

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 205 355 B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de fascicule du brevet:
16.10.91

(51) Int. Cl.⁵: **B08B 3/12**, G10K 11/34,
G10K 13/00, B06B 1/00

(21) Numéro de dépôt: **86400820.6**

(22) Date de dépôt: **16.04.86**

(54) **Dispositif de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons.**

(30) Priorité: **16.04.85 FR 8505710**

(43) Date de publication de la demande:
17.12.86 Bulletin 86/51

(45) Mention de la délivrance du brevet:
16.10.91 Bulletin 91/42

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(56) Documents cités:
DE-A- 2 600 810 DE-A- 3 114 657
FR-A- 764 869 FR-A- 876 822
FR-A- 1 142 784 FR-A- 1 207 076
FR-A- 1 459 910 US-A- 4 120 699

**IEEE TRANSACTIONS ON SONICS AND UL-
TRASONICS**, vol. SU-31, no. 4, juillet 1984,
pages 432-435, IEEE, New York, US; S. HOS-
SEINI et al.: "Computer controlled focused
ultrasonic transmitting array"

(73) Titulaire: **OMEGA TECHNOLOGIES**
**Z.A. de Courtaboeuf Bâtiment Baltique Ave-
nue de la Baltique Les Ulis**
F-91947 Les Ulis(FR)

(72) Inventeur: **Imbault, Jean-Jacques**
2, rue des Martins-Pêcheurs
F-91160 Ballainvilliers(FR)
Inventeur: **Lefevre, Bernard**
Chemin du Vallon Equemanville
F-14600 Honfleur(FR)

(74) Mandataire: **Martin, Jean-Jacques et al**
Cabinet REGIMBEAU 26, Avenue Kléber
F-75116 Paris(FR)

EP 0 205 355 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention est relative à un dispositif et à un procédé de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons, mettant en oeuvre une cuve destinée à recevoir un agent nettoyant dans lequel est immergée une pièce à nettoyer, la cuve étant munie de transducteurs électroacoustiques émetteurs capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant.

Dans la technique actuelle de nettoyage des pièces mécaniques par ultrasons, les pièces à nettoyer sont placées dans ladite cuve contenant le bain ou agent nettoyant dans lequel est engendré une onde ultrasonore destinée à provoquer dans le bain des perturbations mécaniques. Ces perturbations mécaniques atteignant la ou les pièces à nettoyer, provoquent en relation avec l'agent nettoyant un décapage de la surface libre des pièces par détachement des particules superficielles du matériau constitutif de la pièce, ou des traces de matériaux d'apprêt pour usinage, graisses, colles ou analogues.

Les dispositifs actuellement utilisés permettent certes d'obtenir de bons résultats. Cependant, il est nécessaire, le plus souvent, en fonction des agents nettoyants utilisés tels que eau plus détergent, trichloréthylène, fréon ou analogue, d'utiliser des puissances d'émission de l'onde sonore relativement importantes dans tout le volume du bain afin d'obtenir, au niveau de la seule pièce à nettoyer, une densité de puissance suffisante pour obtenir un effet de nettoyage convenable.

Les transducteurs électro-acoustiques utilisés doivent en conséquence être alimentés en énergie électrique à niveau élevé pendant toute la durée du traitement de nettoyage ce qui conduit à des niveaux de puissance électrique élevés en raison du rendement modeste, de l'ordre de 66 %; des cir-cuits d'alimentation des transducteurs lorsque ceux-ci, selon la technique classique, sont excités directement à partir d'un signal alternatif sinusoïdal.

Des dispositifs de ce type ont été décrits notamment dans le brevet US-A-4 120 699, dans lequel un système d'émission d'ondes ultrasonores a pour objet d'empêcher les dépôts calcaires sur les parois internes d'un récipient contenant un fluide. Dans ce dispositif qui comporte des moyens générateurs de signaux électriques périodiques destinés à alimenter lesdits transducteurs et des moyens de régulation de la fréquence d'émission de l'onde ultrasonore, un phénomène d'ondes stationnaires est engendré entre deux transducteurs opposés. Ce phénomène est engendré par une émission ultrasonore en régime continu ou quasi continu, une modulation de fréquence ou de phase des ondes ultrasonores ayant pour effet de créer un déplacement spatial entre transducteurs des maxima ou ventres des amplitudes de vibration, afin de maintenir les particules de dépôt en suspension dans le fluide. Dans un tel système, la focalisation des ondes ultrasonores résulte de la seule disposition géométrique des transducteurs à la périphérie du récipient.

Afin de créer les ondes stationnaires précitées, il est nécessaire que l'amplitude des différentes ondes sonores engendrées soit sensiblement la même. En conséquence, la puissance des transducteurs ne peut donc être réglée que simultanément.

On connaît également du brevet FR-A-876 822 un dispositif de traitement d'un corps par ultrasons dans lequel une focalisation du faisceau d'onde ultrasonore, engendré par un réseau de transducteurs, peut être obtenue au moyen d'un déphasage des signaux d'excitation des transducteurs. Mais les circuits de déphasage des signaux précités sont constitués par des transformateurs rotatifs pour lesquels le réglage de déphasage ne peut être obtenu que pour un fonctionnement en régime d'émission continue de l'onde ultrasonore.

