

DIN EN ISO 16809

ICS 19.100

Ersatz für
DIN EN 14127:2011-04**Zerstörungsfreie Prüfung –
Dickenmessung mit Ultraschall (ISO 16809:2017);
Deutsche Fassung EN ISO 16809:2019**

Non-destructive testing –
Ultrasonic thickness measurement (ISO 16809:2017);
German version EN ISO 16809:2019

Essais non destructifs –
Mesurage de l'épaisseur par ultrasons (ISO 16809:2017);
Version allemande EN ISO 16809:2019

Gesamtumfang 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 16809:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 16809:2019 durch das Technische Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-23 AA „Ultraschallprüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen 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 14253-2	siehe DIN EN ISO 14253-2
ISO 16811	siehe DIN EN ISO 16811

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14127:2011-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Begriffe wurden an die aktuelle Version von ISO 5577 angepasst;
- b) Gleichung (5) und Gleichung (6) wurden korrigiert;
- c) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14127: 2004-11, 2011-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5577, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Terminologie*

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

DIN EN ISO 14253-2, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen — Teil 2: Anleitung zur Schätzung der Unsicherheit bei GPS-Messungen, bei der Kalibrierung von Messgeräten und bei der Produktprüfung*

DIN EN ISO 16811, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Empfindlichkeits- und Entfernungsjustierung*

Deutsche Fassung

Zerstörungsfreie Prüfung — Dickenmessung mit Ultraschall (ISO 16809:2017)

Non-destructive testing —
Ultrasonic thickness measurement (ISO 16809:2017)

Essais non destructifs —
Mesurage de l'épaisseur par ultrasons
(ISO 16809:2017)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. April 2019 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Messtechniken	6
5 Allgemeine Anforderungen	8
5.1 Prüfgeräte	8
5.2 Prüfköpfe	8
5.3 Koppelmittel	8
5.4 Vergleichskörper	8
5.5 Prüfgegenstände	8
5.6 Qualifizierung des Personals	9
6 Anwendung der Prüftechnik	9
6.1 Oberflächenbedingungen und Oberflächenvorbereitung	9
6.2 Messtechnik	10
6.2.1 Allgemeines	10
6.2.2 Messung während der Herstellung	10
6.2.3 Wiederkehrende Messung der Restwanddicke	11
6.3 Auswahl des Prüfkopfes	11
6.4 Auswahl des Prüfgerätes	12
6.5 Vom Bezugswerkstoff abweichende Werkstoffe	12
6.6 Besondere Messbedingungen	12
6.6.1 Allgemeines	12
6.6.2 Messungen bei Temperaturen unter 0 °C	12
6.6.3 Messungen bei höheren Temperaturen	13
6.6.4 Gefährliche Atmosphären	13
7 Geräteeinstellung	13
7.1 Allgemeines	13
7.2 Verfahren zur Einstellung	14
7.2.1 Allgemeines	14
7.2.2 Digitale Dickenmessgeräte	14
7.2.3 Gerät mit A-Bild-Darstellung	14
7.3 Überprüfungen von Einstellungen	15
8 Einfluss auf die Genauigkeit	16
8.1 Betriebsbedingungen	16
8.1.1 Oberflächenbedingungen	16
8.1.2 Oberflächentemperatur	16
8.1.3 Metallische Beschichtung	17
8.1.4 Nichtmetallische Beschichtung	17
8.1.5 Geometrie	18
8.2 Prüfausrüstung	19
8.2.1 Auflösung	19
8.2.2 Messbereich	19

