(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 486 119 A2**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91250296.0**

(51) Int. Cl.5: **B06B 1/04**

(22) Anmeldetag: **29.10.91**

(30) Priorität: **06.11.90 DE 4035592**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.05.92 Patentblatt 92/21

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

(71) Anmelder: **MANNESMANN Aktiengesellschaft**
Mannesmannufer 2
W-4000 Düsseldorf 1(DE)

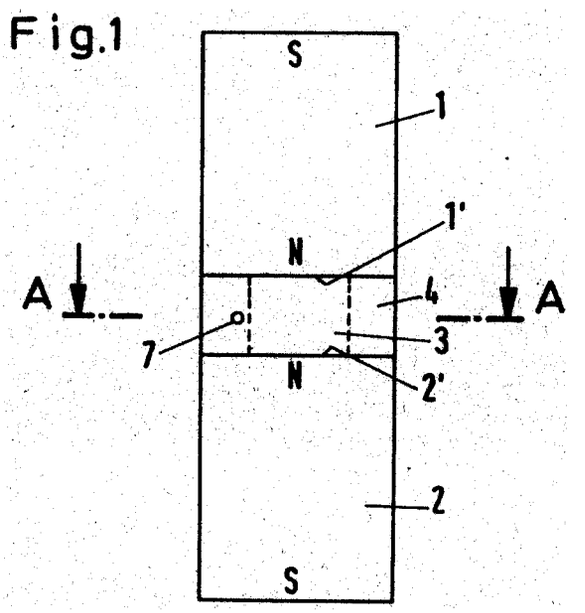
(72) Erfinder: **Graff, Alfred, Dipl.-Phys.**
Viehauser Berg 83
W-4300 Essen(DE)
Erfinder: **Wächter, Michael**
Am Kockshof 23
W-4030 Ratingen 8(DE)

(74) Vertreter: **Presting, Hans-Joachim, Dipl.-Ing.**
et al
Meissner & Meissner Patentanwaltsbüro
Herbertstrasse 22
W-1000 Berlin 33(DE)

(54) Elektrodynamischer Ultraschallwandler.

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrodynamischen Ultraschallwandler mit einer an eine zu prüfende Werkstückoberfläche anzulegenden Permanentmagnetanordnung, bei der Magnete mit den Polflächen gleicher Polarität über einen zwischenliegenden Kontratorkörper einander zugewandt angeordnet sind und einer an der zur Werkstückoberfläche hinweisenden Seite des Konzentratorkörpers angeordneten Wandlerspule. Um bei einem derartigen Wandler zu erreichen, daß bei geringem Aufwand eine wesentliche Steigerung der für die Ultraschallprüfung nutzbaren magentischen Felddichte an der zu prüfenden Werkstückoberfläche erzeugt werden kann, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die zu den Polflächen (1', 2') der Permanent-Magnete (1, 2) parallele Querschnittsfläche des Konzentratorkörpers (3) kleiner als jede der Polflächen (1', 2') der Permanent-Magnete (1, 2) ausgebildet ist und daß der Konzentratorkörper (3) zur Werkstückoberfläche (6) hin verschoben angeordnet und der zwischen den Polflächen (1', 2') um den Konzentratorkörper (3) herum verbleibende Raum mit einem entsprechend geformten nichtferromagnetischen Körper (4) ausgefüllt ist.

