



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 027 956 A1** 2007.12.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 027 956.5**

(22) Anmeldetag: **14.06.2006**

(43) Offenlegungstag: **20.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 29/07 (2006.01)**

G01N 29/11 (2006.01)

G01N 29/26 (2006.01)

(71) Anmelder:

**GE Inspection Technologies GmbH, 50354 Hürth,
DE**

(72) Erfinder:

Kleinert, Wolf-Dietrich, 53125 Bonn, DE

(74) Vertreter:

Bauer-Vorberg-Kayser, 50968 Köln

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

EP 08 29 714 A1

EP 02 17 783 B1

JP 04-1 51 553 A

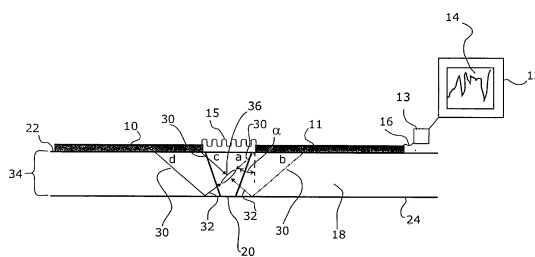
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Ultraschall-Prüfgerät mit Array-Prüfköpfen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Darstellung von Ultraschallsignalen, die mit Hilfe eines Ultraschall-Prüfgeräts für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (18) gewonnen werden. Das Ultraschall-Prüfgerät weist mindestens zwei Array-Prüfköpfe (10, 11), die jeweils mehrere einzelne Sender und jeweils mehrere Empfänger aufweisen, und einen Monitor (12) mit einem Display (14) auf. Das Verfahren weist die folgenden Verfahrensschritte auf: Aufsetzen der Array-Prüfköpfe (10, 11) auf eine Ankopplfläche (22) des Prüfkörpers (18), Einschalten von Ultraschallimpulsen mit dem ersten Array-Prüfkopf (10) unter bestimmten Winkeln (α) in den Prüfkörper (18), Empfangen von Ultraschallsignalen mit Hilfe des ersten Array-Prüfkopfes (10), Auffinden und Züchten eines Fehlers (36) aus einer ersten Einschallrichtung (a), Berechnen weiterer Einschallpositionen und -richtungen (b, c, d) der beiden Array-Prüfköpfe (10, 11) auf Basis bekannter Wanddicke (34) des Prüfkörpers (18) und bekanntem Winkel (α) der ersten Richtung (a), Ermitteln der Erstreckung des Fehlers (36) auf Basis von Laufzeiten und Amplituden der Einschallrichtungen (a, b, c, d).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Ultraschall-Prüfgerät für eine zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers und ein Verfahren zur Darstellung von Ultraschallsignalen, die mit Hilfe eines Ultraschall-Prüfgeräts gewonnen werden.

[0002] Für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstücks durch Ultraschall sind geeignete Prüfgeräte bekannt. Ganz allgemein verwiesen wird auf das DE-Buch von J. und H. Krautkrämer, Werkstoffprüfung mit Ultraschall, sechste Auflage.

[0003] Es sind insbesondere Winkelprüfköpfe bekannt, die hochfrequente Schallimpulse (ca. 1-10 MHz) abgeben, die in das zu prüfende Werkstück eingeschallt werden und die dann einerseits an der Ankoppelfläche reflektiert werden und zum Winkelprüfkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück eindringen, wo sie an einer Rückwand des Werkstücks mindestens einmal reflektiert werden. An inneren Inhomogenitäten, wie zum Beispiel an einem Materialfehler, treten Schallreflexionen auf, die vom Winkelprüfkopf wieder empfangen und im Ultraschallgerät verarbeitet werden.

[0004] Es wird in der Regel nach dem Impuls-Echoverfahren gearbeitet. Der Winkelprüfkopf, bzw. ein Sender gibt vorzugsweise periodisch Ultraschallimpulse ab und ein Empfänger empfängt danach Echosignale dieser abgegebenen Ultraschallimpulse. Die weiteren Echosignale stammen aus dem Werkstück und insbesondere von der Rückwand des Werkstücks. Insoweit ist das Prüfungsverfahren für Werkstücke geeignet, deren Ankoppelfläche im Wesentlichen parallel zur Rückwand verläuft, so dass es zur Ausbildung mehrerer Hin- und Hergänge des Ultraschallimpulses im Werkstück kommt.

[0005] Ein Winkelprüfkopf arbeitet über einen Fuß aus Vorlaufmaterial mit Schrägeinschallung. Die Ultraschallwelle läuft in das Material hinein, bis an einer Grenzfläche eine teilweise oder völlige Reflexion stattfindet. Liegt die reflektierende Fläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, so wird die Schallwelle in ihre ursprüngliche Richtung reflektiert und erreicht nach einer gewissen Laufzeit wieder einen im Winkelprüfkopf angeordneten piezoelektrischen Schwinger, der sie in einen elektrischen Impuls zurückverwandelt.

[0006] Der Winkelprüfkopf wird neben den zu prüfenden Bereich angeordnet und das Schallsignal wird sozusagen seitlich in den relevanten Bereich eingeschallt. Dies ist beispielsweise bei der Ultraschallprüfung von Schweißnähten der Fall.

[0007] Bei einem ungestörten Prüfkörper wird der Schall also jeweils zwischen Ankoppelfläche und

Rückwand des Prüfkörpers reflektiert und läuft unter einem bestimmten Winkel immer weiter in die vom Winkelprüfkopf wegweisende Richtung in den Prüfkörper hinein.

[0008] Bei der Überprüfung von Schweißnähten wird der Winkelprüfkopf entlang der Schweißnaht bewegt, bis ein maximales Fehlerecho entsteht. Die empfangenen Echosignale werden dabei unmittelbar auf dem Monitor dargestellt. Die Darstellung erfolgt allgemein als sogenanntes A-Bild, bei dem über der Zeitachse die Spannungswerte der empfangenen Echosignale dargestellt werden. Bei mehrfachen Hin- und Hergängen zwischen Ankoppelfläche und Rückwand erhält man eine Folge gleichabständiger Echosignale, deren Amplitude mit wachsender Zeit im Allgemeinen abnimmt. Dabei werden die einzelnen Hin- und Hergänge, also die Strecke des Schall von der Ankoppelfläche zur Rückwand und umgekehrt, jeweils als Bein bezeichnet. Ausgehend vom Winkelprüfkopf wird also zunächst ein erstes Bein erzeugt, das von der Ankoppelfläche schräg bis hin zur Rückwand verläuft. Dort wird der Schall reflektiert und es bildet sich ein zweites Bein, welches von der Rückwand bis zur Ankoppelfläche verläuft, usw.

[0009] Die Position Ortung eines Reflektors (Fehlers) im Prüfkörper wird auf Basis der bekannten und gemessenen Daten errechnet. Die Echoamplitude wird für eine Abschätzung der Fehlergröße herangezogen. Dies ist jedoch nicht zuverlässig möglich, da die Echoamplitude wesentlich mehr Einflüssen unterworfen ist als die Schalllaufzeit.

