

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 90110153.5

(51) Int. Cl.⁵: **B06B 1/06**

(22) Anmeldetag: 29.05.90

(30) Priorität: 07.06.89 DE 8906992 U

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.12.90 Patentblatt 90/50

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT

(71) Anmelder: **INTERATOM Gesellschaft mit beschränkter Haftung**
Friedrich-Ebert-Strasse
D-5060 Bergisch-Gladbach 1(DE)

(72) Erfinder: **Blasius, Hans-Dieter**
Kadettenstrasse 13
D-5060 Bergisch Gladbach 1(DE)
Erfinder: **Kanngiesser, Peter**
Zum Blitzenberg 3
D-5063 Overath 8(DE)
Erfinder: **Matthies, Klaus, c/o Bundesanstalt**

für Materialforschung und Prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, D-1000 Berlin 45(DE)
Erfinder: **Beyer, Ralph, Bundesanstalt für**
Materialforschung

und Prüfung (BAM), Unter den Eichen 87
D-1000 Berlin 45(DE)

Erfinder: **Mrasek, Heinz, Bundesanstalt für**
Materialforschung

und Prüfung (BAM), Unter den Eichen 87
D-1000 Berlin 45(DE)

Erfinder: **Wüstenberg, Hermann, Dr.,**
Bundesanstalt

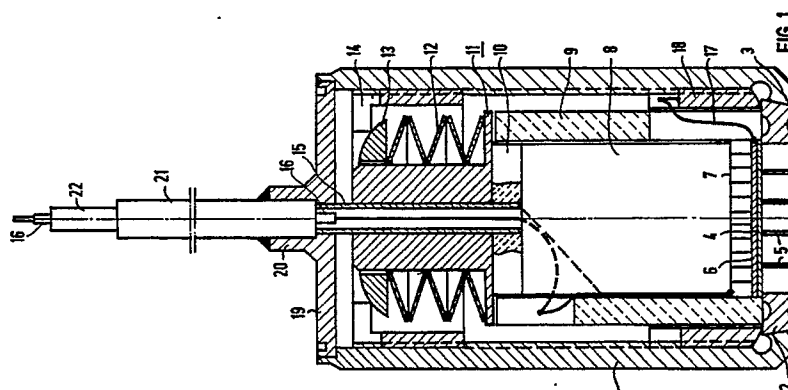
für Materialforschung und Prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87, D-1000 Berlin 45(DE)

(74) Vertreter: **Fuchs, Franz-Josef, Dr.-Ing. et al**
Postfach 22 13 17
D-8000 München 22(DE)

(54) **Ultraschall-Prüfkopf.**

(57) Ein zum Senden und Empfangen geeigneter Ultraschall-Prüfkopf mit einem relativ breitbandigen Frequenzspektrum und relativ kurzen Schallimpulsen zur berührungsfreien Prüfung von Bauteilen in einer Flüssigkeit, insbesondere zur volumetrischen Prüfung metallischer Bauteile in flüssigem Natrium bis 250 °C. Dieser Prüfkopf hat ein in die Flüssigkeit

eintauchbares Gehäuse (1) und darin schalltechnisch gekoppelt ein Piezoelement (7), einen Dämpfungskörper (8) und eine an die Flüssigkeit angrenzende Transformationsschicht aus einer schallweichen Folie (6) und einer schallharten Folie (4), die sich nach außen auf ein oder mehrere Stege (5) oder ein aus diesen Stegen (5) gebildetes Gitter abstützt.



Die vorliegende Erfindung betrifft einen Ultraschall-Prüfkopf zur berührungsfreien Prüfung von Bauteilen in einer Flüssigkeit, insbesondere zur volumetrischen Prüfung metallischer Bauteile in flüssigem Natrium bis ca. 250 °C, mit einem in die Flüssigkeit eintauchbaren Gehäuse und darin schalltechnisch gekoppelt einem Piezoelement, einem Dämpfungskörper und einer an die Flüssigkeit angrenzenden Transformationsschicht.

Prüfköpfe dieser Art sind von besonderem Interesse für natriumgekühlte Kernreaktoranlagen, weil man das darin vorhandene flüssige Metall weder absenken noch ablassen will, da es zur Kühlung radioaktiver Kernelemente gebraucht wird. Bauteile, die noch mit dem flüssigen Natrium benetzt sind, sind mit den üblichen optischen oder akustischen Methoden, wie bei Wasserreaktoren, nicht einwandfrei zu prüfen. Außerdem würde auch ein Zutritt der Außenluft zu Oxidationen und Verunreinigungen des flüssigen Natriums führen.

