

Prüf- und Dokumentationsrichtlinie für die experimentelle Ermittlung von Versagenskennwerten für die Crash- und Umform-Simulation

Testing and Documentation Guideline for the Experimental Determination of Fracture Properties for Crash and Forming Simulation

SEP 1237
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	Ziel
2	Überblick
3	Allgemeine Versuchsbedingungen
4	Proben und -vorbereitung
4.1	Probenentnahme
4.2	Prüfstückgeometrie
4.3	Herstellung der Prüfstücke
4.4	Oberflächenzustand
4.5	Anwendung des DIC-Systems
5	Uniaxialer Zugversuch am Prüfstück mit Loch
5.1	Versuchseinrichtung
5.2	Typen von Prüfstücken
5.3	Vermessung der Prüfstücke vor der Prüfung
5.4	Durchführung der Prüfung
5.5	Abbruchkriterium für die Prüfung
5.6	Auswertung der Prüfung und Dokumentation der Ergebnisse
6	Uniaxialer Zugversuch am Prüfstück mit Kerben
6.1	Versuchseinrichtung
6.2	Probengeometrie und -vorbereitung
6.3	Vermessung der Prüfstücke vor der Prüfung
6.4	Versuchsdurchführung
6.5	Abbruchkriterium für die Prüfung
6.6	Auswertung der Prüfung und Dokumentation der Ergebnisse

Table of contents

1	Objective
2	Overview
3	General test conditions
4	Samples and preparation
4.1	Sampling
4.2	Specimen geometry
4.3	Production of specimens
4.4	Surface condition
4.5	Application of the DIC system
5	Uniaxial tensile test on the specimen with a hole
5.1	Test equipment
5.2	Specimen types
5.3	Measurement of specimens before the test
5.4	Test procedure
5.5	Termination criterion for the test
5.6	Test evaluation and documentation of results
6	Uniaxial tensile test on the specimen with notches
6.1	Test equipment
6.2	Specimen geometry and preparation
6.3	Measurement of specimens before the test
6.4	Test procedure
6.5	Termination criterion for the test
6.6	Test evaluation and documentation of results

7 Biaxialer Zugversuch oder hydraulischer Tiefungsversuch

- 7.1 Versuchseinrichtung
- 7.2 Probengeometrie und -vorbereitung
- 7.3 Vermessung der Prüfstücke vor der Prüfung
- 7.4 Versuchsdurchführung
- 7.5 Abbruchkriterium für die Prüfung
- 7.6 Auswertung der Prüfung und Dokumentation der Ergebnisse

8 Symbole und Abkürzungen

Anhang Beispiele standardisierter Datendateien

- Anhang 1-1 Datendatei mit Kraft-Weg-Daten für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Loch
- Anhang 1-2 Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Loch
- Anhang 1-3 Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Loch
- Anhang 2-1 Datendatei mit Kraft-Weg-Daten für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Kerben
- Anhang 2-2 Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Kerben
- Anhang 2-3 Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Kerben
- Anhang 3-1 Datendatei mit Kraft-Weg-Daten für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch
- Anhang 3-2 Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch
- Anhang 3-3 Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch

7 Biaxial tensile test or hydraulic bulge test

- 7.1 Test equipment
- 7.2 Specimen geometry and preparation
- 7.3 Measurements of specimens before the test
- 7.4 Test procedure
- 7.5 Termination criterion for the test
- 7.6 Test evaluation and documentation of results

8 Symbols and abbreviations

Annex Examples of standardized data files

- Annex 1-1 Data file with a force displacement curve for the uniaxial tensile test on a specimen with a hole
- Annex 1-2 Data file with results of a deformation analysis for the uniaxial tensile test on a specimen with a hole
- Annex 1-3 Data file with results of a thickness measurement for the uniaxial tensile test on a specimen with a hole
- Annex 2-1 Data file with a force displacement curve for the uniaxial tensile test on a specimen with notches
- Annex 2-2 Data file with results of a deformation analysis for the uniaxial tensile test on a specimen with notches
- Annex 2-3 Data file with results of a thickness measurement for the uniaxial tensile test on a specimen with notches
- Annex 3-1 Data file with a force displacement curve for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test
- Annex 3-2 Data file with results of a deformation analysis for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test
- Annex 3-3 Data file with results of a thickness measurement for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test

1 Ziel

Die experimentelle Bestimmung der Versagenskennwerte von Stahlblechwerkstoffen ist ein wichtiger Bestandteil der Materialcharakterisierung für CAE-Berechnungen von Blechbauteilen geworden.

1 Objective

Experimental determination of the fracture properties of sheet steel materials has become an important part of material characterization for CAE calculations of sheet metal parts.

2 Überblick

Dieses Stahl-Eisen-Prüfblatt (SEP) spezifiziert experimentelle Prüfungen zur Bestimmung der folgenden Versagens-Kennwerte: Versagens-Dehnung bei uniaxialem Zug, ebenem Zug und biaxialem Zug. Das Versagensverhalten kann verwendet werden, um Rissinitiation für Crash- und Umform-Simulation vorherzusagen.

2 Overview

This Stahl-Eisen test specification (SEP) specifies experimental tests for determination of the following fracture properties: fracture strain at uniaxial tension, at plane strain tension and at biaxial tension. These fracture properties can be used to predict fracture initiation in crash or forming simulation.

Dieses SEP ist anwendbar für Stahl-Feinblech bis zu 3 mm Dicke.

This SEP applies for thin steel sheet up to 3 mm thickness.

Hinweis: Da noch keine breite Übereinstimmung bezüglich eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Versagens-Dehnung bei Scherbeanspruchung erreicht wurde, wird kein experimenteller Test zur Bestimmung des Versagensverhaltens bei Scherung spezifiziert.

Note: As no widely accepted agreement has yet been reached on a test method to determine the fracture strain at shear, no experimental test for determination of the fracture behavior by shear is specified.

Wesentliche Aussagen aus diesem SEP sind in SEP 1240, Abschnitt 9, zusammengefasst.

Essential statements of this SEP are summarized in SEP 1240, Clause 9.

3 Allgemeine Versuchsbedingungen

3 General test conditions

Die Versuchseinrichtung wird für den jeweiligen Versuch in den Abschnitten 5 bis 7 spezifiziert.

The test equipment is specified for the respective test in clauses 5 to 7.

Ergänzend wird ein System zur zweidimensionalen oder dreidimensionalen digitalen Bildkorrelation (DIC) benötigt. Das DIC-System sollte die Aufnahme von Bildern in einer Frequenz von mindestens 20 Hz ermöglichen und eine entsprechende Auflösung, um eine virtuelle Dehnungsbezugsgröße von 0,2 mm zu ermöglichen.

In addition, a two-dimensional or three-dimensional digital image correlation (DIC) system is required. The DIC system should enable recording of pictures at a frequency of at least 20 Hz and a respective resolution to allow for a virtual strain reference length of 0.2 mm.

4 Proben und -vorbereitung

4 Samples and preparation

4.1 Probenentnahme

4.1 Sampling

Das Probenmaterial muss aus dem inneren Bereich der Coilbreite entnommen werden. Die Walzrichtung ist zu dokumentieren.

Sample material shall be taken out of the inner region of the coil width. The rolling direction shall be documented.

Die Längsachse der Probe ist vorzugsweise senkrecht zur Walzrichtung orientiert. Eine an-

Preferentially, the longitudinal axis of the sample is oriented perpendicular to the rolling direction.

dere Orientierung ist auch zulässig, muss aber dokumentiert werden.

Es wird empfohlen, das Material im BH0-Zustand (170 °C/20 min) für die Probenherstellung zu verwenden. Alternativ kann Material im Anlieferungszustand verwendet werden. Der Zustand des Materials (Temperatur und Aushärtezeit oder Anlieferungszustand) muss dokumentiert werden.

4.2 Prüfstückgeometrie

Die Geometrie von drei verschiedenen Typen von Prüfstücken wird in den Abschnitten 5 bis 7 spezifiziert.

4.3 Herstellung der Prüfstücke

Das Herstellungsverfahren darf nicht mechanische Eigenschaften und Mikrostruktur des Materials in der Messlänge beeinflussen.

Das angewandte Herstellungsverfahren (vgl. 5.2, 6.2, 7.2) ist zu dokumentieren.

4.4 Oberflächenzustand

Bei AlSi-beschichteten Stahlblechwerkstoffen muss die AlSi-Beschichtung entfernt werden. Das angewendete Verfahren muss dokumentiert werden.

Da DIC für die Dehnungsbestimmung eingesetzt wird, muss ein Oberflächenmuster (z. B. Sprengel) auf den zu prüfenden Bereich jedes Prüfstücks aufgebracht werden. Es ist sicherzustellen, dass das Oberflächenmuster während der Prüfung so lange wie möglich verwendbar bleiben.

4.5 Anwendung des DIC-Systems

Bei der Anwendung der DIC ist sicherzustellen:

- eine minimale Frequenz von 2 Hz ab dem Beginn der Prüfung bis zur maximalen Kraft,
- eine minimale Frequenz von 20 Hz ab der maximalen Kraft bis zum Bruch des Prüfstücks.

Falls das DIC-System eine Frequenz von 20 Hz nicht erreicht, muss die größtmögliche Frequenz oberhalb 2 Hz angewendet werden.

Eine virtuelle Dehnungsbezugsgröße l_{h0}^v von 0,2 mm ist für die DIC empfohlen. Eine größere

A different orientation is also allowed but shall be documented.

It is recommended to use material in paint-baked condition BH0 (170 °C/20 min) for specimen manufacturing. Alternatively, material in the as-delivered condition can be used. The condition of the material (temperature and dwelling time or as-delivered condition) is to be documented.

4.2 Specimen geometry

The geometry of three different types of specimens is specified in clauses 5 to 7.

4.3 Production of specimens

The production technique must not affect mechanical properties and microstructure of the material in the gauge length.

The applied production process (see 5.2, 6.2 7.2) is to be documented.

4.4 Surface condition

For AlSi-coated sheet steels, the AlSi coating shall be removed. The applied process shall be documented.

As DIC is used for strain measurement, a surface pattern (e.g., speckles) shall be applied on the test area of each specimen. It is to be ensured that the surface speckle remains evaluable during the test as long as possible.

4.5 Application of the DIC system

When DIC is applied it must be ensured:

- a minimum frequency of 2 Hz from the onset of the test until the maximum force,
- a minimum frequency of 20 Hz from the maximum force until the specimen fracture.

If the DIC system cannot provide a frequency of 20 Hz, the maximum possible frequency above 2 Hz shall be applied.

A virtual strain reference length l_{h0}^v of 0.2 mm is recommended for the DIC. However, a larger

virtuelle Dehnungsbezugsgröße l_{h0}^v ist aber auch möglich. Die angewendete virtuelle Dehnungsbezugsgröße l_{h0}^v muss in der Datendatei mit Ergebnissen der Dehnungsanalyse dokumentiert werden.

Die virtuelle Dehnungsbezugsgröße l_{h0}^v muss für die Referenzstufe der DIC zu Beginn der Prüfung bestimmt werden. Anhand dieser Dehnungsbezugsgröße l_{h0}^v werden Dehnungen in allen nachfolgenden Stufen der DIC des jeweiligen Tests bestimmt. Für eine richtige Einstellung der virtuellen Dehnungsbezugsgröße l_{h0}^v wird auf das Handbuch des verwendeten DIC-Systems verwiesen.

virtual strain reference length l_{h0}^v is also allowed. The applied virtual strain reference length l_{h0}^v shall be documented in the header of the data file with results of the deformation analysis.