[0010] Es sind Verfahren bekannt, die eine Abschätzung der Fehlergröße oder der Ungänge erlauben. In diesen Verfahren wird die Größe (Durchmesser) eines Modellreflektors (Kreisscheibe, zylinderförmiger Reflektor) abgeschätzt. Die so ermittelte Größe ist nicht identisch mit der tatsächlichen Fehlergröße und wird daher als äquivalenter Kreisscheiben- bzw. Querbohrungsdurchmesser bezeichnet. Bei Verwendung von Kreisscheibenreflektoren hat sich die kürzere Bezeichnung Ersatzreflektorgroße (ERG) durchgesetzt. Dass die tatsächliche Fehlergröße nicht mit der Ersatzreflektorgroße übereinstimmt, liegt daran, dass die von einem natürlichen Fehler reflektierten Schallanteile zusätzlich durch die Form, Orientierung und Oberflächenbeschaffenheit des Fehlers beeinflusst werden. Da bei der manuellen Ultraschallprüfung weitergehende Untersuchungen hierzu schwierig und wenig praktikabel sind, werden in den meisten Spezifikationen und Richtlinien zur Ultraschallprüfung deshalb die Kriterien zur Registrierung von Fehlstellen an eine bestimmte Ersatzreflektorgroße geknüpft. Das bedeutet: Der Prüfer ermittelt, ob eine aufgefundene Fehlstelle die Ersatzreflektorgroße erreicht oder überschreitet, die als Grenzwert (Registriergrenze) im Regelwerk angegeben wurde. Darüber hinaus muss er weitere Untersu-

chungen durchführen, zum Beispiel zu Registrierlänge, Echodynamik usw., die aber an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden sollen.

[0011] Problematisch ist jedoch insbesondere bei der Untersuchung mit einem Winkelprüfkopf, dass dann wenn die Fehlstelle, beispielsweise ein Riss, im Extremfall parallel zum Schallweg ausgerichtet ist, die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dass der Schall die Fehlstelle verfehlt. Trifft der Schall dagegen auf die Fehlstelle, wird er reflektiert und das Signal registriert. Auf Basis der Ersatzreflektorgroße ergibt sich eine Fehlstelle, die auf dem Monitor sehr klein erscheint. Es wird nicht deutlich, dass sich die Fehlstelle in Richtung des Schallwegs in erheblich größerem Maße erstreckt.

[0012] Die Prüfkörpergeometrie wird besonders deutlich, wenn der Prüfkörper auch im Querschnitt dargestellt wird. Dies ist möglich, wenn die Wanddicke des Prüfkörpers bekannt ist. Da zusätzlich auch der Einschallwinkel, mit dem der Schall ausgehend vom Winkelprüfkopf in den Prüfkörper eingeschallt wird, bekannt ist, ist es auch möglich den Schallverlauf durch den Prüfkörper darzustellen.

[0013] Die DE 102 59 658 beschreibt ein Verfahren mit dem die Darstellung eines Fehlers, der mit Hilfe eines Winkelprüfkopfes ermittelt wurde, auf einem Display verbessert wird. Das Messergebnis wird nicht oder nicht nur als sog. A-Bild dargestellt, sondern es wird die Prüfkörpergeometrie auf dem Display gezeigt. Diese Darstellung ist deshalb möglich, weil in zwei Verfahrensschritten aus zwei Richtungen in den Prüfkörper eingeschallt wird. Mit Hilfe der Vergleichskörpermethode wird ein ermittelter Fehler direkt maßstäblich jeweils in Querschnittsbildern dargestellt, die optisch sozusagen übereinander gelegt werden. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass nach einer ersten Prüfung das Ergebnis zunächst gespeichert werden muss. Es wird dann eine weitere Prüfung aus einer anderen Richtung vorgenommen und die Ergebnisse werden erst dann miteinander verbunden. Dieses Verfahren führt zwar tatsächlich zu einer besseren Darstellung auf dem Display, es ist jedoch zeitaufwendig und arbeitsintensiv. Hinzu kommt, dass das so genannte Züchten des Fehlers aus zwei Richtungen getrennt erfolgt, was ebenfalls Zeit beansprucht und auch nicht immer zum optimalen Ergebnis führt.

[0014] Hier setzt nun die vorliegende Erfindung an. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Auswertung von Ultraschallsignalen die mit Hilfe eines Ultraschall-Prüfgeräts für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers gewonnen werden, zu verbessern. Aussagen über die Ausrichtung des Fehlers und die Fehlerart, beispielsweise ob der Fehler flächig oder voluminös ist, sollen möglichst genau sein. Der Prüfungsvorgang soll schneller und einfacher möglich sein, als

dies bei bekannten Prüfverfahren der Fall ist. Es soll außerdem auch ein geeignetes Ultraschall-Prüfgerät und ein Verfahren zur Prüfung eines Prüfkörpers vorgeschlagen werden.

[0015] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht und ein mit einem Ultraschall-Prüfgerät mit den Merkmalen des Anspruch 10 gelöst.

[0016] Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist der Begriff Fehler nicht nur wörtlich, also nicht nur im Sinne von Ungänge zu verstehen, sondern soll vielmehr im Sinne von signifikantem Signal verstanden werden. Die Erfindung beinhaltet also das Auffinden jeglicher relevanter Stellen in einem Prüfkörper.

[0017] Die Erfindung nutzt zwei Array-Prüfköpfe. Ein Array ist im Prinzip ein Einzelschwinger, der in viele einzelne Elemente unterteilt ist. Typische Elementbreiten reichen von 0,5 mm bis ca. 2,5 mm, andere Abmessungen sind natürlich auch möglich. Der Begriff Array umfasst auch so genannte Ring-Gruppenstrahler, also runde Schwinger oder Elemente, die in konzentrisch geformte Einzelelemente aufgeteilt sind.

[0018] Die Verwendung mehrerer kleiner Schwinger bewirkt, dass eine dynamische Fokussierung und ein Schwenken des Schallbündels möglich wird. Außerdem ergibt sich eine besonders wirksame Schallübertragung, da kleinerer Elemente weniger Anregungsenergie benötigen. Als Empfänger sprechen sie bereits wegen der geringen anzuregenden Masse äußerst effizient an. Ein großer Schwinger liefert zwar eine große ebene Abtastung, seine relativ geringe Auffächerung (die kleine Divergenz) begrenzt die Fehlerauffindbarkeit. Kleine Schwinger hingegen haben einen viel größeren Divergenzwinkel.

[0019] Weiterhin spricht für die Verwendung eines Array-Prüfkopfs die Fähigkeit ein dynamisch veränderbares Ultraschallbündel zu erzeugen und so über einen „Virtuellen Prüfkopf“ zu verfügen. Es können somit beliebige Einschallwinkel innerhalb der Schallbündelcharakteristik des Einzelschwingers eingestellt werden.

[0020] Sogenannte Phased-Array-Prüfköpfe regen die einzelnen Elemente zu unterschiedlichen Zeitpunkten an, wodurch eine Wellenfront erzeugt wird, die durch gegeneinander verzögert einstrahlende Schallkeulen charakterisiert ist. Diese Wellenfront sieht wie das Schallfeld eines konventionellen Winkelprüfkopfs aus. Durch Variationen der Verzögerungszeiten können verschiedene Schallfelder erzeugt werden.

[0021] Erfindungsgemäß wird im Rahmen einer Prüfung die Schallbündelschwenkung auch dazu be-

nutzt, um einen Schallstrahl dynamisch zu fokussieren. Dies wird durch eine elektronische Einheit erreicht, die eine entsprechende Auswahl der Ansteuerung der Einzelelemente ermöglicht und gleichzeitig Impulsverzögerungen bewirken kann. Im Prinzip wird ein Fokuspunkt durch den Prüfkörper hindurchgefahren. Die Kombination aus dynamischer Fokussierung und Schallbündelschwenkung bewirkt ein Schallbündel, das gleichzeitig fokussiert ist und unter einem Winkel einfällt.

