



 12


**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

 21 Anmeldenummer: 80107438.6


 51 Int. Cl.<sup>3</sup>: G 10 K 11/02


 22 Anmeldetag: 27.11.80

 30 Priorität: 19.12.79 DE 2951075


 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
01.07.81 Patentblatt 81/26


 84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE


 71 Anmelder: INTERATOM Internationale  
Atomreaktorbau GmbH  
Friedrich-Ebert-Strasse  
D-5060 Bergisch Gladbach 1(DE)

 72 Erfinder: Göhlert, Christian  
Karl-Philipp-Strasse 12  
D-5060 Bergisch Gladbach 1(DE)


 72 Erfinder: Kanngiesser, Peter  
Zum Bitzenberg 3  
D-5063 Overath-Steinenbrück(DE)

 72 Erfinder: Weiss, Hansjakob  
Giselbertstrasse 5  
D-5060 Bergisch Gladbach 1(DE)

 72 Erfinder: Wilke, Werner  
Lindauer Strasse 65  
D-5000 Köln 41(DE)

 74 Vertreter: Mehl, Ernst, Dipl.-Ing.  
Postfach 22 01 76  
D-8000 München 22(DE)

 54 Akustischer Wandler.

 57 Die Erfindung betrifft einen akustischen Wandler mit einem piezo-elektrischen Element (2), einer Vorlaufstrecke (1) und/oder einem Dämpfungskörper (8), welcher zur Materialprüfung und zum Orten in einem undurchsichtigen Medium, auch bei hohen Temperaturen, geeignet ist. Dazu wird die Vorlaufstrecke (1) aus einem metallischen Körper von hoher spezifischer Dämpfung gebildet. Als Material wird eine Eisen-Chrom-Aluminium-Legierung bzw. Sintermetall vorgeschlagen. Bei beiden Alternativen wird ein gutes Verhalten des Wellenwiderstandes erreicht. Durch inhomogene Verteilung der Poren im Sintermetall, bzw. der Korngröße, lassen sich zusätzlich spezielle Anpassungseigenschaften erreichen. Verschiedene Maßnahmen, Schleifen oder Borieren der Oberfläche bzw. Einschweißen in Metallfolie, verhindern ein Eindringen des umgebenden Mediums in das Sintermetall.

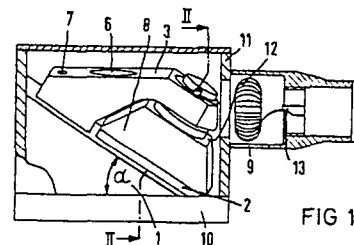


FIG 1

EP 0 031 049 A2

5

Akustischer Wandler

Die vorliegende Erfindung betrifft einen akustischen Wandler zum Senden und Empfangen von Schall-, insbesondere Ultraschallsignalen, bestehend aus einem piezo-elektrischen Element, einer Vorlaufstrecke und einem Dämpfungskörper. Dieser akustische Wandler kann mit Ausnahme des piezo-elektrischen Elementes vollständig aus Metall hergestellt werden und ist daher besonders geeignet bei hohen Temperaturen und/oder bei radioaktiver Strahlenbelastung. Mit diesen Wandlern können in undurchsichtigen Medien, wie z. B. flüssigem Natrium, metallische Werkstoffe geprüft oder Oberflächen berührungslos abgetastet werden. Die sogenannte Vorlaufstrecke schützt das piezo-elektrische Element vor Verschleiß bzw. vor dem Kontakt mit einem aggressiven Medium und kann bei entsprechender Form die Richtung des Schalls verändern. Bei den üblichen Ultraschall-Werkstoffprüfungen bei Raumtemperatur und unter Luftatmosphäre werden als Vorlaufstrecken Kunststoffkeile benutzt, die einen für diesen Zweck geeigneten Wellenwiderstand haben. Der Wellenwiderstand zweier benachbarter Medien bzw. Körper bestimmt die Reflexion an der Grenzfläche dieser Medien und ist jeweils das Produkt aus Dichte und Schallgeschwindigkeit eines Mediums. Eine Vorlaufstrecke soll einen Wellenwiderstand haben, der zwischen dem der beiden angrenzenden Medien liegt. Im Idealfall soll eine Vorlaufstrecke einen Wellenwiderstand haben, der das geometrische Mittel zwischen den Wellenwiderständen der beiden angrenzenden Medien