Les deux documents précités ne peuvent donc pas être utilisés pour une focalisation dynamique ou agile en vue d'application de l'énergie ultrasonore à des zones locales situées au voisinage de l'objet à nettoyer.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités par la mise en oeuvre d'un dispositif et d'un procédé dans lequel le niveau de puissance électrique nécessaire pour l'excitation des transducteurs-émetteurs est notablement réduit par rapport aux dispositifs de l'art antérieur pour un niveau de puissance analogue au voisinage de la pièce à nettoyer.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un dispositif et d'un procédé de nettoyage par ultrasons d'un rendement notablement amélioré.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un dispositif et d'un procédé de nettoyage par ultrasons dans lequel, du fait de la focalisation du faisceau d'onde ultrasonore, une grande flexibilité d'utilisation du dispositif ou du procédé est obtenue, le nettoyage des pièces pouvant être avantageusement programmé en séquences de nettoyage par zones déterminées de la pièce à nettoyer.

Le dispositif de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons, objet de l'invention, est remarquable en ce que les moyens générateurs délivrent aux transducteurs des signaux électriques formés par des impulsions rectangulaires de fréquence de récurrence ajustable, et en ce que ledit dispositif comporte en

outre, d'une part, des moyens de régulation de la puissance de l'onde ultrasonore et, d'autre part, des moyens de focalisation du faisceau résultant permettant la focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant vers la pièce à nettoyer, lesdits moyens de focalisation du faisceau résultant de l'onde ultrasonore étant constitués par des moyens retardateurs programmables connectés entre la sortie desdits moyens

5 générateurs et chacun des transducteurs émetteurs, chacun des moyens retardateurs étant apte à délivrer l'impulsion délivrée par les moyens générateurs avec un retard déterminé selon l'adresse et la position du transducteur émetteur correspondant.

L'invention trouve application dans tous les processus d'usinage de pièces préalablement à des étapes telles que le chromage ou analogue.

10 Elle sera mieux comprise à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans lesquels :

- La figure 1 représente un schéma synoptique général du dispositif de l'invention,
- La figure 2 représente un schéma de principe d'un arrangement de transducteurs émetteurs, constitués en réseau plan bidimensionnel, sur laquelle les différents paramètres géométriques de
- 15 définition du faisceau résultant et de la focalisation ou déflexion de celui-ci sont représentés et définis.
- Les figures 3a et 3b représentent en coupe longitudinale de la cuve, un détail de réalisation de l'invention relative aux transducteurs émetteurs,
- La figure 4 représente un schéma fonctionnel plus complet des circuits électroniques conformément au schéma synoptique de la figure 1,
- 20 · La figure 5 représente un exemple de réalisation particulier d'un déphaseur ou retardateur programmable conformément au schéma de la figure 4,
- La figure 6 représente l'agencement particulier d'un dispositif complet commandé par un microordinateur permettant l'établissement de séquences de nettoyage déterminées en fonction notamment des paramètres géométriques ou topologie de la pièce à nettoyer.

25 Dans les dessins, les différents éléments portent les mêmes références, mais cependant n'ont pas été représentés selon leurs cotes et proportions relatives afin de ne pas nuire à leur clarté et à leur compréhension.

Le dispositif de nettoyage de pièces mécaniques à ultrasons représenté en figure 1, objet de l'invention, comprend une cuve 1 destinée à recevoir un agent nettoyant dans lequel est immergée une

30 pièce P à nettoyer. Les agents nettoyants qui peuvent être utilisés sont ceux déjà cités auparavant dans la description. La cuve 1 est munie de transducteurs électro-acoustiques émetteurs capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant. Sur la figure 1, les transducteurs émetteurs référencés T_i sont représentés disposés en un arrangement particulier sur une paroi de la cuve, la paroi 10 constituant le fond de celle-ci. A titre indicatif, la puissance nécessaire des ondes ultrasonores

35 pour obtenir un effet de nettoyage satisfaisant en fonction de l'agent nettoyant choisi tel que précité doit être comprise entre 1 et 5 Watts/cm² de la surface de la pièce à nettoyer.

Selon l'invention, le dispositif comporte en outre des moyens générateurs 3 de signaux électriques périodiques destinés à alimenter les transducteurs émetteurs et des moyens de régulation 5 de la puissance de l'onde ultrasonore émise par les émetteurs et des moyens de régulation 4 de la fréquence de

40 l'émission de l'onde ultrasonore. L'ensemble des moyens précités permet une régulation fine de la puissance ultrasonore ou de la densité de puissance ultrasonore émise ou à laquelle la pièce à nettoyer est effectivement soumise lors du traitement.

Des moyens 6 de focalisation du faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs électro-acoustiques sont en outre prévus afin d'assurer la focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant

45 vers la pièce P à nettoyer. On comprendra que la focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant permet en définitive la localisation de l'énergie ultrasonore émise dans une zone délimitée sensiblement par un angle solide selon une direction déterminée. La localisation de l'énergie d'émission permet en conséquence une diminution de l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation des transducteurs pour l'obtention d'une densité d'énergie dans la zone localisée d'émission suffisante pour l'obtention d'un

50 nettoyage satisfaisant par rapport aux dispositifs connus de l'art antérieur. Sur la figure 1, les étages de puissance d'attaque des transducteurs ne sont pas représentés. Une configuration particulière du réseau de transducteurs émetteurs 2 sera maintenant décrite en liaison avec la figure 2.