8.3	Beurteilung der Genauigkeit.....	20
8.3.1	Allgemeines	20
8.3.2	Einflussparameter.....	20
8.3.3	Berechnungsverfahren.....	20
9	Einfluss von Werkstoffen.....	20
9.1	Allgemeines	20
9.2	Inhomogenität	20
9.3	Anisotropie	21
9.4	Schallschwächung	21
9.5	Oberflächenbedingungen.....	21
9.5.1	Allgemeines	21
9.5.2	Kontaktfläche.....	21
9.5.3	Reflektierende Oberfläche.....	22
9.5.4	Korrosion und Erosion	22
10	Prüfbericht.....	23
10.1	Allgemeines	23
10.2	Allgemeine Angaben.....	23
10.3	Messdaten	24
Anhang A (informativ) Korrosion in Behältern und Rohrleitungen		25
A.1	Allgemeines	25
A.2	Messung der allgemeinen Korrosion	25
A.2.1	Prüfgerät.....	25
A.2.2	Prüfköpfe.....	25
A.2.3	Einstellung des Prüfgerätes.....	26
A.2.4	Messung	26
A.3	Messung von Lochkorrosion	26
A.3.1	Prüfgerät.....	26
A.3.2	Prüfköpfe.....	26
A.3.3	Einstellung des Prüfgerätes.....	26
A.3.4	Messung	26
Anhang B (informativ) Einstellungen des Prüfgerätes.....		30
Anhang C (informativ) Parameter, die die Genauigkeit beeinflussen		33
C.1	Parameter, die die Genauigkeit beeinflussen	33
C.2	Berechnungsverfahren.....	36
Anhang D (informativ) Auswahl der Messtechnik		39
Literaturhinweise.....		43

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 16809:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 16809:2019 durch das Technische Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 14127:2011.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16809:2017 wurde von CEN als EN ISO 16809:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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-Direktiven, 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-Direktiven, 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 16809:2012), die technisch überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- es wurden redaktionelle Verbesserungen vorgenommen;
- die Terminologie wurde an die letzte Ausgabe von ISO 5577 angepasst;
- Gleichung (5) und Gleichung (6) wurden korrigiert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Grundlagen für die Messung der Dicke metallischer und nicht metallischer Werkstoffe mit Ultraschall durch unmittelbaren Kontakt mit dem Prüfgegenstand fest, ausschließlich basierend auf der Messung der Laufzeit von Ultraschallimpulsen.

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*

3 Begriffe

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

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

- ISO Online Browsing Platform: unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

