

	DIN EN ISO 16828	
ICS 19.100	Entwurf	Einsprüche bis 2024-08-14 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN ISO 16828:2014-06
Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beugungslaufzeittechnik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten (ISO/DIS 16828:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16828:2024 Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Time-of-flight diffraction technique for detection and sizing of discontinuities (ISO/DIS 16828:2024); German and English version prEN ISO 16828:2024 Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Technique de diffraction du temps de vol utilisée comme méthode de détection et de dimensionnement des discontinuités (ISO/DIS 16828:2024); Version allemande et anglaise prEN ISO 16828:2024 Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-06-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument 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 nmp@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 Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 59 Seiten DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)		

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN ISO 16828:2024 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-11-12 AA „Ultraschallprüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5577	siehe	DIN EN ISO 5577
ISO 9712	siehe	DIN EN ISO 9712
ISO 10863	siehe	DIN EN ISO 10863
ISO 15626	siehe	DIN EN ISO 15626
ISO 16810	siehe	DIN EN ISO 16810*
ISO 16811	siehe	DIN EN ISO 16811*
ISO 22232-1	siehe	DIN EN ISO 22232-1
ISO 22232-2	siehe	DIN EN ISO 22232-2

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 16828:2014-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert;
- b) Abkürzungen und Symbole angepasst;
- c) Bilder aktualisiert;
- d) Formeln korrigiert;
- e) Dokument redaktionell überarbeitet.

* Aktuell im Entwurf.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5577, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Terminologie (ISO 5577:2017)*

DIN EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2021)*

DIN EN ISO 10863, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD) (ISO 10863:2020)*

DIN EN ISO 15626, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Beugungslaufzeittechnik (TOFD) — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 15626:2018)*

DIN EN ISO 16810, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Allgemeine Grundsätze (ISO 16810:2012)*

DIN EN ISO 16811, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Empfindlichkeits- und Entfernungjustierung (ISO 16811:2012)*

DIN EN ISO 22232-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 1: Prüfgeräte (ISO 22232-1:2020)*

DIN EN ISO 22232-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 2: Prüfköpfe (ISO 22232-2:2020)*

– Leerseite –

Juni 2024

prEN ISO 16828

Zerstörungsfreie Prüfung – Ultraschallprüfung – Beugungslaufzeittechnik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten (ISO/DIS 16828:2024)

Non-destructive testing – Ultrasonic testing – Time-of-flight diffraction technique for detection and sizing of discontinuities (ISO/DIS 16828:2024)

Essais non destructifs – Contrôle par ultrasons – Technique de diffraction du temps de vol utilisée comme méthode de détection et de dimensionnement des discontinuités (ISO/DIS 16828:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Mengen, Einheiten und Symbole	8
5 Allgemeines	10
5.1 Kurzbeschreibung der Technik	10
5.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand und das Koppelmittel	12
5.3 Werkstoffe und Gefüge	12
6 Qualifizierung des Prüfpersonals	13
7 Anforderungen an die Prüfausrüstung	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 Prüfgerät und Anzeige	13
7.3 Prüfköpfe	15
7.4 Abtastung	16
8 Verfahren der TOFD-Anordnung	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Auswahl der Prüfköpfe und des Prüfkopfabstandes	16
8.2.1 Auswahl der Prüfköpfe	16
8.2.2 Prüfkopfabstand	17
8.3 Einstellen des Zeitfensters	17
8.4 Einstellen der Prüfempfindlichkeit	18
8.5 Einstellen der Schrittweite beim Abtasten	18
8.6 Einstellen der Abtastgeschwindigkeit	19
8.7 Überprüfen der Funktion des Prüfsystems	19
9 Interpretation und Analyse der Daten	19
9.1 Grundlegende Analyse von Inhomogenitäten	19
9.1.1 Allgemeines	19
9.1.2 Beurteilung von Inhomogenitäten	19
9.1.3 Abschätzung der Lage einer Inhomogenität	20
9.1.4 Abschätzung der Länge einer Inhomogenität	20
9.1.5 Abschätzung von Tiefenlage und Tiefenausdehnung einer Inhomogenität	21
9.2 Detaillierte Analyse von Inhomogenitäten	22
9.2.1 Allgemeines	22
9.2.2 Zusätzliche Abtastungen	22
9.2.3 Zusätzliche Algorithmen	23
10 Nachweis und Größenbestimmung bei komplizierten Geometrien	24
11 Grenzen der TOFD-Technik	24
11.1 Allgemeines	24
11.2 Genauigkeit und Auflösungsvermögen	24
11.2.1 Allgemeines	24
11.2.2 Ungenauigkeit bei der seitlichen Lage	25
11.2.3 Ungenauigkeiten bei der Zeitmessung	25
11.2.4 Ungenauigkeiten bei der Schallgeschwindigkeit	25
11.2.5 Ungenauigkeiten bei den Prüfkopfabständen	25
11.2.6 Räumliches Auflösungsvermögen	26
11.3 Tote Zonen	26
12 TOFD-Prüfung ohne Datenaufzeichnung	27
13 Durchführung der Prüfung	27