darstellt. Einige Kunststoffe haben einen für Werkstoff-  
prüfungen geeigneten Wellenwiderstand, andere erhalten  
durch Zusatz beispielsweise von Wolfram-Pulver einen ge-  
eigneten Wellenwiderstand. Alle Kunststoffe haben aber  
5 den Nachteil, daß sie bei höheren Temperaturen und bei  
Strahlenbelastung nicht geeignet sind. Ihre Oberfläche  
wird beim Bewegen auf rauhen Werkstücken beschädigt.  
Ihr thermischer Ausdehnungskoeffizient weicht erheblich  
ab von dem der verwendeten piezo-elektrischen Elemente,  
10 so daß Temperaturänderungen die Verbindung zwischen  
Kunststoff und Element verändern können. Die für hohe  
Temperaturen, Strahlenbelastung und/oder aggressive  
Medien geeigneten Metalle und Keramiken haben aber einen  
hohen und für diesen Zweck ungünstigen Wellenwiderstand.

15

Auch das berührungslose Abtasten bzw. Beobachten von  
Werkstücken, die sich in undurchsichtigen Medien befin-  
den, stellt ein Problem insbesondere für flüssigme-  
tallgekühlte Kernenergieanlagen dar. Bei diesen An-  
20 lagen möchte man zur Beobachtung der Anlagenteile  
nicht das Kühlmittel, also beispielsweise Natrium,  
ablassen, weil einerseits der Reaktor dann nicht mehr  
ausreichend gekühlt wird und andererseits die an den  
zu prüfenden Anlageteilen anhaftenden Flüssigmetall-  
25 mengen die Beobachtung erschweren und beim Kontakt  
mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff oder der  
Luftfeuchtigkeit Flüssigmetallverbindungen entstehen,  
die ebenfalls die Beobachtung erschweren und außerdem  
aggressiv wirken. Daher wurde bereits vorgeschlagen,  
30 unter Natrium mit Ultraschall, ähnlich wie bei einem  
Echolot unter Wasser, Entfernungen berührungslos  
zu messen.

In der deutschen Offenlegungsschrift 26 14 376 wird

35

ein Ultraschallwandler für hohe Temperaturen, beispielsweise für einen mit flüssigem Metall gekühlten Kernreaktor beschrieben. Der dort vorgeschlagene Kopplungskeil besteht aus einer Vielzahl von dünnen Metallplatten, die unter Druck zusammengehalten werden und die zum piezo-elektrischen Element hin eine optisch glatte Fläche aufweisen. Ein solcher Keil aus zahlreichen dünnen Blechen ist aber nur mit erheblichem Aufwand herzustellen und muß ständig mit erheblichem Druck zusammengepreßt werden, damit nicht das flüssige Metall durch die Spalte hindurchkriecht und das piezo-elektrische Element angreift. Außerdem hat ein solcher aus zahlreichen dünnen Blechen aufgebauter Keil den Nachteil, daß die Weiterleitung des Schalls von der Richtung dieser Bleche abhängig ist.

In der deutschen Offenlegungsschrift 24 36 328 wird ein Dämpfungskörper beschrieben, der aus einem lockeren Drahtgewebe oder einer Mischung aus Gummi und Wolfram-Pulver bestehen kann. Gummi ist aber weder temperatur- noch strahlenbeständig und das Drahtgewebe ist mechanisch nicht belastbar.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist ein akustischer Wandler, der die erwähnten Nachteile vermeidet und bei hohen Temperaturen und/oder radioaktiver Strahlenbelastung sowie in aggressiven Medien geeignet ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Wandler nach dem ersten Anspruch vorgeschlagen. Metallische Körper von hoher spezifischer Dämpfung haben gegenüber üblichen metallischen Körpern einen wesentlich geringeren Wellenwiderstand, weil die Schallgeschwindigkeit in ihnen wesentlich geringer ist. Insbesondere Porösität, z. B.

in Sinterwerkstoffen, verringert die Schallgeschwindigkeit, wobei das Gesamtporenvolumen maßgebend ist. Wenn die Porenabmessungen kleiner als die Ultraschall-Wellenlängen gewählt werden, wird die durch Streuung verursachte Schallschwächung klein gegenüber der materialbedingten Schallschwächung. Das Porenvolumen läßt sich praktisch durch die Korngröße des Metallpulvers einstellen.