A titre d'exemple non limitatif, le réseau 2 de transducteurs émetteurs peut être constitué par un ensemble de transducteurs répartis dans un plan selon un réseau maillé rectangulaire comportant M

55 colonnes de transducteurs alignées parallèlement à une première direction de référence Ox et N lignes de transducteurs disposées parallèlement à une deuxième direction Oy perpendiculaire à la première direction Ox. Le réseau 2 comporte ainsi M x N transducteurs émetteurs, le centre du réseau correspondant sensiblement à un transducteur est noté O et l'ordre d'une ligne est notée m, m compris entre 1 et M,

l'ordre d'une colonne étant notée n, n étant compris entre 1 et N. Les transducteurs émetteurs T_i sont espacés selon les directions Ox et Oy, la distance entre chaque transducteur consécutif dans ces directions pouvant être identique. Cette distance est notée d. Sur la figure 2, la direction perpendiculaire au plan Ox, Oy contenant les transducteurs est notée Oz. Un point F quelconque de l'espace exposé au rayonnement du réseau sera ainsi repéré en coordonnées sphériques par les paramètres θ_0 angle de $\vec{OF}$, Oz et ϕ_0 angle de Ox avec la projection de $\vec{OF}$ sur le plan Ox, Oy contenant le réseau 2.

Un calcul théorique, conduit dans le cas où ainsi que précédemment décrit où les émetteurs ou sources sont équidistantes dans les directions Ox et Oy et/ou, en outre, ces mêmes émetteurs sont alimentés par des signaux de même amplitude et sont donc soumis à des conditions de fonctionnement identiques entraînant l'émission d'ondes ultrasonores sensiblement de même amplitude, l'alimentation de chacun des émetteurs étant de plus soumise à un déphasage d'une valeur constante par rapport aux émetteurs voisins pour les directions Ox, Oy, permet de définir les paramètres de champ d'interférences de l'ensemble des sources au point F. Pour une différence de phase entre deux sources consécutives prise égale à ϕ_x dans la direction Ox et égale à ϕ_y dans la direction Oy, le champ d'interférences de l'ensemble des sources au point F est donné par la relation I ci-après :

$$E_F = \sum_{m=-M/2}^{+M/2} \sum_{n=-N/2}^{+N/2} A \cdot e^{j \frac{2\pi d}{\lambda} (\sin \theta \cos \phi + \frac{\phi_x \lambda}{2\pi d} + n (\sin \theta \sin \phi + \frac{\phi_y \lambda}{2\pi d})}$$

dans laquelle A représente l'amplitude d'émission d'un transducteur émetteur, λ la longueur d'onde d'émission ultrasonore dans le milieu de propagation constitué par l'agent nettoyant.

Le champ maximum, c'est-à-dire la densité maximale d'énergie ultrasonore au point F est obtenu lorsque les paramètres θ_0 et ϕ_0 vérifient la relation II ci-après :

$$\begin{cases} \sin \theta_0 \cos \phi_0 = - \frac{\phi_x \lambda}{2\pi d} = \cos \alpha_0 \\ \sin \theta_0 \sin \phi_0 = - \frac{\phi_y \lambda}{2\pi d} = \cos \beta_0 \end{cases}$$

Cette nouvelle relation II permet alors de définir la direction, définie par les paramètres directeurs θ_0 , ϕ_0 dans laquelle le champ résultant rayonné est maximum, cette direction s'analysant comme l'intersection d'un premier cône d'axe Ox de demi-angle au sommet α_0 et d'un deuxième cône d'axe Oy, de demi-angle au sommet β_0 , ces cônes étant définis par la relation II précitée.

Les déphasages ϕ_x et ϕ_y nécessaires à l'obtention d'un champ maximum en un point F situé dans une direction de paramètres directeurs θ_0 , ϕ_0 sont donnés pour les directions Ox et Oy du réseau par la relation III ci-après :

$$\begin{cases} \phi_x = - \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_0 \cdot \cos \phi_0 \\ \phi_y = - \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_0 \cdot \sin \phi_0 \end{cases}$$

Dans la relation III le signe - indique que la direction de champ maximum est inclinée vers les phases négatives, c'est-à-dire les retards par rapport à la phase du centre O du réseau. La valeur du champ résultant maximum obtenue est égale à $M \times N \times A$ où $M \times N$ est le nombre total de sources ou émetteurs et A l'amplitude rayonnée par un émetteur. On appellera focalisation ou déflexion la concentration ou localisation d'énergie ultrasonore rayonnée dans la direction θ_0 , ϕ_0 précitée. En outre, la distance d séparant les émetteurs du réseau peut être choisie de façon à supprimer la focalisation au second ordre susceptible d'être obtenue. Dans ce cas, la distance d satisfait la relation IV :

$$d < \frac{1}{1 + \cos \delta_m}$$

5

dans laquelle δ_m représente la valeur maximale admissible pour les demi-angles au sommet des cônes définissant la direction du champ maximum par rapport aux axes Ox et Oy déjà cités.

