

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 542 016 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92118228.3**

(51) Int. Cl.⁵: **G10K 11/18**

(22) Anmeldetag: **24.10.92**

(30) Priorität: **09.11.91 DE 4136897**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.05.93 Patentblatt 93/20

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI NL PT SE

(71) Anmelder: **Martin Walter Ultraschalltechnik GmbH**
Hardtstrasse 13 Postfach 6
W- 7541 Straubenhardt 5(DE)

(72) Erfinder: **Walter, Martin**
Erlenweg 14
W- 7516 Karlsbad 1(DE)
Erfinder: **Weber, Dieter**
Lärchenweg 2
W- 7516 Karlsbad 1(DE)

(74) Vertreter: **Trappenberg, Hans**
Trappenberg u. Dimmerling, Wendtstrasse 1,
Postfach 21 13 75
W- 7500 Karlsruhe 21 (DE)

(54) **Ultraschall-Reinigungsbad.**

(57) Stabförmige Schallwandler in Ultraschall-Reinigungsbädern werden mit einer bei etwa 25 kHz liegenden optimalen Frequenz betrieben. Dadurch ergeben sich zwar gute Abstrahlergebnisse, jedoch mit zwischen den Schwingungsbäuchen liegenden Totschallzonen.

Diese, die Reinigungswirkung deutlich vermin-
dernden Totschallzonen werden nach der Erfindung
dadurch vermieden, daß der Schallwandler dauernd
oder in Intervallen, allein oder gleichzeitig zur
Hauptfrequenz mit mindestens einer weiteren Fre-
quenz, betrieben wird.

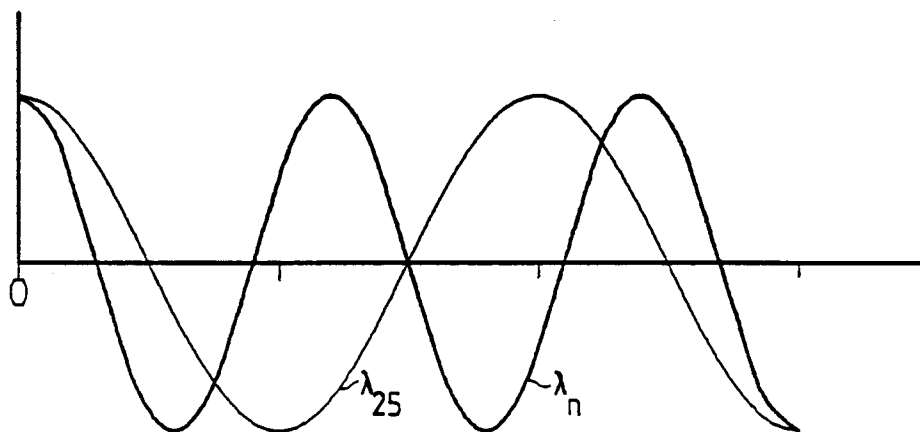


FIG. 3

EP 0 542 016 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen und Abstrahlen von Ultraschallenergie in Flüssigkeiten, insbesondere zum Beschallen von Ultraschall-Reinigungsbädern mittels eines Schallwandlers, also eines Schwingelementes mit einem angefügten, in die Flüssigkeit eintauchenden stab- oder rohrförmigen Resonator, der für die gewählte Ultraschallfrequenz, $f_{(25)}$ die Länge $\lambda/2_{(25)}$ oder eines ganzzahligen Vielfachen hiervon aufweist.

Beim Einsatz derartiger Schallwandler in Ultraschall-Reinigungsbädern beziehungsweise Anlagen wird der Schallwandler an der Wand eines Flüssigkeitsbehälters befestigt so, daß sich der schallabstrahlende Teil, also der stab- oder rohrförmige Resonator, in der Flüssigkeit befindet. Die dem Resonator durch das Schwingelement übermittelte longitudinale Schwingung wird teilweise in transversale Schwingungen umgesetzt, so daß die Ultraschallenergie sowohl in Längsrichtung des Resonators wie auch radial hierzu abgestrahlt wird. Erwünscht ist allerdings im allgemeinen nur die radiale Abstrahlung; die in Längsrichtung, also von der Stirnfläche des stabförmigen (rohrförmigen) schallabstrahlenden Resonators ausgehende Abstrahlung kann normalerweise nicht verwertet werden. Um weitgehend die longitudinal eingespeiste Schwingung in eine radial vom Resonator ausgehende Schwingung umzuwandeln, wurde bereits schon vorgeschlagen (EP-B-44 800), den Resonator am Ort eines longitudinalen Schwingungsmaximums an eine Stirnfläche des Schwingelementes anzufügen und die Gesamtlänge des Resonators auf ein ganzzahliges Vielfaches einer halben Wellenlänge ($\lambda/2$) der vom Schwingelement in den Resonator eingespeisten Longitudinalschwingung abzustimmen. Durch das Ankopeln des Resonators am Ort des Schwingungsmaximums des Schwingelementes wird dessen Gesamtleistung in den Resonator übertragen, der dadurch, daß seine Länge auf die Frequenz des Schwingelementes abgestimmt ist, maximale Abstrahlungsergebnisse aufweisen kann.