Die im zweiten Anspruch vorgeschlagenen porösen metallischen Körper lassen sich auf verschiedene Weise herstellen. Am zweckmäßigsten erscheinen z. B. poröse Körper aus sogenanntem Sintermetall, wie im dritten Anspruch ausgeführt ist. Dieses Sintermetall aus korrosionsresistentem hitzbeständigem Material wird unter hohem Druck und hoher Temperatur aus Metallpulver von geringer Korngröße hergestellt. Ein homogenes Sintermetall nach dem dritten Anspruch leitet den Schall in allen Richtungen gleich gut und ist daher für akustische Linsen oder auch Keile geeignet, bei denen sich die Schallwellen in unterschiedlichen Richtungen ausbreiten sollen. Akustische Linsen sind Körper in Linsenform, die tatsächlich den Schall ähnlich wie bei optischen Linsen konzentrieren oder zerstreuen.

Vorlaufstrecken aus Sintermetall sind nicht nur temperatur- und strahlenbeständig, sondern haben auch bei Raumtemperatur Vorteile gegenüber den bekannten Kunststoffen. Sie sind nämlich nicht nur verschleißfester, sondern auch unempfindlicher gegen kleine Beschädigungen ihrer Oberfläche. Es hat sich herausgestellt, daß die poröse Sintermetalloberfläche mit dem üblichen Öl wesentlich zuverlässiger an eine rauhe Werkstückoberfläche angekoppelt werden kann als die glatte Kunststoffoberfläche. Auch bei den für Kunststoffe noch zuläs-

- sigen Temperaturen haben Sintermetalle weitere Vorteile, weil ihre Ausdehnungskoeffizienten denen der piezo-elektrischen Elemente und denen der zu prüfenden Werkstoffe etwa entsprechen und daher auch bei Temperaturschwankungen die Reflexion an Grenzflächen nicht wesentlich geändert wird. Als Dämpfungskörper geeignet sind Sintermetalle, deren Porenabmessungen größer sind als die in der Vorlaufstrecke.
- 10 Eine Alternative für die Wahl des Materials wird im vierten Anspruch vorgeschlagen. Legierungen aus Eisen, Chrom und Aluminium können mit hohem spezifischen Dämpfungsvermögen hergestellt werden, wodurch sie für die Verwendung als Dämpfungsmaterial in akustischen Wandlern geeignet sind. Eine Vorlaufstrecke aus solchem Material 15 braucht nicht abgedichtet zu werden und erfüllt ebenfalls die Anforderungen an Temperaturverhalten, Strahlenbeständigkeit und mechanische Festigkeit.
- 20 Der im fünften Anspruch vorgeschlagene Wandler vermeidet störende Reflexionen innerhalb der Vorlaufstrecke an den nicht zur Durchleitung des Schalls dienenden Flächen. Durch die Anordnung von Sintermetall unterschiedlicher Korngröße kann man den Schall örtlich unterschiedlich 25 dämpfen. Zwischen den beiden Schalldurchtrittsflächen hat der Sintermetallkörper im wesentlichen eine geringe Korngröße, so daß der Schall mit geringer Schwächung von der einen zur anderen Fläche weitergeleitet wird. In der Nähe der übrigen Flächen hat das Sintermetall eine 30 größere Korngröße und ein entsprechend größeres Porenvolumen, so daß der Schall in diesem Bereich durch höhere Absorption stärker geschwächt wird.

Der in sechsten Anspruch vorgeschlagene Wandler läßt sich auf beiden Seiten weitgehend an die angrenzenden Werkstoffe bzw. Medien anpassen. Auf der Seite des flüssigen Mediums, also beispielsweise Flüssigmetall oder Wasser, läßt sich durch eine größere Korngröße von ca. 50 - 100  $\mu\text{m}$  ein niedriger Wellenwiderstand und auf der Seite des piezo-elektrischen Elementes läßt sich durch eine geringe Korngröße von ca. 20  $\mu\text{m}$  ein höherer Wellenwiderstand einstellen. Mit dieser Anpassung werden die an einer Grenzschicht zweier Medien auftretenden Reflexionen weitgehend verringert und damit die Leistung des Wandlers erhöht.