14	Prüfbericht	27
Anhang A (informativ)	Vergleichskörper	28
Literaturhinweise		29

Bilder

Bild 1	Festlegung der Koordinaten	10
Bild 2	Grundanordnung für TOFD	11
Bild 3	Schematisches A-Bild einer inneren Inhomogenität	12
Bild 4	Typisches Abtasten bei der Prüfung von Schweißverbindungen	14
Bild 5	Typisches paralleles Abtasten bei der Prüfung von Schweißverbindungen	15
Bild A.1	Skizze eines Vergleichskörpers mit Querbohrungen als beugende Objekte, die mit der Abtastfläche durch Sägeschnitte verbunden sind	28

Tabellen

Tabelle 1	Mengen, Einheiten und Symbole	9
Tabelle 2	Empfohlene Parameter für die Prüfköpfe für eine einzelne TOFD-Anordnung bei Stahldicken bis zu 70 mm	17
Tabelle 3	Empfohlene Parameter für die Prüfköpfe für mehrere TOFD-Anordnungen bei Stahldicken von 70 mm bis zu 300 mm	17

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 16828:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 16828:2014 ersetzen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 16828:2024 wurde von CEN als prEN ISO 16828:2024 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135, *Non-destructive testing*, Unterkomitee SC 3, *Ultrasonic testing*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16828:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- „eine Technik“ aus dem Titel gestrichen;
- Klarstellung von Abkürzungen und Symbolen;
- Bilder wurden aktualisiert;
- Gleichungen wurden korrigiert.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Die folgenden Dokumente sind miteinander verbunden.

ISO 16810, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — General principles*

ISO 16811, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Sensitivity and range setting*

ISO 16823, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Through-transmission technique*

ISO 16826, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Testing for discontinuities perpendicular to the surface*

ISO 16827, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Characterization and sizing of discontinuities*

ISO 16828, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Time-of-flight diffraction technique for detection and sizing of discontinuities*

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die allgemeinen Grundsätze zur Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD) für das Auffinden und für die Größenbestimmung von Inhomogenitäten in Bauteilen aus niedrig legierten Kohlenstoffstählen fest.

Dieses Dokument kann auch auf andere Werkstoffarten angewendet werden, wenn die TOFD-Technik mit der notwendigen Berücksichtigung der Geometrie, der akustischen Eigenschaften der Werkstoffe sowie der Prüfempfindlichkeit angewendet wird.

Obwohl dieses Dokument im Allgemeinen auf Inhomogenitäten in Werkstoffen anwendbar ist, die in ISO 16810 behandelt werden, sind auch Hinweise für die Prüfung von Schweißnähten enthalten. Dieser Weg wurde zur Verdeutlichung der Positionen des Prüfkopfes und der Abtastrichtungen gewählt.

Soweit in den Bezugsdokumenten nichts anderes festgelegt worden ist, müssen die Mindestanforderungen dieses Dokuments angewendet werden.