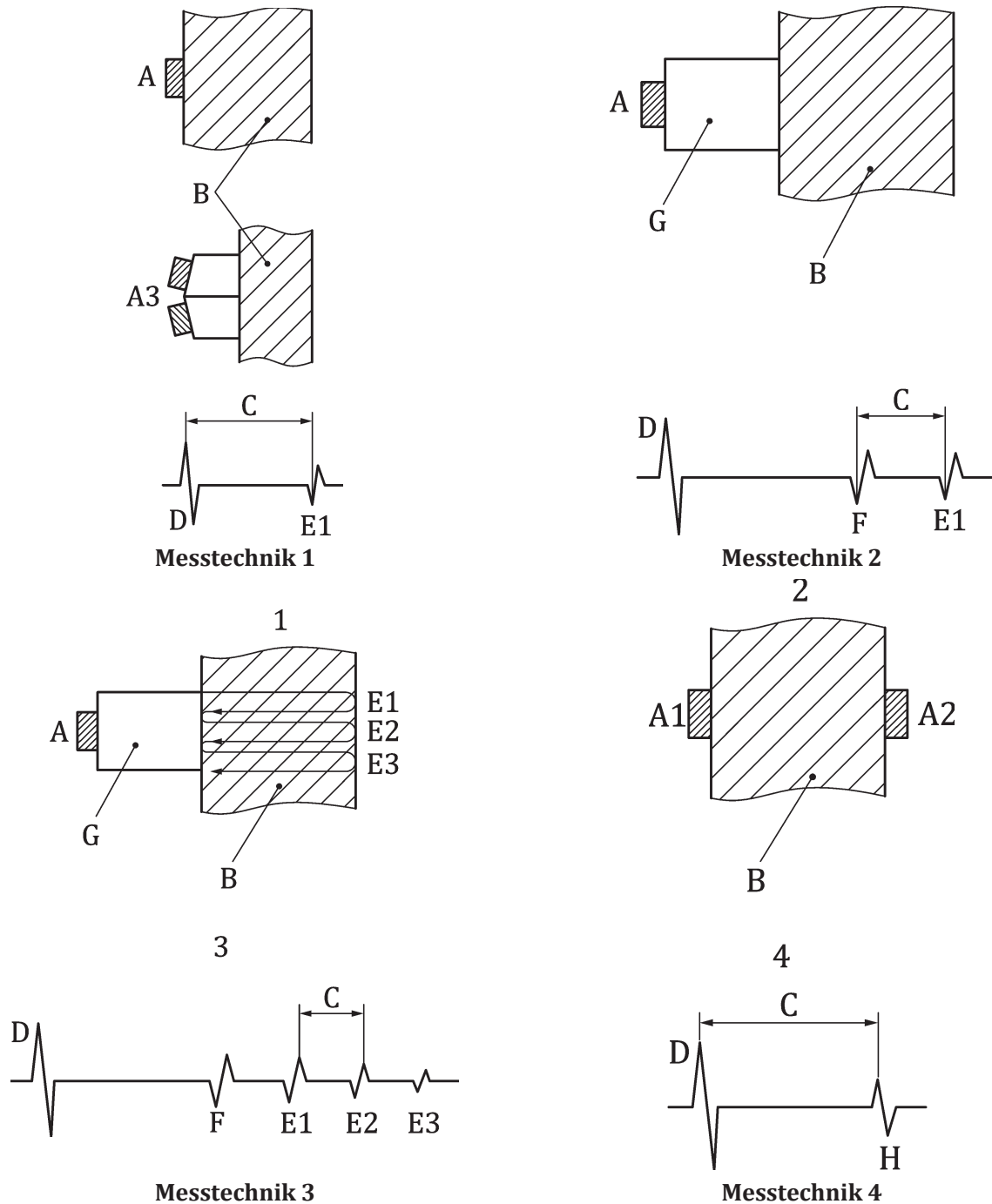
4 Messtechniken

Die Dicke eines Teils oder einer Konstruktion wird durch genaue Messung der Zeit bestimmt, die ein von einem Wandler erzeugter kurzer Ultraschallimpuls benötigt, um die Werkstoffdicke einmal, zweimal oder mehrere Male zu durchlaufen.

Die Werkstoffdicke wird berechnet, indem die für den Werkstoff bekannte Schallgeschwindigkeit der Ultraschallwellen mit der Laufzeit multipliziert und durch die Anzahl der Impulsdurchgänge durch die Wand des Werkstoffs dividiert wird.

Durch Anwendung einer der folgenden Verfahrensarten kann dieses Prinzip umgesetzt werden, siehe Bild 1.

- 1) **Messtechnik 1:** Messen der Laufzeit von einem anfänglichen Anregungsimpuls bis zu einem ersten zurückkehrenden Echo, abzüglich einer Nullpunktkorrektur zur Berücksichtigung der Dicke der Verschleißplatte des Prüfkopfes und der Koppelschicht (Einzelecho-Technik).
- 2) **Messtechnik 2:** Messen der Laufzeit vom Ende einer Vorlaufstrecke bis zum ersten Rückwandecho (Einzelecho-Technik mit Vorlauf).
- 3) **Messtechnik 3:** Messen der Laufzeit zwischen aufeinander folgenden Rückwandechos (Mehrfachecho-Technik).
- 4) **Messtechnik 4:** Messen der Laufzeit eines Impulses vom Sender bis zu einem Empfänger, der mit der Rückwand in Kontakt steht (Durchschallungstechnik).



Legende

A Sende-/Empfangs-Prüfkopf^{N1)}
A1 sendender Prüfkopf
A2 empfangender Prüfkopf
A3 SE-Prüfkopf
B Prüfgegenstand
C Schalllaufzeit

D Anzeige des Sendeimpulses
E1 bis E3 Rückwandecho
F Grenzflächenecho
G Vorlaufstrecke
H Empfangsimpuls

Bild 1 — Messtechniken

N1) Nationale Fußnote: Die Übersetzung muss an dieser Stelle der englischen Referenzfassung folgen. „A“ stellt jedoch einen Einschwinger-Prüfkopf dar.

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Prüfgeräte

Die folgenden Arten von Prüfgeräten müssen verwendet werden, um die Messung der Dicke durchzuführen:

- a) für die Dickenmessung mit Ultraschall bestimmte Geräte mit einer numerischen Anzeige des gemessenen Wertes;
- b) für die Dickenmessung mit Ultraschall bestimmte Geräte mit einer numerischen Anzeige des gemessenen Wertes und einer Anzeige des A-Bildes (Anzeige der Wellenform);
- c) Geräte, die vorwiegend für den Fehlernachweis ausgelegt sind und eine A-Bild-Darstellung von Signalen haben. Diese Geräteart kann auch eine numerische Anzeige von Dickenwerten einschließen.