On comprendra en fait que outre l'augmentation de rendement déjà citée, le dispositif de l'invention, du fait de la focalisation de l'énergie ultrasonore dans une direction privilégiée, permet d'effectuer une
 10 concentration de cette énergie ultrasonore dans la zone localisée précitée. Cette focalisation a pour effet d'entraîner notamment au voisinage de la pièce à nettoyer une série de surpressions et de dépressions dans le milieu de propagation constitué par l'agent nettoyant, lesquelles ont pour effet, en liaison avec cet agent nettoyant, d'effectuer un décapage de la surface de la pièce. Le phénomène de décapage est en fait obtenu par un phénomène analogue à un phénomène de cavitation dû aux surpressions et dépressions
 15 engendrées, lequel provoquant des turbulences autour du faisceau résultant au voisinage de l'impact sur la pièce, provoque le nettoyage de celle-ci. La propagation des ultrasons dans le fluide de propagation ou agent nettoyant provoque la formation de bulles qui implosent sous l'action de la pression acoustique ultrasonore.

Cette implosion engendre une onde de choc très importante. Ce phénomène connu sous le vocable de
 20 cavitation prend naissance en certaines zones, fonctions des paramètres tels que, fréquence d'émission, puissance, température. A titre d'exemple non limitatif, la fréquence d'émission des ondes ultra-sonores est prise égale ou supérieure à 20 kHz.

Dans les procédés classiques, les salissures décollées de la paroi à nettoyer sont en suspension dans le liquide, certaines pouvant se déposer à nouveau sur la pièce, le volume complet du bain nettoyant étant
 25 soumis aux ultrasons. Dans le cas d'une focalisation du faisceau d'ultrasons au contraire, d'une part la densité locale de puissance est supérieure, mais une zone de turbulences entoure cet endroit. Le filtrage des particules décollées en suspension est alors plus efficace si celui-ci est réalisé sur le parcours de la turbulence.

Une description détaillée d'un mode de réalisation avantageux de la structure du réseau 2 sera
 30 maintenant donnée en liaison avec les figures 3a et 3b.

Selon les figures précitées, les transducteurs T_i sont fixés à la paroi 10 de la cuve en saillie par rapport à celle-ci.

Dans les dispositifs de l'art antérieur, les transducteurs constitués sensiblement par un sandwich de céramique piézo-électrique et de masses métalliques vibrantes étaient fixes sur un diaphragme solidaire de
 35 la paroi de la cuve à une extrémité des masses métalliques. Cependant, dans de tels dispositifs, et en particulier lors de l'utilisation de tels transducteurs, la vibration mécanique des masses vibrantes est maximum aux extrémités libres des masses vibrantes et minimum ou nulle au centre, c'est-à-dire au niveau de la jonction des deux pastilles de céramique piézo-électrique.

Ces types de transducteurs sont parfaitement connus de l'état de la technique. La liaison nécessaire de
 40 l'extrémité libre d'une masse vibrante au diaphragme est effectuée normalement par collage, brasure ou soudure. Cette technique présente cependant l'inconvénient selon lequel la liaison du transducteur au diaphragme est située à l'endroit de plus grande amplitude de vibration. Ceci entraîne nécessairement une fatigue de la liaison mécanique transducteurs diaphragme et, à la longue, un fonctionnement défectueux de l'ensemble. En outre, les puissances nécessaires pour obtenir l'effet de nettoyage en l'absence de
 45 focalisation du faisceau résultant nécessitent le plus souvent la présence de plusieurs transducteurs sur un même diaphragme. Cette dernière particularité présente l'inconvénient d'un couplage mécanique inévitable entre transducteurs situés sur un même diaphragme, tout déphasage appliqué à l'un des transducteurs étant nécessairement couplé aux transducteurs voisins. Il ne peut donc y avoir émission indépendante ni en définitive commande séparée des transducteurs.

Le mode de réalisation particulier représenté au moyen des figures 3a et 3b permet de remédier aux
 50 inconvénients précités. Les transducteurs T_i , selon l'invention, sont fixés à la paroi 10 de la cuve au voisinage de leur partie médiane sensiblement. On comprendra ainsi que les transducteurs peuvent être fixés à la paroi par brasure au niveau de l'extrémité non libre d'une masse vibrante, c'est-à-dire l'extrémité de la masse vibrante directement en contact avec l'une des pastilles piézo-électriques constituant le
 55 transducteur. Ce mode de réalisation permet bien entendu une meilleure durée de vie de la liaison transducteurs paroi de la cuve puisque l'élément de liaison utilisé, tel qu'une brasure ou une soudure ou analogue, est soumis à une vibration d'amplitude sensiblement nulle ou très faible. En outre, on comprendra que l'absence ou la quasi absence de vibration au niveau de cette même liaison a pour effet la quasi

suppression du couplage entre les transducteurs, la paroi 10 ne transmettant pratiquement plus aucune vibration aux transducteurs voisins. Une commande séparée indépendante des transducteurs peut donc être envisagée avec une efficacité maximum de la focalisation du faisceau résultant.

A titre d'exemple non limitatif, les transducteurs T_i sont constitués par les céramiques piézo-électriques 103, 104, les masses vibrantes 101, 102, la masse vibrante 101 étant fixée à la paroi 10 au voisinage de la pastille de céramique piézo-électrique 103. L'excitation de chaque transducteur est obtenue à partir d'un fil d'excitation 106 connecté à une électrode 105 assurant la jonction des pastilles piézo-électriques 103, 104. Les transducteurs peuvent être fixés à une partie amovible de la cuve 1, la partie amovible pouvant elle-même constituer une paroi d'un boîtier étanche renfermant les circuits électroniques de commande et d'alimentation des transducteurs émetteurs.

