen entsprechen:

- a) Typ I, wie in Bild 3 gezeigt;
- b) Typ II, wie in Bild 4 gezeigt;
- c) Typ III, wie in Bild 5 gezeigt.

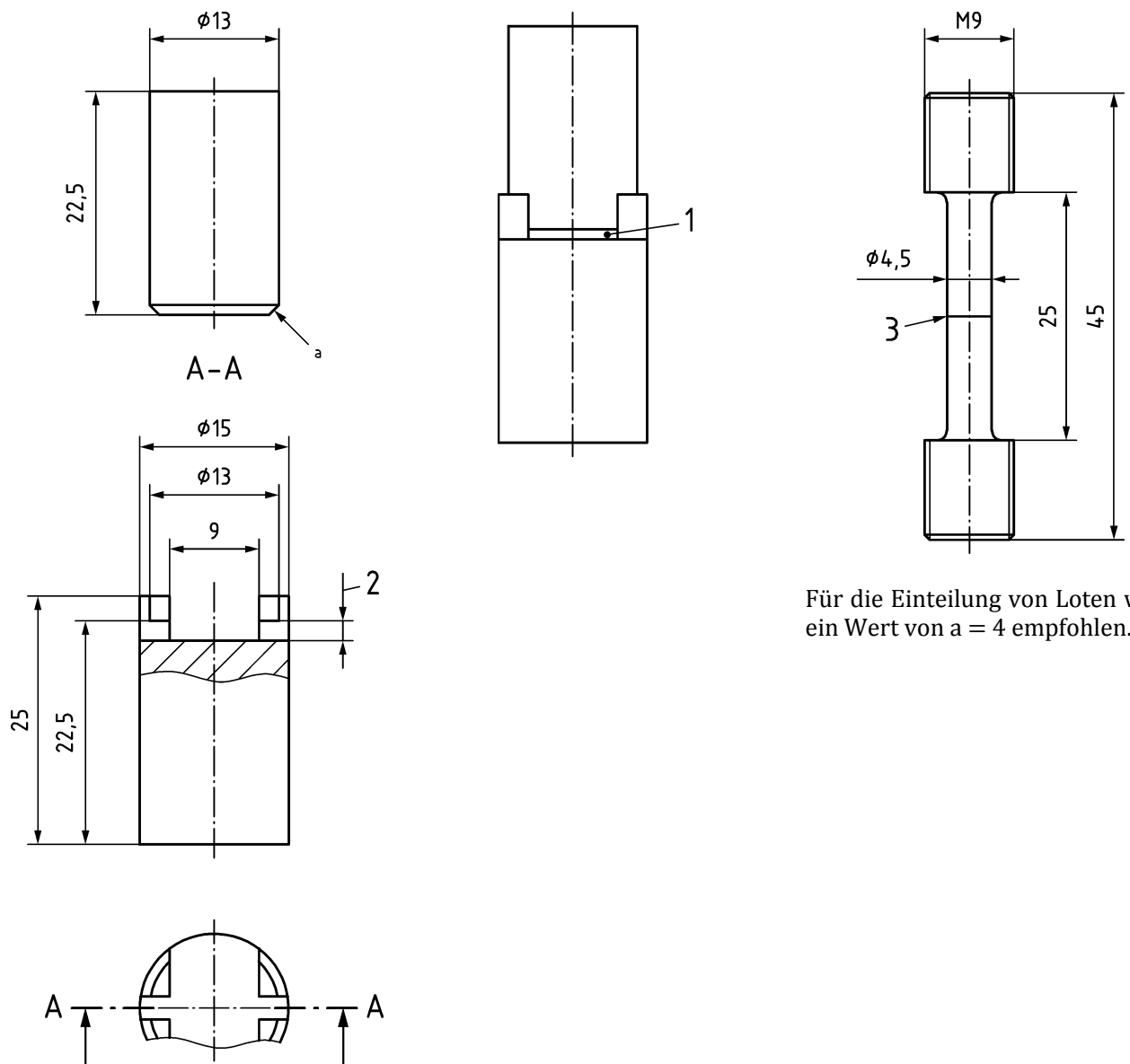
Die in den Bildern 3, 4 und 5 angegebenen Maße sind die üblicherweise verwendeten Maße, Änderungen können jedoch notwendig sein, damit sie den spezifischen Anwendungen entsprechen.