Siehe 6.4.

5.2 Prüfköpfe

Die folgenden Prüfkopfarten müssen verwendet werden; im Allgemeinen handelt es sich dabei um Longitudinalwellenprüfköpfe:

- SE-Prüfköpfe;
- Einzelelement-Prüfköpfe.

Siehe 6.3.

5.3 Koppelmittel

Zwischen dem Prüfkopf (den Prüfköpfen) und dem Werkstoff muss ein akustischer Kontakt hergestellt werden, üblicherweise durch Auftragen eines Fluids oder Gels.

Das Koppelmittel darf sich auf den Prüfgegenstand und die Prüfausrüstung nicht nachteilig auswirken oder darf für den Prüfer keine Gesundheitsgefährdung darstellen.

Zur Verwendung des Koppelmittels unter besonderen Messbedingungen siehe 6.6.

Das Koppelmittel sollte entsprechend den Oberflächenbedingungen und den Unregelmäßigkeiten der Oberfläche so ausgewählt werden, dass eine ausreichende Ankopplung sichergestellt wird.

5.4 Vergleichskörper

Das Messsystem muss mithilfe eines oder mehrerer Probestücke oder mit Vergleichskörpern kalibriert werden, die für den zu messenden Gegenstand repräsentativ sind, d. h. Maße, Werkstoff und Gefüge müssen vergleichbar sein. Die Dicke der Vergleichskörper oder der Stufen sollte den zu messenden Dickenbereich überdecken. Entweder die Dicke oder die Schallgeschwindigkeit der Vergleichskörper muss bekannt sein.

5.5 Prüfgegenstände

Der zu messende Gegenstand muss die Ausbreitung von Ultraschallwellen zulassen.

Jeder einzelne zu messende Bereich muss frei zugänglich sein.

Die Oberfläche des zu messenden Bereichs muss frei von jeglichem Schmutz, Fett, Fusseln, Zunder, Flussmitteln und Schweißspritzern, Öl oder sonstigen Fremdstoffen sein, die einen störenden Einfluss auf die Prüfung ausüben könnten.

Falls die Oberfläche beschichtet ist, muss die Schicht gut auf dem Werkstoff haften. Anderenfalls muss sie entfernt werden.

Falls durch die Beschichtung hindurch gemessen wird, müssen deren Dicke und Schallgeschwindigkeit bekannt sein, außer, wenn die Messtechnik 3 angewendet wird.

Zu weiteren Einzelheiten siehe Abschnitt 8.

5.6 Qualifizierung des Personals

Ein Prüfer, der Ultraschall-Dickenmessungen nach diesem Dokument durchführt, muss Grundkenntnisse über die Physik des Ultraschalls, ein auf Ultraschall-Dickenmessungen bezogenes detailliertes Verständnis sowie eine diesbezügliche Ausbildung haben. Außerdem muss der Prüfer Kenntnisse über das zu prüfende Produkt und den zu prüfenden Werkstoff haben.

Es wird vorausgesetzt, dass die Ultraschall-Dickenprüfung von qualifiziertem und befähigtem Personal durchgeführt wird. Um diese Qualifizierung nachzuweisen, wird empfohlen, dass das Personal nach ISO 9712 oder gleichwertig qualifiziert ist.

ANMERKUNG Für die Kategorien III und IV besteht nach der Richtlinie 97/23/EG über Druckgeräte, Anhang I, 3.1.3 die Anforderung, dass Personal von einer unabhängigen Prüfstelle, die von einem Mitgliedstaat anerkannt wurde, zugelassen sein muss.

6 Anwendung der Prüftechnik

6.1 Oberflächenbedingungen und Oberflächenvorbereitung

Die Anwendung des Impulsecho-Verfahrens bedeutet, dass dabei der Ultraschallimpuls die Kontaktfläche zwischen Prüfgegenstand und Prüfkopf mindestens zweimal passieren muss: beim Eintritt in den Gegenstand und beim Verlassen des Gegenstandes.