The virtual strain reference length l_{h0}^v shall be determined for the reference stage of the DIC at the beginning of the test. Based on this virtual strain reference length l_{h0}^v , strains are to be calculated in all subsequent stages of the DIC during the test. For correct setting of the virtual strain reference length l_{h0}^v , the user is referred to the manual of the DIC system used.

5 Uniaxialer Zugversuch am Prüfstück mit Loch

5.1 Versuchseinrichtung

Die Versuchseinrichtung für den einachsigen Zugversuch ist in DIN EN ISO 6892-1 spezifiziert.

5.2 Typen von Prüfstücken

Das Prüfstück (**Bild 5.1**) muss gemäß folgender Spezifikationen hergestellt werden:

- Das Prüfstück muss einen Bereich konstanter Breite von $20 \pm 0,1$ mm entlang der Prüfstück-Längsachse von mindestens 100 mm aufweisen,
- der Bereich konstanter Breite muss ein Loch mit einem Durchmesser von $10 \pm 0,05$ mm in der Mitte enthalten.

Andere geometrische Merkmale der Prüfstücke, z. B. die Einspannköpfe, können variieren. Einige Beispiele für geeignete Prüfstück-Geometrien sind in **Bild 5.1** dargestellt.

Die Außenkanten der Probe können durch Fräsen, Laserschneiden, Drahterodieren oder Schleifen hergestellt werden.

Das Loch kann durch Fräsen, Laserschneiden oder Drahterodieren hergestellt werden.

Das angewandte Herstellungsverfahren ist zu dokumentieren.

Bei AlSi-beschichteten Stahlblechwerkstoffen muss die AlSi-Beschichtung entfernt werden, vorzugsweise durch Sandstrahlen oder Beizen. Alternativ kann die AlSi-Beschichtung durch

5 Uniaxial tensile test on the specimen with a hole

5.1 Test Equipment

The test equipment for the uniaxial tensile test is specified in EN ISO 6892-1.

5.2 Specimen types

The specimen (**Figure 5.1**) shall be produced in agreement with the following specifications:

- The specimen must have an area of constant width of 20 ± 0.1 mm along the longitudinal specimen axis of at least 100 mm,
- the specimen area of constant width shall contain a hole with a diameter of 10 ± 0.05 mm in its middle.

Other geometrical characteristics of the specimens, e.g., the clamping heads, may vary. Some examples of acceptable specimen geometries are shown in **Figure 5.1**.

The outer edges of the specimen can be produced by milling, laser cutting, electrical discharge machining, or grinding.

The hole can be produced either by milling, laser cutting or electrical discharge machining.

The applied production process is to be documented.

For AlSi-coated sheet steels, the AlSi coating shall be removed, preferably by sandblasting or pickling. Alternatively, the AlSi coating can be removed by grinding. Grinding should be

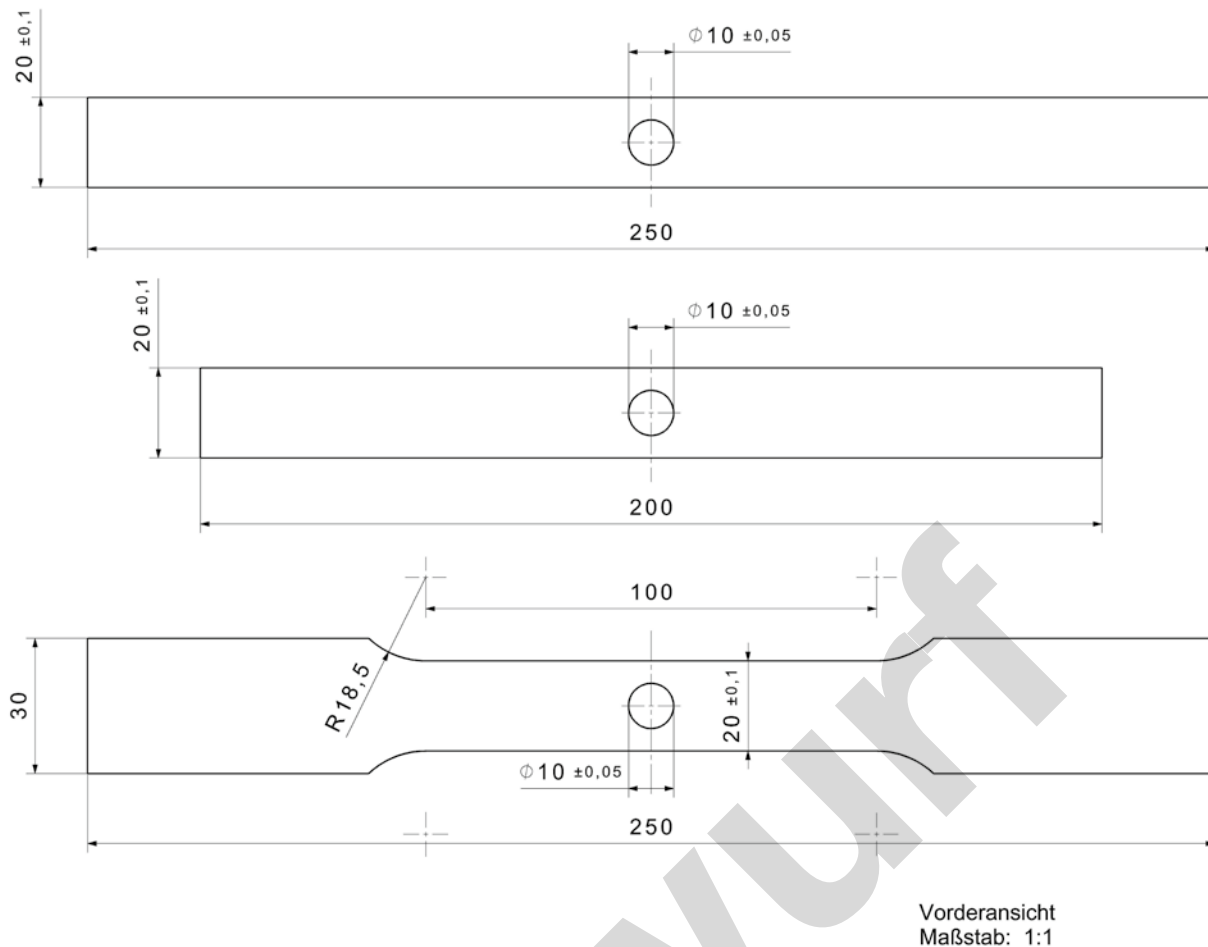


Bild 5.1: Geeignete Geometrien der Prüfstücke mit Loch mit einer Länge des zu prüfenden Bereichs von mindestens 100 mm, einer Probenbreite von $20 \pm 0,1$ mm und einem Lochdurchmesser von $10 \pm 0,05$ mm

Figure 5.1: Acceptable geometries of specimens with a hole with a minimum test area of 100 mm, a specimen width of 20 ± 0.1 mm and a hole diameter of 10 ± 0.05 mm

Schleifen entfernt werden, das in Längsrichtung durchgeführt werden sollte, um dessen negativen Einfluss auf die lokale Duktilität zu reduzieren. Das angewendete Verfahren (Sandstrahlen, Beizen oder Schleifen sowie dessen Richtung) muss dokumentiert werden.

performed in the longitudinal direction of the specimen to reduce its negative impact on the local ductility. The applied process (sandblasting, pickling, or grinding as well as its direction) shall be documented.

5.3 Vermessung der Prüfstücke vor der Prüfung

Die Abmessungen der Prüfstücke (siehe **Bild 5.2**) müssen vor der Prüfung gemessen und dokumentiert werden:

- Ausgangsdicken t_{h01} und t_{h02} ,
- Ausgangsbreiten w_{h01} und w_{h02} ,
- Ausgangsdurchmesser des Lochs d_h

5.3 Measurement of specimens before the test

The specimen dimensions (see **Figure 5.2**) must be measured before the test and documented:

- initial thicknesses t_{h01} and t_{h02} ,
- initial widths w_{h01} and w_{h02} ,
- initial hole diameter d_h

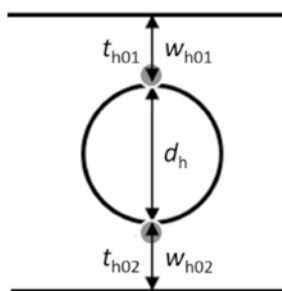


Bild 5.2: Stellen für Messungen der Ausgangsdicken t_{h01} und t_{h02} , der Ausgangsbreiten w_{h01} und w_{h02} sowie des Ausgangslochdurchmessers d_h des Prüfstücks mit Loch vor der Prüfung

Figure 5.2: Locations for measurements of the initial thicknesses t_{h01} and t_{h02} , initial widths w_{h01} and w_{h02} , and the initial diameter d_h of the specimen with a hole before the test

Eine Anfangs-Messlänge l_{h0} von 20 mm wird empfohlen. Eine größere Messlänge l_{h0} ist aber auch möglich. Die Messlänge l_{h0} muss in der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten dokumentiert werden.

An initial gauge length l_{h0} of 20 mm is recommended. However, a larger gauge length l_{h0} is also allowed. The gauge length l_{h0} is to be documented in the data file with the force-displacement data.

5.4 Durchführung der Prüfung

Die Ausrichtung des Prüfstücks senkrecht zur Walzrichtung (90°) ist empfohlen. Die Ausrichtung des Prüfstücks entlang der Walzrichtung (0°) ist auch möglich.

In jedem Fall muss die Orientierung des Prüfstücks in der Datendatei dokumentiert werden.

5.4 Test procedure

Specimen orientation transverse to the rolling direction (90°) is recommended. A specimen orientation along the rolling direction (0°) is also allowed.

In either case, the specimen orientation is to be documented in each data file.

Die Prüfungen sind bei Raumtemperatur durchzuführen.

Tests are to be performed at room temperature.

Die Prüfgeschwindigkeit muss zwischen 0,003 mm/s und 0,2 mm/s eingestellt werden.

The tensile speed shall be set between 0.003 mm/s and 0.2 mm/s.

Zeit t , Kraft F und auf l_{h0} bezogener Weg Δl_{n0} müssen kontinuierlich aufgenommen werden.

Time t , force F , and displacement Δl_{n0} based on l_{h0} are to be recorded continuously.

5.5 Abbruchkriterium für die Prüfung

Als Abbruchkriterium gilt das Versagen des Prüfstücks durch sichtbaren Riss. Mindestens drei Prüfungen müssen durchgeführt werden. Wenn die Ergebnisse dieser drei Prüfungen eine relative Abweichung von über 5 % der maximalen Kraft und eine relative Abweichung von über 5 % des Weges beim Prüfstückversagen zeigen, müssen zwei zusätzliche Prüfungen durchgeführt werden.

5.5 Termination criterion for the test

The termination criterion for each test is specimen failure through visible fracture. At least three tests shall be performed. If the results of these three tests show a relative deviation of more than 5 % in the maximum force and a relative deviation of more than 5 % in the displacement at specimen fracture, two additional tests shall be performed.

5.6 Auswertung der Prüfung und Dokumentation der Ergebnisse

5.6 Test evaluation and documentation of results

5.6.1 Datendatei mit Kraft-Weg-Daten

5.6.1 Data file with force-displacement data

Die Ausgangsabmessungen (siehe **Bild 5.2**) sind zu dokumentieren.

The initial dimensions (see **Figure 5.2**) are to be documented.

Ein Beispiel der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten ist in Anhang 1-1 dargestellt.

An example of the data file with a force displacement curve is shown in Annex 1-1.