Der im siebten Anspruch vorgeschlagene Wandler soll zur Erreichung möglichst kurzer Sendeimpulse mechanisch bedämpft werden, so daß das piezo-elektrische Element nicht nur auf der dem zu untersuchenden Objekt zugewandten Seite möglichst verlustfrei, d. h. ohne Reflexionen, Schallwellen abgeben oder aufnehmen kann, sondern auch auf seiner bedämpften Rückseite Schallwellen möglichst weitgehend und ohne Reflexionen absorbieren kann. Um Reflexionen an der Grenzfläche zwischen dem piezo-elektrischen Element und dem Dämpfungskörper zu vermeiden, ist es einerseits zweckmäßig, an dieser Stelle ein Material einzusetzen, dessen Wellenwiderstand möglichst weitgehend dem des piezo-elektrischen Elementes entspricht. Bei Elementen aus Bleizirkonattitanat, Bleimetaniobat oder Lithiumniobat ist an dieser Stelle ein Sintermetall mit geringer Korngröße von ca. 100 - 200  $\mu\text{m}$  geeignet. Ein Dämpfungskörper aus einem solchen Material müßte aber erhebliche Abmessungen in Schallrichtung aufweisen, um eine ausreichende Dämpfung zu erzielen. Andererseits wird die größte Dämpfung bei geringster Reflexion erreicht in einem Dämpfungskörper, bei dem die Korngröße

des Sintermetalls kontinuierlich in Richtung von dem piezo-elektrischen Element zur Rückseite des Dämpfungskörpers zunimmt. In der Praxis erscheint es aber ausreichend, zwei oder drei unterschiedliche Korngrößen in einem Dämpfungskörper anzuordnen. Die größte  
5 Korngröße für Dämpfungskörper sollte bei  $0,3 \text{ mm} = 300 \text{ }\mu\text{m}$  liegen.

Die im achten, neunten und zehnten Anspruch vorgeschlagenen porösen metallischen Körper sind geeignet für  
10 den Kontakt mit solchen aggressiven Stoffen, die in der Lage sind, das piezo-elektrische Element anzugreifen. Es hat sich herausgestellt, daß eine solche oberflächliche Abdichtung eines Sintermetallkörpers die  
15 gewünschten schalltechnischen Eigenschaften nicht stört. Eine galvanische Beschichtung oder ein Aufbringen von Lot auf die Oberfläche hat sich als unzuweckmäßig herausgestellt, weil in dem einen Fall die galvanische Flüssigkeit in dem anderen Fall Rest von Lötmit-  
20 tel in den feinen Poren des Sintermetalls zurückbleiben und dort Korrosionen verursachen. Es hat sich herausgestellt, daß man ein Sintermetall aus Edelstahl durch Schleifen mit einem Diamantwerkzeug abdichten kann. Die zahlreichen kleinen Vorsprünge des Sintermetalls  
25 werden auf diese Weise in die benachbarten Vertiefungen und Hohlräume hineingedrückt und dichten diese ab. Auch durch Borieren, d. h. Beschichten mit einem borhaltigen Material und anschließendes längeres Glühen bei ca.  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  kann man bearbeitete Stahloberflächen  
30 durch bei Gefügewandlung entstehendes Eisenborid vergüten und abdichten.

Im elften Anspruch wird eine weitere Möglichkeit zur Abdichtung der Vorlaufstrecke vorgeschlagen. Ein Körper

nach dem elften Anspruch mit metallischen Folien als Abdichtung hat bei Einhalten bestimmter Foliendicken (ungefähr  $1/4$  der Wellenlänge) eine bessere Wellenwiderstandsanpassung, da die Folie eine einem optischen Interferenzfilter vergleichbare Wirkung hat. Als Materialien kommen je nach Umgebungsmedium Aluminium, Magnesium, Edelstahl u. a. in Betracht. Ein Aufbringen durch Diffusionsschweißen vermeidet auch Nachteile, wie sie beim Löten auftreten. Zum Schutz vor einem aggressiven Medium und um ein Benetzen zu fördern, können die Folien mit einem Edelmetall, beispielsweise Gold, beschichtet oder bedampft werden.

Figur 1 zeigt einen akustischen Wandler zur Feststellung von Materialfehlern in Werkstoffen in Seitenansicht.