En outre, ainsi que représenté en figure 3b, l'arrangement de transducteurs émetteurs est constitué par une plaque 100 d'une seule pièce sur laquelle sont distribués des plots 1011 ou masses mécaniques en une configuration de réseau. Chaque plot 1011 est en fait destiné à constituer la masse vibrante située dans la cuve de chaque transducteur. La partie active de chaque transducteur est rapportée en vis-à-vis de chaque plot sur la face opposée de la plaque 100. Sur la figure 3b, les mêmes références 103, 104, 105, 106, représentent les mêmes éléments que sur la figure 3a. Lorsque les transducteurs sont montés sur une plaque amovible dans le cas des figures 3a ou 3b, un joint d'étanchéité 110 peut en outre être prévu pour assurer un montage/démontage répétitif de la plaque amovible à des fins de nettoyage par exemple. Le mode de réalisation de la figure 3b, présente en outre des avantages certains du point de vue de la facilité de mise en oeuvre, la plaque 100, d'une seule pièce, pouvant être usinée dans des conditions de tolérance mécanique tout à fait satisfaisantes, lesquelles permettent une bonne précision de focalisation du faisceau résultant.

Une description plus complète des circuits électroniques de l'ensemble du dispositif objet de l'invention, sera maintenant donnée au moyen des figures 4 à 6.

Ainsi que représenté en figure 4 et 1 notamment, les moyens de régulation de la puissance et de la fréquence d'émission de l'onde ultrasonore comportent un transducteur récepteur 7 disposé dans la cuve et placé de préférence au voisinage de l'emplacement destiné à la pièce P à nettoyer. Ainsi que représenté de manière non limitative sur la figure 1, le transducteur récepteur 7 peut être monté amovible par rapport à la pièce P selon une direction de translation notée par exemple X parallèle au réseau 2 et selon la direction verticale notée Z. Le transducteur récepteur 7 permet ainsi un relevé de la puissance ultrasonore reçue par la pièce à nettoyer P en différentes zones localisées de la surface de celle-ci. Le transducteur 7 peut être monté sur un chariot mobile, lequel ne sera pas décrit car parfaitement connu de l'état de la technique. Le transducteur 7 délivre un signal électrique représentatif de la fréquence et de la puissance d'émission de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs émetteurs à un premier circuit de détection 4 capable d'engendrer un signal proportionnel à la fréquence du signal électrique délivré par le transducteur récepteur 7. Le signal délivré par le transducteur récepteur 7 étant sensiblement sinusoïdal, le circuit de détection 4 peut être constitué par un circuit de détection de passage par zéro normalement disponible dans le commerce ou par un discriminateur de fréquences. Le signal délivré par le transducteur récepteur 7 est en outre également délivré à un deuxième circuit de détection 5 capable d'engendrer un signal proportionnel au niveau du signal électrique délivré par le transducteur récepteur 7. Le deuxième circuit de détection 5 peut être constitué par un simple circuit de redressement double alternance délivrant alors un signal représentatif de la puissance du signal engendré par le transducteur récepteur 7 et donc de la puissance de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs émetteurs 2 ou de la puissance ultrasonore reçue par la zone localisée de la pièce soumise à l'impact du faisceau. Les signaux délivrés par les détecteurs 4 et 5 permettent alors de commander les moyens générateurs 3 de signaux électriques périodiques destinés à alimenter les transducteurs. L'asservissement en fréquence d'émission de l'onde ultrasonore et en puissance d'émission peut ainsi être mis en oeuvre par rapport à des valeurs de consigne respectives de fréquence et/ou de puissance d'émission.

Afin d'assurer les asservissements en fréquence et en puissance d'émission précités, les moyens générateurs 3 délivrent de préférence aux transducteurs émetteurs 2 des signaux électriques formés par des impulsions rectangulaires de fréquence de récurrence ajustables. Bien entendu, la fréquence de récurrence des signaux est commandée à partir du signal délivré par le circuit de détection 4. De même, les moyens générateurs 3 délivrent aux transducteurs émetteurs des signaux électriques à rapport cyclique ajustable permettant de ce fait la régulation de la puissance de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs émetteurs. Bien entendu, la commande de la valeur du rapport cyclique des signaux délivrés par les moyens générateurs 3 est effectuée à partir du signal délivré par le détecteur 5.

L'alimentation des transducteurs émetteurs au moyen d'impulsions rectangulaires permet donc une commande précise des paramètres d'émission que sont la fréquence et la puissance d'émission. Ce type

d'alimentation des transducteurs émetteurs permet en outre une amélioration du rendement des circuits électriques, ainsi qu'une diminution de la largeur à 6 dB des faisceaux émis par les transducteurs.

Les moyens générateurs 3 peuvent être constitués par un générateur d'impulsions à fréquence de récurrence et à rapport cyclique ajustable du commerce et par exemple par un circuit intégré MC 3420 distribué par la Société MOTOROLA.

