

19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift

11 DE 3328614 A1

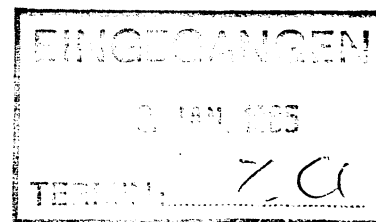
51 Int. Cl. 3:

B23K 20/10

21 Aktenzeichen: P 33 28 614.0

22 Anmeldetag: 8. 8. 83

43 Offenlegungstag: 13. 12. 84



30 Unionspriorität: 32 33 31

09.06.83 FR 8309574

71 Anmelder:

Mecasonic, Annemasse, FR

74 Vertreter:

Betzler, E., Dipl.-Phys., 8000 München;
Herrmann-Trentepohl, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4690
Herne

72 Erfinder:

Scotto, Jean-Pierre, Bonne, FR

54 Ultraschall-Sonotrode

Bei einer Ultraschall-Sonotrode für die Ultraschall-schweißung, mit mehreren durch nicht ausmündende Schlitze begrenzten Schenkel, die durch einen Stab gebildet ist, dessen Länge gleich einer halben Wellenlänge der Longitudinalwelle bei der Frequenz des Ultraschallkopfs ist, sieht die Erfindung vor, daß zur Erzielung einer konstanten Amplitude auf der Arbeits- oder Ausgangsfläche der Sonotrode der Stabquerschnitt in der Nähe des Schwingungsknotens, d. h. in der zentralen Zone, verringert wird.

DE 3328614 A1

4890 Herne 1,
Schaeferstraße 18
Postfach 1140

Pat.-Anw. Herrmann-Trentepohl
Fernsprecher: 0 23 23 / 5 10 18
5 10 14

Telegrammanschrift:
Bahrpatente Herne
Telex 08 229 853

3328614

Dipl.-Ing. R. H. Bahr (1931-1981)
Dipl. - Phys. Eduard Betzler
Dipl.-Ing. W. Herrmann-Trentepohl
PATENTANWÄLTE

PROFESSIONAL REPRESENTATIVES
BEFORE THE EUROPEAN PATENT OFFICE

8000 München 70
Pilinganserstr. 18 a
Postfach 70 02 09
Pat.-Anw. Betzler
Fernsprecher: 089 / 7 25 40 63
7 25 40 64
7 25 40 65

Telegrammanschrift:
Babetzpat München
Telex 5 215 360
Telefax 089/79 89 88

MECASONIC
Z.I. rue de Foran
Ville-La-Grand

F-74104 Annemasse Cedex
Frankreich

Bankkonten:
Bayerische Vereinsbank München 952 287
BLZ 700 202 70
Dresdner Bank AG Herne 7-520 499
BLZ 432 800 84
Postscheckkonto Dortmund 558 68-487
BLZ 440 100 46

Ref.: MO 7689
In der Antwort bitte angeben

Zuschrift bitte nach:

München

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Ultraschall-Sonotrode für die Ultraschallschweißung, mit mehreren durch nicht ausmündende Schlitze begrenzten Schenkel, die durch einen Stab gebildet ist, dessen Länge gleich einer halben Wellenlänge der Longitudinalwelle bei der Frequenz des Ultraschallkopfs ist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer konstanten Amplitude auf der Arbeits- oder Ausgangsfläche (XX') der Sonotrode der Stabquerschnitt in der Nähe des Schwingungsknotens, d.h. in der zentralen Zone, verringert ist.
2. Sonotrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stabquerschnitt durch eine Bohrung von durchgehenden Öffnungen (40, 40') im Bereich des Schwingungsknotens auf den Schenkeln verringert ist, deren Frequenz zu verringern ist, wobei der Durchmesser der Öffnungen eine Funktion der Verringerung der Frequenz ist, die man einzeln auf jedem Schenkel der Sonotrode erhalten will.
3. Sonotrode nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (40, 40'-42, 42') oberhalb des abgerundeten Übergangsbereichs zwischen dem ersten Teil mit Viertelwellenlänge und dem zweiten Teil mit Viertellänge

der Welle der Sonotrode ausgebildet sind.