Figur 2 zeigt einen Schnitt durch Figur 1.

Figur 3 zeigt einen akustischen Wandler, der gleichzeitig als Sender und Empfänger dient.

Figur 4 zeigt einen Keil als Vorlaufstrecke eines Wandlers, der aus Sintermetall von unterschiedlicher Korngröße hergestellt ist.

Figur 5 zeigt eine Vorlaufstrecke aus Sintermetall von unterschiedlicher Korngröße.

Figur 6 zeigt einen Dämpfungskörper aus Sintermetall von unterschiedlicher Korngröße.

In den Figuren 1 und 2 werden getrennte Sender und Empfänger verwendet.

Die Vorlaufstrecke 1 aus Sintermetall oder einem Metall von hoher spezifischer Dämpfung besteht aus zwei getrennten Keilhälften 1 a und 1 b. Der Winkel  $\alpha$  der Vorlaufstrecke wird für die Materialprüfung so

gewählt, daß nach Maßgabe der Schallgeschwindigkeiten in der Vorlaufstrecke des Keils sowie im zu prüfenden Werkstoff der Einschallwinkel im Werkstoff einen festen Wert hat, der zwischen  $45^\circ$  und  $70^\circ$  liegt. Ausgeführte  
5 Vorlaufstrecken haben Keilwinkel zwischen  $24^\circ$  und  $35^\circ$  für Longitudinalwellen.

Die zur Aufnahme der piezo-elektrischen Wandler 2 eingerichtete Flächen sind optisch glatt auf kleiner als 1  
10 Mikron Welligkeit geläppt. Die Anpreßvorrichtung 3 aus rostfreiem Stahl enthält ein einstellbares Druckstück 4 zur Aufnahme von Tellerfedern 5 aus temperaturbeständigem Material. Die Anpreßkraft beträgt  $40 - 60 \text{ kp/cm}^2$ . Die Anpreßvorrichtung 3 wird durch eine Schraube 6 und  
15 einen Bolzen 7 auf der Vorlaufstrecke 1 befestigt. Die Druckkraft der Tellerfedern 5 wird auf einen metallischen Dämpfungskörper 8 von hoher spezifischer Dämpfung übertragen. Durch den mechanisch beständigen Dämpfungskörper 8 wird die Druckkraft gleichmäßig auf das  
20 piezo-elektrische Element 2 übertragen. Die Kontaktfläche des Dämpfungskörpers 8 ist ebenfalls durch Läppen auf eine Genauigkeit von kleiner als 1 Mikron bearbeitet. Folien aus Gold oder anderen duktilen und temperaturbeständigen Werkstoffen können zur Ankopp-  
25 lung des piezo-elektrischen Elementes 2 zum Einsatz kommen. Die elektrische Kontaktierung erfolgt über einen mit dem metallischen Dämpfungskörper 8 verbundenen Signalleiter 9 sowie über die Vorlaufstrecke 1 zum Massenanschluß. Die beiden Teile der Vorlaufstrecke 1  
30 werden in einem Rahmen 10 aus Edelstahl eingepaßt. Das Gehäuse 11 ist auf dem Rahmen 10 befestigt und so gestaltet, daß es die Spule 12 für den elektrischen Abgleich für jedes piezo-elektrische Element 2 sowie die Anschlußbuchsen 13 für die Meßkabel aufnehmen kann.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch den erfindungs-  
gemäßen Wandler aus Figur 1. Erkennbar ist die Neigung  
beider Vorsatzkeilhälften 1 a und 1 b, um die piezo-elek-  
trischen Elemente 2 für die Materialprüfung fokussieren  
5 zu können. Die Anpreßvorrichtung 3 zur definierten Auf-  
bringung des Anpreßdruckes enthält ein Feingewinde zur  
Aufnahme einer Stellschraube 15. Die Stellschraube 15  
hat eine konische Auflagefläche für das Druckstück 4,  
welches über die Tellerfedern 5 sowie die aus isolie-  
10 rendem Material bestehende Scheibe 16 die Druckkraft  
auf den Dämpfungskörper 8 aufbringt. Der Stift 17 ist  
ebenfalls aus isolierendem Material gefertigt und dient  
zur Lagehaltung des Dämpfungskörpers 2 während der Mon-  
tage. Der definierte Anpreßdruck wird von außen auf das  
15 Druckstück 4 aufgebracht. Anschließend wird die Stell-  
schraube 15 stramm festgedreht. Da die Anpreßvorrich-  
tung 3 durch geeignete Formgebung keine Eigenelastizi-  
tät besitzt, kann sich die Kraft der Tellerfedern 5 an  
ihr abstützen. Zwischen den beiden Vorsatzkeilhälften 1 a  
20 und 1 b ist ein Spalt vorhanden, der einen Durchgang der  
Schallwellen verhindert.