[0022] Erfindungsgemäß kann auch eine so genannte lineare Abtastung genutzt werden, bei der zusammenliegende Schwingergruppen nacheinander angesteuert werden. So wird ein Abtasteffekt erzeugt. Die Breite der durch den Prüfkörper hindurch wandernden Schallkeule und die Abtastschrittweite können durch die Anzahl der gleichzeitig angesteuerten Einzelelemente und durch den Versatz von Impuls zu Impuls festgelegt werden.

[0023] Vorteilhafterweise erfolgt die Materialprüfung mit der Impuls-Echo-Technik, wobei zwei Array-Prüfköpfe eingesetzt werden, die aus zwei Richtungen in den Prüfbereich einschallen können. Beispielsweise kann ein Array-Prüfkopf auf einer Seite einer Schweißnaht und der andere Array-Prüfkopf auf der gegenüberliegenden Seite der Schweißnaht auf einer Ankoppelfläche eines Prüfkörpers angeordnet sein. Die beiden Array-Prüfköpfe schallen beide (aber nicht zeitgleich) in die Schweißnaht hinein. Beide Array-Prüfköpfe bzw. deren Sender und Empfänger können Ultraschallsignale senden und empfangen. Wesentlich ist dabei, dass die beiden Array-Prüfköpfe zueinander kalibriert sind, d.h., der Abstand zwischen den beiden Array-Prüfköpfen bzw. der einzelnen Schwinger-elemente innerhalb der Array-Prüfköpfe bekannt sind. Sind dieser Abstand, die Stärke des Prüfkörpers und der Einschallwinkel bekannt, kann während der Prüfung stets der Abstand der Array-Prüfköpfe zueinander kontrolliert werden. Dies kann zum Beispiel über die Zeitdauer des Schalls von einem Array-Prüfkopf zum anderen errechnet werden (V-Durchschallung).

[0024] Der virtuelle Prüfkopf wird innerhalb des Array-Prüfkopfs elektronisch beispielsweise von links nach rechts verschoben, so dass das Schallbündel weitgehend das ganze Volumen der Schweißnaht erfasst. Zunächst wird dabei nur mit einem Array-Prüfkopf eingeschallt. Wird ein Fehler oder eine Ungänze gefunden, wird durch elektronische Verschiebung des virtuellen Prüfkopfes die Echoanzeige gezüchtet bzw. maximiert. Der Fehler kann dabei direkt oder indirekt, also nach einer Reflektion an der Rückwand getroffen werden. Nach der Optimierung des Fehler-signals können bei bekannter Wanddicke und bei bekanntem Einschallwinkel mindestens drei weitere Einschallpositionen berechnet und die virtuellen Prüfköpfe hintereinander entsprechend angesteuert wer-

den. Drei weitere Einschallpositionen ergeben sich z.B. dann, wenn beide Array-Prüfköpfe einschallen. Es ergeben sich zwei direkte Schallwege und zwei indirekte, also an der Rückwand reflektierte Schallwege zum Fehler. Daraus können für die vier Einschallpositionen acht Messwerte, nämlich vier Laufzeitwerte und vier Amplitudenwerte abgeleitet bzw. ermittelt werden. Grundsätzlich ist es erfindungsgemäß auch möglich, durch Variation der Einschallwinkel weitere Laufzeitwerte und Amplitudenwerte zu erzeugen und zu berechnen.

[0025] Aus den Amplitudenwerten können nun entweder nach der Vergleichskörpermethode oder nach der so genannten AVG-Methode (Abstand, Verstärkung, Größe) Ersatzreflektorgrößen bestimmt werden.

[0026] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, dass eine Aussage darüber getroffen werden kann, ob der Fehler voluminös oder flächig ist. Handelt es sich beispielsweise um einen voluminösen Fehler, werden alle vier Echoanzeigen eine etwa vergleichbare Amplitude aufweisen. Bei einem flächigen Fehler dagegen weisen zwei Amplituden wesentlich größere Werte als die beiden anderen Amplituden auf.

[0027] Zusätzlich zu der Amplitudenbewertung kann die Auswertung der Laufzeitwerte zu einer Größermittlung herangezogen werden, indem die Summe der Laufzeiten, die zu einer V-Durchschallung gehören, mit der Gesamtlaufzeit für eine ungestörte V-Durchschallung verglichen werden. Die Differenz dieser beiden Werte ergibt die Ausdehnung des Reflektors in der entsprechenden Einschallrichtung. Die Ausdehnung ergibt sich also aus der Differenz der Laufzeit für eine komplette V-Durchschallung und der Summe der Laufzeiten.

[0028] Erfindungsgemäß wird das beschriebene Verfahren für alle Fehler und Ungängen im zu prüfenden Querschnitt wiederholt. Je nach Bedarf kann die Prüfung mit weiteren Einschallwinkeln entsprechend wiederholt werden, um die Ermittlung der tatsächlichen Fehlergröße noch weiter zu verbessern. Zur Sicherstellung einer einwandfreien Messung sollte in zeitlichen Abständen jeweils eine V-Durchschallung zwischen den beiden Array-Prüfköpfen zur Ankoppelkontrolle erfolgen.

[0029] Das beschriebene Verfahren kann in einer nächsten Dimension, also beispielsweise entlang des Verlaufs einer Schweißnaht entsprechend häufig wiederholt werden, um somit eine Schweißnaht oder auch einen einzelnen Fehler über ihre/seine gesamte Länge überprüfen zu können. Erfindungsgemäß ist es auch möglich, die Array-Prüfköpfe sozusagen virtuell entlang der Schweißnaht oder des Fehlers zu bewegen. Der Einschallpunkt kann also sowohl quer

zur Schweißnaht, als auch längs zur Schweißnaht verschoben werden. Bei entsprechender Größe von Array-Prüfköpfen können ohne ein mechanisches Verschieben der Array-Prüfköpfe somit sehr große Flächen oder Längen geprüft werden.

[0030] Erfindungsgemäß sind die beiden Array-Prüfköpfe mechanisch miteinander verbunden. Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn ihr Abstand zueinander veränderbar, bzw. die mechanische Verbindung in ihrer Länge einstellbar ist. Die mechanische Verbindung kann eine Skalierung aufweisen, auf der der Abstand der beiden Array-Prüfköpfe zueinander abgelesen werden kann.

[0031] Vorteilhafterweise besteht die mechanische Verbindung aus einer Art Rahmen, der zwei Aufnahmebereiche für jeweils einen Array-Prüfkopf aufweist. Diese beiden Aufnahmebereiche sind über eine mechanische Verbindung miteinander verbunden und können aufeinanderzu- und voneinanderweg bewegt werden. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante wird der Abstand zwischen den beiden Aufnahmebereichen ständig elektronisch ermittelt und an die elektronische Einheit zur Weiterverarbeitung bzw. Berechnung übermittelt. Somit ist eine doppelte Kontrolle gegeben, nämlich über die Schalldauer von einem Array-Prüfkopf zum anderen und über die elektronische Abstandskontrolle. Der Schallweg wird als so genannter V-Weg bezeichnet.