Trotz der so erzielten maximalen Abstrahlung der Ultraschallenergie in die Flüssigkeit genügt des öfteren die Beschallung, insbesondere bei Ultraschall-Reinigungsbädern, nicht, da die Ultraschallenergie über die Länge des Resonators gesehen in Form einer Sinusschwingung, also mit ausgeprägten Maximae und Minimae abgestrahlt wird. Die Sinusschwingung stimmt mit der Wellenlänge λ überein, so daß sich beispielsweise bei einem Resonator der Länge $3/2 \lambda$ vier Knotenpunkte mit 0-Energie ergeben bei drei Maximae. Teile, die sich in Ultraschall-Reinigungsbädern bei den Knotenpunkten, also bei der 0-Abstrahlung befinden, werden dadurch nicht beschallt und mithin auch nicht gereinigt.

Ziel der Erfindung ist es, eine Möglichkeit anzugeben, wie diese unterschiedliche Energieverteilung über die Länge des Resonators ausgeglichen beziehungsweise wie eine weitgehend gleichmäßige Beschallung der Flüssigkeit und damit der in der Flüssigkeit befindlichen Teile herbeigeführt werden kann. Erreicht wird dies in erfindungsgemäßer Weise dadurch, daß der Schallwandler dauernd oder in Intervallen, allein oder gleichzeitig zur Hauptfrequenz $f_{(25)}$ mit mindestens einer weiteren Frequenz $f_{(n)}$, entsprechend einer ganzzahligen Vielfachen ($\neq 0$) von $\lambda/2_{(25)}$ betrieben wird.

Nach wie vor wird also der Schallwandler mit der optimalen Reinigungsfrequenz $f_{(25)}$ betrieben, zusätzlich wird das Bad jedoch noch mit einer Frequenz $f_{(n)}$ beschallt, die außerhalb dieser Hauptfrequenz $f_{(25)}$ liegt und einem ganzzahligen Vielfachen von $\lambda/2_{(25)}$ wie auch $\lambda/2_{(n)}$ entspricht. Wird also beispielsweise ein Schallwandler mit einem Resonator entsprechend der Länge $5/2 \lambda_{(25)}$ und einer bestimmten Ultraschallfrequenz $f_{(25)}$ betrieben, so könnte eine zusätzliche Frequenz $f_{(n)}$ für die vorgegebene Resonatorgeometrie $4/2 \lambda_{(n)}$, $6/2 \lambda_{(n)}$, $3/2 \lambda_{(n)}$ oder auch $7/2 \lambda_{(n)}$ entsprechen. Nach wie vor werden also die Resonanzbedingungen eingehalten, es entspricht also stets die vorgegebene Länge des Resonators einem ganzzahligen Vielfachen von $\lambda/2$, bei jedoch erhöhter oder erniedrigter Frequenz $f_{(n)}$. Damit liegen jedoch, über die Länge des Resonators gesehen, die Maximae und Minimae an anderen Stellen, so daß bisherige Totschallzonen nunmehr auch beschallt werden. Die möglicherweise geringere Beschallung an den vorherigen Maximae bei der Frequenz $f_{(25)}$ wirkt sich in der Praxis kaum aus, da dort ja maximale Abstrahlungsergebnisse, wie eingangs angeführt, zu verzeichnen sind.

Selbstverständlich können statt einer zusätzlichen Frequenz auch mehrere zusätzliche Frequenzen, die jeweils allerdings einem ganzzahligen Vielfachen von $\lambda/2_{(n)}$ entsprechen müssen, eingespeist werden.

Im einfachsten Falle wechselt die Hauptfrequenz $f_{(25)}$ mit der Zusatzfrequenz $f_{(n)}$ intervallartig ab oder die Zusatzfrequenz $f_{(n)}$ wird intervallartig zu der Hauptfrequenz $f_{(25)}$ eingespeist. Selbstverständlich können auch die Hauptfrequenz $f_{(25)}$ und die Zusatzfrequenz (Zusatzfrequenzen) $f_{(n)}$ dauernd zusammen dem Resonator zugeführt werden.