4. Sonotrode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen exakt in der Mitte der Sonotrode gebohrt sind.

5. Verfahren zur Herstellung einer Sonotrode mit einer konstanten Amplitude gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man eine klassische Sonotrode gemäß dem Stand der Technik herstellt, die eine Reihe von Schlitzten beinhaltet, deren Anzahl und Abmessungen von der Geometrie der Sonotrode abhängig ist, daß man darauf eine Reihe von Messungen durchführt, um die Zonen mit schwacher Amplitude zu bestimmen, daß man darauf eine Reihe von durchgehenden Öffnungen in Nachbarschaft des Schwingungsknotens auf den Schenkeln ausbildet, deren Frequenz zu verringern ist, wobei der Durchmesser dieser Öffnungen eine Funktion der Ungleichheiten der während des vorangegangenen Schritts gemessenen Amplituden ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der genaue Durchmesser der Öffnungen im Bereich des Schwingungsknotens auf den Schenkeln, deren Frequenz zu verringern ist, empirisch durch eine Reihe von Amplitudenmessungen bestimmt ist, die zwischen zwei Vorgängen der Lochbohrung zwischengeschaltet sind.

Ultraschall-Sonotrode

Die Erfindung betrifft Verbesserungen bei der Herstellung von Sonotroden, die zum Ultraschallschweißen eingesetzt werden.

Es ist bekannt, daß Ultraschall-Schweißsonotroden die Form eines Stabes mit einer Länge gleich einer halben Wellenlänge ($\lambda/2$) bei einer Frequenz im allgemeinen von 20 kHz für den größten Teil von Ultraschall-Schweißgeräten. In den Fig. 1 und 2 ist schematisch in Vorderansicht und Seitenansicht ein Beispiel einer bekannten Sonotrode dargestellt. Diese Sonotrode besitzt die Form eines Stabes mit einer Gewindebohrung 10 zur Befestigung an einem Ultraschallkopf. In erster Annäherung besitzt die Halblänge der Longitudinalwelle ($\lambda/2$) für einen Stab aus Titan oder Duraluminium bei einem Durchmesser zwischen 30 und 80 mm die Größenordnung von 124 mm für eine Frequenz von 20 kHz. Das hat zur Folge, daß eine Sonotrode mit einer Halbwelle bei einer Frequenz von 20 kHz immer eine Länge in der Nähe von 124 mm besitzt. Aus den Fig. 1 und 2 geht hervor, daß eine grundsätzliche zylindrische Sonotrode aus zwei Viertelwellen ($\lambda/4$) mit jeweils einer Länge von 62 mm gebildet ist. Jede der Enden der Sonotrode bildet einen Wellenbauch mit einer Amplitude A, aber einen Schwingungsknoten der Beanspruchung (noeud de contrainte), während die Mitte des die Sonotrode bildenden Stabs ein Schwingungsknoten mit der Amplitude N ist, aber ein Schwingungsbauch der Belastung. In den Fig. 1 und 2 sind die mit dem Bezugszeichen C belegten Belastungszonen durch Schraffur dargestellt.

Man erkennt ferner Sonotroden, die gemeinhin als "Schaufeln" bezeichnet sind. Fig. 3 zeigt ein Beispiel einer solchen Schaufelsonotrode mit einer Länge zwischen 150

und 200 mm. Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, besitzt eine solche Sonotrode die Form eines rechteckförmigen Blocks umfassend eine Gewindebohrung 12, die zur Befestigung an einem Ultraschallkopf dient, einen ersten Teil 14 mit einer Viertelwelle ($\lambda/4$), der eine Länge in der Größenordnung von 62 mm und einen rechteckförmigen Querschnitt S_1 besitzt, einen zweiten Teil 16 mit Viertelwelle und einen rechteckförmigen Querschnitt S_2 , der in den ersten Teil 14 mittels eines Radius R übergeht, einen spitzen Winkel von 6° , der entsprechend Fig. 3 ein konisches Profil des zweiten Teils 16 bildet, sowie nicht ausmündende Schlitze F_1 und F_2 , die auf der Sonotrode drei Schenkel 18, 20 und 22 mit gleichem Querschnitt bilden, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist. Das Verstärkungsverhältnis R einer solchen Sonotrode ist durch die folgende Beziehung gegeben:

$$R = \frac{A_2}{A_1} = \frac{S_1}{S_2}$$

in welcher S_1 und S_2 jeweils die Querschnitte des ersten und zweiten Teils 14 und 16 der Sonotrode sind.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel einer schaufelartigen Sonotrode mit einer Länge zwischen 225 und 325 mm. Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, besitzt eine solche Sonotrode die Form eines rechteckförmigen Blocks, der mit Hilfe einer Gewindebohrung auf dem Ultraschallkopf befestigt ist und folgendes umfaßt, nämlich einen ersten Teil mit Viertelwelle ($\lambda/4$) mit rechteckförmigem Querschnitt S_1 , einen zweiten Teil mit Viertelwelle und einem rechteckförmigen Querschnitt S_2 , der in den ersten Teil über einen Radius R einläuft, einen spitzen Winkel von 6° , wie in der Zeichnung dargestellt, der ein konisches Profil des zweiten Teils mit Viertelwelle bestimmt, sowie vier Schlitze F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , die nicht einmündend ausgebildet sind und die fünf Schenkel 24, 26, 28, 30 und 32 mit gleichem Querschnitt begrenzen. Das Verstärkungsverhältnis R einer

solchen Sonotrode ist durch die folgende Beziehung gegeben:

$$R = \frac{A_2}{A_1} = \frac{S_1}{S_2}$$

in welcher S_1 und S_2 jeweils die Schnitte des ersten und zweiten Teils mit Viertelwelle der Sonotrode sind.

Die schaufelartigen Sonotroden, die oben beschrieben sind und mehrere nicht einmündende Schlitzte besitzen, weisen als hauptsächlichsten Nachteil das Vorhandensein von unregelmäßigen Amplituden auf der Arbeitsfläche auf. Tatsächlich verhält sich das ganze wie wenn jeder der Schenkel der Sonotrode sich unterschiedlich verhalten würde, obgleich alle Schenkel durch denselben Ultraschallkopf erregt werden. Eine genaue Messung der Amplitude A zeigt, daß Differenzen in der Größenordnung von 20% entlang der Arbeitsfläche XX' bestehen. Fig. 4 zeigt schematisch die Verteilung der Amplitude A entlang der Arbeitsfläche XX' des in Fig. 3 dargestellten Sonotroden. Man erkennt, daß solche Unregelmäßigkeiten der Amplitude sehr nachteilhaft für die Verwendung dieser Sonotroden, mit Hinsicht auf die Verbindung, für das Schweißen von Kunststoffteilen durch Ultraschall sind, denn diese bestimmen eine reichsweise unregelmäßige Schweißung.

Wenn man eine schaufelartige Sonotrode mit zwei Schlitzten F_1 , F_2 , die nicht einmünden, überprüft, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist, welche drei Schenkel 18, 20 und 22 begrenzt, so stellt man fest:

Der mittlere Schenkel 20, welcher direkt durch den Ultraschallkopf erregt ist, verhält sich gegenüber den beiden seitlichen Schenkeln wie ein "Erreger"; die seitlichen Schenkel 18 und 22, die auf dem Niveau der Schwingungsbäuche der Amplituden mit dem zentralen Schenkel 20 durch die Abschnitte Z gekoppelt sind, verhalten sich wie

"Resonatoren", die durch die Motorwirkung des mittleren Schenkels 20 erregt sind.

Eine Reihe von Versuchen, die von der Anmelderin durchgeführt worden sind, ermöglichen es, die folgenden Punkte aufzuzeigen:

- a) Für eine schaufelartige Sonotrode (pelle) gemäß dem Stand der Technik ist die für den zentralen Schenkel (welcher entsprechend obigem einen Erreger bildet) geeignete Frequenz, isoliert genommen, immer niedriger als die Frequenz, die für die seitlichen Schenkel, welche die Resonatoren bilden, geeignet ist, getrennt genommen;
- b) die Unregelmäßigkeit des Werts der Amplitude A , die über die Länge der Arbeitsfläche XX' der Sonotrode (Fig. 4) beobachtet wird, beruht im wesentlichen auf der schlechten Übereinstimmung in der Frequenz zwischen dem zentralen Erregerschenkel 20 und den seitlichen Resonatorschenkeln 18 und 22;
- c) die Amplitude A_2 wird praktisch konstant entlang der Arbeitsfläche XX' , wenn anders als bei den klassischen Sonotroden, die Frequenz des zentralen Erregerschenkels 20 höher ist als die für die seitlichen Resonatorschenkel 18 und 22 geeignete Frequenz.