[0032] Die rahmenartige mechanische Verbindung ist erfindungsgemäß flexibel ausgeführt, so dass leichte Unebenheiten auf der Ankoppelfläche des Prüfkörpers ausgeglichen werden können.

[0033] Die Beschallung aus zwei Richtungen bewirkt insbesondere auch, dass ein schräg liegender Fehler bezüglich seiner Ausbreitung in zwei Richtungen schnell bestimmt werden kann. Die Daten beider Array-Prüfköpfe werden von einer elektronischen Einheit empfangen und unmittelbar aufbereitet. So werden gleichzeitig zwei Bilder des Fehlers erzeugt, die unmittelbar übereinander gelegt und vom Prüfer direkt hochgezichtet werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ist damit sehr effektiv und schnell.

[0034] Das Messergebnis wird dabei nicht oder nicht nur als sog. A-Bild dargestellt, sondern es wird die Prüfkörpergeometrie auf dem Display gezeigt. Die Prüfkörpergeometrie wird besonders deutlich, wenn der Prüfkörper im Querschnitt dargestellt wird. Dies ist möglich, wenn die Wanddicke des Prüfkörpers bekannt ist. Da zusätzlich auch der Einschallwinkel, mit dem der Schall ausgehend von den Array-Prüfköpfen in den Prüfkörper eingeschallt wird, bekannt ist, ist es auch möglich den Schallverlauf durch den Prüfkörper darzustellen. Besonders informativ ist die Darstellung dann, wenn auch die Abmessungen relevanter zu untersuchender Bereiche

in die Querschnittsdarstellung aufgenommen werden können. Dies ist insbesondere bei der Untersuchung von Schweißnähten hilfreich und leicht möglich. Es ergibt sich also eine Darstellung, in der beispielsweise zwei Stahlplatten, die endseitig über eine Schweißnaht miteinander verbunden sind, im Querschnitt dargestellt sind. Entsprechend ist zwischen den beiden Stahlplatten die Schweißnaht durch Linien dargestellt. Mit Hilfe der AVG oder Vergleichskörpermethode und/oder Ermittlung der Ausdehnung des Fehlers durch die berechneten Schallwegdifferenzen wird ein ermittelter Fehler direkt maßstäblich in diesem Querschnittsbild dargestellt.

[0035] Es ist also erkennbar, welchen Weg der Schall ausgehend von den Array-Prüfköpfen durch den Prüfkörper nimmt und in welchem Bein bzw. an welchen Stellen der Schall auf den Fehler trifft. Voraussetzung für ein solches System ist, wie bereits erläutert, dass die Einschallwinkel sowie die Wanddicke des Prüfkörpers bekannt sind. Aus diesen Informationen lässt sich der Schallweg für jedes Bein und damit der Übergang von einem Bein zum nächsten bzw. der Punkt an dem die Reflektion des Schalls an der Ankoppelfläche oder an der Rückwand erfolgt, leicht berechnen.

[0036] Auf Basis dieser Darstellung ist es möglich, den Prüfer mit relevanten Informationen über den Fehler, insbesondere über seine Größe und Ausrichtung zu informieren, wenn der Prüfer nach dem nachfolgend beschriebenen Verfahren vorgeht.

[0037] Der aufgefundene Fehler ist also durch mindestens zwei Fehlersignale, die sich aus den beiden Ersatzreflektorgößen ergeben haben bzw. aus den Schallwegdifferenzen, angezeigt, wodurch es dem Prüfer möglich ist, auf den ersten Blick zur erkennen, wie sich der Fehler in verschiedene Richtungen erstreckt. Es ergibt sich somit eine zweidimensionale Darstellung des Fehlers.

[0038] Die Genauigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dadurch erhöht werden, dass der Fehler nicht nur aus zwei, sondern aus mehreren Richtungen untersucht wird und eine entsprechende Anzahl Bilder übereinander gelegt dargestellt wird.

[0039] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante errechnet das Ultraschallgerät bzw. ein darin befindlicher Prozessor oder Rechner aus den bereits aus verschiedenen Richtungen ermittelten Fehlergrößen eine Draufsicht auf den Fehler, sozusagen eine Darstellung des Fehlers in der Prüfkörperebene. Vorteilhafterweise kann diese Draufsicht auch parallel zur gleichzeitig mit der Querschnittsdarstellung auf dem Display dargestellt werden, das Display wird also in zwei Ansichten unterteilt. Vorzugsweise ist auch in dem Draufsichtsbild der relevante Bereich, beispielsweise die Schweißnaht, durch Linien

en dargestellt. Die Auswertung der Fehlerlänge in der Prüfkörperebene kann dabei vorteilhafterweise automatisch nach der Halbwertsmethode erfolgen. Dazu ist eine elektronische und/oder mechanische Bewegung der Array-Köpfe längs der Schweißnaht zur Ermittlung der Prüfkopfposition notwendig.

[0040] In der Draufsicht wird der Fehler vorzugsweise in einem x-y-Diagramm dargestellt, bei dem auf einer der Achsen die Breite und auf der anderen Achse die Länge des Fehlers in Millimeter oder einer anderen geeigneten Einheit ablesbar ist. Erfindungsgemäß wird bei der Berechnung dieser Darstellung in der Draufsicht die Skalierung automatisch ermittelt.

[0041] Vorteilhafterweise werden bei der Speicherung einzelner relevanter Querschnittsbilder auch die A-Bilder im Hintergrund abgespeichert.

[0042] Die Array-Prüfköpfe können sowohl manuell als auch mechanisch über den Prüfkörper geführt werden. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante weisen sie einen Taster zur Aufnahme der Nullpunktposition zu Anfang des Prüfvorgangs auf. Dies bedeutet, dass die Prüfung an einer definierten Stelle auf den Prüfkörper beginnt, wobei diese Stelle im System gespeichert wird. Somit ist es möglich, relevante Positionen der Array-Prüfköpfe im Nachhinein auf Basis der gespeicherten Daten nachzuvollziehen. Die Array-Prüfköpfe weisen hierzu Mittel auf, die dazu dienen, die jeweilige Position auf der Oberfläche des zu prüfenden Körpers in Bezug auf einen Ort anzugeben der zum Zeitpunkt des Mess-Startes vorlag. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer Digitalkamera erfolgen, die mit dem Gehäuse der Array-Prüfköpfe fest verbunden ist. Sie ist so ausgerichtet, dass sie die Oberfläche des zu prüfenden Körpers erfasst. Dabei soll sie möglichst nahe an der Stelle ein Bild dieser Oberfläche liefern, an der ein Zentralstrahl des aktiven Schallelements die Oberfläche durchtritt. Mittels dieser Digitalkamera wird in Zeitabständen ein elektronisches Bild von dem Teilstück Oberfläche, das sich jeweils unter der Linse der Digitalkamera befindet, das also in der Gegenstandsebene liegt. Das Teilstück kann beispielsweise die Abmessungen von wenigen Millimetern, beispielsweise von 2×2 oder 4×4 mm haben. Vorzugsweise wird in vorgegebenen festen Zeitabständen von der Digitalkamera ein Bild des jeweiligen Teilstücks Oberfläche. Hierzu wird auf die Anmeldung DE 100 58 174 A1 der gleichen Anmelderin verwiesen.

[0043] Grundsätzlich ist also möglich, den Fehler dreidimensional darzustellen. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn die Array-Prüfköpfe entlang des Fehlers bewegt werden oder eine derartige Bewegung simuliert wird.