Wenn es nicht ausdrücklich anders vorgegeben wird, ist dieses Dokument auf folgende in ISO 16811 festgelegte Produktklassen anwendbar:

- Klasse 1, ohne Einschränkungen;
- Klassen 2 und 3, die festgelegten Einschränkungen gelten.

ANMERKUNG 1 Siehe Abschnitt 10.

- Klassen 4 und 5 erfordern Spezialverfahren, auf die auch hingewiesen wird.

ANMERKUNG 2 Siehe Abschnitt 10.

ANMERKUNG 3 Techniken für den Einsatz von TOFD für die Schweißnahtprüfung sind in ISO 10863 beschrieben, und die entsprechenden Zulässigkeitskriterien sind in ISO 15626 angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ISO 5577, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Vocabulary*

ISO 9712, *Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel*

ISO 16810, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — General principles*

ISO 16811, *Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Sensitivity and range setting*

ISO 22232-1, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 1: Instruments*

ISO 22232-2, *Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 2: Probes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5577 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

verdeckte Zone an der Abtastfläche

Zone, in der Anzeigen wegen der *Oberflächenwelle* möglicherweise verdeckt sind

3.2

verdeckte Zone an der Rückwand

Zone, in der Signale wegen des Vorhandenseins des Rückwandechos möglicherweise verdeckt sind

3.3

senkrechte Abtastung

Abtastung senkrecht zur Richtung des Ultraschallbündels (siehe Bild 4)

3.4

parallele Abtastung

Abtastung parallel zur Richtung des Ultraschallbündels (siehe Bild 5)

3.5

TOFD-Anordnung

Anordnung einer Beugungslaufzeittechnik

Anordnung der Prüfköpfe in Abhängigkeit von deren Eigenschaften (z. B. Frequenz, Wandlerdurchmesser des Prüfkopfes, Einschallwinkel, Wellenart) und *Prüfkopfabstand* (PCS) (3.7)

3.6

Oberflächenwelle

Longitudinalwelle, die den kürzesten Weg vom Sender-Prüfkopf zum Empfänger-Prüfkopf zurücklegt

3.7

Prüfkopfabstand

PCS, en: probe centre separation

Abstand zwischen den Schallaustrittspunkten des Sender-Prüfkopfes und des Empfänger-Prüfkopfes

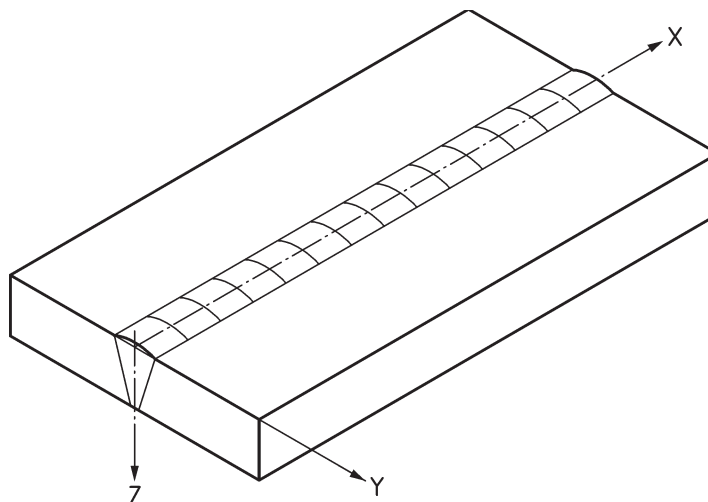
Anmerkung 1 zum Begriff: Der Prüfkopfabstand für zwei Prüfköpfe an einer gekrümmten Oberfläche ist nicht der über die Oberfläche gemessene Abstand, sondern der geradlinige, geometrische Abstand zwischen den Schalleintritts- und Schallaustrittspunkten.