5.6.2 Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse

Drei Arten von DIC-Daten müssen nach jeder Prüfung dokumentiert werden:

- kontinuierlich aufgenommener Deformationspfad der kritischen Facette mit dem Ursprung des Koordinatensystems im Prüfstück-Schwerpunkt und der y-Achse entlang der Prüfstück-Längsachse,
- Deformationsanalyse des kritischen Bereichs mindestens 3 Facetten x 3 Facetten groß mit der kritischen Facette in der Mitte,
- Bildaufnahme des letzten Einzelbildes vor dem Prüfstückversagen mit dem kompletten, nicht eingespannten Bereich des Prüfstücks.

Anmerkung: Der Deformationspfad ist definiert als die zeitliche Abfolge von Datenpaaren, bestehend aus der wahren Hauptdehnung und der wahren Nebendehnung in der Blechebene.

Der kontinuierlich aufgenommene Deformationspfad der kritischen Facette muss vom Beginn der Prüfung bis zum Prüfstückversagen dokumentiert werden. Als kritische Facette wird die Facette mit der größten von-Mises-Vergleichsdehnung des letzten Einzelbildes vor dem Prüfstückversagen definiert.

Folgende Daten werden aufgezeichnet und dokumentiert:

- Zeit t ,
- x-Koordinate,
- y-Koordinate,
- z-Koordinate,
- von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$,
- wahre Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I ,
- wahre Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} .

Die Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder muss für mindestens drei Einzelbilder vor der maximalen Kraft, mindestens drei Einzelbilder nach der maximalen Kraft und mindestens fünf Einzelbilder vor dem Prüfstückversagen dokumentiert werden.

Als kritischer Bereich wird der Bereich mindestens 3 Facetten x 3 Facetten groß mit der kritischen Facette in der Mitte definiert. Die Nummerierung der Facetten des kritischen Bereichs erfolgt beginnend von der Facette oben links zeilenweise von links nach rechts und von oben nach unten.

5.6.2 Data file with results of deformation analysis

Three types of data from the DIC must be documented after each test:

- continuously recorded deformation path of the critical facet with the center of the coordinate system in the specimen center of gravity and the y axis along the longitudinal specimen axis,
- deformation analysis of the critical area of at least 3 facets x 3 facets large with the critical facet in the center,
- a picture of the last frame before specimen fracture with the complete, unclamped area of the specimen.

Note: The deformation path is defined as a time sequence of data pairs consisting of the first principal in-plane true strain and the second principal in-plane true strain.

The continuously recorded deformation path of the critical facet is to be documented from the onset of the test until the specimen fracture. As the critical facet, the facet with the highest von Mises equivalent strain of the last frame before specimen fracture is defined.

The following data shall be recorded and documented:

- time t ,
- x coordinate,
- y coordinate,
- z coordinate,
- von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$,
- first principal in-plane true strain ϵ_I ,
- second principle in-plane true strain ϵ_{II} .

The deformation analysis of the critical area for selected frames is to be documented for at least three frames before the maximum force, at least three frames after the maximum force, and at least five frames before specimen fracture.

The critical area is defined as area of at least 3 facets x 3 facets large with the critical facet in the center. The numbering of facets of the critical area is carried out line-wise, beginning with the upper left facet line by line from left to right and from top to bottom.

Alle numerischen Werte müssen mit mindestens zwei Nachkommastellen dokumentiert werden.

All numerical values are to be documented with at least two digits after comma.

Ein Beispiel der Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse ist in Anhang 1-2 dargestellt.

An example of the data file with results of the deformation analysis is shown in Annex 1-2.

5.6.3 Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung

5.6.3 Data file with results of thickness measurement

Die Dicken des Prüfstücks t_{h11} und t_{h12} und/oder t_{h13} und t_{h14} wie in **Bild 5.3** dargestellt, müssen nach jeder Prüfung gemessen und dokumentiert werden. Die Dickenmessung muss an mindestens einer Hälfte des gebrochenen Prüfstücks durchgeführt werden.

Thicknesses of the specimen t_{h11} and t_{h12} and/or t_{h13} and t_{h14} as shown in **Figure 5.3** shall be measured and documented after each test. The thickness measurement must be carried out on at least one half of the fractured specimen.

Ein Beispiel der Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung ist in Anhang 1-3 dargestellt.

An example of the data file with results of a thickness measurement is shown in Annex 1-3.

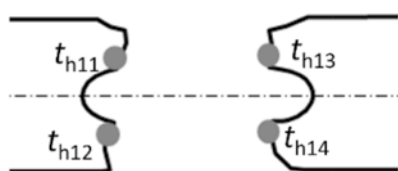


Bild 5.3 a: Skizze der Draufsicht der Bruchfläche zur Messung der Dicken t_{h11} , t_{h12} , t_{h13} und t_{h14} am Prüfstück mit Loch nach der Prüfung

Figure 5.3 a: Schematic top view of the fracture surface for measuring thicknesses t_{h11} , t_{h12} , t_{h13} and t_{h14} on the specimen with a hole after testing

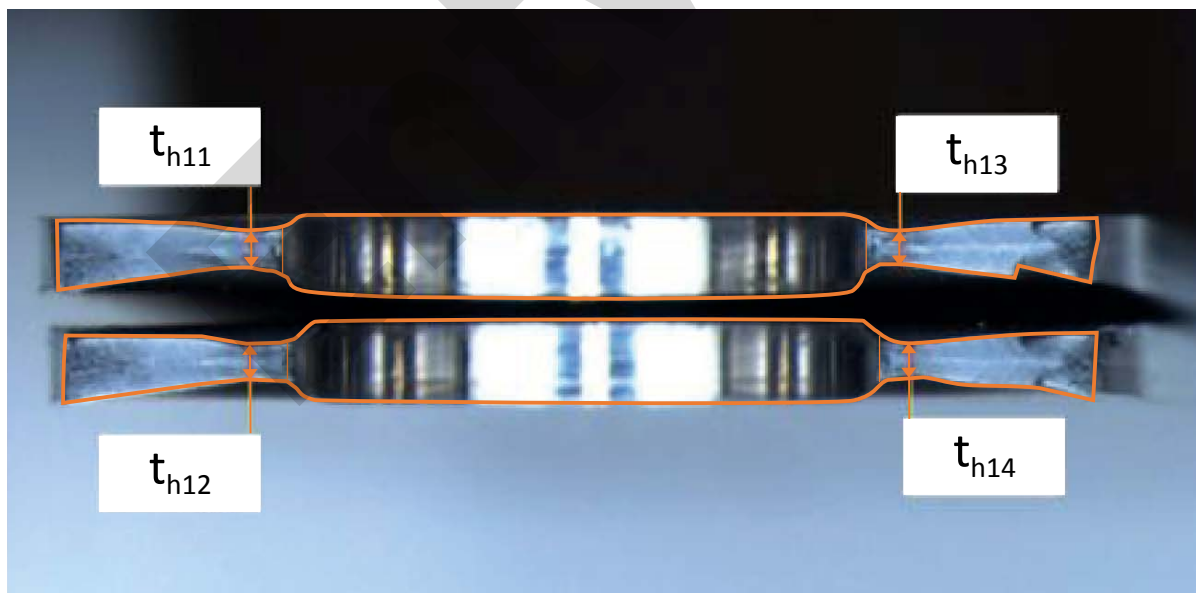


Bild 5.3 b: Frontansicht der Bruchflächen beider Prüfstückhälften nach der Prüfung

Figure 5.3 b: Front view of fracture surfaces of both specimen halves after testing

6 Uniaxialer Zugversuch am Prüfstück mit Kerben

6.1 Versuchseinrichtung

Die Versuchseinrichtung für den einachsigen Zugversuch ist in DIN EN ISO 6892-1 spezifiziert.

6.2 Probengeometrie und -vorbereitung

Das Prüfstück (**Bild 6.1**) muss gemäß folgender Spezifikationen hergestellt werden:

- Das Prüfstück muss einen Bereich konstanter Breite von $20 \pm 0,1$ mm entlang der Prüfstück-Längsachse von mindestens 100 mm aufweisen,
- der Bereich konstanter Breite muss zwei an der Prüfstück-Symmetrieebene gespiegelte halbkreisförmige Kerben mit einem Radius von jeweils $5 \pm 0,05$ mm in der Mitte enthalten.

6 Uniaxial tensile test on the specimen with notches

6.1 Test Equipment

The test equipment for the uniaxial tensile test is specified in EN ISO 6892-1.

6.2 Specimen geometry and preparation

The specimen (**Figure 6.1**) shall be produced in agreement with the following specifications:

- The specimen must have an area of constant width of 20 ± 0.1 mm along the longitudinal specimen axis of at least 100 mm,
- the specimen area of constant width shall contain two semi-circular notches with a radius of each 5 ± 0.05 mm in its middle, mirrored along the specimen symmetry plane.

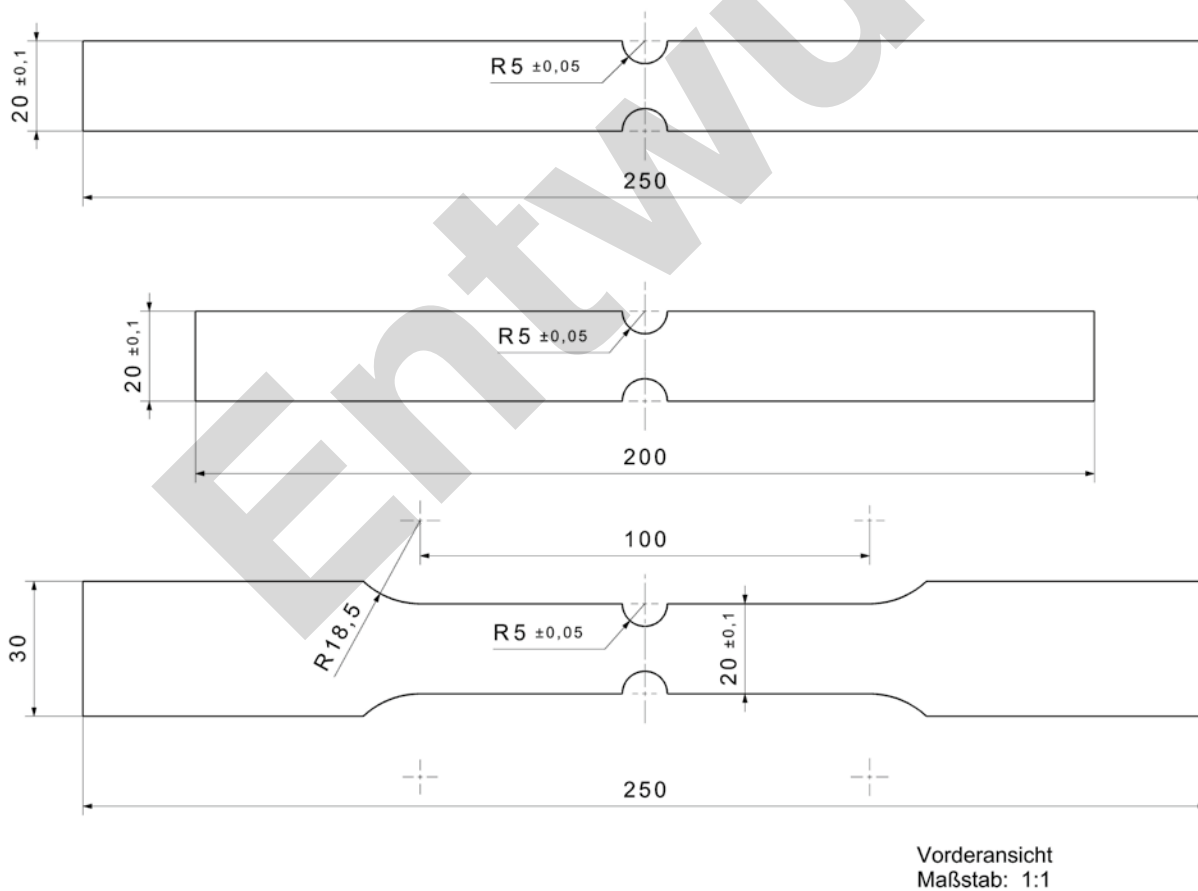


Bild 6.1: Geeignete Geometrien der Prüfstücke mit Kerben mit einer Prüfstückbreite von $20 \pm 0,1$ mm und einem Kerbradius von $5 \pm 0,05$ mm

Figure 6.1: Acceptable geometries of specimens with notches with a specimen width of 20 ± 0.1 mm and a notch radius of 5 ± 0.05 mm

Andere geometrische Merkmale der Prüfstücke, z.B. die Einspannköpfe, können variieren. Einige Beispiele für geeignete Prüfstück-Geometrien sind in **Bild 6.1** dargestellt.