[0044] Ist die Schweißnahtgeometrie bekannt und im Ultraschallprüfgerät bzw. im Rechner gespeichert,

können sowohl räumliche Grenzwerte als auch Grenzwerte bezüglich der zu berücksichtigenden Amplitude eingegeben werden. Wenn die Nullpunktposition zu Anfang des Messvorgangs ermittelt wurde, kann die Entfernung der Array-Prüfköpfe von der Schweißnaht auf Basis der Beinlänge bzw. der Wanddicke und des Einschallwinkels jederzeit berechnet werden. Somit ist es mit Hilfe einer Blendennachführung möglich, jederzeit und unabhängig von der Position der Array-Prüfköpfe lediglich den Bereich der Schweißnaht auf dem Monitor darzustellen.

[0045] Mit Hilfe der beschriebenen Blendennachführung ist es auch möglich, eine Selektion der in der Draufsicht darzustellenden Fehler vorzunehmen. Beispielsweise kann es sinnvoll sein, wenn ein Fehler nur dann dargestellt wird, wenn er eine bestimmte Größe aufweist. Bezüglich der Fehlergröße wird also eine minimal und eine maximal zu berücksichtigende Amplitude als Blende eingegeben. Möglich ist auch die Eingabe lediglich der maximalen Amplitude, wobei weiter bestimmte wird, dass ein Fehler nur dann gezeigt wird, wenn er die Hälfte der maximalen Amplitude übersteigt.

[0046] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen der Erfindung, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung im folgenden näher erläutert werden. In dieser Zeichnung zeigen:

[0047] [Fig. 1](#): eine Prinzipdarstellung des Schallverlaufs von Ultraschallsignalen ausgehend von ein zwei Array-Prüfköpfen durch einen Prüfkörper,

[0048] [Fig. 2](#): eine beispielhafte erfindungsgemäße Darstellung der gewonnenen Messdaten als Draufsicht.

[0049] [Fig. 3](#): eine erfindungsgemäße Ausführungsform eines Ultraschallprüfgerätes

[0050] [Fig. 1](#) zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Ultraschallmessung mit einem ersten Array-Prüfkopf **10** und einem zweiten Array-Prüfkopf **11** im Querschnitt. Grundsätzlich können auch mehr Array-Prüfköpfe **10**, **11** eingesetzt werden. Die Array-Prüfköpfe **10**, **11** die jeweils mehrere Sender und Empfänger beinhalten, sind mit einer elektronischen Einheit **13** und darüber mit einem Monitor **12**, der wiederum ein Display **14** aufweist, über eine Leitung **16** verbunden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel besteht zwischen den Array-Prüfköpfen **10**, **11** eine elektronische Verbindung **15** sie können aber auch jeweils einzeln mit der elektronischen Einheit **13** verbunden sein. An Stelle der Leitung **16** ist auch eine andere Verbindungsart, beispielsweise per Funk, denkbar. Die Array-Prüfköpfe **10**, **11** können auch derart ausgeführt sein,

dass Sender und Empfänger getrennt voneinander angeordnet sind. Im Rahmen der nachfolgenden Beschreibung wird jedoch vorausgesetzt, dass sich die Sender und Empfänger in den Array-Prüfköpfen **10**, **11** befinden und das mit Hilfe des Echo-Impuls Verfahren gemessen wird.

[0051] Die elektronische Einheit **13** dient einer Steuerung einer Aussendung von Sendeimpulsen und zur Berechnung und Auswertung der empfangenen Ultraschallsignale sowie zur Bereitstellung von Daten zur Darstellung von Ergebnissen auf dem Monitor **12**. Sie weist hierzu einen geeigneten Prozessor auf.

[0052] Der Prüfkörper **18** ist hier ein Teilstück einer Stahlplatte, die mit einer zweiten Stahlplatte über eine Schweißnaht **20** verbunden ist. Der Prüfkörper **18** weist eine Ankoppelfläche **22** und eine Rückwand **24** auf, wobei die Array-Prüfköpfe **10**, **11** auf der Ankoppelfläche **22** angeordnet sind. Zwischen der Ankoppelfläche **22** und der Rückwand **24** sind Einschallrichtungen bzw. Schallwege a, b, c, und d als Linien (durchgehend oder gestrichelt) angedeutet. Ausgehend von den Array-Prüfköpfen **10**, **11** wird der Schall jeweils zunächst in Form von Sendeimpulsen unter einem vorbestimmten Winkel α schräg in den Prüfkörper **18** eingeschallt, bildet ein erstes Bein **30** aus, wird dann an der Rückwand **24** reflektiert, bildet ein zweites Bein **32** aus, gelangt wieder zur Ankoppelfläche **22** und zum anderen Array-Prüfkopf **10** bzw. **11**. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich hier nur um eine prinzipielle, stark vereinfachte Darstellung handelt, die nicht technisch zu verstehen ist, sondern vielmehr die grundsätzlichen Zusammenhänge der Erfindung besser verdeutlichen soll.

[0053] Die schräge Einschallung kann beispielsweise durch die Verwendung von Phased-Array-Prüfköpfen **10**, **11** erreicht werden.

[0054] Aus einer Wanddicke **34** und dem Winkel α ist es leicht möglich, die Länge eines Beines **30**, **32** bzw. den Punkt des Übergangs von einem Bein **30**, **32** zum nächsten zu berechnen. Ist bekannt, welches Bein **30**, **32** auf den Fehler **36** getroffen ist, kann unmittelbar auf den ungefähren Abstand des Fehlers **36** zu den Array-Prüfköpfen **10** bzw. **11** geschlossen werden, zumindest ist klar, dass sich der Fehler auf der Wegstrecke des entsprechenden Beins **30**, **32** befindet.

[0055] Trifft der Schall auf einen Fehler **36**, beispielsweise einen Riss, wird er zumindest teilweise reflektiert und gelangt je nach Ausrichtung des Fehlers **36** als Echosignal zurück zum Empfänger.

[0056] Vorteilhafterweise erfolgt die Darstellung der gewonnenen Messdaten auf dem Display **14** in einem Querschnittsbild. Die Ankoppelfläche **22** und die Rückwand **24** sowie die Schweißnaht **20** sind als Li-

nien in einem Diagramm dargestellt, bei dem auf einer x-Achse und einer y-Achse jeweils Längeneinheiten aufgetragen sein können.

[0057] Bei der Prüfung des Prüfkörpers **18** werden die Array-Prüfköpfe **10**, **11** zunächst auf die Ankoppelfläche **22** aufgesetzt und Ultraschallimpulse mit dem zweiten (hier rechten) Array-Prüfkopf **11** unter bestimmten Winkeln α in den Prüfkörper **18** eingeschallt. Trifft der Schall auf einen Fehler **36**, wird ein optimales Fehlersignal **40** gezüchtet. Züchten bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Prüfer versucht, maximale Fehlersignale zu finden und darzustellen. Im vorliegenden Beispiel erfolgt das Züchten auf Basis des Beins a des zweiten Array-Prüfkopfes **11**. Das Züchten erfolgt im vorliegenden Fall durch ein elektronisches Verschieben des virtuellen Prüfkopfs.

[0058] Da die Wanddicke **34** und der Winkel α bekannt sind, können auch die weiteren Einschallpositionen berechnet und die virtuellen Prüfköpfe hintereinander entsprechend angesteuert werden (Beine b, c und d).