Fig.1



EP 0 486 119 A2

Die Erfindung betrifft einen elektrodynamischen Ultraschallwandler gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Elektrodynamische Ultraschallwandler finden ihren Einsatz hauptsächlich im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung von Werkstücken. Solche elektrodynamischen Ultraschallwandler bestehen aus Magnetsystemen, die magnetische Feldlinien in das zu prüfende Werkstück einbringen. Ein in der Nähe der Werkstückoberfläche angeordnetes Spulensystem wird dabei mit hochfrequenter Wechselspannung beaufschlagt und erzeugt auf diese Weise induktiv Wirbelströme in der Werkstückoberfläche. Diese so bewegten Elektronen des Werkstükkes wechselwirken mit dem eingebrachten Magnetfeld. Dabei entsteht eine Kopplung an das Kristallgitter des Werkstückes, und es entsteht Schall, der zur Werkstückprüfung einsetzbar ist. Ein derartiger elektrodynamischer Ultraschallwandler der gattungsgemäßen Art ist aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 32 34 424 bekannt. Hierbei besteht der elektrodynamische Ultraschallwandler aus einer Magnetanordnung, bei der sich Magnete mit den gleichen Polaritäten über zwischen ihnen liegende Ferritteile einan er zugewandt angeordnet sind.

Die Ferritteile sind in dieser bekannten Ausführung in ihrer dimensionalen Erstreckung parallel zu den Polflächen mindestens so groß wie die Querschnittsfläche der Polflächen selbst. Bei dieser bekannten Anordnung ist jedoch festzustellen,daß Magnetfeldlinien zwar auf den Bereich des Ferritteiles konzentriert sind, aber nur zum Teil einen magnetischen Rückschluß über das zu prüfende Werkstück selbst bilden. Mit anderen Worten, es treten Magnetfeldlinien auch seitlich, d.h. nicht direkt zur Werkstückoberfläche hin aus und machen einen Rückschluß über die Luft. Der Nachteil ist also, daß hierbei nur ein Teil des gesamt verfügbaren Magnetfeldes für die Ultraschallprüfung nutzbar ist.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen elektrodynamischen Ultraschallwandler der gattungsgemäßen Art derart weiterzubilden, daß bei geringem Aufwand eine wesentliche Steigerung der für die Ultraschallprüfung nutzbaren magnetischen Felddichte an der zu prüfenden Werkstückoberfläche erzeugt werden kann.

Bei einem elektrodynamischen Ultraschallwandler der gattungsgemäßen Art wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die zu den Polflächen der Permanent-Magnete parallele Querschnittsfläche des Konzentratorkörpers kleiner als jede der Polflächen der Permanent-Magnete ausgebildet ist und daß der Konzentratorkörper zur Werkstückoberfläche hin verschoben angeordnet ist und der zwischen den Polflächen um den Konzentratorkörper herum verbleibende Raum mit einem entsprechend geformten nicht ferromagnetischen Körper ausgefüllt ist.

Bei der vorliegenden Erfindung ergibt sich der Vorteil, daß die Aufgabe der Steigerung der in das Werkstück einzubringenden Magnet felddichte auf sehr einfache und doch sehr wirkungsvolle Weise gelöst ist. Der erfindungsgemäße Vorschlag, den Konzentratorkörper in seiner Querschnittsfläche kleiner als jede der Polflächen der Permanent-Magnete auszubilden, führt im Bereich des Konzentrators zu einer Einschnürung bzw. Kollektivierung aller Magnetfeldlinien in Richtung des Konzentratorkörpers. Ein seitliches Austreten von Magnetfeldlinien an den übrigen nicht der zu prüfenden Oberfläche zugewandten Seiten wird auf diese Weise in sehr einfacher Art verhindert. Durch den erfindungsgemäßen Vorschlag, den so ausgestalteten Konzentratorkörper dann auch noch zur Werkstückoberfläche hin verschoben anzuordnen, hat den Vorteil, daß der weitgehendste Teil der magnetischen Felddichte auf die Oberfläche gerichtet werden kann und dort dann bevorzugt den Rückschluß bildet, und somit für die Ultraschallerzeugung nutzbar ist.