5.4 Durchführung

Die Prüfung muss im Allgemeinen nach den Grundsätzen von ISO 5187 und EN ISO 6892-1 durchgeführt werden.

Zugprüfungen müssen normalerweise in einer Spannvorrichtung in einer Prüfmaschine mit einstellbaren Spannvorrichtungen ausgeführt werden, um unbeabsichtigte Biegespannungen in den Proben, die falsche Ergebnisse verursachen können, zu vermeiden.

Maße in Millimeter
Oberflächenrauheit in Mikrometer



Für die Einteilung von Loten wird ein Wert von $a = 4$ empfohlen.

a) Einzelheiten des Prüfstücks

b) Prüfstück vor dem Hartlöten

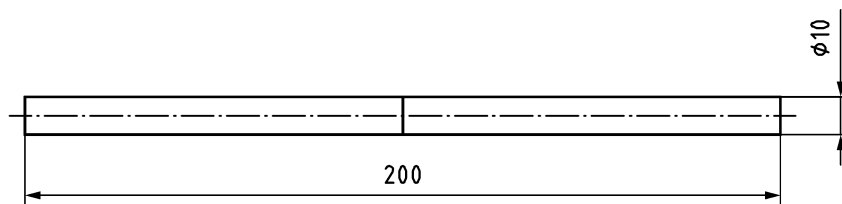
c) Probe

Legende

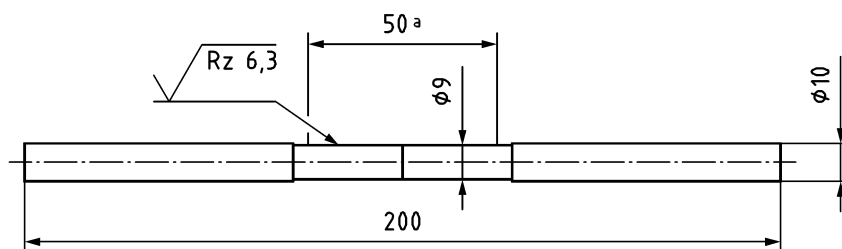
- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1 Lot | 3 Lage der Hartlötverbindung |
| 2 Verbindungsspalt | a 45°-Fase (bei 0,5 Radius) |

Bild 3 — Maße von Typ I-Zugprüfstück und -probe

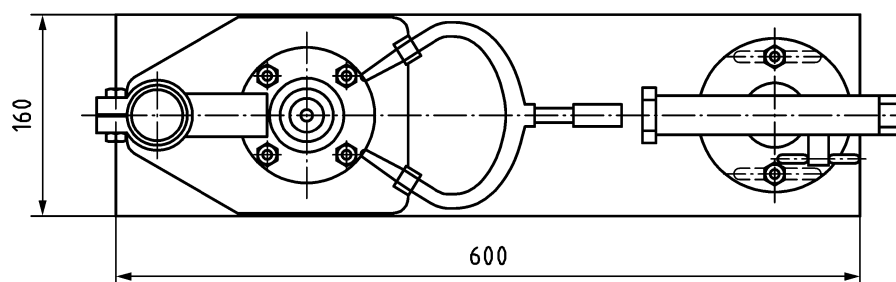
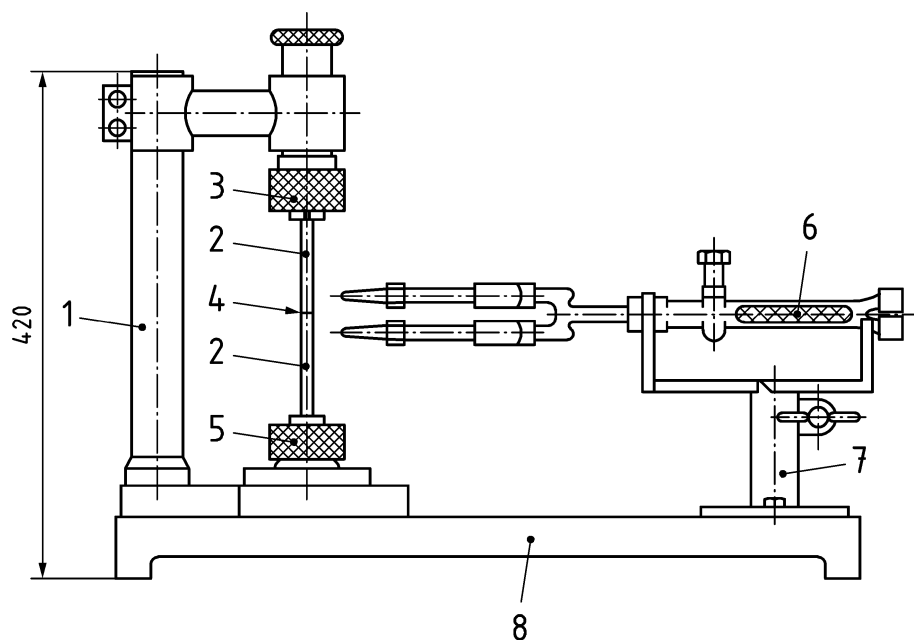
Maße in Millimeter