[0059] Es entstehen somit vier Einschallpositionen, aus denen acht Messwerte, nämlich vier Laufzeitwerte und vier Amplitudenwerte herleitbar sind. Aus einem Vergleich der Amplitudenwerte kann unmittelbar eine Aussage über die Form des Fehlers **36**, nämlich ob der voluminös oder flächig ist, gezogen werden. Auch kann die Auswertung der vier Laufzeitwerte zu einer Größenermittlung herangezogen werden, da sich die Ausdehnung aus der Differenz der Laufzeit für eine komplette V-Durchschallung und der Summe der Laufzeiten (hier Beine b und d) ergibt.

[0060] Aus den Messwerten wird vorzugsweise nach AVG oder Vergleichskörpermethode und/oder aufgrund der Schallwegdifferenzen die Ersatzreflektorgroße bestimmt und auf dem Display **14**, also im Querschnittsbild, als erstes Fehlersignal dargestellt. Es ergibt sich ein Messbild, welches der Prüfer ggfs. in einem Datenspeicher, der in der elektronischen Einheit **13** vorgesehen sein kann, speichert.

[0061] Auch kann es sinnvoll sein, wenn die Darstellung der Fehlersignale in Abhängigkeit an die ermittelte Amplitude kodiert, insbesondere farbkodiert erfolgt. Beispielsweise können Fehler **36**, die eine bestimmte Größe überschreiten, in einer Signalfarbe, z.B. rot, dargestellt werden.

[0062] Die dargestellten Fehlersignale werden maßstäblich auf dem Display **14** angezeigt. Es zeigt sich also in der beispielhaften Darstellung, dass sich der Fehler **36** stärker quer zum Schallweg **28** als zum Schallweg **26** erstreckt. Werden weitere Einschallwinkel zur Auswertung herangezogen, ergibt sich ein noch genaueres Bild des Fehlers **36**. Grundsätzlich

werden die Einschallpositionen entlang der Ausrichtung der beiden Array-Prüfköpfe **10**, **11** verändert, also sozusagen quer zum Fehler **36** bzw. auf ihn zu und von ihm weg. Zusätzlich können die Einschallpositionen zum Beispiel längs zum Fehler **36** variiert werden, entweder durch manuelles oder virtuelles Verschieben der Sender/Empfänger der Array-Prüfköpfe **10**, **11**.

[0063] Der Benutzer des Ultraschallprüfgeräts bzw. der Prüfer bekommt also mit Hilfe der erfindungsgemäßen Darstellung eine sehr genaue Vorstellung von der Ausrichtung, der Größe und dem Volumen des Fehlers **36**, insbesondere davon, ob es sich um einen voluminösen oder flächigen Fehler, zum Beispiel um einen Riss, handelt.

[0064] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante werden die den Messbildern bzw. dem Auswertungsbild zu Grunde liegenden Daten weiterhin in einer Draufsicht dargestellt. Dies bedeutet, dass beispielsweise auf dem Monitor **12** bzw. dem Display **14** der Prüfkörper **18** und die Schweißnaht **20** ebenfalls durch Linien dargestellt werden. Die gewonnenen Daten, die den Fehlersignalen zu Grunde liegenden, werden derart umgerechnet, dass die Erstreckung des Fehlers **36** in der Längsebene des Prüfkörpers **18**, also in der Ebene die quer zum Querschnittsbild **38** verläuft, auf dem Display **14** angezeigt wird. Auch diese Darstellung erfolgt in einem Diagramm, welches sowohl auf der x- als auch um der y-Achse Längeneinheiten aufweist, so dass die Länge und die Breite des Fehlers **36** in der Längsebene des Prüfkörpers **18** leicht erkennbar ist.

[0065] Parallel zur erfindungsgemäßen Darstellung der Messdaten können auch A-Bilder erzeugt werden. Diese können entweder im Hintergrund abgespeichert oder gleichzeitig auf dem Display **14** angezeigt werden.

[0066] Ohnehin können verschiedenen Darstellungen, also die Querschnittsbilder **38**, die Auswertungsbilder **44** und die Draufsichtsbilder **46** gleichzeitig auf dem Display **14** dargestellt werden, es kann aber auch sinnvoll sein, wenn der Prüfer zwischen diesen Darstellungen wechseln kann.

[0067] Vorteilhaft bei der erfindungsgemäßen Darstellung ist auch, dass auf dem Monitor **12** bzw. dem Display **14** lediglich der Bereich des zu untersuchenden Prüfkörpers **18** dargestellt wird, der bei der Untersuchung von Interesse ist. Dies kann beispielsweise die zu untersuchende Schweißnaht **20** sein. Hierzu werden sowohl räumliche Grenzwerte als auch Grenzwerte bezüglich der zu berücksichtigenden Amplituden vor der Messung in das Ultraschall-Prüfgerät eingegeben und berücksichtigt. Dies bedeutet, dass nur Signale angezeigt werden, deren Ursprung entweder der Bereich und/oder das Umfeld der zu

untersuchenden Schweißnaht **20** ist und/oder deren Signalstärke den minimalen Grenzwert übersteigt.

[0068] **Fig. 3** zeigt beispielhaft eine erfindungsgemäße Ausführungsvariante eines Ultraschall-Prüfgeräts bzw. einer bevorzugten Anordnung der Array-Prüfköpfe **10**, **11**. Eine Rahmenkonstruktion **40** weist Aufnahmebereiche **42** für die beiden Array-Prüfköpfe **10**, **11** auf. Die beiden Aufnahmebereiche **42** sind ebenfalls rahmenartig ausgebildet und über eine mechanische Verbindung **44** miteinander verbunden. Weiterhin ist ein Kabel **46** dargestellt, dass die beiden Aufnahmebereiche **42** ebenfalls miteinander verbindet. In die Aufnahmebereiche **42** können die Array-Prüfköpfe **10**, **11** eingebracht werden. Sie sind in den Aufnahmebereichen **42** sicher gehalten. Vorzugsweise weist die mechanische Verbindung **44** eine Verstelleinrichtung **48** auf, über die der Abstand zwischen den Aufnahmebereichen **42** verstellbar ist. Darüber hinaus kann eine Skalierung **50** vorgesehen sein, über die der Abstand der Aufnahmebereiche **42** zueinander ablesbar ist. Innerhalb der Aufnahmebereiche **42** ist ein Anschluss (nicht dargestellt) für die Array-Prüfköpfe **10**, **11** vorgesehen, über die diese energetisch versorgt werden und auch ein Datenaustausch möglich ist. Die Rahmenkonstruktion **40** weist vorzugsweise an nur einem Aufnahmebereich **42** einen Anschluss **52** für die hier nicht dargestellte elektronische Einheit **13** oder ein anderes elektronisches Gerät, wie beispielsweise einen Rechner (PC) oder den Monitor **12** auf.

[0069] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante wird die Rahmenkonstruktion **40** bzw. werden die Array-Prüfköpfe **10**, **11** nicht manuell, also per Hand, über den Prüfkörper **18** geführt, sondern die Nachführung erfolgt automatisch. Gerade für diesen Anwendungsfall ist die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Ultraschall-Prüfgeräts bzw. das erfindungsgemäße Verfahren sehr hilfreich, da sehr viele Daten in sehr kurzer Zeit erhoben werden und ein Züchten des Fehlers auch aufgrund der bereits ermittelten Daten oder Fehlersignale im Nachhinein möglich ist.