In Figur 3 besteht der Wandler aus einem Gehäuse 18,  
dessen eine Seite als Schallmembran 19 ausgebildet ist.  
25 Auf der Innenseite der Schallmembran 19 ist das Ele-  
ment 2 aufgebracht. In der gleichen Weise ist der Dämp-  
fungskörper 20, der aus Sintermetall oder einem Metall  
hoher spezifischer Dämpfung besteht, mit der Rückseite  
des Elements 2 verbunden. Die Verbindungstechnik wird  
30 den jeweiligen Betriebstemperaturen angepaßt.

Über die Tellerfedern 5 wird verhindert, daß bei un-  
günstig auftretenden Schwingungen der Dämpfungskör-  
per 20 von dem Element 2 abgelöst wird. Der Dämpfungs-

körper 20 dient gleichzeitig als elektrisches Verbindungsglied und ist leitend mit einer temperaturbeständigen Koaxialleitung 21 verbunden. Über die keramischen Isolierteile 22 und 23 wird eine galvanische Trennung  
5 zwischen dem Dämpfungskörper 20 und dem Gehäuse 18 erreicht. Das Gehäuse 18 wird mit dem Deckel 24 abgedichtet, der auch als Gegenlager für die Tellerfedern 5 dient, die durch den Bolzen 25 zentriert werden.

10

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Keils 1 als Vorlaufstrecke eines Ultraschallwandlers nach Anspruch 5. Auf der Oberseite des Keils ist das piezo-elektrische Element 2 aufgebracht. Die vom Element 2 ausgehenden Wellenfronten breiten sich als ebene Wellen  
15 geradlinig im Keil aus.

Bei Ankopplung der Fläche A an einen zu prüfenden Körper 26 gelangt nur ein Teil der Schallenergie in diesen Körper, der andere Teil der Schallenergie wird an der  
20 Grenzfläche reflektiert in Richtung der Fläche B, wobei der Reflexionswinkel gleich dem Einfallwinkel der Schallwellen ist. Im Bereich der Fläche B ist ein Metallpulver größerer Körnung, z. B. Korngröße 200 -  
25 300 Mikron angeordnet, das eine erhöhte Schallabsorption bewirkt. Die anderen Bereiche des Keils enthalten ein homogenes Material mit Metallpulver von z. B.  
100 - 200 Mikron Korngröße mit einer konstanten und niedrigen Schallschwächung. Die Übergangsfläche zwischen verschiedenen Korngrößen kann unter einem definierten Winkel zur Fläche B angelegt werden. Der Übergang vom grobkörnigen zum feinkörnigen Material durch  
30 einen Mischvorgang beim Herstellen ist fließend, so daß dort keine scharf definierte Grenzfläche mit störendem Reflexionsverhalten auftritt.  
35

In Figur 5 ist die Vorlaufstrecke 27 nach Anspruch 6 im Bereich des piezo-elektrischen Elements 2 mit einer homogenen Schicht C geringerer Korngröße ausgebildet, der Bereich D besteht aus Material größerer Körnung und der Bereich E ist wiederum durch eine Schicht noch größerer Korngröße gekennzeichnet.

Figur 6 zeigt einen Dämpfungskörper 28 aus Sintermetall von unterschiedlicher Korngröße nach Anspruch 7. Im Bereich F des fest angekoppelten piezo-elektrischen Elements 2 ist die Körnung so gewählt, daß ein Schallwellenwiderstand erreicht wird, der dem des Piezomaterials möglichst angepaßt ist. Im Bereich G wird die Körnung des Sintermetalls so groß gewählt, daß eine ausreichend hohe Dämpfung zustande kommt und Rückwändechos von der Fläche H praktisch nicht mehr zum piezo-elektrischen Element 2 reflektiert werden.