Other geometrical characteristics, e.g., the clamping heads, may vary. Some examples of acceptable specimen geometries are shown in **Figure 6.1**.

Die Außenkanten der Probe können durch Fräsen, Laserschneiden, Drahterodieren oder Schleifen hergestellt werden.

The outer edges of the specimen can be produced by milling, laser cutting, electrical discharge machining, or grinding.

Die Kerben können durch Fräsen, Laserschneiden oder Drahterodieren hergestellt werden.

The notches can be produced by milling, laser cutting or electrical discharge machining.

Das angewandte Herstellungsverfahren ist zu dokumentieren.

The applied production process is to be documented.

Bei AlSi-beschichteten Stahlblechwerkstoffen muss die AlSi-Beschichtung entfernt werden, vorzugsweise durch Sandstrahlen oder Beizen. Alternativ kann die AlSi-Beschichtung durch Schleifen entfernt werden, das in Längsrichtung durchgeführt werden sollte, um dessen negativen Einfluss auf die lokale Duktilität zu reduzieren. Das angewendete Verfahren (Sandstrahlen, Beizen oder Schleifen sowie dessen Richtung) muss dokumentiert werden.

For AlSi-coated sheet steels, the AlSi coating shall be removed, preferably by sandblasting or pickling. Alternatively, the AlSi coating can be removed by grinding. Grinding should be performed in the longitudinal direction of the specimen to reduce its negative impact on the local ductility. The applied process (sandblasting, pickling, or grinding as well as its direction) shall be documented.

6.3 Vermessung der Prüfstücke vor der Prüfung

6.3 Measurement of specimens before the test

Die Abmessungen der Prüfstücke (siehe **Bild 6.2**) müssen vor der Prüfung gemessen und dokumentiert werden:

The specimen dimensions (see **Figure 6.2**) must be measured before the test and documented:

- Ausgangsdicken t_{h01} und t_{h02} ,
- Ausgangsbreiten w_{h01} und w_{h02} ,
- Ausgangsbreite der Taille w_w ,

- initial thicknesses t_{h01} and t_{h02} ,
- initial widths w_{h01} and w_{h02} ,
- Initial width of the waist w_w ,

Eine Anfangs-Messlänge l_{h0} von 20 mm wird empfohlen. Eine größere Messlänge l_{h0} ist aber auch möglich. Die Messlänge l_{h0} muss in der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten dokumentiert werden.

An initial gauge length l_{h0} of 20 mm is recommended. However, a larger gauge length l_{h0} is also allowed. The gauge length l_{h0} is to be documented in the data file with the force-displacement data.

6.4 Versuchsdurchführung

6.4 Test procedure

Die Ausrichtung des Prüfstücks senkrecht zur Walzrichtung (90°) ist empfohlen. Die Ausrichtung des Prüfstücks entlang der Walzrichtung (0°) ist auch möglich.

Specimen orientation transverse to the rolling direction (90°) is recommended. A specimen orientation along the rolling direction (0°) is also allowed.

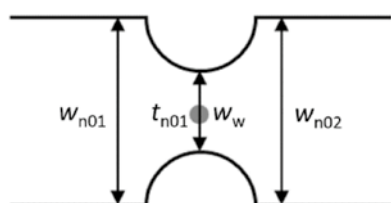


Bild 6.2: Stellen für Messungen der Ausgangsdicke t_{n01} und der Ausgangsbreiten w_{n01} , w_{n02} und w_w am Prüfstück mit Kerben vor der Prüfung

Figure 6.2: Locations for measurements of initial thickness t_{n01} and initial widths w_{n01} , w_{n02} , and w_w on the specimen with notches before the test

In jedem Fall muss die Orientierung des Prüfstücks in der Datendatei dokumentiert werden.

Die Prüfungen sind bei Raumtemperatur durchzuführen.

Die Prüfgeschwindigkeit muss zwischen 0,003 mm/s und 0,2 mm/s eingestellt werden.

Zeit t , Kraft F und auf l_{n0} bezogener Weg Δl_{n0} müssen kontinuierlich aufgenommen werden.

6.5 Abbruchkriterium für die Prüfung

Als Abbruchkriterium gilt das Versagen des Prüfstücks durch sichtbaren Riss. Mindestens drei Prüfungen müssen durchgeführt werden. Wenn die Ergebnisse dieser drei Prüfungen eine relative Abweichung von über 5 % der maximalen Kraft und eine relative Abweichung von über 5 % des Weges beim Prüfstück-Versagen zeigen, müssen zwei zusätzliche Prüfungen durchgeführt werden.

6.6 Auswertung der Prüfung und Dokumentation der Ergebnisse

6.6.1 Datendatei mit Kraft-Weg-Daten

Die Ausgangsabmessungen (siehe **Bild 6.2**) sind zu dokumentieren.

Ein Beispiel der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten ist in Anhang 2-1 dargestellt.

6.6.2 Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse

Drei Arten von DIC-Daten müssen nach jeder Prüfung dokumentiert werden:

- kontinuierlich aufgenommener Deformationspfad der kritischen Facette mit dem Ursprung des Koordinatensystems im Prüfstück-Schwerpunkt und der y-Achse entlang der Prüfstück-Längsachse,
- Deformationsanalyse des kritischen Bereichs mindestens 3 Facetten x 3 Facetten groß mit der kritischen Facette in der Mitte,
- Bildaufnahme des letzten Einzelbildes vor dem Prüfstückversagen mit dem kompletten, nicht eingespannten Bereich des Prüfstücks.

Der kontinuierlich aufgenommene Deformationspfad der kritischen Facette muss vom Beginn der Prüfung bis zum Prüfstückversagen dokumentiert werden. Als kritische Facette wird die

In either case, the specimen orientation is to be documented in each data file.

Tests are performed at room temperature.

The tensile speed shall be set between 0.003 mm/s and 0.2 mm/s.

Time t , force F , and displacement Δl_{n0} based on l_{n0} are to be recorded continuously.

6.5 Termination criterion for the test

The termination criterion for each test is specimen failure through visible fracture. At least three tests shall be performed. If the results of these three tests show a relative deviation of more than 5 % in the maximum force and a relative deviation of more than 5 % in the displacement at specimen fracture, two additional tests shall be performed.

6.6 Test evaluation and documentation of results

6.6.1 Data file with force-displacement data

The initial dimensions (see **Figure 6.2**) are to be documented.

An example of the data file with a force displacement curve is shown in Annex 2-1.

6.6.2 Data file with results of deformation analysis

Three types of data from the DIC must be documented after each test:

- continuously recorded deformation path of the critical facet with the center of the coordinate system in the specimen center of gravity and the y axis along the longitudinal specimen axis,
- deformation analysis of the critical area of at least 3 facets x 3 facets large with the critical facet in the center,
- a picture of the last frame before specimen fracture with the complete, unclamped area of the specimen.

The continuously recorded deformation path of the critical facet is to be documented from the onset of the test until the specimen fracture. As the critical facet, the facet with the highest von

Facette mit der größten von-Mises-Vergleichsdehnung des letzten Einzelbildes vor dem Prüfstückversagen definiert.

Mises equivalent strain of the last frame before specimen fracture is defined.

Folgende Daten werden aufgezeichnet und dokumentiert:

The following data shall be recorded and documented:

- Zeit t ,
- x-Koordinate,
- y-Koordinate,
- z-Koordinate,
- von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$,
- wahre Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I ,
- wahre Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} .

- time t ,
- x coordinate,
- y coordinate,
- z coordinate,
- von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$,
- first principal in-plane true strain ϵ_I ,
- second principle in-plane true strain ϵ_{II} .

Die Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder muss für mindestens drei Einzelbilder vor der maximalen Kraft, mindestens drei Einzelbilder nach der maximalen Kraft und mindestens fünf Einzelbilder vor dem Prüfstückversagen dokumentiert werden.

The deformation analysis of the critical area for selected frames is to be documented for at least three frames before the maximum force, at least three frames after the maximum force, and at least five frames before specimen fracture.

Als kritischer Bereich wird der Bereich mindestens 3 Facetten x 3 Facetten groß mit der kritischen Facette in der Mitte definiert. Die Nummerierung der Facetten des kritischen Bereichs erfolgt beginnend von der Facette oben links zeilenweise von links nach rechts und von oben nach unten.

The critical area is defined as area of at least 3 facets x 3 facets large with the critical facet in the center. The numbering of facets of the critical area is carried out line-wise, beginning with the upper left facet line by line from left to right and from top to bottom.

Alle numerischen Werte müssen mit mindestens zwei Nachkommastellen dokumentiert werden.

All numerical values are to be documented with at least two digits after comma.

Ein Beispiel der Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse ist in Anhang 2-2 dargestellt.

An example of the data file with results of a deformation analysis is shown in Annex 2-2.

6.6.3 Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung

6.6.3 Data file with results of thickness measurement

Die Dicken des Prüfstücks t_{n11} und/oder t_{n12} wie in **Bild 6.3**, oben dargestellt, müssen nach jeder Prüfung gemessen und dokumentiert werden. Die Dickenmessung muss an mindestens einer Hälfte des gebrochenen Prüfstücks durchgeführt werden.

Thicknesses of the specimen t_{n11} and/or t_{n12} as shown in **Figure 6.3**, top, shall be measured and documented after each test. The thickness measurement must be carried out on at least one half of the fractured specimen.

Ein Beispiel der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten ist in Anhang 2-3 dargestellt.

An example of the data file with results of a thickness measurement is shown in Annex 2-3.