Conformément au mode de réalisation représenté en figure 4, le générateur 3 commandé par les détecteurs 4 et 5 délivre les impulsions rectangulaires à des moyens de focalisation 6 du faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise constitués par des moyens retardateurs programmables. Les moyens retardateurs programmables 6 comportent une entrée de commande notée C et une pluralité de sorties notées S reliées chacune à un transducteur T_i du réseau 2. Sur la figure 4, la liaison entre une sortie S des moyens de focalisation 6 et un transducteur T_i a été représentée au moyen des circuits de puissance capables d'engendrer des impulsions susceptibles d'exciter les transducteurs T_i en conservant bien entendu de manière impérative les relations de phases ou de retards entre impulsions conformément aux lois de phases telles que données précédemment au moyen de la relation III. Sur la figure 4, à titre d'exemple non limitatif, des circuits de puissance ont été représentés comme consistant en deux circuits montés en parallèle 41, 43, 46 ; 42, 44, 47 permettant l'application d'une impulsion de tension de puissance à un transformateur d'isolement 48. A titre d'exemple non limitatif, les circuits 41, 42 peuvent être constitués par des circuits de couplage opto-électroniques formant isolation galvanique de l'ensemble des circuits de commande de la partie commande de puissance. Ces circuits sont normalement disponibles dans le commerce. Les circuits 43 et 44 sont des circuits logiques de commande et de contrôle, permettant la commande correspondante de transistors de commutation de puissance constituant les circuits 46 et 47. On notera que les transistors de commutation constituant les circuits 46 et 47 précités, sont connectés en série avec l'enroulement primaire du transformateur d'isolement 48 de façon à appliquer à celui-ci une tension continue d'une alimentation de puissance notée + sur le circuit 46. Les circuits logiques de commande 43 et 44 ne feront pas l'objet d'une description détaillée car leur fonction se limite à la restitution des impulsions transmises par les circuits de couplage opto-électroniques 41 et 42 avec éventuellement, si nécessaire, des fonctions supplémentaires susceptibles d'assurer la sécurité des commutations engendrées par les transistors de commutation des circuits 46 et 47. L'enroulement secondaire du transformateur d'isolement 48 est en outre relié aux transducteurs émetteurs T_i par l'intermédiaire d'un circuit 49 de compensation permettant par exemple d'obtenir pour chaque transducteur des impulsions calibrées de même niveau. On comprendra bien entendu que chacune des sorties S des moyens de focalisation 6 est reliée aux transducteurs émetteurs correspondants T_i par un circuit de puissance identique à celui représenté en figure 4.

Les moyens de focalisation 6 seront maintenant décrits en liaison avec la figure 5. Les moyens de focalisation 6 sont constitués par des circuits retardateurs aptes à délivrer chacun l'impulsion ou les impulsions délivrées par les moyens générateurs 3 avec un retard déterminé selon l'adresse et la position du transducteur émetteur T_i correspondant. Le retard d'excitation de chaque transducteur, obtenu par le retard correspondant des impulsions appliquées sur l'électrode d'excitation 106 des transducteurs, permet l'application des déphasages ϕ_x, ϕ_y à chaque transducteur émetteur du réseau 2 en fonction de l'adresse m, n de celui-ci pour l'obtention d'une focalisation du faisceau dans une direction donnée θ_0, ϕ_0 selon la relation III déjà citée.

A titre d'exemple non limitatif, les circuits ou moyens retardateurs, ainsi que représenté en figure 5, comportent une pluralité de bascules de type D connectées en cascade. Sur la figure 5, les bascules ont été notées 1 à R. Chaque bascule reçoit un signal d'horloge de synchronisation noté H et la sortie Q d'une bascule d'ordre plus petit que R est reliée à l'entrée de la bascule suivante. L'entrée de la première bascule reçoit le signal impulsions rectangulaires délivré par le générateur d'impulsions 3. Ainsi, pour un signal d'horloge H constitué par des impulsions dont la période de récurrence est ΔT , pas minimum de déphasage, la sortie Q de toute bascule d'ordre k délivre une impulsion retardée par rapport à l'impulsion délivrée à l'entrée de la première bascule d'ordre 1 par le générateur 3 retardée de $k \times \Delta T$. La sortie de chacune des bascules de type D est en outre reliée à l'étage de puissance des transducteurs émetteurs par l'intermédiaire d'un circuit sélecteur de voies noté 61 sur la figure 5. Les circuits sélecteurs de voies 61 peuvent être constitués par des circuits sélecteurs de voies programmables sur 8, 12, 16 bits, selon le nombre de voies, normalement disponibles dans le commerce. Chaque circuit sélecteur de voies 61 est connecté en outre à un BUS de commande 62 constituant en fait l'entrée de commande notée C représentée précédemment en figure 4. Les circuits ou moyens retardateurs tels que représentés en figure 5 permettent ainsi d'appliquer une valeur de déphasage quantifiée sur un nombre de niveaux déterminé de valeurs élémentaires aux impulsions alimentant chacun des transducteurs en fonction d'un programme susceptible de tenir compte bien entendu de la direction dans laquelle il est nécessaire de focaliser

l'énergie ultrasonore en faisceau résultant mais également d'autres paramètres tels que la forme et les dimensions de la pièce à nettoyer, l'angle d'ouverture du faisceau, le niveau d'énergie ultrasonore à appliquer à la pièce en fonction de l'agent nettoyant constituant le milieu de propagation, l'ensemble des paramètres précités pouvant être organisé afin de constituer toute séquence optimale de nettoyage de la pièce en fonction du ou des traitements passés ou ultérieurs appliqués.

Un exemple particulièrement avantageux d'installation complète organisée autour d'un dispositif selon l'invention sera maintenant décrit en liaison avec la figure 6.