Auf jeden Fall wird bei Anwendung des Verfahrens nach der Erfindung erreicht, daß die bisherigen Totschallzonen vermieden werden und sich damit bessere und gleichmäßigere Reinigungsergebnisse über die gesamte Fläche der zu reinigenden Teile erzielen lassen.

Auf der Zeichnung ist schematisch ein derartiger Schallwandler mit den zugehörigen Frequenzen und Schalleistungen dargestellt, und zwar zeigen:

- Fig. 1 einen Schallwandler, 5
 Fig. 2 unterschiedliche Ultraschallabstrahlungen über die Länge des Resonators,
 Fig. 3 zwei unterschiedliche Longitudinalschwingungen über die Länge des Resonators und 10
 Fig. 4 die sich aus Fig. 3 ergebende Hüllkurve.

Ein Ultraschallgenerator (1) ist mit einem Resonator (2) zusammengefügt. Der Resonator weist eine Länge 1 entsprechend der Ultraschallfrequenz von $3/2 \lambda_{(25)}$ auf. Aus der vom Ultraschallgenerator (1) erzeugten Longitudinalwelle, die in Fig. 2 dargestellt ist, ergeben sich die λ -Schwingungsknotenpunkte $1/2 \lambda_{(25)}$, $2/2 \lambda_{(25)}$ und $3/2 \lambda_{(25)}$, die über die Länge des Resonators (2) markiert sind. Entsprechend verlaufen auch die Leistungskurven nach Fig. 3, jeweils mit sinusförmigen Schwingungsbäuchen bei $1/4 \lambda_{(25)}$, $3/4 \lambda_{(25)}$ und $5/4 \lambda_{(25)}$. 25
 Mit geringer Strichstärke eingezeichnet ist in die Kurven der Fig. 2 und Fig. 3 eine erhöhte Frequenz $f_{(n)}$ entsprechend $5/2 \lambda_{(n)}$. Auch hier sind die Schwingungsknotenpunkte $1/2 \lambda_{(n)}$, $2/2 \lambda_{(n)}$, $3/2 \lambda_{(n)}$ und $4/2 \lambda_{(n)}$ in Fig. 1 markiert. $5/2 \lambda_{(n)}$ fällt selbstverständlich zusammen mit $3/2 \lambda_{(25)}$. Entsprechend dieser erhöhten Frequenz ergibt sich auch eine schnellere Longitudinalschwingung, die mit geringer Strichstärke in Fig. 3 dargestellt ist, sowie auch eine 35
 entsprechende Folge der Schwingungsbäuche, die sich ebenfalls mit geringer Strichstärke in Fig. 2 finden. Aus den beiden Kurven ist deutlich ersichtlich, daß sich bei der jeweiligen Frequenz stets Knotenpunkte, also Totschallgebiete ausbilden, die nun aber zumindest teilweise von der jeweils anderen Frequenz abgedeckt werden. Besonders deutlich sichtbar ist dies aus der Hüllkurve nach Fig. 4, aus der ersichtlich ist, daß sich über 40
 die gesamte Länge 1 des Resonators (2) keine Totschallbereiche mehr befinden, vielmehr eine nahezu gleichmäßige Beschallung der Flüssigkeit und damit der in der Flüssigkeit befindlichen Teile über die gesamte Länge 1 des Resonators (2) 45
 erfolgt. 50

gefügt, in die Flüssigkeit eintauchenden stab- oder rohrförmigen Resonator, der für die gewählte Ultraschallfrequenz $f_{(25)}$ die Länge $\lambda/2_{(25)}$ oder eines ganzzahligen Vielfachen hiervon aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Schallwandler (1 + 2) dauernd oder in Intervallen, allein oder gleichzeitig zur Hauptfrequenz $f_{(25)}$ mit mindestens einer weiteren Frequenz $f_{(n)}$, entsprechend einer ganzzahligen Vielfachen ($\neq 0$) von $\lambda/2_{(25)}$, betrieben wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen und Abstrahlen von Ultraschallenergie in Flüssigkeiten, insbesondere zum Beschallen von Ultraschall-Reinigungsbädern mittels eines Schallwandlers, also eines Schwingelementes mit einem an- 55

