



12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer : **93810735.6**

51 Int. Cl.<sup>5</sup> : **B06B 3/00**

22 Anmeldetag : **20.10.93**

30 Priorität : **21.10.92 CH 3258/92**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**27.04.94 Patentblatt 94/17**

84 Benannte Vertragsstaaten :  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI PT SE**

71 Anmelder : **EROSONIC AG**  
**Ebnaterstrasse 84**  
**CH-9630 Wattwil (CH)**

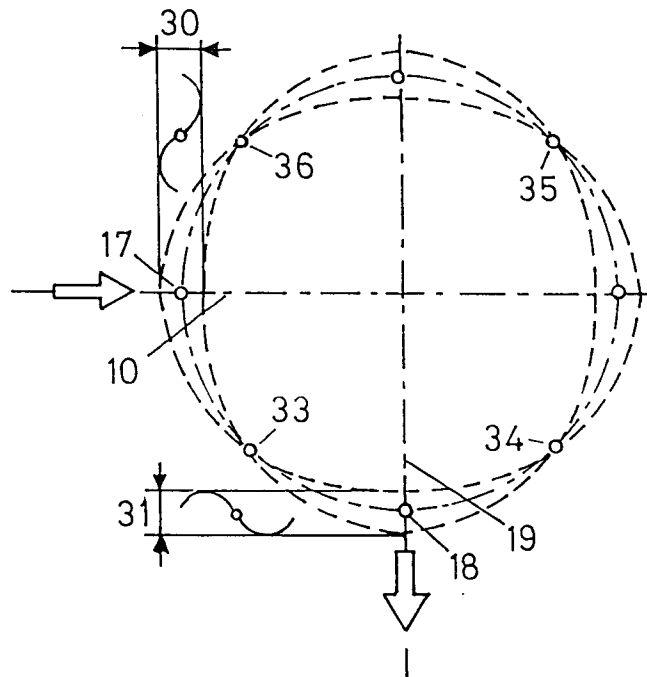
72 Erfinder : **Bory, Michael**  
**Schomattenstrasse 40**  
**CH-9630 Wattwil (CH)**  
Erfinder : **Bauer, Hans**  
**Wenkenrütistrasse 29**  
**CH-9630 Wattwil (CH)**

74 Vertreter : **Münch, Otto et al**  
**c/o Isler & Pedrazzini AG,**  
**Stampfenbachstrasse 48**  
**CH-8006 Zürich (CH)**

54 **Sonotrode für ein Ultraschall-Bearbeitungsgerät.**

57 Die Sonotrode ist ringförmig und schwingt als Biegeschwinger auf einer ihrer Eigenfrequenzen, vorzugsweise mit vier über den Umfang verteilten Knoten. Dadurch können die am Eingang (17) längs der Achse (10) eingeleiteten Schwingungen am Ausgang (18) längs einer um 90° abgewinkelten Ausgangsachse (19) abgegriffen werden. Durch diese Ausbildung können auch schwer zugängliche Werkstücke effizient mit Ultraschall bearbeitet werden.

Fig. 2



Ultraschall-Bearbeitungsgeräte bestehen meist aus einem z.B. piezoelektrischen Schwingungserreger, einer koaxialen Sonotrode und einem ebenfalls koaxialen Werkzeug. Die Sonotrode ist ein rotationssymmetrischer Körper und wirkt als Feder-Masse-System. Durch den Schwingungserreger wird sie zu longitudinalen Eigenschwingungen angeregt, welche sich um eine Knotenebene ausbilden. Häufig hat die Sonotrode auf der Eingangsseite einen grösseren Querschnitt als auf der Ausgangsseite. Dadurch wirkt sie als Amplitudenverstärker.

Die bekannten Ultraschall-Geräte bauen in Richtung der Schwingachse relativ lang, so dass schwer zugängliche Werkstücke oft schwierig zu bearbeiten sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sonotrode anzugeben, die eine kürzere Baulänge in Schwingrichtung des Werkzeuges ermöglicht. Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombination der Ansprüche gelöst.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Schnitt durch eine Sonotrode mit angeschlossenem Schwingungserreger und Werkzeug,

Fig. 2 eine Darstellung der Schwingung der Sonotrode,

Fig. 3 eine Ansicht der Sonotrode, und

Fig. 4 eine Variante der Sonotrode.

Die Ultraschall-Bearbeitungsvorrichtung nach Fig. 1 besteht aus einem Schwingungserreger 1 mit einem Piezoquarz-Dickenschwinger 2 und zwei stirnseitig damit verbundenen Metallzylindern 3, einem Verstärker oder Booster 4, einer Sonotrode 5 und einem Werkzeug 6. Der Schwingungserreger ist zylindrisch und führt harmonische Longitudinalschwingungen längs seiner Achse 10 mit einer Knotenebene in seiner axialen Längsmitte aus. Die Maximalamplitude tritt an den Stirnflächen des Schwingungserregers 1 auf. An die eine Stirnfläche ist die dickere Stirnfläche des als Rotationskörper ausgebildeten, koaxialen Verstärkers 4 angeschlossen. Der Verstärker 4 ist gegen die andere Stirnfläche hin vorzugsweise verjüngt und schwingt ebenfalls auf seiner Eigenfrequenz longitudinal um eine Knotenebene. Durch die Verjüngung wird die Schwingungsamplitude verstärkt.