Selon la représentation de cette figure, le dispositif de l'invention comporte un microordinateur noté MO et un moniteur de visualisation noté CV. Le microordinateur est bien entendu muni de ses périphériques tels que mémoires de masse à disques magnétiques par exemple. Le microordinateur MO et le moniteur de visualisation CV sont reliés à un système logique de traitement noté L. Le système logique de traitement noté L est lui-même connecté au moyen du BUS 62 au moyen de focalisation 6, c'est-à-dire en fait à l'ensemble des sélecteurs de voies 61 tels que représenté en figure 6. Un programme de gestion de l'ensemble de l'installation telle que représentée en figure 6 permet la conduite du processus de nettoyage d'une pièce P placée dans la cuve, consécutivement aux opérations suivantes :

- les paramètres géométriques de la pièce P sont tout d'abord introduits au moyen du clavier du microordinateur MO ou d'une table à digitaliser comme données ou paramètres de définition des séquences de nettoyage. D'autres paramètres tels que notamment l'angle solide sous lequel est vue la pièce par rapport au centre de phase O du réseau 2, angle d'ouverture du faisceau d'onde ultrasonore résultante sont également introduits par ce même moyen. Le programme de gestion en général stocké en mémoire centrale du microordinateur, programme du type "menu", permet en outre, sur incitation par affichage sur le moniteur de visualisation notamment, d'introduire tout paramètre de conduite du processus de nettoyage tel que par exemple une information codée relativement à l'agent nettoyant utilisé, le niveau d'énergie nécessaire compte tenu de l'agent nettoyant utilisé, la durée de traitement.
- dans le cas du nettoyage de pièces de très grande dimension (plusieurs mètres) et/ou de pièces comportant des parties constituées par des matériaux de nature différente, le programme de gestion précité prévoit en outre l'introduction des paramètres géométriques tels que coordonnées du centre des différentes parties constituant la pièce, nature des matériaux différents constitutifs et temps de traitement correspondant. Dans le cas où la pièce ou les parties sont de dimension très importantes par rapport à la section utile du faisceau résultant, un sous-programme permet en outre d'effectuer un balayage périodique de la surface de la pièce ou d'une partie selon un trajet ou séquence pré-établie afin d'assurer un nettoyage homogène de la partie ou de la pièce précitée.

Revendications

1. Dispositif de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons comprenant une cuve (1) destinée à recevoir un agent nettoyant dans lequel est immergée une pièce (P) à nettoyer, la cuve (1) étant munie de transducteurs électroacoustiques émetteurs (2) capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant, ledit dispositif comportant des moyens générateurs (3) de signaux électriques périodiques destinés à alimenter lesdits transducteurs, des moyens (4) de régulation de la fréquence d'émission de l'onde ultrasonore, caractérisé en ce que lesdits moyens (3) générateurs délivrent aux transducteurs des signaux électriques formés par des impulsions rectangulaires de fréquence de récurrence ajustable, et en ce que ledit dispositif comporte en outre, d'une part, des moyens (5) de régulation de la puissance de l'onde ultrasonore et, d'autre part, des moyens (6) de focalisation du faisceau résultant permettant la focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant vers la pièce à nettoyer, lesdits moyens de focalisation (6) du faisceau résultant de l'onde ultrasonore étant constitués par des moyens retardateurs programmables connectés entre la sortie desdits moyens générateurs et chacun des transducteurs émetteurs, chacun des moyens retardateurs étant apte à délivrer l'impulsion délivrée par les moyens générateurs (3) avec un retard déterminé selon l'adresse et la position du transducteur émetteur correspondant.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens générateurs délivrent aux transducteurs des signaux électriques à rapport cyclique ajustable, permettant, de ce fait, la régulation de la puissance de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs.
3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits transducteurs électro-acoustiques émetteurs (Ti) sont disposés sur une paroi de la cuve selon un arrangement