4 Mengen, Einheiten und Symbole

Eine vollständige Liste der in diesem Dokument verwendeten Größen, Einheiten und Symbole ist in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1 — Mengen, Einheiten und Symbole

Menge, Einheit oder Symbol	Bedeutung
X	Koordinate parallel zur Abtastfläche und parallel zu einer vorher festgelegten Bezugslinie. Bei der Prüfung von Schweißverbindungen sollte diese Bezugslinie mit der Schweißnaht übereinstimmen. Der Achsennullpunkt darf so festgelegt werden, dass er am besten zu dem Prüfobjekt passt (siehe Bild 1);
Δx	Länge der Inhomogenität;
Y	Koordinate parallel zur Abtastfläche und senkrecht zur vorher festgelegten Bezugslinie (siehe Bild 1);
δy	Ungenauigkeit bei der seitlichen Lage;
Z	Koordinate senkrecht zur Abtastfläche (siehe Bild 1);
Δz	Höhe der Inhomogenität;
d	Tiefenlage einer Spitze der Inhomogenität unter der Abtastfläche;
δd	Fehler der Tiefenlage;
D_{ds}	verdeckte Zone an der Abtastfläche;
D_{dw}	verdeckte Zone an der Rückwand;
v	Schallgeschwindigkeit;
δv	Ungenauigkeit bei der Schallgeschwindigkeit;
R	räumliches Auflösungsvermögen;
t	Signallaufzeit zwischen Sender und Empfänger;
Δt	Laufzeitdifferenz zwischen der Oberflächenwelle und einem zweiten Ultraschallsignal;
δt	Ungenauigkeit bei Laufzeit;
t_d	Signallaufzeit für die Tiefenlage d ;
t_p	Dauer des Ultraschallimpulses bei einer Amplitude von 10 % des Maximums;
t_w	Laufzeit des Rückwandechos;
s	halber Abstand zwischen den Sende- und Empfangspunkten der beiden Ultraschall-Prüfköpfe;
δs	Ungenauigkeiten bei den halben Prüfkopfabständen;
W	Wanddicke.



Legende

X, Y, Z Hauptkoordinaten (siehe Tabelle 1)

Bild 1 — Festlegung der Koordinaten

5 Allgemeines

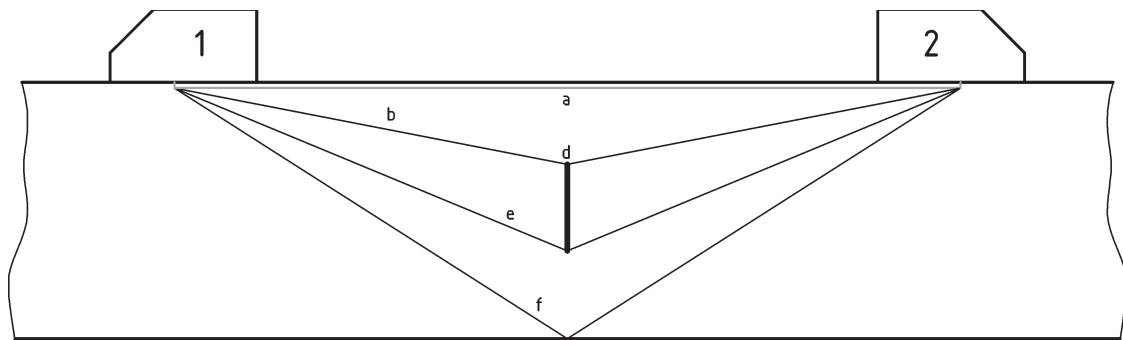
5.1 Kurzbeschreibung der Technik

Die TOFD-Technik beruht auf der Wechselwirkung von Ultraschallwellen mit den Rändern von Inhomogenitäten. Diese Wechselwirkung führt zur Emission von gebeugten Wellen über einen großen Winkelbereich. Der Nachweis der gebeugten Wellen ermöglicht die Feststellung vorhandener Inhomogenitäten.

Die Laufzeit der aufgezeichneten Signale ist ein Maß für die Tiefenausdehnung der Inhomogenität und ermöglicht damit die Größenbestimmung der Inhomogenität.

Das Maß der Inhomogenität wird immer aus den Laufzeiten der gebeugten Signale bestimmt.

Die Signalamplitude wird nicht für die Größenbewertung verwendet.