Daher wird eine saubere und ebene Kontaktfläche bevorzugt, deren Durchmesser mindestens dem Doppelten des Prüfkopfdurchmessers entspricht. Ein unzureichender Kontakt führt zu Energieverlust sowie zur Verzerrung von Signalen und des Schallweges.

Um eine Schallausbreitung zu ermöglichen, müssen alle losen Teile und alle nicht haftenden Beschichtungen durch Bürsten oder Schleifen entfernt werden.

Auf dem Prüfgegenstand festhaftende Schichten, wie Farbanstriche, galvanische Überzüge, Überzüge aus Email, dürfen auf dem Gegenstand verbleiben, wobei es jedoch nur wenige Dickenmessgeräte gibt, die in der Lage sind, diese Schichten von der Messung auszuschließen.

Sehr oft sind Dickenmessungen an korrodierten Oberflächen durchzuführen, z. B. an Speicherbehältern und Rohrleitungen. Um die Messunsicherheit zu verringern, sollte die Kontaktfläche innerhalb eines Bereichs geschliffen werden, der mindestens dem doppelten Prüfkopfdurchmesser entspricht. Dieser Bereich sollte frei von Korrosionsprodukten sein.

Es sollte darauf geachtet werden, dass die Dicke nicht unter den zulässigen Mindestwert verringert wird.

6.2 Messtechnik

6.2.1 Allgemeines

Die Anwendung von Dickenmessungen mit Ultraschall kann in zwei Anwendungsbereiche eingeteilt werden:

- Messungen während der Herstellung;
- wiederkehrende Messungen zur Ermittlung der Restwanddicke.

Für jeden Bereich gelten eigene spezielle Bedingungen, die besondere Messtechniken erfordern.

Unter Anwendung von Kenntnissen über den Werkstoff, die Geometrie und die zu messende Dicke sowie die geforderte Genauigkeit müssen die geeignetste Messausrüstung und Messtechnik wie folgt ausgewählt werden (Anhang D gibt dazu eine Anleitung):

- a) in Abhängigkeit von der Dicke und dem Werkstoff müssen Frequenzen im Bereich von 100 kHz bei der Durchschallung von stark schwächenden Werkstoffen bis zu 50 MHz für dünne Metallbleche angewendet werden;
- b) bei der Anwendung von SE-Prüfköpfen ist eine Kompensation für den Fehler erforderlich, der durch den V-Weg auftritt;
- c) an gekrümmten Gegenständen muss der Durchmesser der Kontaktfläche des Prüfkopfes deutlich kleiner sein als der Durchmesser des Prüfgegenstandes.

Die Genauigkeit der Dickenmessung hängt davon ab, wie genau die Laufzeit gemessen werden kann, sowie von der Art der Zeitmessung (Schnittpunkt mit der Nulllinie, zwischen benachbarten Impulsflanken, zwischen benachbarten Impulsspitzen), von der ausgewählten Messtechnik (bei Messtechnik 3 mit Mehrfachechos ist die Messunsicherheit geringer als bei den Messtechniken 1 und 2) und von den anwendbaren Frequenzen (höhere Frequenzen ergeben wegen der genaueren Laufzeitmessung eine höhere Genauigkeit als niedrigere Frequenzen).

Oftmals ist eine Ultraschall-Dickenmessung über einen Bereich des zu messenden Bauteils erforderlich. Ist dies der Fall, sollte der Abstand zwischen den einzelnen Messungen berücksichtigt werden. Ein solcher Abstand sollte gleichmäßig sein, und die Verwendung eines Gitternetzes wird empfohlen. Die Größe des Gitternetzes sollte so gewählt werden, dass sich ein Gleichgewicht zwischen dem Vertrauen in die Ergebnisse und dem verbundenen Arbeitsaufwand ergibt.

Messen der Dicke mit Ultraschall bedeutet, dass die Laufzeit gemessen und dann die Dicke unter der Annahme berechnet wird, dass die Schallgeschwindigkeit konstant ist (siehe Abschnitt 7). Wenn die Geschwindigkeit innerhalb des vom Ultraschallimpuls durchlaufenen Weges nicht konstant ist, wird die Genauigkeit der Messung stark beeinträchtigt.