In vorteilhafter Weise besteht bei der Erfindung der Konzentratorkörper aus einem weichmagnetischen Pulververbundwerkstoff. Die Erfindung ermöglicht durch die Ausnutzung der nahezu gesamten magnetischen Felddichte für die Ultraschallprüfung einen vorteilhaften Einsatz von Permanentmagneten. Die Verwendung eines Konzentratorkörpers aus einem weichmagnetischen Pulververbundwerkstoff führt zu einer effizienten Ausnutzung des Magnetfeldes für die Ultraschallerzeugung. Dies liegt darin begründet, daß weichmagnetische Pulververbundwerkstoffe zwar Magnetfeldlinien leiten, aber elektrisch hochohmig sind. Diese Eigenschaften haben zur Folge, daß das Magnetfeld ohne Schwächung an die Oberfläche des Werkstuckes herangeführt wird, daß jedoch kein Ultraschall im Konzentratorkörper selbst erzeugt wird. Dies hat den Vorteil, daß die gesamte verfügbare Energie zur Ultraschallerzeugung im Werkstück selbst genutzt werden kann.

Der Zusammenbau eines solchen Magnetsystems, bei dem sich die Polflächen gleicher Polarität gegenüberliegen, ist aufgrund der Kraftwirkung der Magnete untereinander schwierig. Die Magnete sind dabei bestrebt, bei einer solchen Ausrichtung der Polflächen einander auszuweichen, wobei die dabei wirkenden Kräfte sich mit verringerndem Abstand der Polflächen erhöhen. Aus diesem Grunde bewirkt der erfindungsgemäße Vorschlag, den zwischen den Polflächen um den Konzentratorkörper herum verbleibenden Raum mit einem entsprechend geformten nicht ferromagnetischen Körper auszufüllen, zur Erleichterung der Positionierung

der Magnete zueinander und des Konzentratorkörpers. Im Betriebszustand bewirkt dieser nicht ferromagnetische Körper zudem eine positionsmäßige Sicherung des Konzentratorkörpers.

Um das Magnetfeld in geeigneter Weise an die Werkstückoberfläche heranzuführen, ist in vorteilhafter Ausgestaltung der Konzentratorkörper an der zur Werkstückoberfläche zugewandten Seite mit einer Ausbuchtung versehen. Diese Ausbuchtung bewirkt in besonders einfacher Weise ein Konzentrieren der magnetischen Feldlinien auf bzw. in das zu prüfende Werkstück. In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ist der nicht ferromagnetische Körper aus Kunststoff. Hierbei ergibt sich in vorteilhafter Weise eine einfache Bearbeitbarkeit und Handhabung. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist eine Mehrzahl von Magnetanordnungen zu einem Prüflineal aneinandergereiht. Hieraus ergibt sich eine einfache und kompakte Prüfeinrichtung.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist der nicht ferromagnetische Körper mit einer Durchgangsbohrung versehen, die senkrecht zu der zu prüfenden Werkstückoberfläche und bezüglich des Konzentratorkörpers beabstandet angeordnet ist. Dies hat den Vorteil, daß die für die Wandlerspule nötigen Anschlußleitungen durch diese Bohrung hindurch verlegt werden können.

In letzter vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung sind die nach außen weisenden Polflächen der Magnete mit einem Rückschlußkörper magnetisch leitend verbunden und der Rückschlußkörper ist mit an die zu prüfende Werkstückoberfläche anlegbaren Anlageflächen versehen. Daraus ergibt sich vorteilhafterweise eine gute Rückschlußwirkung bezüglich der Magnetfeldlinien.

Ein Ausgestaltungsbeispiel ist in der Zeichnung dargestellt und im folgenden näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 Draufsicht auf eine Magnetanordnung mit Konzentratorkörper,
- Fig. 2 Schnittdarstellung zur Linie A-A.
- Fig. 3 Magnetanordnung mit Rückschlußkörper (Seitenansicht)

Figur 1 zeigt die Anordnung der Permanent-Magnete 1, 2, die mit Polflächen 1'; 2' gleicher Polarität einander gegenüberliegen. Dazwischen ist der Konzentratorkörper 3 eingesetzt, der dann von dem teilweise umfassenden nicht ferromagnetischen Körper 4 gehalten wird. Praktischerweise ist der nicht ferromagnetische Körper 4 so ausgelegt, daß er bündig mit den Außenkonturen der Permanentmagnete 1, 2 abschließt.