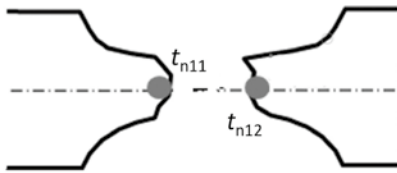


Bild 6.3 a: Skizze der Draufsicht der Bruchfläche zur Messung der Dicken t_{n11} und t_{n12} am Prüfstück mit Kerben nach der Prüfung

Figure 6.3 a: Schematic top view of the fracture surface for measuring thicknesses t_{n11} and t_{n12} on the specimen with notches after testing

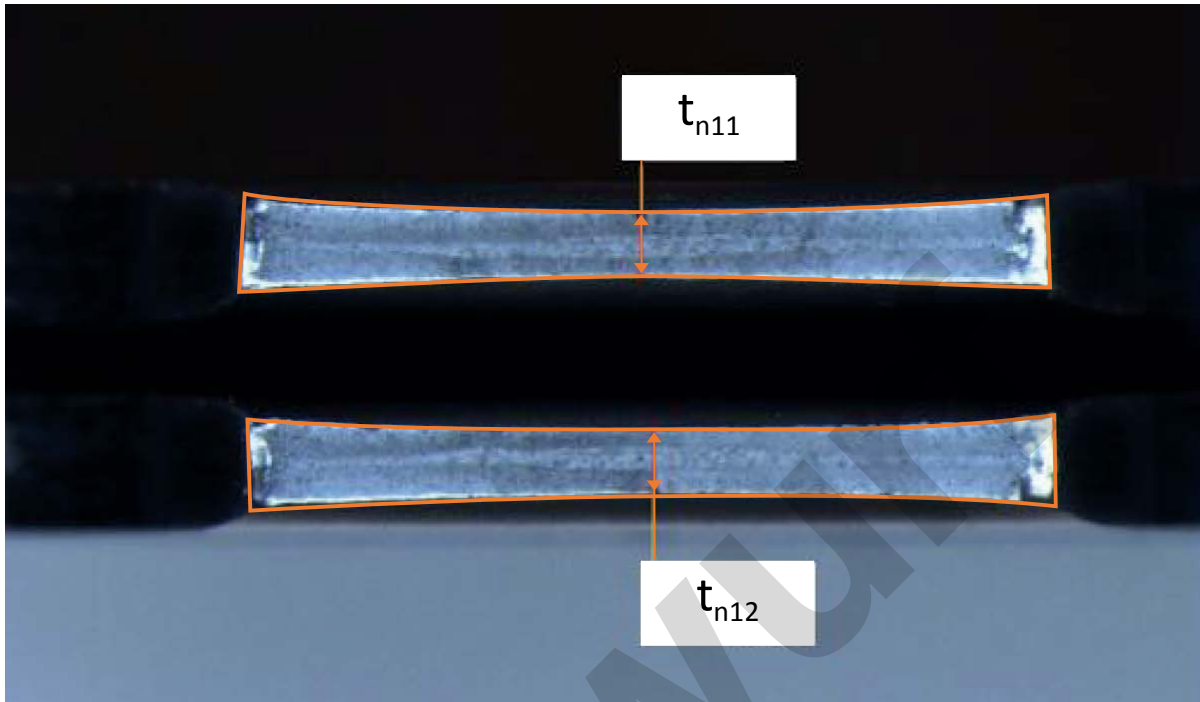


Bild 6.3 b: Frontansicht der Bruchflächen beider Prüfstückhälften nach der Prüfung

Figure 6.3 b: Front view of both specimen halves after testing

7 Biaxialer Zugversuch oder hydraulischer Tiefungsversuch

7.1 Versuchseinrichtung

Die Versuchseinrichtung ist in DIN EN ISO 12004-2 und DIN EN ISO 16808 spezifiziert.

7.2 Probengeometrie und -vorbereitung

Das Prüfstück kann als Kreis mit einem Durchmesser von mindestens 170 mm oder als Rechteck mit einer Kantenlänge von mindestens 170 mm hergestellt werden. Fräsen, Laserschneiden, Stanzen, Schleifen oder Scherschneiden können eingesetzt werden. Das angewandte Herstellungsverfahren ist zu dokumentieren.

Bei AlSi-beschichteten Stahlblechwerkstoffen muss die AlSi-Beschichtung entfernt werden,

7 Biaxial tensile test or hydraulic bulge test

7.1 Test equipment

The test equipment is specified in EN ISO 12004-2 and EN ISO 16808.

7.2 Specimen geometry and preparation

The specimen can be produced as a circle with a minimum diameter of 170 mm or as a square with a minimum edge length of 170 mm. Milling, laser cutting, electrical discharge machining, grinding or shear punching can be used. The applied production process is to be documented.

For AlSi-coated sheet steels, the AlSi coating shall be removed, preferably by sandblasting

vorzugsweise durch Sandstrahlen oder Beizen. Alternativ kann die AlSi-Beschichtung durch Schleifen entfernt werden.

or pickling. Alternatively, the AlSi coating can be removed by grinding.

Das Schleifen ist mit einer rotierenden Schleifscheibe zentriert auf der Probenmitte durchzuführen, um dessen möglichen negativen Einfluss auf die Duktilität des Materials zu reduzieren.

Grinding shall be performed with a rotating grinding disk centered at the specimen center to reduce its possible negative impact on the local ductility.

Das angewendete Verfahren (Sandstrahlen, Beizen oder Schleifen sowie dessen Richtung) muss dokumentiert werden.

The applied process (sandblasting, pickling, or grinding as well as its direction) shall be documented.

7.3 Vermessung der Prüfstücke vor der Prüfung

7.3 Measurements of specimens before the test

Die Abmessungen der Prüfstücke müssen vor der Prüfung gemessen und dokumentiert werden:

The specimen dimensions must be measured before the test and documented:

- Ausgangsdicken t_{b01} in der Prüfstückmitte oder als Mittelwert von mindestens vier Messungen an der Prüfstückkante mit gleichen Abständen

- initial thicknesses t_{b01} in the specimen middle or as an average of at least four equidistant measurements along the specimen edge

7.4 Versuchsdurchführung

7.4 Test procedure

Die Prüfungen sind bei Raumtemperatur durchzuführen.

Tests are performed at room temperature.

Die Prüfgeschwindigkeit muss bezogen auf den Prüfstück-Pol folgendermaßen definiert werden:

The test speed must be defined with respect to the specimen pole as follows:

- biaxialer Zugversuch: 1,5 mm/s $\pm$ 0,5 mm/s
- hydraulischer Tiefungsversuch: 0,2 mm/s

- biaxial tensile test: 1.5 mm/s $\pm$ 0.5 mm/s
- hydraulic bulge test: 0.2 mm/s

Zeit t , Kraft F (biaxialer Zugversuch) oder Druck p (hydraulischer Tiefungsversuch) und die Verschiebung des Prüfstück-Pols Δl_{b0} müssen kontinuierlich aufgenommen werden.

Time t , force F (biaxial tensile test) or pressure p (hydraulic bulge test), and displacement Δl_{b0} of the specimen pole are to be recorded continuously.

7.5 Abbruchkriterium für die Prüfung

7.5 Termination criterion for the test

Als Abbruchkriterium gilt das Versagen des Prüfstücks durch sichtbaren Riss. Mindestens drei Prüfungen müssen durchgeführt werden. Wenn die Ergebnisse dieser drei Prüfungen eine relative Abweichung von über 5 % der maximalen Kraft und eine relative Abweichung von über 5 % des Weges beim Prüfstück-Versagen zeigen, müssen zwei zusätzliche Prüfungen durchgeführt werden.

The termination criterion for each test is specimen failure through visible fracture. At least three tests shall be performed. If the results of these three tests show a relative deviation of more than 5 % in the maximum force and a relative deviation of more than 5 % in the displacement at specimen fracture, two additional tests shall be performed.

7.6 Auswertung der Prüfung und Dokumentation der Ergebnisse

7.6.1 Datendatei mit Kraft/Druck-Weg-Daten

Folgende Daten müssen dokumentiert werden:

- Ausgangsdicke der Probe t_{b0} ,
- Wärmebehandlungszustand des Probenmaterials (Temperatur und Aushärtezeit oder wie geliefert)
- Oberflächenbehandlung des Prüfstückmaterials (Sandstrahlen, Beizen oder Schleifen und dessen Richtung).

Darüber hinaus müssen folgende kontinuierlich aufgenommene Daten dokumentiert werden:

- Zeit t ,
- Kraft F ,
- Verschiebung des Prüfstück-Pols Δl_{b0}

Ein Beispiel der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten ist in Anhang 3-1 dargestellt.

7.6.2 Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse

Drei Arten von DIC-Daten müssen nach jedem Test dokumentiert werden:

- kontinuierlich aufgenommener Deformationspfad der kritischen Facette mit dem Ursprung des Koordinatensystems im Prüfstück-Schwerpunkt und der y-Achse entlang der Prüfstücklänge,
- Deformationsanalyse des kritischen Bereichs mindestens 3 Facetten x 3 Facetten groß mit der kritischen Facette in der Mitte,
- Bildaufnahme des letzten Einzelbildes vor dem Prüfstück-Versagen mit dem kompletten, nicht eingespannten Bereich des Prüfstücks.

Der kontinuierlich aufgenommene Deformationspfad der kritischen Facette muss vom Beginn der Prüfung bis zum Prüfstückversagen dokumentiert werden. Als kritische Facette wird Facette mit der größten von-Mises-Vergleichsdehnung des letzten Einzelbildes vor dem Prüfstückversagen definiert.

7.6 Test evaluation and documentation of results

7.6.1 Data file with force/pressure-displacement data

Following data must be documented:

- initial thickness of the specimen t_{b0} ,
- heat-treatment condition of the specimen material (temperature and dwelling time or as-delivered),
- surface preparation of the specimen material (sandblasting, pickling, or grinding and its direction).

Additionally, the following continuously recorded data must be documented:

- time t ,
- force F ,
- displacement Δl_{b0} of the specimen pole.

An example of the data file with a force displacement curve is shown in Annex 3-1.

7.6.2 Data file with results of deformation analysis

Three types of data from the DIC must be documented after each test:

- continuously recorded deformation path of the critical facet with the center of the coordinate system in the specimen center of gravity and the y axis along the longitudinal specimen axis,
- deformation analysis of the critical area of at least 3 facets x 3 facets large with the critical facet in the center,
- a picture of the last frame before specimen fracture with the complete, unclamped area of the specimen.

The continuously recorded deformation path of the critical facet is to be documented from the onset of the test until the specimen fracture. As the critical facet, the facet with the highest von Mises equivalent strain of the last frame before specimen fracture is defined.

Folgende Daten werden aufgezeichnet und dokumentiert:

- Zeit t ,
- x-Koordinate,
- y-Koordinate,
- z-Koordinate,
- von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$,
- wahre Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I ,
- wahre Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} .

Die Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder muss für mindestens drei Einzelbilder vor der maximalen Kraft, mindestens drei Einzelbilder nach der maximalen Kraft und mindestens fünf Einzelbilder vor dem Prüfstückversagen dokumentiert werden.

Als kritischer Bereich wird der Bereich mindestens 3 Facetten x 3 Facetten groß mit der kritischen Facette in der Mitte definiert. Die Nummerierung der Facetten des kritischen Bereichs erfolgt beginnend von der Facette oben links zeilenweise von links nach rechts und von oben nach unten.

Ein Beispiel der Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse ist in Anhang 3-2 dargestellt.

7.6.3 Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung

Die geringste Dicke des Prüfstücks im Kreis mit dem Durchmesser von 20 mm um den Pol des Prüfstück-Doms an mindestens einer der beiden Versagensflächen t_{b11} oder t_{b12} gemessen nach jedem Test muss dokumentiert werden.

Eine Dickenmessung an beiden Versagensflächen ist aber auch möglich.

Alle numerischen Werte müssen mit mindestens zwei Nachkommastellen dokumentiert werden.

Ein Beispiel der Datendatei mit Kraft-Weg-Daten ist in Anhang 3-3 dargestellt.

The following data shall be recorded and documented:

- time t ,
- x coordinate,
- y coordinate,
- z coordinate,
- von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$,
- first principal in-plane true strain ϵ_I ,
- second principle in-plane true strain ϵ_{II} .

The deformation analysis of the critical area for selected frames is to be documented for at least three frames before the maximum force, at least three frames after the maximum force, and at least five frames before specimen fracture.