5

Akustischer WandlerAnsprüche

- 10 1. Akustischer Wandler mit einem piezo-elektrischen Element, einer Vorlaufstrecke und/oder einem Dämpfungskörper, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Merkmale:
- 15 a) Die Vorlaufstrecke ist ein metallischer Körper von hoher spezifischer Dämpfung.
2. Akustischer Wandler nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Merkmale:
- 20 a) Der metallische Körper ist porös.
3. Akustischer Wandler nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Merkmale:
- 25 a) Der metallische Körper besteht aus einem Sintermetall.
4. Akustischer Wandler nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Merkmale:
- 30 a) Der metallische Körper besteht aus einer Eisen-Chrom-Aluminium-Legierung.
- 35 5. Akustischer Wandler nach Anspruch 3, insbesondere zur Werkstoffprüfung, mit einer oder zwei keilförmigen Vorlaufstrecken mit jeweils zwei zueinander geneigten

Schalldurchtrittsflächen, g e k e n n z e i c h -  
n e t d u r c h folgende Merkmale:

5 a) Die Vorlaufstrecken bestehen aus Sintermetall von  
unterschiedlicher Korngröße.

b) Der Raum zwischen den beiden Schalldurchtrittsflä-  
chen einer Vorlaufstrecke enthält Sintermetall von  
geringer Korngröße.

10 c) In der Nähe der übrigen Flächen ist Sintermetall  
von größerer Korngröße angeordnet.

6. Wandler nach Anspruch 3 mit einer Vorlaufstrecke aus  
15 Sintermetall, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
folgende Merkmale:

20 a) Die Korngröße des Sintermetalls in der Vorlauf-  
strecke vermindert sich quasi-kontinuierlich in  
Richtung von der Grundfläche zum piezo-elektri-  
schen Element.

7. Wandler nach Anspruch 3 mit einem Dämpfungskörper  
aus Sintermetall, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
25 folgende Merkmale:

a) Die Korngröße des Sintermetalls nimmt zu in Rich-  
tung von dem piezo-elektrischen Element zur Rück-  
seite des Dämpfungskörpers.

30 8. Poröser metallischer Körper nach Anspruch 2, g e -  
k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Merkmale:

a) Der Körper ist mindestens auf einer Seite abgedichtet.

35

9. Körper nach Anspruch 8, g e k e n n z e i c h n e t  
d u r c h folgende Merkmale:

- 5 a) Der Körper ist durch Schleifen seiner Oberfläche  
abgedichtet.

10. Körper nach Anspruch 8, g e k e n n z e i c h n e t  
d u r c h folgende Merkmale:

- 10 a) Der Körper ist durch Borieren abgedichtet.

11. Körper nach Anspruch 8 , g e k e n n z e i c h n e t  
d u r c h folgende Merkmale:

- 15 a) Der Körper ist durch metallische Folien von gerin-  
ger Dicke (ungefähr  $1/4$  der Wellenlänge) abgedichtet.