Figur 2 zeigt den Konzentratorkörper 3 und den teilweise umfassenden nicht ferromagnetischen Körper 4 im Schnitt entlang der Linie A-A. Der nicht ferromagnetische Körper 4 beschreibt im wesentlichen die Querschnittskontur der Polflächen 1', 2' der Permanentmagnete 1, 2, in dem dann in vorgegebener Position zur Werkstückoberfläche 6 hin verschoben der Konzentratorkörper 3 angeordnet ist. Hierbei wird deutlich, daß der Querschnitt des Konzentratorkörpers 3 erheblich kleiner als die Querschnittsfläche der Polflächen 1', 2' ist. Die Ausbuchtung 3' des Konzentratorkörpers 3, die zur Oberfläche hin weist, ragt etwas über die Grenzlinie der Querschnittskontur der Magnete 1, 2 und des nicht ferromagnetischen Körpers 4 hinaus zur Werkstückoberfläche hin. Zwischen dieser Ausbuchtung 3' und der Werkstückoberfläche 6 ist die Wandlerspule 5 angeordnet, die mit einem hochfrequenten Sendeimpuls beaufschlagt wird, wodurch der Ultraschall im zu prüfenden Werkstück 6 erzeugt wird.

Figur 3 zeigt die Magnetanordnung in Seitenansicht mit der Verwendung eines Rückschlußkörpers 8. Der Rückschlußkörper 8 liegt magnetisch leitend an den nach außen weisenden Polenden der Magnete 1 und 2 an. Über die am Rückschlußkörper 8 angebrachten Anlageflächen 9 und 10 ist ein Anlegen des Rückschlußkörpers 8 an die zu prüfende Werkstückoberfläche 6 möglich. Hierdurch wird der Rückschluß, d. h. die Rückführung der Magnetfeldlinien und damit ein Herstellen eines geschlossenen magnetischen Kreises ermöglicht. Die Anlageflächen 9 und 10 sind dabei so bemessen, daß gemeinsam mit diesen auch die Wandlerspule 5 in geeigneter Lage an die Werkstückoberfläche angelegt wird. Der Rückschlußkörper 8 besteht aus einem ferromagnetischen Material.

Die Querschnittsfläche des Konzentratorkörpers ist, bezogen auf die Querschnittsfläche der Magnete bzw. der Polflächen, nicht beliebig verkleinerbar. Es ist dabei darauf zu achten, daß der Querschnitt des Konzentratorkörpers ausreicht, die vorliegende magnetische Felddichte aufzunehmen. Dieses Vermögen hängt zum einen von der Permeabilität, der Sättigungsinduktion und damit vom Stoff ab und zum anderen ist dies abhängig vom Energieprodukt von den räumlichen Dimensionen der Magnete. Auf diese Weise ergibt sich je nach verwendetem Material und abhängig von der magnetischen Feldstärke der Magnete, räumliche Mindestdimensionen des Konzentratorkörpers. Diese sind dann je nach Magnetmaterial und räumlichen Dimensionen sowie je nach Wahl des Materials des Konzentratorkörpers zu beachten.

Patentansprüche

1. Elektrodynamischer Ultraschallwandler mit einer an eine zu prüfende Werkstückoberfläche anzulegenden Permanentmagnetanordnung, bei der Magnete mit den Polflächen gleicher Polarität über einen zwischenliegenden Konzentratorkörper einander zugewandt aneordnet sind und einer an der zur Werkstückoberfläche

hinweisenden Seite des Konzentratorkörpers angeordneten Wandlerspule,
dadurch gekennzeichnet,
daß die zu den Polflächen (1', 2') der Permanentmagnete (1, 2) parallele Querschnittsfläche des Konzentratorkörpers (3) kleiner als jede der Polflächen (1', 2') der Permanentmagnete (1, 2) ausgebildet ist und daß der Konzentratorkörper (3) zur Werkstückoberfläche (6) hin verschoben angeordnet und der zwischen den Polflächen (1', 2') um den Konzentratorkörper (3) herum verbleibende Raum mit einem entsprechend geformten nicht ferromagnetischen Körper (4) ausgefüllt ist.