Unter Berücksichtigung dieser Feststellungen und um die oben angegebenen Nachteile zu beheben, die auf den Schwierigkeiten der Ungleichheiten der Amplitude beruhen, sind Sonotroden der Bauart geschaffen worden, die schematisch in Fig. 6 dargestellt sind. Eine solche verbesserte bekannte Sonotrode umfaßt seitliche Schenkel 34, 34' (Resonatoren), die länger sind als der zentrale Schenkel 36 (Erreger). Man weiß, daß die für ein Element geeignete Frequenz, welches auf einer halben longitudinalen Wellenlänge ($\lambda/2$) schwingt, umgekehrt proportional zu seiner Länge ist. Dies hat zur Folge, daß die Resonanzfrequenz

der seitlichen Resonatorschenkel 34 und 34' niedriger ist als diese des zentralen Erregerschenkels 36, berücksichtigt man ihre jeweiligen Längen. Man kann folglich eine konstante Amplitude auf der Ausgangsfläche XX' erhalten. Eine solche Lösung bringt eine Verbesserung bei der Verteilung der Amplitude der Ultraschallgeräte. Jedoch ist die Durchführung dieser verbesserten Lösung, wie sie in Fig. 6 dargestellt ist, problematisch, insbesondere weil es notwendig ist, Sonotroden mit großen Abmessungen zu schaffen, welche mehr als drei Schenkel enthalten. Eine Sonotrode nach diesem Stand der Technik, wie sie in Fig. 6 dargestellt ist, besitzt ein geripptes Profil, dessen Herstellung eine aufwendige Fräsarbeit erfordert, die durch eine Reihe von komplizierten Messungen der Amplitude und der Frequenz unterbrochen werden muß.

Die Erfindung schlägt eine einfache Lösung des Problems der Verteilung der Amplitude eines Ultraschallgeräts vor.

Die Erfindung ist realisiert anhand der folgenden, durch die Anmelderin gemachten Beobachtungen:

- 1) Um die Resonanzfrequenz einer grundsätzlichen Sonotrode mit einer halben Wellenlänge ($\lambda/2$) zu verringern, welche durch einen Stab mit konstantem Querschnitt gebildet ist, genügt es, den Stabquerschnitt in der Nähe des Schwingungsknotens N zu verringern, d.h. praktisch in der zentralen Zone;
- 2) für eine Sonotrode mit drei Schenkeln, für welche man eine konstante Amplitude auf der Arbeitsfläche erhalten will, muß man die Frequenz der seitlichen Schenkel verringern, damit diese niedriger ist als die Frequenz des zentralen Schenkels.

Zu diesem Zweck schafft die Erfindung eine Ultraschall-Sonotrode für das Ultraschallschweißen mit mehreren Schenkeln, die durch nicht ausmündende (non débouchantes)

Schlitze begrenzt sind und die durch einen Stab mit einer Länge gebildet ist, die gleich einer halben Wellenlänge der Longitudinalwelle bei der Frequenz des Ultraschallkopfs ist, wobei diese Sonotrode dadurch gekennzeichnet ist, daß zur Erzielung einer über der Arbeits- oder Austrittsfläche der Sonotrode konstanten Amplitude der Stabquerschnitt in der Nähe des Schwingungsknotens, d.h. in der zentralen Zone verringert ist.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Stabquerschnitt durch das Bohren von durchgehenden Löchern in der Nachbarschaft des Schwingungsknotens auf den Schenkeln verringert, deren Frequenz verringert wird, wobei der Durchmesser der gebohrten Löcher eine Funktion der Verringerung der Frequenz ist, die man individuell auf jedem Schenkel erhalten will.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Sonotrode mit einer konstanten Amplitude auf der gesamten Arbeitsfläche.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. Darin zeigen

Fig. 1 und 2 eine Vorderansicht und eine Seitenansicht einer vorbekannten Sonotrode,

Fig. 3 in schematischer Darstellung eine perspektivische Ansicht einer schaufelartigen Sonotrode mit drei Schenkeln (Stand der Technik),

Fig. 4 ein Diagramm zur Darstellung der Veränderungen der Amplitude auf der Arbeitsfläche XX' der Sonotrode gem. Fig. 3,