[0070] Aus dem Vorangegangenen ist ersichtlich, dass sich das erfindungsgemäße Gerät und insbesondere auch das damit durchgeführte Verfahren zur Prüfung von Werkstücken für eine Serienmessung eignen. Beispiel für eine Serienmessung ist die Prüfung von Schweißverbindungen von Rohrleitungen. Das Prüfgerät wird zunächst an einem Werkstück oder wenigen Werkstücken einjustiert, anschließend wird die Serienprüfung durchgeführt.

[0071] Die Erfindung wurde nur beispielhaft erläutert, der Aufbau eines erfindungsgemäßen Ultraschall-Prüfgerätes kann sehr unterschiedlich sein. Auch sind Array-Prüfköpfe **10**, **11** unterschiedlicher Bauart verwendbar. Je nach Prüfkörper **18** kann es

sinnvoll sein, die Prüfung aus einer anderen Richtung zu wiederholen. Bei flächigen Prüfkörpern **18** kann beispielsweise die der Ankoppelfläche **22** gegenüberliegende Oberfläche als Ankoppelfläche **22** genutzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Darstellung von Ultraschallsignalen, die mit Hilfe eines Ultraschall-Prüfgeräts für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) gewonnen werden, wobei das Ultraschall-Prüfgerät mindestens einen ersten Array-Prüfkopf (**10**) und einen zweiten Array-Prüfkopf (**11**), jeweils mehrere einzelne Sender, die Sendeimpulse erzeugen, und jeweils mehrere Empfänger, die Ultraschallsignale empfangen, aufweist, mit den Verfahrensschritten:

- Aufsetzen der Array-Prüfköpfe (**10, 11**) auf eine Ankoppelfläche (**22**), des Prüfkörpers (**18**),
- Einschallen von Ultraschallimpulsen mit dem ersten Array-Prüfkopf (**10**) unter bestimmten Winkeln (α) in den Prüfkörper (**18**),
- Empfangen von Ultraschallsignalen mit Hilfe des ersten Array-Prüfköpfes (**10**),
- Auffinden und Züchten eines Fehlers (**36**) aus einer ersten Einschallrichtung (a),
- Berechnen weiterer Einschallpositionen und -richtungen (b, c, d) der beiden Array-Prüfköpfe (**10, 11**) auf Basis bekannter Wanddicke (**34**) des Prüfkörpers (**18**) und bekanntem Winkel (α) der ersten Richtung (a)
- Ermitteln der Erstreckung des Fehlers (**36**) auf Basis von Laufzeiten und Amplituden der Einschallrichtungen (a, b, c, d).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fehler (**36**) aus mindestens vier Einschallpositionen beschallt wird und entsprechend vier Laufzeitwerte und vier Amplitudenwerte ausgewertet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Fehler (**36**) aus weiteren Einschallpositionen beschallt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschallpositionen quer zum Fehler (**36**) variieren.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschallpositionen längs zum Fehler (**36**) variieren.

6. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Fehler (**36**) maßstäblich in einem Auswertungsbild auf dem Display (**14**) eines Monitors (**12**) dargestellt wird.

7. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswertungsbild ein

Querschnittsbild (**38**) beinhaltet und zumindest eine Ankoppelfläche (**22**) und eine Rückwand (**24**) des Prüfkörpers (**18**) erkennbar ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Untersuchung einer Schweißnaht (**20**) diese ebenfalls dargestellt ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Position des Winkelprüfkopfs (**10**) auf der Oberfläche des Prüfkörpers (**18**) permanent ermittelt wird.

10. Ultraschall-Prüfgerät für eine zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) mit

- mindestens einem ersten Array-Prüfkopf (**10**) und einem zweiten Array-Prüfkopf (**11**), die jeweils mehrere einzelne Sender, die Sendeimpulse erzeugen, und jeweils mehrere Empfänger, die Ultraschallsignale empfangen, aufweisen,
- einer elektronischen Einheit, die mit den Array-Prüfköpfen (**10, 11**) verbunden ist und einen Prozessor zur Steuerung der Aussendung der Sendeimpulse und zur Berechnung und Auswertung der empfangenen Ultraschallsignale sowie zur Bereitstellung von Daten zur Darstellung von Ergebnissen aufweist,

11. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Array-Prüfköpfe (**10, 11**) mechanisch miteinander verbunden sind.

12. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Array-Prüfköpfe (**10, 11**) derart mechanisch miteinander verbunden sind, dass der Abstand zwischen den Array-Prüfköpfe (**10, 11**) variierbar ist.

13. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Array-Prüfköpfe (**10, 11**) in einer Rahmenkonstruktion (**40**) angeordnet sind.

14. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Array-Prüfköpfen (**10, 11**) permanent elektronisch ermittelt und der Betrag zur weiteren Berechnung an die elektronische Einheit (**13**) weitergegeben wird.

15. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (**18**) nach einem der Ansprüche 10 bis 14 dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfkopf fest mit einem Mittel (**38**) verbunden ist, das dazu dient, die jeweilige Position des Winkelprüf-