Legende

- 1 Sender-Prüfkopf
- 2 Empfänger-Prüfkopf
- a Weg der Oberflächenwelle.
- b Weg von der oberen Spitze.
- d Inhomogenität.
- e Weg von der unteren Spitze.
- f Weg des Rückwandechos.

Bild 2 — Grundanordnung für TOFD

Die Grundanordnung für die TOFD-Technik besteht aus voneinander getrennten Sender- und Empfänger-Prüfköpfen (siehe Bild 2).

Typischerweise werden Prüfköpfe für Longitudinalwellen mit weitem Schallbündel eingesetzt, weil die Beugung der Ultraschallwellen nur geringfügig von der Ausrichtung des Randes der Inhomogenität abhängig ist. Damit wird die Prüfung eines bestimmten Volumens mit einer Abtastung ermöglicht.

Jedoch gelten Einschränkungen hinsichtlich der Größe des Volumens, das bei einer einzelnen Abtastung geprüft werden kann (siehe 8.2).

Das erste nach der Aussendung eines Ultraschallimpulses am Empfänger-Prüfkopf eintreffende Signal ist üblicherweise die Oberflächenwelle, die sich unmittelbar unter der Oberfläche des Prüfobjektes ausbreitet.

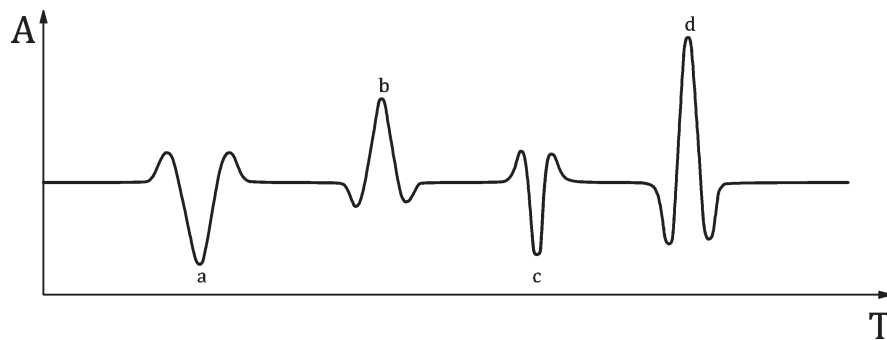
Liegen keine Inhomogenitäten vor, ist das zweite am Empfänger-Prüfkopf eintreffende Signal das Rückwandecho.

Diese beiden Signale werden typischerweise für Vergleichszwecke verwendet. Wenn die Wellenumwandlung vernachlässigt wird, sollten alle von Werkstoffinhomogenitäten erzeugten Signale zwischen der Oberflächenwelle und dem Rückwandecho eintreffen, da diese dem kürzesten bzw. dem längsten Weg zwischen Sender- und Empfänger-Prüfkopf entsprechen. Aus ähnlichen Gründen wird das gebeugte Signal, das am oberen Rand einer Inhomogenität erzeugt wird, vor dem Signal eintreffen, das am unteren Rand der Inhomogenität erzeugt wird. Ein typisches Signalmuster (A-Bild) ist in Bild 3 dargestellt.

Die Tiefenausdehnung der Inhomogenität kann aus der Laufzeitdifferenz der beiden gebeugten Signale abgeleitet werden (siehe 9.1.5).

Zu beachten ist die Phasenumkehr zwischen der Oberflächenwelle und dem Rückwandecho sowie zwischen den Echos vom oberen und unteren Rand der Inhomogenität.

Wenn beide Oberflächen des Prüfobjekts zugänglich sind und die Inhomogenitäten über die gesamte Wanddicke verteilt sind, verbessert eine Abtastung von beiden Seiten die Gesamtgenauigkeit, besonders für Inhomogenitäten, die nahe bei den Oberflächen liegen.



Legende

T Zeit

A Amplitude

^a Oberflächenwelle.

^b Signal von der oberen Spitze.

^c Signal von der unteren Spitze.

^d Rückwandecho.