6.2.2 Messung während der Herstellung

6.2.2.1 Messtechniken 1, 2 und 3

Wenn die Impulsecho-Technik angewendet wird, geben die Flussdiagramme in Bild D.1 und Bild D.2 eine Anleitung zur Auswahl der besten Technik und Ausrüstung.

Die Dickenmessung an sauberen, parallelen Flächen darf mit Dickenmessgeräten mit einfacher numerischer Anzeige erfolgen.

An Verbundwerkstoffen, die Echos zusätzlich zum Rückwandecho erzeugen, wird die Verwendung von Dickenmessgeräten mit A-Bild-Anzeigen [Typ 5.1 b) oder Typ 5.1 c)] für die Auswahl des zur Dickenmessung zugehörigen Echos empfohlen.

6.2.2.2 Messtechnik 4

Wenn der Werkstoff stark schwächend ist und große Dicken gemessen werden müssen, kann keine Echo-Technik angewendet werden, d. h. es ist ausschließlich die Durchschallungstechnik (Messtechnik 4) anwendbar.

Auf gegenüberliegenden Seiten des Prüfgegenstandes müssen dann zwei Prüfköpfe benutzt werden. Das Ultraschallgerät muss daher den Betrieb mit getrenntem Sender und Empfänger (SE-Betrieb) ermöglichen. In den meisten Fällen muss die Frequenz niedriger als 1 MHz sein. Spezielle Niederfrequenzgeräte aus 5.1, Gruppe c), mit Prüfköpfen mit niedriger Frequenz müssen verwendet werden.

6.2.3 Wiederkehrende Messung der Restwanddicke

Bei wiederkehrenden Prüfungen müssen Messungen an Werkstoffen durchgeführt werden, die Korrosion oder Erosion ausgesetzt sind. Die Oberflächen können rau sein und Lochkorrosion oder andere Fehler enthalten (siehe Anhang A), d. h. es handelt sich dabei um Flächen mit geringem Reflexionsvermögen.

Für diese Anwendungen wird die Verwendung von SE-Prüfköpfen empfohlen. Die Empfindlichkeit muss von Hand eingestellt werden, um die schlecht reflektierenden Flächen aufzufinden.

Wenn eine große Zahl von Messungen erforderlich ist, müssen die Anzeigewerte Werte mit Angabe der Lage der Messstelle sein. Es sind spezielle Prüfprogramme verfügbar, die dies (Datenaufzeichnung) leisten.

Bei wiederkehrenden Prüfungen sind die Umgebungsbedingungen von großer Bedeutung. Es kann eine Ausrüstung benötigt werden, die hohen Temperaturen und rauen Umgebungen standhalten kann oder über eine besondere elektrische Abschirmung verfügt.

Die Flussdiagramme in Bild D.3 und Bild D.4 geben eine Anleitung für wiederkehrende Dickenmessungen.

6.3 Auswahl des Prüfkopfes

Nachdem ein geeignetes Messverfahren nach 6.2 gewählt wurde, d. h. eine allgemeine Entscheidung für eine Prüfkopfart (Einfach- oder SE-Prüfkopf) getroffen wurde, sind weitere Parameter zu beachten, um den Prüfkopf an die jeweiligen Messbedingungen anzupassen.

Breitband-Prüfköpfe erzeugen einen kürzeren Impuls als Schmalband-Prüfköpfe, wodurch eine für Beginn und Ende der Laufzeitmessung geeignete Impulsflanke oder -spitze und damit eine bessere Auflösung bei Messung dünner Bleche oder Schichten erreicht wird.

Darüber hinaus liefert ein breites Frequenzband immer ein stabiles Echo, selbst wenn schwächende Werkstoffe gemessen werden müssen.

Größe und Frequenz des Prüfkopfes müssen so gewählt werden, dass der Messbereich durch ein schmales Schallbündel erfasst wird, damit ein Echo von einer klar abgegrenzten Fläche erhalten wird.

Bei SE-Prüfköpfen muss der Fokusbereich den erwarteten Dickenbereich abdecken.