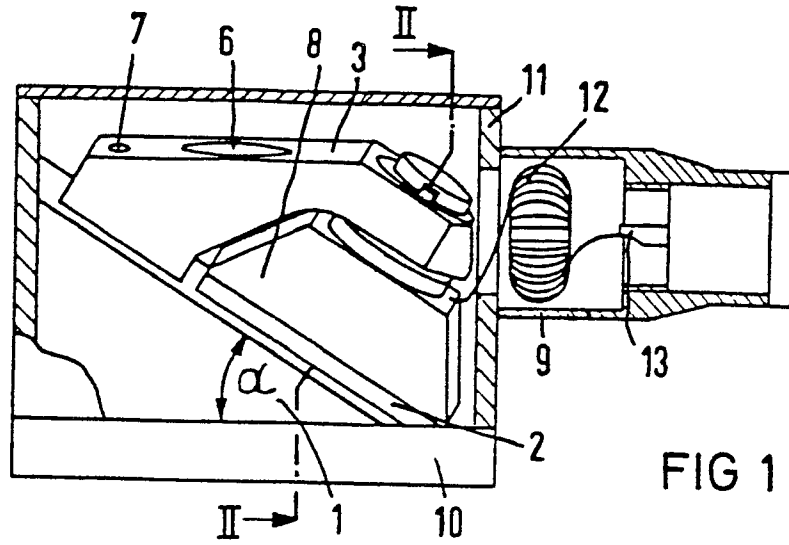


FIG 1

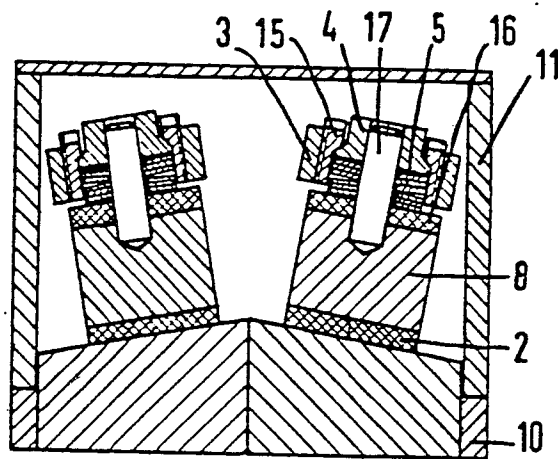


FIG 2

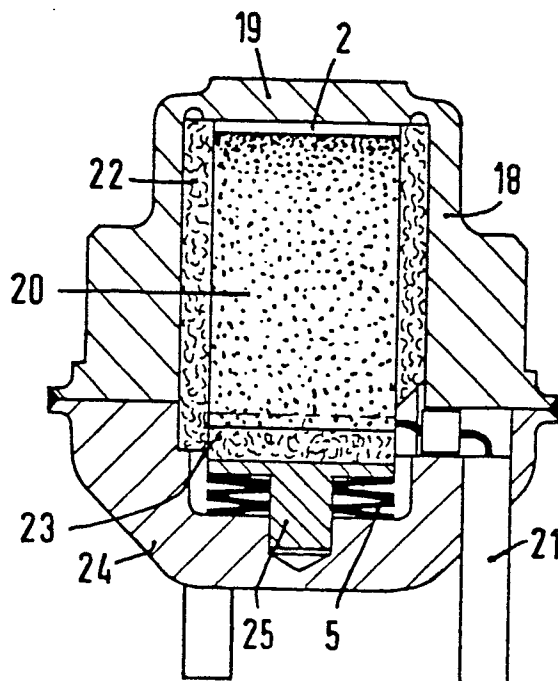


FIG 3

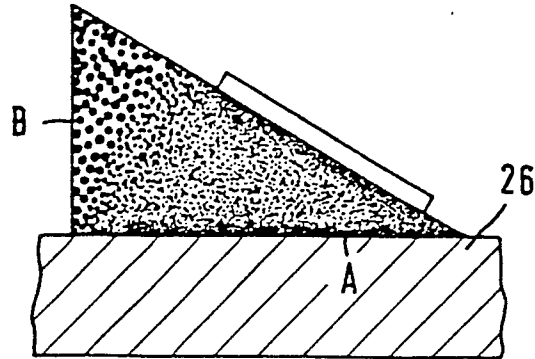


FIG 4

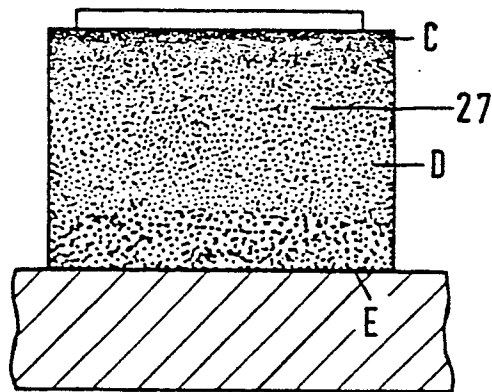


FIG 5

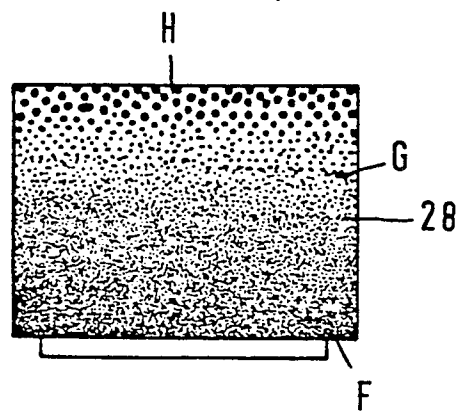


FIG 6