Bild 3 — Schematisches A-Bild einer inneren Inhomogenität

5.2 Anforderungen an den Oberflächenzustand und das Koppelmittel

Es muss dafür gesorgt werden, dass der Oberflächenzustand mindestens den in ISO 16810 angegebenen Anforderungen entspricht.

Da die gebeugten Signale schwach sein können, hat die Verschlechterung der Signalgüte auf Grund eines schlechten Oberflächenzustandes einen erheblichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Prüfung.

- a) Es können unterschiedliche Koppelmittel verwendet werden, die jedoch mit den zu prüfenden Werkstoffen verträglich sein müssen.

Beispiele sind: Wasser (möglicherweise mit einem Wirkstoff, z. B. Netzmittel, Gefrierschutzmittel, Korrosionshemmstoff), Kontaktpaste, Öl, Fett, Zellulosepaste mit Wasseranteil.

- b) Die Eigenschaften des Koppelmittels müssen während der gesamten Prüfung konstant bleiben.
- c) Es muss für den Temperaturbereich geeignet sein, in dem es eingesetzt wird.

5.3 Werkstoffe und Gefüge

Wegen der bei der TOFD-Technik auftretenden relativ kleinen Signalamplituden kann die Technik routinemäßig für Werkstoffe mit relativ geringer Schallschwächung und Schallstreuung eingesetzt werden. Im Allgemeinen ist die Anwendung an Bauteilen und Schweißverbindungen aus unlegierten und niedrig legierten Kohlenstoffstählen möglich, jedoch auch bei feinkörnigen austenitischen Stählen und bei Aluminium.

Grobkörnige Werkstoffe und Werkstoffe mit ausgeprägter Anisotropie, wie Gusseisen, austenitische Schweißwerkstoffe und Legierungen mit hohem Nickelanteil, erfordern jedoch eine zusätzliche Validierung und Signalverarbeitung.

Nach Vereinbarung kann ein repräsentatives Prüfobjekt mit künstlichen und/oder natürlichen Inhomogenitäten verwendet werden, um die Prüfbarkeit zu bestätigen.

Es ist zu bedenken, dass sich die Beugungseigenschaften einer künstlichen Inhomogenität deutlich von denen einer realen Inhomogenität unterscheiden können.

6 Qualifizierung des Prüfpersonals

Personal, das Prüfungen mit der TOFD-Technik durchführt, muss mindestens in Übereinstimmung mit ISO 9712 qualifiziert sein und muss eine zusätzliche Ausbildung und Prüfung für die Anwendung der TOFD-Technik für die wie festgelegt zu prüfenden Produkte abgelegt haben.

7 Anforderungen an die Prüfausrüstung

7.1 Allgemeines

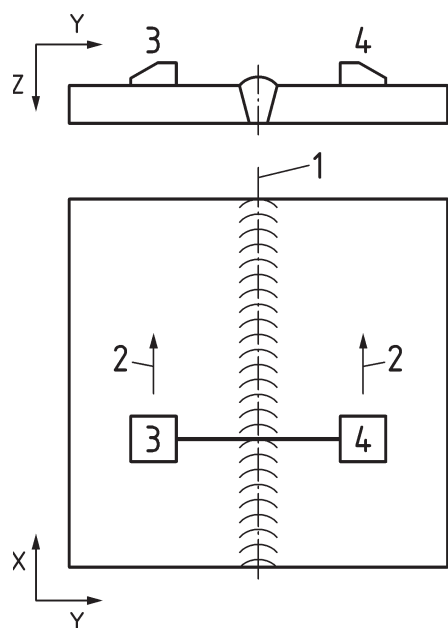
Die Prüfausrüstung, die für die TOFD-Technik verwendet wird, muss mindestens den Anforderungen nach ISO 22232-1 und ISO 22232-2 entsprechen.

Es wird empfohlen, die Anordnung und die Genauigkeit der Laufzeit-Tiefenlage-Umwandlung nach 8.7 zu bestätigen.