a) Hartgelötetes Prüfstück



b) Probe



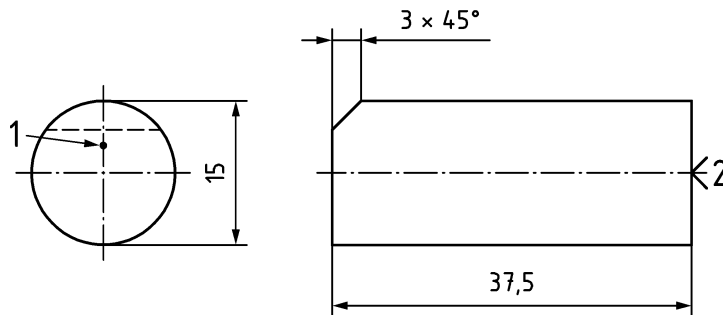
c) Hartlötvorrichtung

Legende

- | | | |
|----------------|-----------------------|--------------------|
| 1 Ständer | 4 Lotdrahtabschnitt | 7 Brennerhalterung |
| 2 Rundstahl | 5 Untere Klemme | 8 Grundplatte |
| 3 Obere Klemme | 6 Vierflammen-Brenner | a Messlänge |

Bild 4 — Maße von Typ II-Zugprüfstück und -probe

Maße in Millimeter

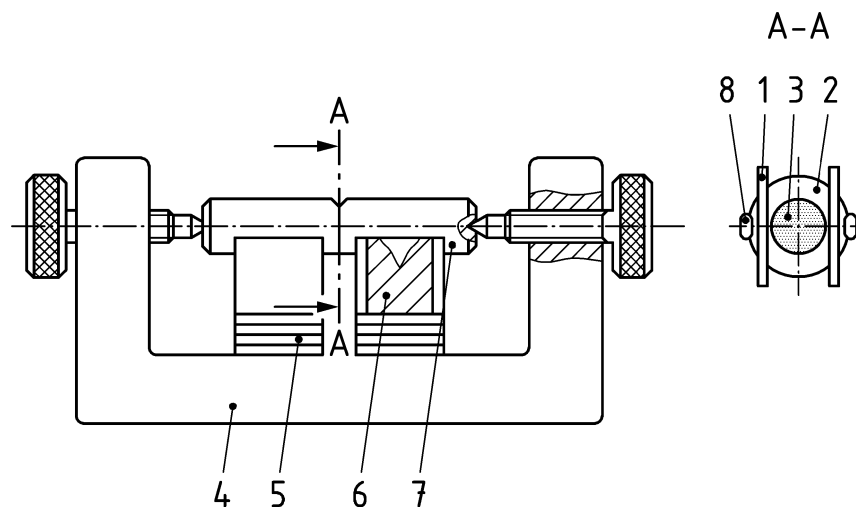


Legende

- | |
|-----------------------|
| 1 Markierung der Lage |
| 2 Zentrierungsbohrung |