In dem europäischen Patent 0 031 049 hat die Anmelderin einen akustischen Wandler mit einem piezo-elektrischen Element, einer metallischen Vorlaufstrecke und einem metallischen Dämpfungskörper vorgeschlagen, bei dem die Vorlaufstrecke ein poröser metallischer Körper ist und Anzahl und Größe der Poren so bemessen sind, daß der Körper im Bereich des Schallweges einen Wellenwiderstand hat, der etwa dem geometrischen Mittel der Wellenwiderstände von piezo-elektrischem Element und anzukoppelndem Medium entspricht. Mit dieser Vorrichtung können die Oberflächen von Komponenten unter Flüssigmetall berührungslos mit Ultraschall abgebildet und geprüft werden. Eine berührungsfreie volumetrische Prüfung, d. h. die Feststellung von Fehlern innerhalb einer Komponente, ist damit allerdings nicht möglich, weil die Echofolge aus der metallischen Vorlaufstrecke eine erhebliche Einschränkung bei der Fehlererkennung bedeutet. Durch die großen Unterschiede der Impedanzen (Wellenwiderstände) kommt es an den jeweiligen Grenzschichten (z. B. zwischen Natrium und Stahl) zu hohen Reflexionen des Schalldrucks (bis zu 93 %), was einen geringen Signal-Rausch-Abstand bewirkt.

In einem Bericht der Staatlichen Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, 12. MPA-Seminar am 09. und 10.10.86, wird auf den Seiten 21.1 bis 21.25 über Ultraschallprüfung von Komponenten und Anlagen bei Temperaturen bis 250 °C berichtet sowie über die Verwendung mehrfacher dünner Schichten auf der Frontseite eines Ultraschall-Wandlers. Dadurch soll die Bandbreite des Ultraschall-Signals zunehmen ohne dabei die Schallenergie zu reduzieren. Mit einem Computer-Programm kann man die Ausbreitung von Ultraschallwellen durch Schichten verschiedener Dicke berechnen. Die beschriebenen Prüfköpfe haben als

Vorlaufstrecke zwischen Piezokeramik und Bauteil einen sogenannten Keil. Eine Wellenwiderstands-Transformation zwischen Piezokeramik und Keil wird beschrieben und physikalisch/mathematisch begründet. Die Wellenwiderstände der front- wie auch rückseitig angekoppelten Schichten sollen danach nicht zu stark differieren, d. h. daß beide, bezogen auf die Piezokeramik entweder schallweich oder schallhart, aber nicht gemischt auftreten sollten, da dieses zu unsymmetrischen Resonanzkurven und somit zu unsauberen Impulsen führt. Bei der Konstruktion der Prüfköpfe sollen dort alle festen Verbindungen vermieden werden. Piezokeramik und Folien werden auf den Keil gepreßt und im Gehäuse von Stiften gehalten. Als Koppelmittel zwischen Heißprüfkopf und Bauteil werden einige spezielle Ultraschall-Hochtemperatur-Öle und -Fette beschrieben. Eine schalltechnisch gute Ankopplung der verschiedenen Schichten erfordert einen bestimmten Anpressdruck, der mit den schalltechnisch notwendigen sehr dünnen Schichten auf der Flüssigkeitsseite nicht realisiert werden kann, weil diese ausbeulen oder sogar abreißen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Angabe eines Ultraschall-Prüfkopfes mit einem in eine Flüssigkeit eintauchbaren Gehäuse mit einem relativ breitbandigen Frequenzspektrum und relativ kurzen Schallimpulsen zur berührungsfreien Prüfung von Bauteilen in einer Flüssigkeit, insbesondere zur volumetrischen Prüfung metallischer Bauteile in flüssigem Natrium bis ca. 250 °C.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Ultraschall-Prüfkopf vorgeschlagen zur berührungsfreien Prüfung von Bauteilen in einer Flüssigkeit, insbesondere zur volumetrischen Prüfung metallischer Bauteile in flüssigem Natrium, mit einem in die Flüssigkeit eintauchbaren Gehäuse und darin schalltechnisch gekoppelt einem Piezoelement, einem Dämpfungskörper und einer an die Flüssigkeit angrenzenden Transformationsschicht aus einer schallweichen Folie und einer schallharten Folie, die sich nach außen auf ein oder mehrere Stege oder ein aus diesen Stegen gebildetes Gitter abstützt. Diese Anordnung hat folgende Vorteile:

Die Ganzmetallausführung der äußeren Umhüllung gestattet Anpassungsmöglichkeiten an das jeweilige Medium und die betriebsbedingten Temperaturen. Eine thermisch stabile und vakuumdichte Ausführung sowie der Einsatz von verschiedenen, den Betriebstemperaturen angepaßten Signalleitern (metallische Mantelmeßleiter oder Koaxialkabel in Schutzrohren) ist möglich sowie die transformatorische Anpassung der Schwingerimpedanz entsprechend der geforderten Arbeitsfrequenz an den Impedanzwert des Mediums, z. B. Flüssignatrium.

Mit der erfindungsgemäßen Abstützung kann man die schalltechnisch erwünschte dünnwandige Transformationsschicht verwirklichen, ohne sie mit

einem zu hohen Anpreßdruck der einzelnen Elemente zueinander zu belasten. Die Kombination einer äußeren Folie aus einem Austeniten und einer inneren Folie aus Kapton hat sich in Versuchen gut bewährt.

Die vorgeschlagene Vergoldung der Folie (ca. 3 μm) führt beim Eintauchen in Natrium zu einer einwandfreien und nicht von Oxidschichten gestörten Benetzung. Diese Goldschicht wird später im Betrieb vom Natrium aufgelöst.

Mit einem zwischen den verschiedenen Schichten des Prüfkopfes vorgesehenen flüssigen oder pastenförmigen Koppelmittel z.B. auf Silikon-Grundlage ist ein guter Ultraschall-Übergang gewährleistet.

Als Material für das Piezoelement wird Bleimetaniobat wegen der niedrigen mechanischen Güte vorgeschlagen. Niedrige mechanische Güte bedeutet höhere mechanische Verluste in der Keramik, was hinsichtlich kurzer Impulse von großer Bedeutung ist. Dieses Material ist bis zu einer Einsatztemperatur von 250 °C geeignet.

Für den Dämpfungskörper wird ein Material vorgeschlagen, das aus einem Zweikomponentenzement besteht, der zur Anpassung an den gewünschten Wellenwiderstand mit unterschiedlichen Mengen von Wolfram-Pulver (10 - 40 %) oder Schamotte-Mehl (10 - 30 %) gefüllt ist.

Der Dämpfungskörper kann auch aus einer Aluminiumoxid-Keramik bestehen.

Die Figuren 1 und 2 zeigen ein mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 1 zeigt in vergrößerter Darstellung einen senkrechten Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Prüfkopf.

Figur 2 zeigt eine Ansicht von unten auf die Schallaustrittsseite des Prüfkopfs aus Figur 1.

In den Figuren 1 und 2 trägt das innen mit einem Gewinde versehene Gehäuse 1 an seinem unteren Ende einen konischen Ring 2, der außen mittels einer dünnen Laserschweißnaht 3 gegen das Gehäuse 1 abgedichtet ist. Innen trägt dieser Ring zunächst eine dünne Edelstahl-Folie 4, die sich auf mehrere parallele Stege 5 abstützt und eine Kapton-Folie 6, die zusammen mit der Edelstahlfolie 4 eine akustische Transformationsschicht zwischen dem Flüssigmetall und dem piezoelektrischen Schwinger 7 bildet. Dieser besteht aus Bleimetaniobat und wird an seiner Oberseite von einem Dämpfungskörper 8 gedämpft, der von einem zylindrischen Isolierrohr 9 umgeben und mit einer Isolierscheibe 10, z. B. aus Al_2O_3 , abgedeckt ist. Darüber liegt ein Stempel 11, der von Tellerfedern 12 angepreßt wird, die sich über ein an der Oberseite kugeliges Ausgleichsstück 13 auf einen in der Höhe einstellbaren Gewindedruckring 14 abstützen. Die oberhalb des Dämpfungskörpers 8 angeordneten Teile umgeben zentrisch ein Isolierrohr 15, z.

B. aus Al_2O_3 , durch das ein Signalleiter 16 als elektrischer Anschluß des Schwingers 7 isoliert nach außen herausgeführt ist. Das den Dämpfungskörper 8 umgebende Isolierrohr 9 ist einseitig geschlitzt, um einen Masseanschluß 17 mit einem metallischen Gewinding 18 zu verbinden. Nach der Montage und nach dem Einstellen der Tellerfedern 12 wird das Gehäuse 1 an seinem oberen Ende mit einem Deckel 19 verschlossen und verschweißt, der einen kleinen Stutzen 20 zur Befestigung eines Schutzrohres 21 für den Koaxial-Leiter 22 trägt.