2. Elektrodynamischer Ultraschallwandler nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Konzentratorkörper (3) aus einem weichmagnetischen Pulververbundwerkstoff besteht und an der zur Werkstückoberfläche zugewandten Seite eine Ausbuchtung (3') aufweist, in dessen Nähe die Wandlerspule (5) angeordnet ist.

3. Elektrodynamischer Ultraschallwandler nach Anspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der nichtferromagnetische Körper (4) aus einem Kunststoff besteht.

4. Elektrodynamischer Ultraschallwandler nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der nichtferromagnetische Körper (4) mit einer Durchgangsbohrung (7) versehen ist, die senkrecht zu der zu prüfenden Werkstückoberfläche (6) und bezüglich des Konzentratorkörpers (3) beabstandet angeordnet ist.

5. Elektrodynamischer Ultraschallwandler nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die nach außen weisenden Polflächen der Permanentmagnete (1,2) mit einem Rückschlußkörper (8) magnetisch leitend verbunden sind und der Rückschlußkörper (8) mit an die zu prüfende Werkstückoberfläche (6) anlegbaren Anlageflächen (9,10) versehen ist.

Fig.1

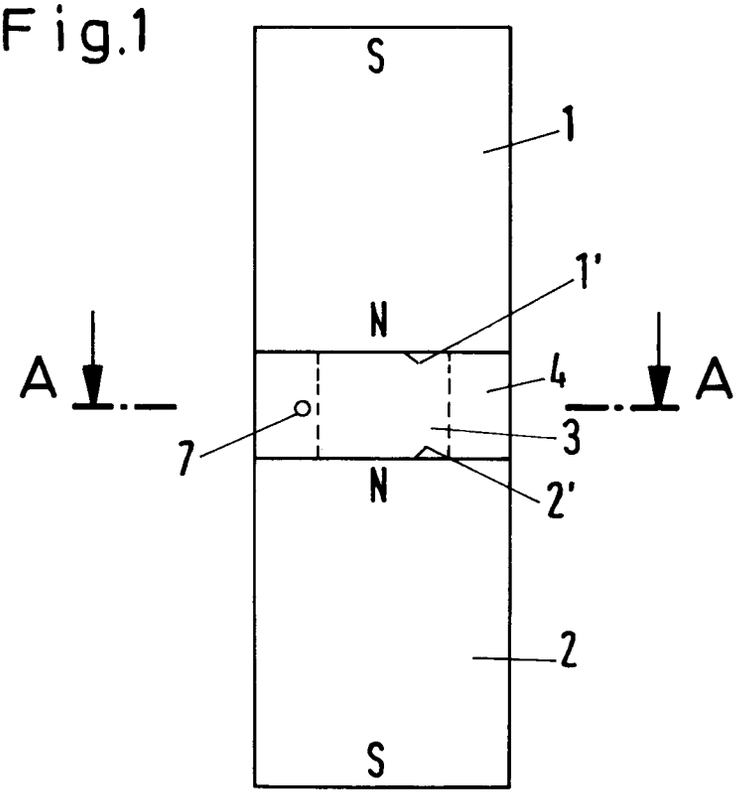


Fig.2
(A-A)