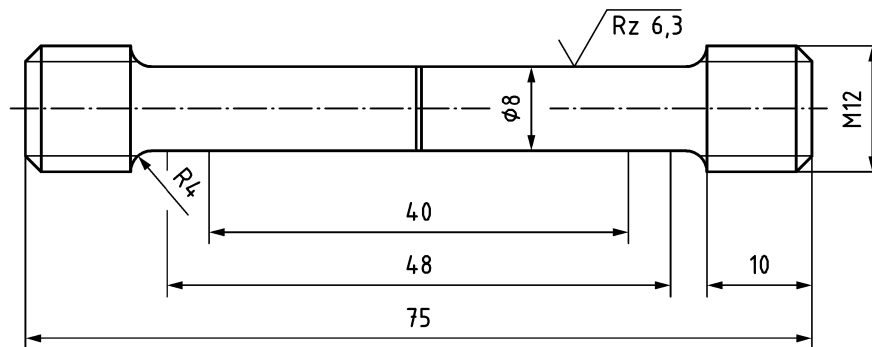
Die Lagemarkierung auf jeder Seite der gefertigten Probe legt die Ausrichtung derselben nach der Hartlötung fest.

a) Prüfstückhälfte



b) Vorrichtung zum Einspannen des Prüfstücks und zur Aufnahme der Abstandsfolien, schematische Darstellung

Maße in Millimeter



c) Zugprobe

Legende

- 1 Abstandsfolie (Dicke = Breite des Hartlötspaltes)
- 2 Fuge zur Aufnahme des Lots (Lotdepot)
- 3 zu prüfender Prüfstückquerschnitt
- 4 Spannvorrichtung
- 5 Unterlegbleche
- 6 Stützprisma
- 7 Prüfstückhälfte
- 8 WIG-Heftschweißnaht

Bild 5 — Maße von Typ III-Zugprüfstück und -probe

5.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht

Die Prüfergebnisse und der Prüfbericht müssen Folgendes enthalten:

- a) Prüfstück und Verfahren zur Vorbereitung;
- b) Bezug, z. B. Auftragsnummer, Teilnummer, Lage in der Hartlötkonstruktion, falls zutreffend;
- c) Datum der Prüfung;
- d) Hartlot;
- e) Grundwerkstoffe;
- f) Einzelheiten des Hartlötprozesses;
- g) Typ der Probe;
- h) Anzahl der Proben;
- i) Prüfverfahren;
- j) Art der Prüfmaschine;
- k) Prüftemperatur;
- l) zahlenmäßige Ergebnisse;

- m) Lage des Bruchs;
- n) Aussehen der Bruchoberfläche (Unregelmäßigkeiten, wenn der Bruch in der Hartlötverbindung liegt);
- o) Name des Labors und Unterschrift des Bevollmächtigten.

6 Metallographische Untersuchung

6.1 Allgemeines

Die Qualität der Hartlötverbindungen und die grundsätzlichen Informationen über Reaktionen zwischen Grundwerkstoff und Lot, Diffusionseigenschaften und andere Aspekte können durch makroskopische und mikroskopische Untersuchungen der Hartlötverbindungen ermittelt werden. Besondere Beachtung sollte der Herstellung von Prüfstücken geschenkt werden, die speziell zur Unterstützung der metallographischen Untersuchung vorgesehen sind, z. B. Prüfstücke mit unterschiedlichem Spalt (Keilspalt). Diese Technik gibt nur Informationen über die Oberflächenabschnitte, die Gegenstand der Untersuchung sind. Sie ist ebenso nützlich zur Untersuchung der Schadensursachen und der Fertigungsqualität sowie zur Bestätigung der durch zerstörungsfreie Prüfverfahren erhaltenen Daten.

Wenn notwendig, können dem Prüfer, Skizzen oder Fotografien zur Verfügung gestellt werden, die die Art der Unregelmäßigkeiten, die vorliegen können, darstellen.

6.2 Kurzbeschreibung

Die Makro- und Mikrostrukturen der Hartlötverbindungen werden untersucht, um deren Qualität zu ermitteln.

6.3 Vorbereitung der Probe

Besonders sorgfältig muss die Aufteilung vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass die Struktur nicht verändert wird. Die Abschnitte und ihre zugehörige Lage müssen eindeutig aufgezeichnet und markiert werden.