The critical area is defined as area of at least 3 facets x 3 facets large with the critical facet in the center. The numbering of facets of the critical area is carried out line-wise, beginning with the upper left facet line by line from left to right and from top to bottom.

An example of the data file with results of a deformation analysis is shown in Annex 3-2.

7.6.3 Data file with results of thickness measurement

The minimum specimen thicknesses in a circle of 20 mm in diameter around the pole of the dome on at least one of both fractured surfaces t_{b11} or t_{b12} measured after each test must be documented.

Thickness measurement on both fractured surfaces is also possible.

All numerical values in the data file are to be documented with at least two digits after comma.

An example of the data file with results of a thickness measurement is shown in Annex 3-3.

8 Symbole und Abkürzungen

Δl_{h0}	mm	auf die Anfangs-Messlänge l_{h0} bezogener Weg
Δl_{n0}	mm	auf die Messlänge l_{h0} bezogener Weg
Δl_{b0}	mm	Verschiebung des Probenpols
$\bar{\varepsilon}$	–	Von-Mises-Vergleichsdehnung
ε_I	–	wahre Hauptdehnung in der Blechebene
ε_{II}	–	wahre Nebendehnung in der Blechebene
d_h	mm	Ausgangsdurchmesser des Lochs der Probe mit Loch
F	N	Kraft
l_{h0}	mm	Anfangs-Messlänge der Probe mit Loch zur taktilen oder optischen Bestimmung des Wegs
l_{n0}	mm	Anfangs-Messlänge der Probe mit Kerben zur taktilen oder optischen Bestimmung des Wegs
l_{b0}^v	mm	virtuelle Dehnungsbezugsgröße der Probe für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch
l_{h0}^v	mm	virtuelle Dehnungsbezugsgröße der Probe mit Loch
l_{n0}^v	mm	virtuelle Dehnungsbezugsgröße der Probe mit Kerben
n	–	Einzelbild-Nummer
p	bar	hydraulischer Druck
t	s	Zeit
t_{b01}	mm	Ausgangsdicke der Probe für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch
t_{b11}	mm	Dicke der Probe für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch nach der Prüfung an Versagensfläche 1
t_{b12}	mm	Dicke der Probe für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch nach der Prüfung an Versagensfläche 2
t_{h01}	mm	Ausgangsdicke der Probe mit Loch an Stelle 1
t_{h02}	mm	Ausgangsdicke der Probe mit Loch an Stelle 2

8 Symbols and abbreviations

Δl_{h0}	mm	displacement related to initial gauge length l_{h0}
Δl_{n0}	mm	displacement related to gauge length l_{n0}
Δl_{b0}	mm	displacement of specimen pole
$\bar{\varepsilon}$	–	von Mises equivalent strain
ε_I	–	first principal in-plane true strain
ε_{II}	–	second principle in-plane true strain
d_h	mm	initial diameter of the hole of the specimen with a hole
F	N	force
l_{h0}	mm	initial gauge length of the specimen with a hole for tactile or optical determination of displacement
l_{n0}	mm	Initial gauge length of the specimen with notches for tactile or optical determination of displacement
l_{b0}^v	mm	virtual strain reference length of the specimen for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test
l_{h0}^v	mm	virtual strain reference length of the specimen with a hole
l_{n0}^v	mm	virtual strain reference length of the specimen with notches
n	–	facet number
p	bar	hydraulic pressure
t	s	time
t_{b01}	mm	initial thickness of the specimen for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test
t_{b11}	mm	thickness of the specimen for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test after the test on fractured surface 1
t_{b12}	mm	thickness of the specimen for the biaxial tensile test of hydraulic bulge test after the test on fractured surface 2
t_{h01}	mm	initial thickness of the specimen with a hole at position 1
t_{h02}	mm	initial thickness of the specimen with a hole at position 2

t_{h11}	mm	Dicke der Probe mit Loch nach der Prüfung an Stelle 1 auf Versagensfläche 1
t_{h12}	mm	Dicke der Probe mit Loch nach der Prüfung an Stelle 2 auf Versagensfläche 1
t_{h13}	mm	Dicke der Probe mit Loch nach der Prüfung an Stelle 1 auf Versagensfläche 2
t_{h14}	mm	Dicke der Probe mit Loch nach der Prüfung an Stelle 2 auf Versagensfläche 2
t_{n01}	mm	Ausgangsdicke der Probe mit Kerben an definierter Stelle
t_{n11}	mm	Dicke der Probe mit Kerben nach der Prüfung an Stelle 1 auf Versagensfläche 1
t_{n12}	mm	Dicke der Probe mit Kerben nach der Prüfung an Stelle 1 auf Versagensfläche 2
w_{h01}	mm	Ausgangsbreite der Probe mit Loch an Stelle 1
w_{h02}	mm	Ausgangsbreite der Probe mit Loch an Stelle 2
w_{n01}	mm	Ausgangsbreite der Probe mit Kerben, gemessen an Kerb 1
w_{n02}	mm	Ausgangsbreite der Probe mit Kerben, gemessen an Kerb 2
w_w	mm	Ausgangsbreite der Probe mit Kerben an der Taille
x	mm	x-Koordinate
y	mm	y-Koordinate
z	mm	z-Koordinate

t_{h11}	mm	thickness of the specimen with a hole after the test at position 1 on fractured surface 1
t_{h12}	mm	thickness of the specimen with a hole after the test at position 2 on fractured surface 1
t_{h13}	mm	thickness of the specimen with a hole after the test at position 1 on fractured surface 2
t_{h14}	mm	thickness of the specimen with a hole after the test at position 2 on fractured surface 2
t_{n01}	mm	initial thickness of the specimen with notches at the specified position
t_{n11}	mm	thickness of the specimen with notches after the test at position 1 on fractured surface 1
t_{n12}	mm	thickness of the specimen with notches after the test at position 1 on fractured surface 2
w_{h01}	mm	initial width of the specimen with a hole at position 1
w_{h02}	mm	initial width of the specimen with a hole at position 2
w_{n01}	mm	initial width of the specimen with notches measured on notch 1
w_{n02}	mm	initial width of the specimen with notches measured on notch 2
w_w	mm	initial width of the specimen with notches at the waist of the
x	mm	x-coordinate
y	mm	y-coordinate
z	mm	z-coordinate

Anhang

Beispiele standardisierter Datendateien

Anhang 1-1

Datendatei mit Kraft-Weg-Daten für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Loch

Werkstoffbezeichnung = CR1
 Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
 Oberflächenbehandlung = Schleifen

Annex

Examples of standardized data files

Annex 1-1

Data file with a force displacement curve for the uniaxial tensile test on a specimen with a hole

material designation = CR1
 material specification = VDA 239-100
 preliminary surface preparation method = grinding

Oberflächenbe- handlungsrichtung	= entlang der Probenlänge	preliminary surface preparation direction	= along the specimen length
Wärmebehandlungs- temperatur <°C>	= 170	heat treatment temperature <°C>	= 170
Wärmebehandlungs- dauer <min>	= 20	heat treatment dwelling time <min>	= 20
Prüfverfahren	= uniaxialer Zugver- such an der Probe mit Loch	method	= uniaxial tensile test on a specimen with a hole
Datum der Prüfung	= TT.MM.JJJJ	date of the test	= DD.MM.YYYY
Ort der Prüfung	= Ort	place of the test	= place
Prüfer	= Name	tester	= name
Bemerkung	= ...	remark	= ...
Probenidentifikations- nummer	= XYZ	specimen identification number	= XYZ
Prüfstückgeometrie	= Probe mit Loch	specimen geometry	= specimen with a hole
Prüfstückausrichtung	= senkrecht zur Walzrichtung	specimen orientation	= transverse to the rolling direction
nominelle Prüftemperatur <K>	= 295.35	nominal testing temperature <K>	= 295.35
reale Prüftemperatur <K>	= 295.35	actual testing temperature <K>	= 295.35
nominelle Prüfge- schwindigkeit <mm/s>	= 0.32	nominal testing speed <mm/s>	= 0.32
reale Prüfge- schwindigkeit <mm/s>	= 0.32	actual testing speed <mm/s>	= 0.32
Ausgangsdicke des Prüfstücks t_{h01} <mm>	= 1.41	initial thickness of the specimen t_{h01} <mm>	= 1.41
Ausgangsdicke des Prüfstücks t_{h02} <mm>	= 1.41	initial thickness of the specimen t_{h02} <mm>	= 1.41
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_{h01} <mm>	= 4.99	initial width of the specimen w_{h01} <mm>	= 4.99
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_{h02} <mm>	= 4.99	initial width of the specimen w_{h02} <mm>	= 4.99
Ausgangsdurchmesser des Lochs d_h <mm>	= 10.02	initial diameter of the hole d_h <mm>	= 10.02
Dehnungsbezugs- größe l_{h0} <mm>	= 20.01	initial gauge length l_{h0} <mm>	= 20.01
Kontinuierlich aufgenommene Daten		continuously recorded data	
Zeit t <s>; Kraft F <N>;		time t <s>; force F <N>;	
Verschiebung Δl_{h0} <mm>		displacement Δl_{h0} <mm>	
0.01; 0.01; 0.01		0.01; 0.01; 0.01	

Anhang 1-2

**Datendatei mit Ergebnissen der
Deformationsanalyse für den Zugversuch
an der Probe mit Loch**

Werkstoffbezeichnung	= CR1
Werkstoffspezifikation	= VDA 239-100
Oberflächen- behandlung	= Schleifen

Annex 1-2

**Data file with results of a deformation
analysis for the uniaxial tensile test on a
specimen with a hole**

material designation	= CR1
material specification	= VDA 239-100
preliminary surface preparation method	= grinding

Oberflächenbehandlungsrichtung	= entlang der Probenlänge	preliminary surface preparation direction	= along the specimen length
Wärmebehandlungstemperatur <°C>	= 170	heat treatment temperature <°C>	= 170
Wärmebehandlungsdauer <min>	= 20	heat treatment dwelling time <min>	= 20
Prüfverfahren	= uniaxialer Zugversuch an der Probe mit Loch	method	= uniaxial tensile test on a specimen with a hole
Datum der Prüfung	= TT.MM.JJJJ	date of the test	= DD.MM.YYYY
Ort der Prüfung	= Ort	place of the test	= place
Prüfer	= Name	tester	= name
Bemerkung	= ...	remark	= ...
Probenidentifikationsnummer	= XYZ	specimen identification number	= XYZ
Prüfstückgeometrie	= Probe mit Loch	specimen geometry	= specimen with a hole
Prüfstückausrichtung	= senkrecht zur Walzrichtung	specimen orientation	= transverse to the rolling direction
nominelle Prüftemperatur <K>	= 295.35	nominal testing temperature <K>	= 295.35
reale Prüftemperatur <K>	= 295.35	actual testing temperature <K>	= 295.35
nominelle Prüfgeschwindigkeit <mm/s>	= 0.32	nominal testing speed <mm/s>	= 0.32
reale Prüfgeschwindigkeit <mm/s>	= 0.32	actual testing speed <mm/s>	= 0.32
Virtuelle Dehnungsbezugsgröße <mm>	= 0.01	virtual strain reference length <mm>	= 0.01
Kontinuierlich aufgenommener Deformationspfad der kritischen Facette		Continuously recorded deformation path of the critical facet	
Zeit t <s>; x-Koordinate x <mm>; y-Koordinate y <mm>; z-Koordinate z <mm>; von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$ <>; wahre Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I <>; wahre Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} <> 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01		Time t <mm>; x coordinate x <mm>; y coordinate y <mm>; z coordinate z <mm>; von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$ <>; first principal in-plane true strain ϵ_I <>; second principal in-plane true strain ϵ_{II} <> 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01	
Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder vor und nach der maximalen Kraft		Deformation analysis of the critical area for selected frames before the maximum force	
Facettennummer n <>; Zeit t <s>; x-Koordinate x <mm>; y-Koordinate y <mm>; z-Koordinate z <mm>; von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$ <>; wahre Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I <>; wahre Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} <> 1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01		Facet number n <>; Time t <mm>; x coordinate x <mm>; y coordinate y <mm>; z coordinate z <mm>; von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$ <>; first principal in-plane true strain ϵ_I <>; second principal in-plane true strain ϵ_{II} <> 1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01	
Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder vor dem Probenversagen		Deformation analysis of the critical area for selected frames	
Facettennummer n <>; Zeit t <mm>; x-Koordinate x <mm>; y-Koordinate y <mm>;		Facet number n <>; Time t <mm>; x coordinate x <mm>; y coordinate y <mm>;	

z-Koordinate z <mm>; von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$ <>; wahre Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I <>; wahre Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} <>

z coordinate z <mm>; von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$ <>; first principal in-plane true strain ϵ_I <>; second principal in-plane true strain ϵ_{II} <>
1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Anhang 1-3

Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Loch

Werkstoffbezeichnung = CR1
Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
Oberflächenbehandlung = Schleifen
Oberflächenbehandlungsrichtung = entlang der Probenlänge
Wärmebehandlungstemperatur <°C> = 170
Wärmebehandlungsdauer <min> = 20
Prüfung = uniaxialer Zugversuch an der Probe mit Loch
Datum der Prüfung = TT.MM.JJJ
Ort der Prüfung = Ort
Tester = Name
Bemerkung = ...
Probenidentifikationsnummer = XYZ
Prüfstückgeometrie = Probe mit Loch
Prüfstückausrichtung = senkrecht zur Walzrichtung
nominelle Prüftemperatur <K> = 295.35
reale Prüftemperatur <K> = 295.35
nominelle Prüfungsgeschwindigkeit <mm/s> = 0.32
reale Prüfungsgeschwindigkeit <mm/s> = 0.32
Ausgangsdicke des Prüfstücks t_{h01} <mm> = 1.41
Ausgangsdicke des Prüfstücks t_{h02} <mm> = 1.41
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_{h01} <mm> = 4.99
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_{h02} <mm> = 4.99
Ausgangsdurchmesser des Lochs d_h <mm> = 10.02
Dicke des Prüfstücks nach dem Versagen t_{h11} <mm> = 0.41

Annex 1-3

Data file with results of a thickness measurement for the uniaxial tensile test on a specimen with a hole

material designation = CR1
material specification = VDA 239-100
preliminary surface preparation method = grinding
preliminary surface preparation direction = along the specimen length
heat treatment temperature <°C> = 170
heat treatment dwelling time <min> = 20
test = uniaxial tensile test on a specimen with a hole
date of the test = DD.MM.YYYY
place of the test = place
tester = name
remark = ...
specimen identification number = XYZ
specimen geometry = specimen with a hole
specimen orientation = transverse to the rolling direction
nominal testing temperature <K> = 295.35
actual testing temperature <K> = 295.35
nominal testing speed <mm/s> = 0.32
actual testing speed <mm/s> = 0.32
initial thickness of the specimen t_{h01} <mm> = 1.41
initial thickness of the specimen t_{h02} <mm> = 1.41
initial width of the specimen w_{h01} <mm> = 4.99
initial width of the specimen w_{h02} <mm> = 4.99
initial diameter of the hole d_h <mm> = 10.02
thickness of the specimen after fracture t_{h11} <mm> = 0.41

Dicke des Prüfstücks nach dem
Versagen t_{h12} <mm> = 0.41
Dicke des Prüfstücks nach dem
Versagen t_{h21} <mm> = 0.41
Dicke des Prüfstücks nach dem
Versagen t_{t22} <mm> = 0.41

thickness of the specimen after
fracture t_{h12} <mm> = 0.41
thickness of the specimen after
fracture t_{h21} <mm> = 0.41
thickness of the specimen after
fracture t_{t22} <mm> = 0.41

Anhang 2-1

Datendatei mit Kraft-Weg-Daten für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Kerben

Werkstoffbezeichnung = CR1
Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
Oberflächenbehandlung = Schleifen
Oberflächenbehandlungsrichtung = entlang der Probenlänge
Wärmebehandlungstemperatur <°C> = 170
Wärmebehandlungsdauer <min> = 20
Prüfverfahren = uniaxialer Zugversuch an der Probe mit Kerben
Datum der Prüfung = TT.MM.JJJJ
Ort der Prüfung = Ort
Tester = Name
Bemerkung = ...
Probenidentifikationsnummer = XYZ
Prüfstückgeometrie = Probe mit Kerben
Prüfstückausrichtung = senkrecht zur Walzrichtung
nominelle Prüftemperatur <K> = 295.35
reale Prüftemperatur <K> = 295.35
nominelle Prüfungsschwindigkeit <mm/s> = 0.32
reale Prüfungsschwindigkeit <mm/s> = 0.32
Ausgangsdicke des Prüfstücks h_{n01} <mm> = 1.41
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_{n01} <mm> = 19.98
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_{n01} <mm> = 19.98
Ausgangsbreite des Prüfstücks w_w <mm> = 9.98

Annex 2-1

Data file with a force displacement curve for the uniaxial tensile test on a specimen with notches

material designation = CR1
material specification = VDA 239-100
preliminary surface preparation method = grinding
preliminary surface preparation direction = along the specimen length
heat treatment temperature <°C> = 170
heat treatment dwelling time <min> = 20
test = uniaxial tensile test on a specimen w. notches
date of the test = DD.MM.YYYY
place of the test = place
tester = name
remark = ...
specimen identification number = XYZ
specimen geometry = specimen with notches
specimen orientation = transverse to the rolling direction
nominal testing temperature <K> = 295.35
actual testing temperature <K> = 295.35
nominal testing speed <mm/s> = 0.32
actual testing speed <mm/s> = 0.32
initial thickness of the specimen h_{n01} <mm> = 1.41
initial width of the specimen w_{n01} <mm> = 19.98
initial width of the specimen w_{n01} <mm> = 19.98
initial width of the specimen w_w <mm> = 9.98

Dehnungsbezugs-
größe l_{n0} <mm> = 20.01
Kontinuierlich aufgenommene Daten
Zeit t <s>; Kraft F <N>; Verschiebung <mm>
0.01; 0.01; 0.01

Anhang 2-2
Datendatei mit Ergebnissen der
Deformationsanalyse für den Zugversuch
an der Probe mit Kerben

Werkstoffbezeichnung = CR1
Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
Oberflächen-
behandlung = Schleifen
Oberflächenbe-
handlungsrichtung = entlang der
Probenlänge
Wärmebehandlungs-
temperatur <°C> = 170
Wärmebehandlungs-
dauer <min> = 20
Prüfverfahren = uniaxialer Zugver-
such an der Probe
mit Kerben

Datum der Prüfung = TT.MM.JJJJ
Ort der Prüfung = Ort
Prüfer = Name
Bemerkung = ...

Probenidentifikations-
nummer = XYZ
Prüfstückgeometrie = Probe mit
Kerben

Prüfstückausrichtung = senkrecht zur
Walzrichtung

nominelle
Prüftemperatur <K> = 295.35

reale
Prüftemperatur <K> = 295.35

nominelle Prüfe-
schwindigkeit <mm/s> = 0.32

reale Prüfe-
schwindigkeit <mm/s> = 0.32

virtuelle Dehnungs-
bezugsgröße <mm> = 0.01

Kontinuierlich aufgenommener Deformations-
pfad der kritischen Facette

Zeit t <mm>; x-Koordinate x <mm>;
y-Koordinate y <mm>; z-Koordinate z <mm>;
von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$ <>; wahre
Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I <>; wahre
Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} <>
0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

initial gauge
length l_{n0} <mm> = 20.01
continuously recorded data
time <s>; force <N>; displacement Δl_{n0} <mm>
0.01; 0.01; 0.01

Annex 2-2
Data file with results of a deformation
analysis for the uniaxial tensile test on a
specimen with notches

material designation = CR1
material specification = VDA 239-100
preliminary surface
preparation method = grinding
preliminary surface
preparation direction = along the specimen
length
heat treatment
temperature <°C> = 170
heat treatment dwelling
time <min> = 20
test = uniaxial tensile test
on a specimen w.
notches

date of the test = DD.MM.YYYY
place of the test = place
tester = name
remark = ...

specimen identification
number = XYZ
specimen geometry = specimen with
notches

specimen orientation = transverse to the
rolling direction

nominal testing
temperature <K> = 295.35

actual testing
temperature <K> = 295.35

nominal testing
speed <mm/s> = 0.32

actual testing
speed <mm/s> = 0.32

virtual strain reference
length <mm> = 0.01

Continuously recorded deformation path of
the critical facet

Time t <mm>; x coordinate x <mm>;
y coordinate y <mm>; z coordinate z <mm>;
von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$ <>; first principal
in-plane true strain ϵ_I <>; second principal
in-plane true strain ϵ_{II} <>
0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder vor und nach der maximalen Kraft

Facettennummer n < >; Zeit t <mm>;
x-Koordinate x <mm>; y-Koordinate y <mm>;
z-Koordinate z <mm>; von-Mises-Vergleichs-
dehnung $\bar{\epsilon}$ < >; wahre Hauptdehnung in der
Blechebene ϵ_I < >; wahre Nebendehnung in
der Blechebene ϵ_{II} < >

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformationsanalyse des kritischen Bereichs für ausgewählte Einzelbilder vor dem Probenversagen

Facettennummer n < >; Zeit <mm>;
x-Koordinate x <mm>; y-Koordinate y <mm>;
z-Koordinate z <mm>; von-Mises-Vergleichs-
dehnung $\bar{\epsilon}$ < >; wahre Hauptdehnung in der
Blechebene ϵ_I < >; wahre Nebendehnung in der
Blechebene ϵ_{II} < >

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Anhang 2-3

Datendatei mit Ergebnissen der Dickenmessung für den uniaxialen Zugversuch an der Probe mit Kerben

Werkstoffbezeichnung = CR1
Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
Oberflächen-
behandlung = Schleifen
Oberflächenbe-
handlungsrichtung = entlang der
Probenlänge
Wärmebehandlungs-
temperatur <°C> = 170
Wärmebehandlungs-
dauer <min> = 20
Prüfverfahren = uniaxialer Zugver-
such an der Probe
mit Kerben

Datum der Prüfung = TT.MM.JJJJ

Ort der Prüfung = Ort

Tester = Name

Bemerkung = ...