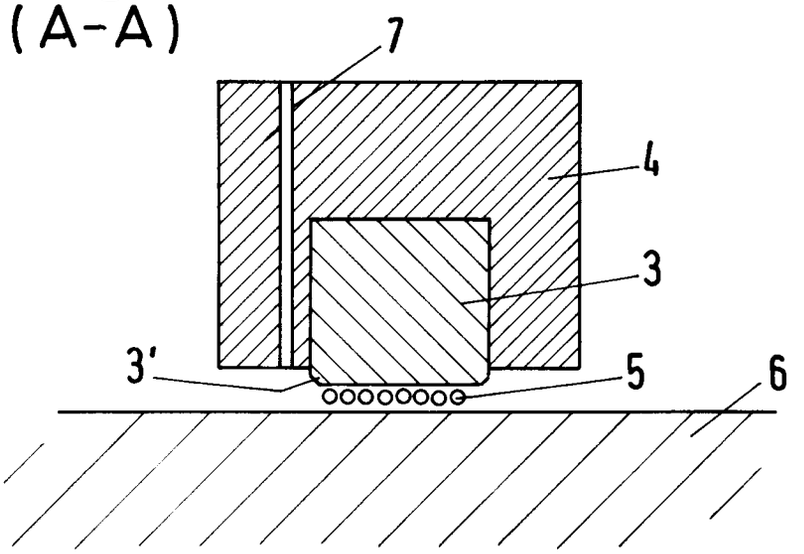
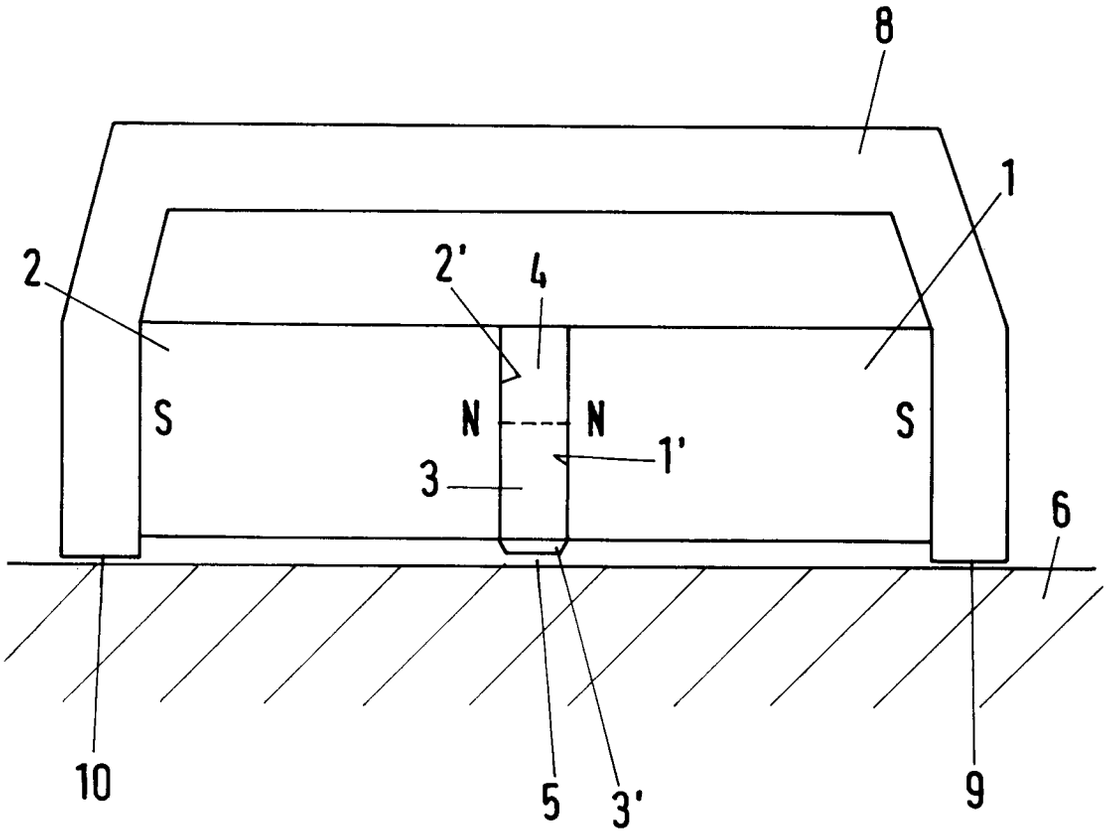



Fig.3