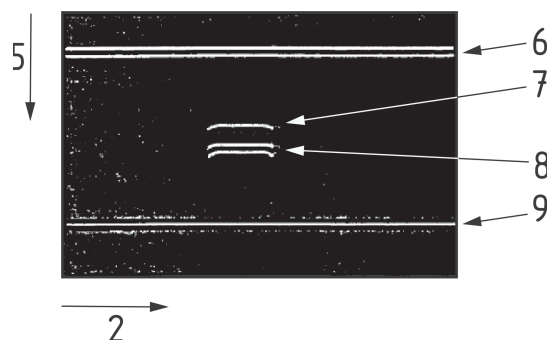
7.2 Prüfgerät und Anzeige

- a) Die Bandbreite des Empfängers muss mindestens den Bereich zwischen dem 0,5-Fachen und dem 2-Fachen der Nennprüffrequenz bei -6 dB abdecken, wenn die festgelegten Werkstoffe und Produktklassen keine größere Bandbreite erforderlich machen. Geeignete Bandpassfilter können verwendet werden;
- b) der Sendeimpuls kann entweder unipolar oder bipolar sein. Die Anstiegszeit darf das 0,25-Fache der Periodendauer der entsprechenden Nennfrequenz nicht überschreiten;
- c) die nichtgleichgerichteten Signale müssen mit einer Abtastfrequenz von mindestens dem 6-Fachen der Nennfrequenz digitalisiert werden;
- d) für die geeignete Auswahl des Zeitbereichs, in dem A-Bilder digitalisiert werden, muss ein Fenster mit programmierbarer Lage und Länge vorhanden sein;
- e) der Beginn des Fensters muss, ausgehend vom Sendeimpuls, zwischen $0\text{ }\mu\text{s}$ und $200\text{ }\mu\text{s}$ programmierbar sein, die Länge des Fensters muss zwischen $5\text{ }\mu\text{s}$ und $100\text{ }\mu\text{s}$ programmierbar sein; damit können die geeigneten Signale (Oberflächen- oder Kriechwelle, Rückwandecho, ein oder mehrere Signal(e) nach Wellenumwandlung, wie in 5.1 beschrieben) für die Digitalisierung und Anzeige ausgewählt werden;
- f) digitalisierte A-Bilder sollten amplitudenbezogen in Grauwerten oder einfarbigen Stufen angezeigt und nebeneinander dargestellt werden, um ein B-Bild zu erzeugen. Siehe Bild 4 und Bild 5 für typische B-Bilder von nichtparallelen bzw. parallelen Abtastungen;
- g) die Anzahl der Grauwerte oder Stufen einer Farbe sollte mindestens 64 betragen;
- h) für Archivierungszwecke muss die Prüfausrüstung sämtliche A-Bilder oder B-Bilder (wie anwendbar) auf einem Speichermedium, wie Festplatte, Magnetband oder Festkörperspeicher speichern können;
- i) für Dokumentationszwecke muss es möglich sein, Ausdrücke von A-Bildern oder B-Bildern (wie anwendbar) herzustellen;
- j) das Prüfgerät sollte eine Signal-Mittelung ausführen können;
- k) um relativ hohe Verstärkungseinstellungen zu erreichen, die für typische TOFD-Signale erforderlich sind, darf ein Vorverstärker eingesetzt werden, der im benötigten Frequenzbereich einen linearen Frequenzgang besitzen sollte;
- l) dieser Vorverstärker muss so nahe wie möglich am Empfangsprüfkopf angeordnet werden;

- m) zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Merkmale für eine einfache und erweiterte Analyse von Inhomogenitäten werden in Abschnitt 8 beschrieben.



a) Typische TOFD-Anordnung



b) Entsprechendes B-Bild

Legende

- 1 Bezugslinie
- 2 Verschieberichtung des Prüfkopfes (x-Richtung)
- 3 Sender-Prüfkopf
- 4 Empfänger-Prüfkopf
- 5 Laufzeit (Tiefenrichtung)
- 6 Oberflächenwelle
- 7 Signal vom oberen Rand der Inhomogenität
- 8 Signal vom unteren Rand der Inhomogenität
- 9 Rückwandecho

Bild 4 — Typisches Abtasten bei der Prüfung von Schweißverbindungen