Probenidentifikations-
nummer = XYZ

Prüfstückgeometrie = Probe mit
Kerben

Prüfstückausrichtung = senkrecht zur
Walzrichtung

nominale
Prüftemperatur <K> = 295.35

Deformation analysis of the critical area for selected frames before the maximum force

Facet number n < >; Time t <mm>;
x coordinate x <mm>; y coordinate y <mm>;
z coordinate z <mm>; von Mises equivalent
strain $\bar{\epsilon}$ < >; first principal in-plane true
strain ϵ_I < >; second principal in-plane true
strain ϵ_{II} < >

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformation analysis of the critical area for selected frames after the maximum force

Facet number < >; Time <mm>;
x coordinate <mm>; y coordinate <mm>;
z coordinate <mm>; von Mises equivalent
strain $\bar{\epsilon}$ < >; first principal in-plane true
strain ϵ_I < >; second principal in-plane true
strain ϵ_{II} < >

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Annex 2-3

Data file with results of a thickness measurement for the uniaxial tensile test on a specimen with notches

material designation = CR1
material specification = VDA 239-100
preliminary surface
preparation method = grinding
preliminary surface
preparation direction = along the specimen
length
heat treatment
temperature <°C> = 170
heat treatment dwelling
time <min> = 20
test = uniaxial tensile test
on a specimen w.
notches

date of the test = DD.MM.YYYY

place of the test = place

tester = name

remark = ...

specimen identification
number = XYZ

specimen geometry = specimen with
notches

specimen orientation = transverse to the
rolling direction

nominal testing
temperature <K> = 295.35

reale
 Prüftemperatur <K> = 295.35
 nominelle Prüfge-
 schwindigkeit <mm/s> = 0.32
 reale Prüfge-
 schwindigkeit <mm/s> = 0.32
 Ausgangsdicke des
 Prüfstücks t_{n01} <mm> = 1.41
 Ausgangsbreite des
 Prüfstücks w_{n01} <mm> = 19.98
 Ausgangsbreite des
 Prüfstücks w_{n02} <mm> = 19.98
 Ausgangsbreite des
 Prüfstücks w_w <mm> = 9.98
 Dicke des Prüfstücks nach dem
 Versagen t_{n11} <mm> = 0.41
 Dicke des Prüfstücks nach dem
 Versagen t_{n12} <mm> = 0.41

Anhang 3-1

Datendatei mit Kraft-Weg-Daten für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch

Werkstoffbezeichnung = CR1
 Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
 Oberflächen-
 behandlung = Schleifen
 Oberflächenbe-
 handlungsrichtung = rotierend auf der
 Probenmitte
 Wärmebehandlungs-
 temperatur <°C> = 170
 Wärmebehandlungs-
 dauer <min> = 20
 Prüfverfahren = biaxialer
 Zugversuch
 Datum der Prüfung = TT.MM.JJJJ
 Ort der Prüfung = Ort
 Prüfer = Name
 Bemerkung = ...
 Probenidentifikations-
 nummer = XYZ
 Durchmesser des Deformations-
 bereichs <mm> = 200.00
 nominelle
 Prüftemperatur <K> = 295.35
 reale
 Prüftemperatur <K> = 295.35
 nominelle Prüfge-
 schwindigkeit <mm/s> = 0.32
 reale Prüfge-
 schwindigkeit <mm/s> = 0.32

actual testing
 temperature <K> = 295.35
 nominal testing
 speed <mm/s> = 0.32
 actual testing
 speed <mm/s> = 0.32
 initial thickness of the
 specimen t_{n01} <mm> = 1.41
 initial width of the
 specimen w_{n01} <mm> = 19.98
 initial width of the
 specimen w_{n01} <mm> = 19.98
 initial width of the
 specimen w_w <mm> = 9.98
 thickness of the specimen after
 fracture t_{n11} <mm> = 0.41
 thickness of the specimen after
 fracture t_{n12} <mm> = 0.41

Annex 3-1

Data file with a force displacement curve for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test

material designation = CR1
 material specification = VDA 239-100
 preliminary surface
 preparation method = grinding
 preliminary surface
 preparation direction = rotating at the spe-
 cimen
 heat treatment
 temperature <°C> = 170
 heat treatment dwelling
 time <min> = 20
 test = biaxial tensile
 test
 date of the test = DD.MM.YYYY
 place of the test = place
 tester = name
 remark = ...
 specimen identification
 number = XYZ
 diameter of the deformation
 area <mm> = 200.00
 nominal testing
 temperature <K> = 295.35
 actual testing
 temperature <K> = 295.35
 nominal testing
 speed <mm/s> = 0.32
 actual testing
 speed <mm/s> = 0.32

Ausgangsdicke des
Prüfstücks t_{b01} <mm> = 1.41
kontinuierlich aufgenommene Daten
Zeit t <s>; Kraft F (biaxialer Zugversuch) <N>
oder Druck p (hydraulischer Tiefungsversuch)
<bar>; Verschiebung Δl_{h0} <mm>
0.01; 0.01; 0.01

initial thickness of the
specimen t_{b01} <mm> = 1.41
continuously recorded data
time t <s>; force F (biaxial tensile test) <N>
or pressure p (hydraulic bulge test) <bar>;
displacement Δl_{h0} <mm>
0.01; 0.01; 0.01

Anhang 3-2

Datendatei mit Ergebnissen der Deformationsanalyse für den biaxialen Zugversuch oder hydraulischen Tiefungsversuch

Werkstoffbezeichnung = CR1
Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
Oberflächen-
behandlung = Schleifen
Oberflächen-
behandlungsrichtung = rotierend auf der
Probenmitte
Wärmebehandlungs-
temperatur <°C> = 170
Wärmebehandlungs-
dauer <min> = 20
Prüfverfahren = biaxialer Zugver-
such/Tiefungs-
versuch
Datum der Prüfung = TT.MM.JJJJ
Ort der Prüfung = Ort
Prüfer = Name
Bemerkung = ...
Probenidentifikations-
nummer = XYZ
Durchmesser des Deformations-
bereichs <mm> = 200.00
nominelle
Prüftemperatur <K> = 295.35
reale
Prüftemperatur <K> = 295.35
nominelle Prüffe-
schwindigkeit <mm/s> = 0.32
reale Prüffe-
schwindigkeit <mm/s> = 0.32
Virtuelle Dehnungsbezugs-
größe <mm> = 0.01
kontinuierlich aufgenommener Deformations-
pfad der kritischen Facette
Zeit t <mm>; x-Koordinate x <mm>;
y-Koordinate y <mm>; z-Koordinate z <mm>;
von-Mises-Vergleichsdehnung $\bar{\epsilon}$ <>; wahre
Hauptdehnung in der Blechebene ϵ_I <>; wahre
Nebendehnung in der Blechebene ϵ_{II} <>

Annex 3-2

Data file with results of a deformation analysis for the biaxial tensile test or hydraulic bulge test

material designation = CR1
material specification = VDA 239-100
preliminary surface
preparation type = grinding
preliminary surface
preparation direction = rotating at the
specimen center
heat treatment
temperature <°C> = 170
heat treatment dwelling
time <min> = 20
test = biaxial tensile test/
bulge test
date of the test = DD.MM.YYYY
place of the test = place
tester = name
remark = ...
specimen identification
number = XYZ
diameter of the deformation
area <mm> = 200.00
nominal testing
temperature <K> = 295.35
actual testing
temperature <K> = 295.35
nominal testing
speed <mm/s> = 0.32
actual testing
speed <mm/s> = 0.32
virtual strain reference
length <mm> = 0.01
Continuously recorded deformation path of
the critical facet
Time t <mm>; x coordinate x <mm>;
y coordinate y <mm>; z coordinate z <mm>;
von Mises equivalent strain $\bar{\epsilon}$ <>; first principal
in-plane true strain ϵ_I <>; second principal
in-plane true strain ϵ_{II} <>

0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformationsanalyse des kritischen Bereichs
für ausgewählte Einzelbilder vor und nach der
maximalen Kraft

Facettennummer $n < >$; Zeit $t < \text{mm} >$;

x-Koordinate $x < \text{mm} >$; y-Koordinate $y < \text{mm} >$;
z-Koordinate $z < \text{mm} >$; von-Mises-Vergleichs-
dehnung $\bar{\epsilon} < >$; wahre Hauptdehnung in der
Blechebene $\epsilon_I < >$; wahre Nebendehnung in der
Blechebene $\epsilon_{II} < >$

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformationsanalyse des kritischen Be-
reichs für ausgewählte Einzelbilder vor dem
Probenversagen

Facettennummer $n < >$; Zeit $t < \text{mm} >$;

x-Koordinate $x < \text{mm} >$; y-Koordinate $y < \text{mm} >$;
z-Koordinate $z < \text{mm} >$; von-Mises-Vergleichs-
dehnung $\bar{\epsilon} < >$; wahre Hauptdehnung in der
Blechebene $\epsilon_I < >$; wahre Nebendehnung in der
Blechebene $\epsilon_{II} < >$

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Anhang 3-3

**Datendatei mit Ergebnissen der
Dickmessung für den biaxialen
Zugversuch oder hydraulischen
Tiefungsversuch**

Werkstoffbezeichnung = CR1
Werkstoffspezifikation = VDA 239-100
Oberflächen-
behandlung = Schleifen
Oberflächen-
behandlungsrichtung = rotierend auf der
Probenmitte

Wärmebehandlungs-
temperatur $<^{\circ}\text{C}>$ = 170

Wärmebehandlungs-
dauer $<\text{min}>$ = 20

Prüfverfahren = Biaxialer
Zugversuch/
Tiefungsversuch

Datum der Prüfung = TT.MM.JJJJ

Ort der Prüfung = Ort

Tester = Name

Bemerkung = ...

Probenidentifikations-
nummer = XYZ

Durchmesser des Deformations-
bereichs $<\text{mm}>$ = 200.00

nominelle

Prüftemperatur $<\text{K}>$ = 295.35

0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformation analysis of the critical area
for selected frames before the maximum
force

Facet number $n < >$; Time $t < \text{mm} >$;

x coordinate $<\text{mm}>$; y coordinate $<\text{mm}>$;
z coordinate $<\text{mm}>$; von Mises equivalent
strain $\bar{\epsilon} < >$; first principal in-plane true
strain $\epsilon_I < >$; second principal in-plane true
strain $\epsilon_{II} < >$

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Deformation analysis of the critical area
for selected frames after the maximum
force

Facet number $n < >$; Time $t < \text{mm} >$;

x coordinate $x < \text{mm} >$; y coordinate $y < \text{mm} >$;
z coordinate $z < \text{mm} >$; von Mises equivalent
strain $\bar{\epsilon} < >$; first principal in-plane true
strain $\epsilon_I < >$; second principal in-plane true
strain $\epsilon_{II} < >$

1.00; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01; 0.01

Annex 3-3

**Data file with results of a thickness
measurement for the biaxial tensile test
or hydraulic bulge test**

material designation = CR1
material specification = VDA 239-100
preliminary surface
preparation method = grinding
preliminary surface
preparation direction = rotating at the
specimen center

heat treatment
temperature $<^{\circ}\text{C}>$ = 170

heat treatment dwelling
time $<\text{min}>$ = 20

test = biaxial tensile
test/bulge test'

date of the test = DD.MM.YYYY

place of the test = place

tester = name

remark = ...

specimen identification
number = XYZ

diameter of the deformation
area $<\text{mm}>$ = 200.00

nominal testing
temperature $<\text{K}>$ = 295.35

reale
Prüftemperatur <K> = 295.35
nominelle Prüfge-
schwindigkeit <mm/s> = 0.32
reale Prüfge-
schwindigkeit <mm/s> = 0.32
Ausgangsdicke des
Prüfstücks t_{b01} <mm> = 1.41
Dicke des Prüfstücks nach dem
Versagen t_{b11} <mm> = 0.41
Dicke des Prüfstücks nach dem
Versagen t_{b12} <mm> = 0.41

actual testing
temperature <K> = 295.35
nominal testing
speed <mm/s> = 0.32
actual testing
speed <mm/s> = 0.32
initial thickness of the
specimen t_{b01} <mm> = 1.41
thickness of the specimen
after fracture t_{b11} <mm> = 0.41
thickness of the specimen
after fracture t_{b12} <mm> = 0.41

Entwurf