Die Abschnitte müssen so geschliffen und poliert sein, dass die für die makroskopische und mikroskopische Untersuchung erforderliche Oberflächenbeschaffenheit erreicht wird. Für höherentwickelte Verfahren, wie z. B. Mikrosondenanalyse, Rasterelektronenmikroskopie und ähnliche Verfahren, müssen die Abschnitte durch spezielle Verfahren, die für diese Untersuchungen anzuwenden sind, vorbereitet werden. Die für die makroskopische und mikroskopische Untersuchung vorbereiteten Abschnitte müssen eben, frei von Kratzern, Vertiefungen und Flecken sein, so dass sie sowohl mit als auch ohne Ätzung untersucht werden können.

ANMERKUNG Aufgrund der unterschiedlichen Werkstoffe in fast allen Hartlötverbindungen kann das Ätzen schwierig oder manchmal unmöglich sein.

6.4 Durchführung

Es muss eines der folgenden Verfahren angewendet werden:

- a) *Makroskopische Untersuchung.* Die Abschnitte müssen mit einer geringen Vergrößerung — bis 25-fach — untersucht werden. Die Verbindung muss auf mangelnden Fluss (des Lots), Flussmitteleinschlüsse, Porosität, Risse und andere Unregelmäßigkeiten untersucht werden.

- b) *Mikroskopische Untersuchung.* Die Abschnitte müssen durch Anwendung eines Metallmikroskops mit geeigneter Vergrößerung untersucht werden. Die Verbindung muss auf solche Einzelheiten untersucht werden, die durch die makroskopische Untersuchung nicht erkannt werden, wie die Struktur der Hartlötverbindung, Erosion, Reaktionen zwischen Grundwerkstoff und Lot sowie Korngrenzenphänomene und andere metallurgische Anforderungen.
- c) *Hochentwickelte Techniken.* Diese Techniken müssen für die detaillierten Untersuchungen der Zusammensetzungen der Lote sowohl nach dem Hartlöten als auch nach der Wärmebehandlung, für die Diffusion des Lots in den Grundwerkstoff und andere Daten, die für die Untersuchung der Qualität der Hartlötverbindung wichtig sind, angewendet werden.

Die Einzelheiten der Verarbeitung der Daten aus den Prüfungen müssen vor jeder Prüfung vereinbart werden.

6.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht

Die Prüfergebnisse und der Prüfbericht müssen Folgendes enthalten:

- a) Prüfstück und Verfahren zur Vorbereitung;
- b) Bezug, z. B. Auftragsnummer, Teilnummer, Lage in der Hartlötkonstruktion, falls zutreffend;
- c) Datum der Prüfung;
- d) Hartlot;
- e) Grundwerkstoffe;
- f) Einzelheiten des Hartlötprozesses;
- g) Prüfverfahren;
- h) Anzahl der untersuchten Abschnitte;
- i) Oberflächenvorbereitung, einschließlich Ätzung;
- j) falls verfügbar, zahlenmäßige Ergebnisse;
- k) Fotos, wenn eine Daueraufzeichnung erforderlich ist;
- l) alle Beobachtungen, die aufgrund der vertraglichen Vereinbarungen erforderlich sind;
- m) Name des Labors und Unterschrift des Bevollmächtigten.

7 Härteprüfung

7.1 Allgemeines

Verschiedene Verfahren zur Härteprüfung liefern unterschiedliche Ergebnisse, die nicht immer direkt vergleichbar sind. Bei Verwendung empirisch ermittelter Tabellen können die Ergebnisse einer Prüfungsart für verschiedene Werkstoffe näherungsweise in Ergebnisse einer anderen umgewandelt werden.

Die Anwendung einer Härteprüfung an Hartlötverbindungen ist sinnvoll als fertigungsbezogenes Verfahren zur Überprüfung des metallurgischen Zustands der Grundwerkstoffe und bei wärmebehandelbaren Grundwerkstoffen liefert sie Hinweise bezüglich der Wirksamkeit des Prozesses der Wärmebehandlung. Sie wird häufig in der Forschung und Entwicklung angewendet, um die Diffusionseigenschaften des Lots zu