Dieser Prüfkopf kann für die bei zerstörungsfreien Prüfungen üblichen bzw. notwendigen Frequenzen ausgelegt und gebaut werden und ist natriumtauglich, gamma-Strahlen-resistent und temperaturbeständig. Er ist ein Einschwinger-Senkrechtprüfkopf, der in Tauchtechnik in Senkrecht- und Winkelschallung mit dem Flüssigmetall als Vorlaufstrecke eingesetzt wird. Mit seiner Hilfe können sowohl Fehler (Ungängen) in der Tiefe des Materials als auch Risse an der Oberfläche von Komponenten detektiert werden. Laterales und axiales Auflösungsvermögen richtet sich nach Arbeitsfrequenz und Impulsbreite.

Bei einer Prüffrequenz von 2 MHz sollte die äußere Folie 4 aus Austenit, z. B. 1.4550, mit einer Dicke von 50 μm und die innere Folie 6 aus Kapton mit einer Dicke von ebenfalls 50 μm bestehen. Bei anderen Materialien kann man die Dicke der Folie berechnen nach den in der obengenannten Literatur beschriebenen Methoden.

Die Laufzeit des Schalls im Flüssigmetall sollte bei senkrechter Einschallung etwa 10 größer sein als die Laufzeit im Prüfobjekt, um eine falsche Zuordnung der Echo-Signale zu vermeiden. Dies kann man durch die Länge der Vorlaufstrecke einstellen.

Ansprüche

1. Ultraschall-Prüfkopf zur berührungsfreien Prüfung von Bauteilen in einer Flüssigkeit, insbesondere zur volumetrischen Prüfung metallischer Bauteile in flüssigem Natrium, mit einem in die Flüssigkeit eintauchbaren Gehäuse (1) und darin schalltechnisch gekoppelt einem Piezoelement (7), einem Dämpfungskörper (8) und einer an die Flüssigkeit angrenzenden Transformationsschicht aus einer schallweichen Folie (6) und einer schallharten Folie (4), die sich nach außen auf ein oder mehrere Stege (5) oder ein aus diesen Stegen (5) gebildetes Gitter abstützt.

2. Prüfkopf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die äußere Folie (4) aus einem Austenit und die innere Folie (6) aus Kapton besteht.

3. Prüfkopf nach Anspruch 1 oder 2, insbesondere zur Prüfung im heißen Natrium, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Folie (4) auf der an die Flüssigkeit angrenzenden Seite vergoldet ist.

4. Prüfkopf nach den Ansprüchen 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen verschiedenen Schichten (4, 6, 7 und 8) ein flüssiges oder pastenförmiges Koppelmedium vorhanden ist.

5. Prüfkopf nach den Ansprüchen 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Piezoelement (7) aus Bleimetaniobat besteht.

6. Prüfkopf nach den Ansprüchen 1, 2, 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dämpfungskörper (8) aus einem Zweikomponenten-Zement besteht, der 10 - 40 % Wolfram- Pulver oder 10 - 30 % Schamotte-Mehl enthält.

7. Prüfkopf nach den Ansprüchen 1, 2, 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dämpfungskörper (8) aus einer Aluminiumoxid-Keramik besteht.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