Die Sonotrode 5 ist als ringförmiger Biegeschwinger ausgebildet mit einer zylindrischen Aussenfläche 15 und einer koaxialen, zylindrischen Innenfläche 16. Das dünnere Ende des Verstärkers 4 ist in einen als Innengewinde ausgebildeten Eingang 17 der Sonotrode eingeschraubt. Der Eingang 17 ist koaxial zur Achse 10 und radial zur zylindrischen Aussenfläche 15. Der Ausgang 18 der Sonotrode 5 ist als Bohrung ausgebildet, in welche das hier rohrförmige Werkzeug 6 fest verbunden (z.B. eingelötet) ist. Die Ausgangsachse 19 ist ebenfalls radial und schneidet die Eingangsachse 10 unter einem Winkel von etwa 90°. An der Sonotrode 4 ist ein koaxiales Röhrchen 20 angeformt, das mit einer den Schwingungserreger 1 und den Verstärker 4 durchsetzenden Bohrung 21 kommuniziert. Das Röhrchen 20 ist mit der axialen Bohrung 23 des Werkzeuges 6 über einen Schlauch 22 verbunden. Bei der Ultraschall-Bearbeitung kann durch die Bohrung 21, den Schlauch 22 und das hohle Werkzeug 6 Schleifmittel von der als Arbeitsfläche wirkenden Stirnfläche 24 des Werkzeuges 6 abgesaugt oder zu dieser Stirnfläche 24 zugeführt werden.

Die Biege-Eigenfrequenz der Sonotrode 5 ist gleich der Longitudinalschwingungs-Eigenfrequenz des Verstärkers 4 und des Schwingungserregers 1. Die Sonotrode 5 schwingt dabei um vier Knotenpunkte 33 bis 36. In Fig. 2 ist die Schwingung der neutralen Faser der Sonotrode 5 dargestellt. Wenn der Querschnitt der Sonotrode 5 über den ganzen Umfang gleich ist, ist die Ausgangsamplitude 31 der Sonotrodenschwingung gleich der Eingangsamplitude 30 (abgesehen von Reibungsverlusten). Wie ersichtlich ist, ist die Ausgangsamplitude maximal, wenn die Ausgangsachse 19 rechtwinklig zur Eingangsachse 10 steht, doch ist die Ausgangsamplitude noch nahe beim Maximalwert, wenn der Winkel geringfügig, z.B.  $\pm 20^\circ$  von diesem Wert abweicht.

Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der Ring-Querschnitt der Sonotrode 5 vom Ausgang 18 her nach beiden Seiten bis zur diametral gegenüberliegenden Stelle zunimmt. Eine vorteilhafte Ausführungsform dieser Variante ist in Fig. 3 dargestellt: Die Sonotrode 5 ist in Richtung der Eingangsachse 10 projiziert keilförmig. Dadurch wirkt die Sonotrode 5 als Verstärker und die Ausgangsamplitude 31 ist grösser als die Eingangsamplitude 30.

In Fig. 4 ist eine Variante der Sonotrode 5 dargestellt, bei welcher das Werkzeug 6 lösbar mit der Sonotrode verbunden ist, z.B. von oben her in ein Muttergewinde 18' eingeschraubt. Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, kann zusätzlich eine Schleifmittel-Zufuhr über eine zusätzliche Bohrung 40 im Verstärker 4, einen weiteren Schlauch 41 und eine das Werkzeug 6 umgebende Ringdüse 42 vorgesehen sein.

Durch die erfindungsgemässe Ausbildung der Sonotrode 5 als ringförmiger Biegeschwinger wird erreicht, dass das Werkzeug 6 im Winkel zur Achse 10 des Schwingungserregers 1 und Verstärkers 4 schwingt. Dadurch können auch schwer zugängliche Werkstücke effizient mit Ultraschall bearbeitet werden.

Falls das Werkzeug 6 zusätzlich zu den Longitudinalschwingungen lateral schwingen soll, kann es abgewinkelt werden.

Für die Sonotrode 5 kommen unter Umständen auch andere Biege-Eigenschwingungen mit mehr als vier Knoten in Frage. In diesen Fällen ist der Winkel, unter dem sich die Achsen 10, 19 schneiden, von 90° verschieden. Bei sechs Knoten schneiden sich die Achsen 10, 19 z.B. vorzugsweise unter 120°.

5

### Patentansprüche

1. Sonotrode für ein Ultraschall-Bearbeitungsgerät, mit einem Eingang (17) zum Anschliessen eines Schwingungserregers (1,4) und einem Ausgang (18) zum Anschliessen eines Werkzeuges (6), wobei die Sonotrode (5) als Biegeschwinger derart ausgebildet ist, dass der Ausgang (18) längs seiner Ausgangsachse (19) schwingt, wenn der Eingang (17) auf einer der Biege-Eigenfrequenzen der Sonotrode (5) längs seiner Eingangsachse (10) angeregt ist, und wobei sich die Eingangsachse (10) und die Ausgangsachse (19) unter einem Winkel ungleich null schneiden.  
10
2. Sonotrode nach Anspruch 1, wobei sie ringförmig ausgebildet ist und die Eingangsachse (10) und die Ausgangsachse (19) radial verlaufen.  
15
3. Sonotrode nach Anspruch 2, wobei der Ringquerschnitt der Sonotrode (5) vom Ausgang (18) aus in beiden Richtungen bis zu der diametral gegenüberliegenden Stelle stetig zunimmt.  
20
4. Sonotrode nach Anspruch 2 oder 3, wobei sie eine kreiszylindrische Aussenfläche (15) und eine koaxiale, kreiszylindrische Innenfläche (16) aufweist.  
25
5. Sonotrode nach Anspruch 3 oder 4, wobei sie in der Projektion parallel zur Eingangsachse (10) keilförmig ausgebildet ist.  
30
6. Sonotrode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei sich die Eingangsachse (10) und die Ausgangsachse (19) unter 70° bis 110° schneiden.  
35
7. Sonotrode nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei sie koaxial zum Ausgang (18) eine Ringdüse (42) für die Zufuhr von Schleifmittel aufweist.  
40  
45  
50  
55