kopfs (10) auf der Oberfläche des Prüfkörpers (18) zu
ermitteln

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

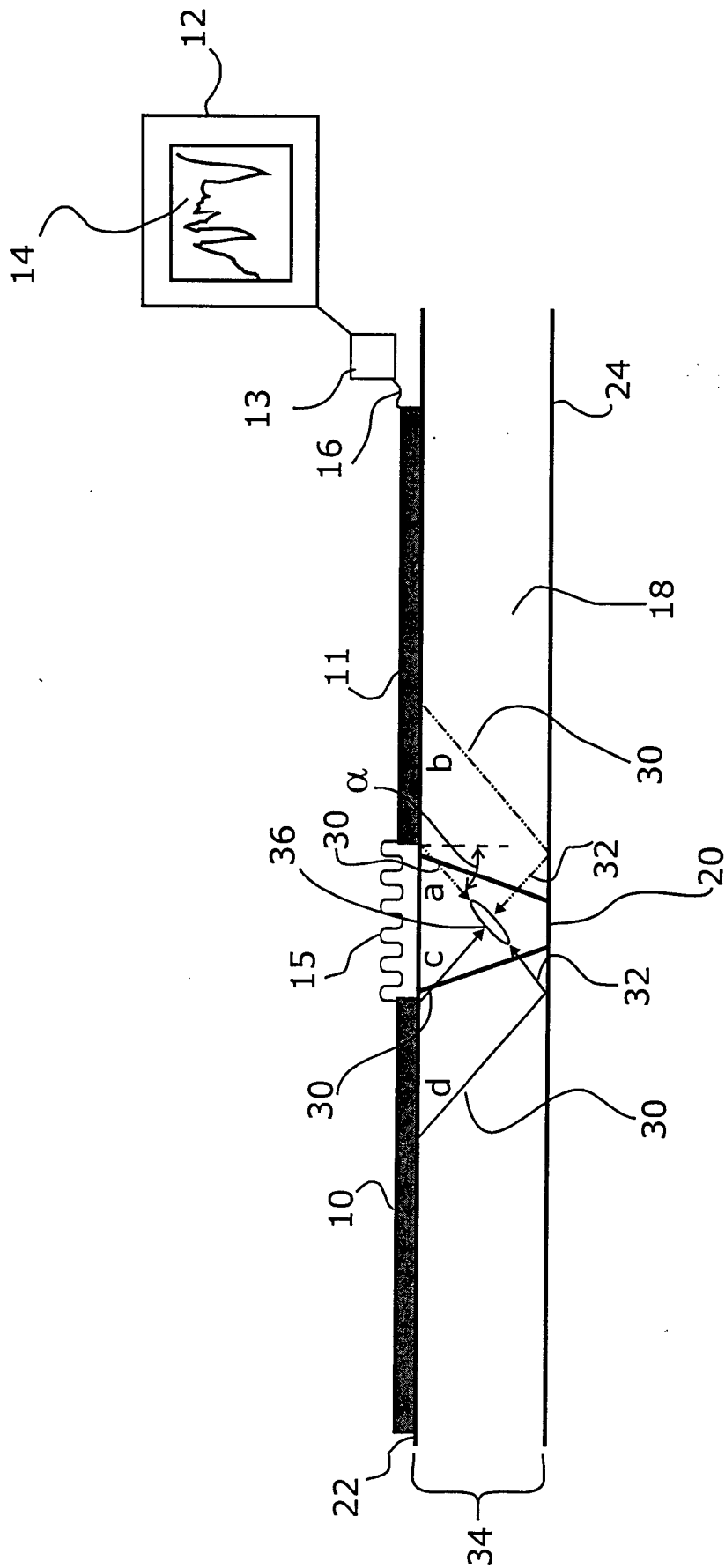


Fig. 1

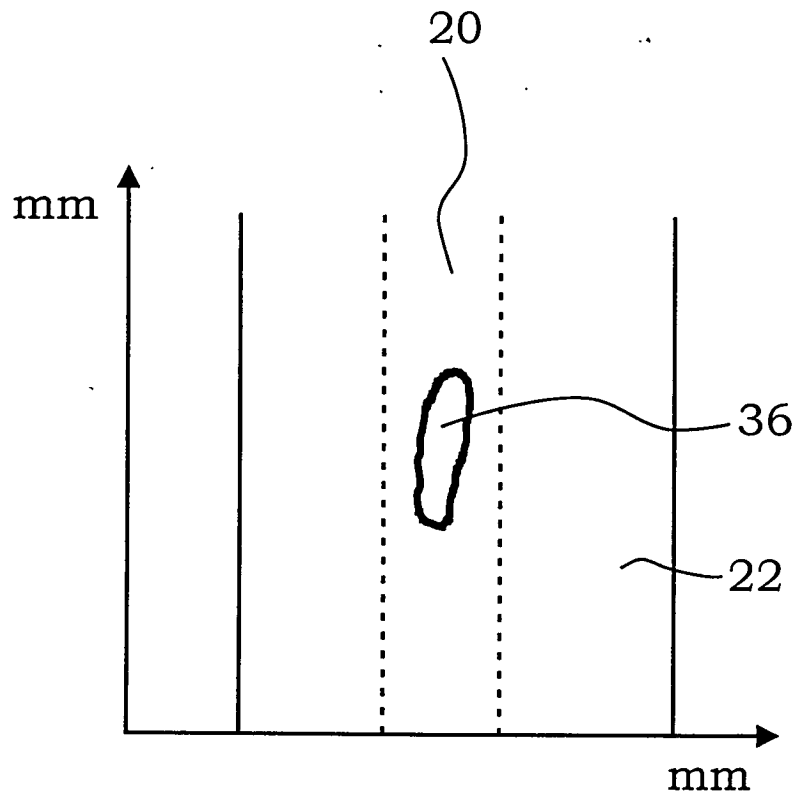


Fig. 2

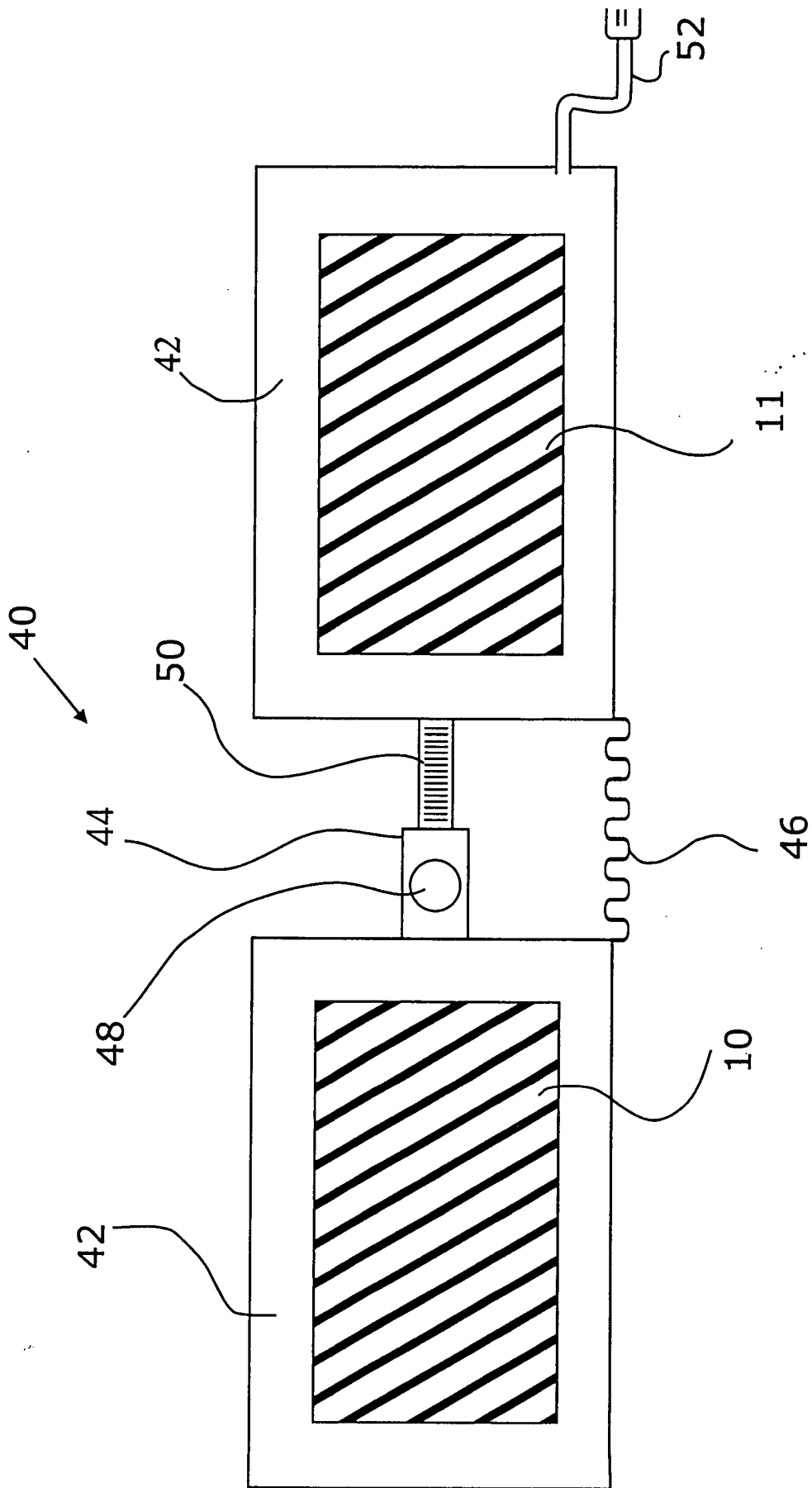


Fig. 3