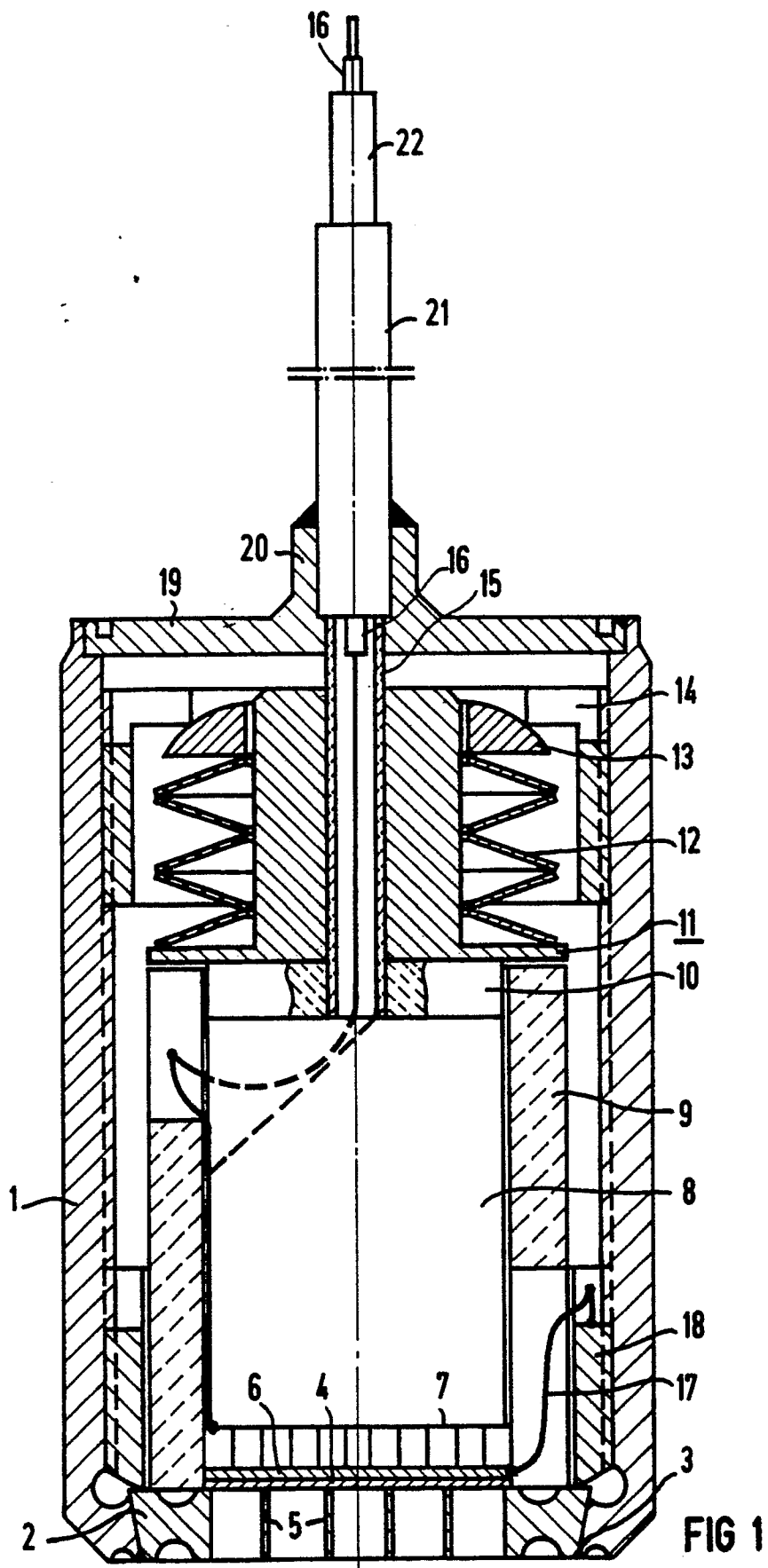


FIG 1

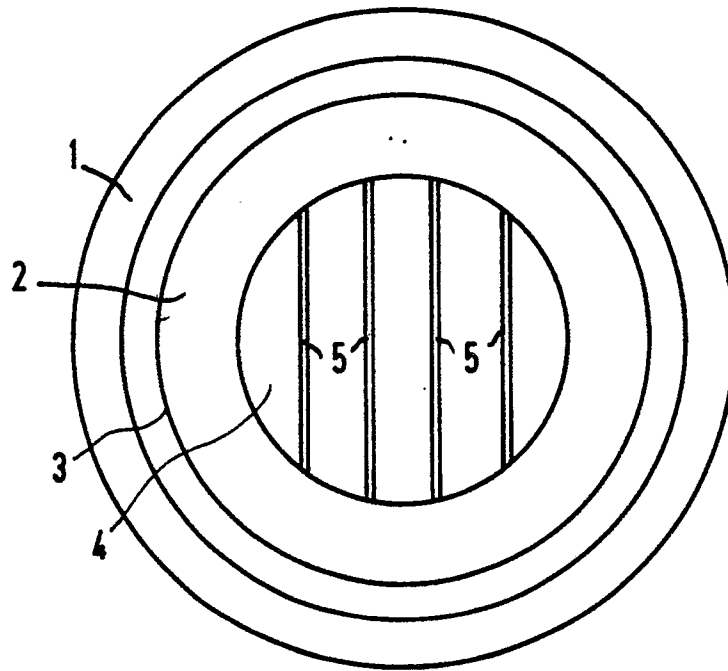


FIG 2