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht einer schaufelartigen Sonotrode mit großer Länge gem. dem Stand der Technik,

- Fig. 6. eine Schemaansicht in perspektivischer Darstellung einer, wie oben beschrieben, verbesserten Sonotrode, die eine konstante Amplitude über die Länge der Arbeitsfläche XX' erlaubt,
- Fig. 7 eine perspektivische Ansicht in Schemadarstellung zur Verdeutlichung eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Sonotrode,
- Fig. 8 eine Grundrißansicht der Sonotrode nach Fig. 7 sowie
- Fig. 9 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer schaufelartigen Sonotrode mit großer Länge nach Maßgabe der Erfindung.

Die Fig. 7 und 8 zeigen eine schaufelartige Sonotrode mit drei Schenkeln nach Maßgabe der Erfindung. Daraus geht hervor, daß man eine konstante Amplitude auf der Arbeitsfläche einer solchen Sonotrode erhält die mit Durchgangslöchern 40, 40' in der Nachbarschaft des Knotens auf den seitlichen Schenkeln versehen ist, deren Frequenz vermindert werden soll. Der Durchmesser der Öffnungen 40 und 40' ist eine Funktion der Verringerung der Frequenz, die man individuell auf jedem der Schenkel erzielen will, wobei die Verringerung der Frequenz, die man damit erhält, eine Funktion der Verringerung des Querschnitts in der Nähe des Schwingungsknotens der Amplitude ist, was aufgrund des Vorhandenseins der Öffnungen 40 und 40' beruht.

In Praxis und gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung bohrt man, um eine Schwächung des Aufbaus der Sonotrode in der Zone der maximalen Belastung zu vermeiden, die wie oben dargestellt in der Nachbarschaft bzw. im Bereich des Radius R liegt, die Öffnungen 40 und 40' über der Ausrundung im Übergangsbereich, der zwischen dem ersten Teil mit Viertellänge der Welle und dem zweiten Teil mit

Viertellänge der Welle der Sonotrode vorhanden ist. Im Falle einer Sonotrode mit blockartigem Aufbau, die einen konstanten Querschnitt besitzt, sind die Öffnungen exakt in der Mitte der Sonotrode gebohrt.

Fig. 9 zeigt schematisch eine Sonotrode in Art einer Schaufel (pelle) mit großer Länge nach Maßgabe der Erfindung. Diese Sonotrode ist in Form eines Stabs gebildet, der einen ersten Teil mit Viertelwellenlänge und einen zweiten Teil aufweist, gleichfalls mit einem Viertel der Welle, wobei der zweite Teil mit dem ersten in der oben beschriebenen Weise verbunden ist. Vier nicht ausmündende Schlitz begrenzen fünf Schenkel, nämlich einen mittleren Schenkel 47 und seitliche Schenkel 46, 46' und 44, 44'. Um eine konstante Amplitude auf der gesamten Arbeitsfläche einer solchen Sonotrode zu erhalten, bohrt man erfindungsgemäß die Öffnungen 40, 40' sowie 42, 42' in der Nachbarschaft bzw. im Bereich des Knotens auf den Schenkeln 44, 44' und 46, 46', deren Frequenz verringert werden soll. Wie man aus der Darstellung ersieht, ist der Durchmesser der auf diese Weise herausgearbeiteten Öffnungen eine Funktion der Verringerung der Frequenz, die man individuell auf jedem der Schenkel erhalten will.

Die Erfindung sieht ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Sonotrode mit einer konstanten Amplitude vor. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß man eine klassische Sonotrode gemäß dem bekannten Stand der Technik herstellt, d.h. eine Sonotrode, die eine Reihe von Schlitzzen beinhaltet, deren Anzahl und Abmessungen von der Geometrie der Sonotrode abhängt. Man führt darauf eine Reihe von Messungen durch, um die Zonen mit schwacher Amplitude zu bestimmen, darauf schafft man eine Reihe von Öffnungen, die durchgehend ausgebildet sind, und zwar in der Nachbarschaft, also im Bereich der Knoten auf den Schenkeln, deren Frequenz verringert werden soll, wobei der Durchmesser dieser Öffnungen eine Funktion der Ungleichheiten der während des vorausgegangenen Schritts