Beim Messen geringer Dicken muss eine Vorlaufstrecke verwendet werden. Die Messung muss mit dem Echo von der Grenzfläche (Vorlaufstrecke/Prüfgegenstand) und dem ersten Rückwandecho aus dem Prüfgegenstand erfolgen (Messtechnik 2) oder die Messtechnik 3 muss für die Messung angewendet werden. Der Werkstoff der Vorlaufstrecke muss so gewählt werden, dass ein geeignetes Grenzflächenecho erzeugt wird. Bei Verwendung desselben Werkstoffes wie für den Prüfgegenstand wird kein Grenzflächenecho erzeugt.

Wenn der Werkstoff der Vorlaufstrecke eine geringere akustische Impedanz als der zu prüfende Werkstoff hat, z. B. wenn die Vorlaufstrecke aus Kunststoff, der Prüfgegenstand aber aus Metall besteht, tritt eine Phasenverschiebung des Grenzflächenechos auf. Um genaue Ergebnisse zu erhalten, muss dies korrigiert werden. Einige Dickenmessgeräte führen diese Korrektur automatisch durch.

Bei kleinen Dicken darf ein SE-Prüfkopf mit kleinem Fokusabstand verwendet werden.

Bei Messungen an heißen Oberflächen muss die Vorlaufstrecke als Wärmebarriere wirken.

Der für die Vorlaufstrecke ausgewählte Werkstoff muss den Temperaturen des Prüfgegenstandes widerstehen. Der Einfluss der Temperatur auf die akustischen Eigenschaften der Vorlaufstrecke muss bekannt sein (Drift der Schallschwächung und der Schallgeschwindigkeit). Datenblätter der Prüfkopfhersteller geben den Bereich der Temperaturen an, für die ein Prüfkopf geeignet ist sowie die Dauer, über die er bei diesen Temperaturen benutzt werden kann.

6.4 Auswahl des Prüfgerätes

Die Wahl der Prüfgeräte vom Typ 5.1 a), b) oder c) muss wie folgt vorgenommen werden:

- a) Prüfgeräte vom Typ 5.1 c) müssen für die Messtechniken 1 bis 4 (siehe Abschnitt 4) verwendet werden und müssen die in 6.2.2 und 6.2.3 angegebenen Bedingungen erfüllen;
- b) Prüfgeräte vom Typ 5.1 b) dürfen ausschließlich für die Messtechniken 1, 2 und 3 (siehe Abschnitt 4) verwendet werden und müssen die in 6.2.2.1 und 6.2.3 angegebenen Bedingungen erfüllen;
- c) Prüfgeräte vom Typ 5.1 a) dürfen vom Hersteller voreingestellt werden, so dass sie nur in einer der Messtechniken 1, 2 oder 3 arbeiten (siehe Abschnitt 4).

Die Prüfgeräte müssen so ausgewählt werden, dass sie die einzelnen Anforderungen nach 6.2.2.1 oder 6.2.3 erfüllen.

Siehe auch Anhang D.

6.5 Vom Bezugswerkstoff abweichende Werkstoffe

Siehe Tabelle B.1 und Tabelle B.2.

6.6 Besondere Messbedingungen

6.6.1 Allgemeines

Alle gesetzlichen Vorschriften, die die sichere Verwendung von Chemikalien und elektrischen Ausrüstungen regeln, müssen genau befolgt werden.

Wenn eine hohe Genauigkeit der Messungen gefordert wird, sollten die Kalibrier- oder Vergleichskörper dieselbe Temperatur haben wie der Prüfgegenstand.

6.6.2 Messungen bei Temperaturen unter 0 °C

Für Messungen unter 0 °C muss das gewählte Koppelmittel seine akustischen Eigenschaften beibehalten und einen Gefrierpunkt haben, der unterhalb der Prüftemperatur liegt.

Die meisten Prüfköpfe sind für eine Anwendung zwischen -20 °C und +60 °C ausgelegt. Bei Temperaturen unter -20 °C können besonders konstruierte Prüfköpfe erforderlich sein, und die Dauer des Kontaktes sollte entsprechend den Empfehlungen des Herstellers begrenzt werden.