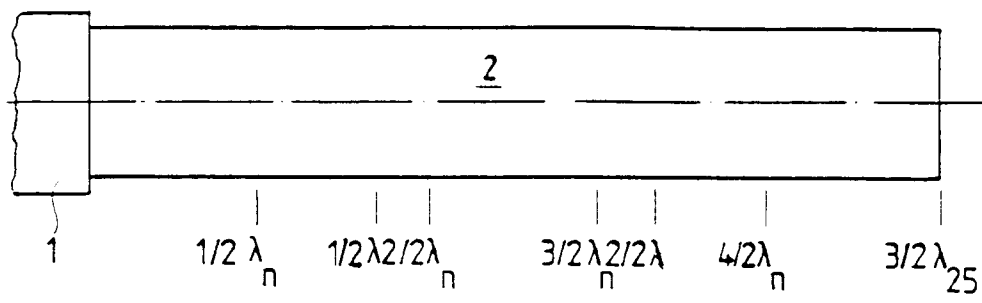


FIG. 1

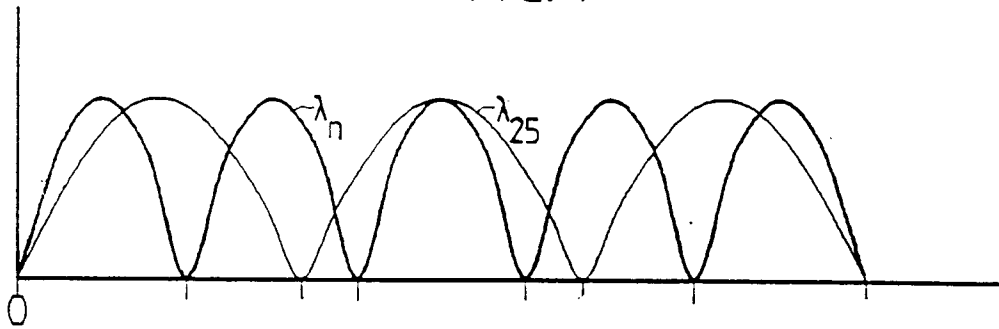


FIG. 2

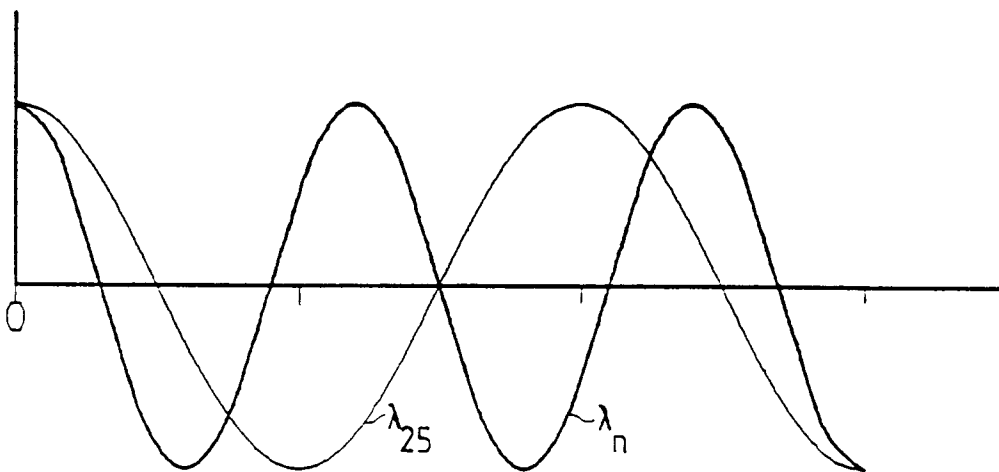


FIG. 3

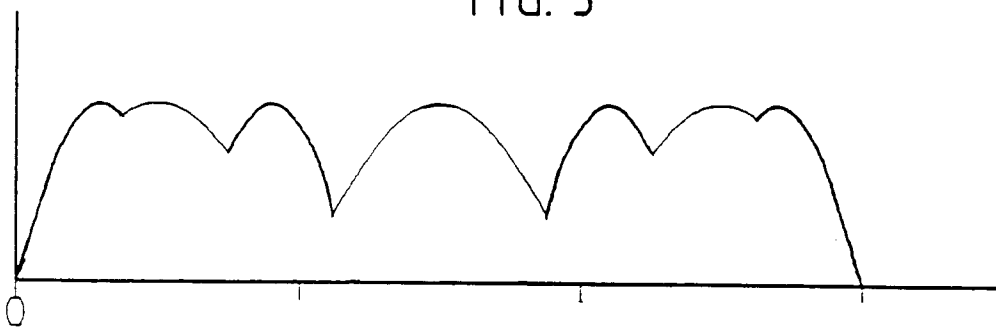


FIG. 4