déterminé, lesdits transducteurs étant en saillie par rapport à la paroi de la cuve.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits transducteurs (Ti) sont fixés à la paroi (10) de la cuve au voisinage de leur partie médiane sensiblement.
5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits transducteurs sont fixés à une partie amovible de la paroi de la cuve, ladite partie amovible pouvant elle-même constituer une paroi d'un boîtier étanche renfermant les circuits électroniques de commande et alimentation des transducteurs émetteurs.
6. Dispositif selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que l'arrangement de transducteurs émetteurs est constitué par une plaque d'une seule pièce, sur laquelle sont distribués des plots ou masses mécaniques distribués en un réseau, la partie active de chaque transducteur étant rapportée en vis-à-vis de chaque plot sur la face opposée de la plaque.
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de régulation de la puissance et de la fréquence d'émission, de l'onde ultrasonore comportent :
 - un transducteur (7) récepteur disposé dans la cuve et placé de préférence au voisinage de l'emplacement destiné à la pièce (P) à nettoyer, ledit transducteur (7) délivrant un signal électrique représentatif de la fréquence et de la puissance d'émission de l'onde ultrasonore des transducteurs émetteurs,
 - un premier circuit de détection (4) capable d'engendrer un signal proportionnel à la fréquence du signal électrique délivré par le transducteur récepteur,
 - un deuxième circuit de détection (5) capable d'engendrer un signal proportionnel au niveau du signal électrique délivré par le transducteur récepteur et représentatif de la puissance de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs.
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 6, caractérisé en ce que lesdits moyens générateurs (3) sont constitués par un générateur d'impulsions à fréquence de récurrence et à rapport cyclique ajustables.
9. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens retardateurs comportent une pluralité de bascules de type D connectées en cascade, chaque bascule recevant un signal d'horloge de synchronisation (H) et la sortie (Q) d'une bascule d'ordre plus petit que R étant reliée à l'entrée de la bascule suivante, l'entrée de la première bascule recevant le signal impulsions rectangulaires délivré par le générateur d'impulsions, la sortie de chacune des bascules étant reliée à l'étage de puissance des transducteurs émetteurs par l'intermédiaire d'un circuit sélecteur de voies programmables.
10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits sélecteurs de voies programmables sont commandés au moyen d'un microordinateur, ledit microordinateur étant relié aux sélecteurs de voies constituant les déphaseurs programmables par l'intermédiaire d'une logique de commande.
11. Procédé de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons consistant à placer ladite pièce (P) dans une cuve (1) contenant un agent nettoyant et comportant des transducteurs électroacoustiques émetteurs (2) capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant de façon à produire, au voisinage de la pièce, des zones de turbulence et un phénomène de cavitation provoquant le nettoyage de celle-ci, un filtrage des particules décollées en suspension dans l'agent nettoyant étant assuré au niveau des zones de turbulence, et lesdits transducteurs étant alimentés par des moyens générateurs (3) de signaux électriques périodiques dont la fréquence d'émission est régulée par des moyens (4) de régulation, caractérisé en ce que, lesdits moyens (3) générateurs délivrent aux transducteurs (2) des signaux électriques formés par des impulsions rectangulaires de fréquence de récurrence ajustable et la puissance de l'onde ultrasonore étant régulée par des moyens (5) de régulation, il consiste à focaliser et/ou défléchir sur ladite pièce (P) le faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par lesdits transducteurs à l'aide de moyens (6) de focalisation constitués par des moyens retardateurs programmables connectés entre la sortie desdits moyens générateurs (3) et chacun des transducteurs émetteurs (2) ; chacun des moyens retardateurs

étant apte à délivrer l'impression délivrée par les moyens générateurs (3) avec un retard déterminé selon l'adresse et la position du transducteur émetteur correspondant.

- 5 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il est conduit séquentiellement au microordinateur, lesdites séquences étant établies en fonction de la topologie de la pièce (P) à nettoyer.

Claims

- 10 1. A device for cleaning mechanical parts by ultrasound comprising a tank (1) for receiving a cleaning agent in which is immersed a part (P) to be cleaned, the tank (1) being provided with electro acoustic emitter transducers (2) capable of generating mechanical ultrasonic waves having power within the cleaning agent, the said device including means (3) generating periodical electrical signals for supplying the said transducers, means (4) for regulating the frequency of emission of the ultrasonic wave, characterised in that the said generating means (3) deliver to the transducers electrical signals
15 formed by rectangular pulses of adjustable recurrence frequency, and in that the said device includes in addition, on the one hand, means (5) for regulating the power of the ultrasonic wave and, on the other hand, means (6) for focusing the resulting beam permitting the focusing and/or the deflection of the resulting beam towards the part to be cleaned, the said focusing means of the resulting beam of the ultrasonic wave comprising programmable retarding means connected between the output of the
20 said generating means and each of the emitter transducers, each of the retarding means being adapted to deliver pulses supplied by the generating means (3) with a delay determined by the address and the position of the corresponding emitter transducer.
- 25 2. A device according to Claim 1, characterised in that the said generating means deliver to the transducers electrical signals with adjustable cyclic ratio, permitting, in fact, the regulation of the power of the ultrasonic wave emitted by the transducers.
- 30 3. A device according to one of the preceding claims, characterised in that the said electroacoustic emitter transducers (Ti) are arranged on a wall of the tank according to a given arrangement, the said transducers projecting from the wall of the tank.
4. A device according to Claim 3, characterised in that the said transducers (Ti) are attached to the wall (10) of the tank roughly in the neighbourhood of its central part.
- 35 5. A device according to Claim 4, characterised in that the said transducers are attached to a removable part of the wall of the tank, the said removable part being itself formed from a wall of a sealed housing containing electronic circuits for control and supply of the emitter transducers.
- 40 6. A device according to one of Claims 4 or 5, characterised in that the arrangement of the emitter transducers is formed by a one-piece plate, on which are arranged the contacts or mechanical masses in a network, the active part of each transducer being inserted opposite each contact on the opposite face of the plate.
- 45 7. A device according to one of the preceding claims, characterised in that the means for regulating the power and the frequency of emission of the ultrasonic wave comprise;
 - a receiver transducer (7) disposed in the tank and preferably placed adjacent the position of the part (P) to be cleaned, the said transducer (7) delivering an electrical signal representative of the frequency and the power of emission of the ultrasonic wave of the emitter transducers,
 - a first detection circuit (4) able to generate a signal proportional to the frequency of the electrical
50 signal delivered by the receiver transducer,
 - a second detection circuit (5) able to generate a signal proportional to the level of the electrical signal delivered by the receiver transducer and representative of the power of the ultrasonic wave emitted by the transducers.
- 55 8. A device according to one of Claims 1 and 6, characterised in that the said generating means (3) are formed by a pulse generator of adjustable recurrence frequency and adjustable cyclic ratio.
9. A device according to Claim 1, characterised in that the retarding means comprise a plurality of flip-

flops of type D connected in series, each flip-flop receiving a synchronising time signal (H) and the output (Q) of each flip-flop of order smaller than R being connected to the input of the following flip-flop, the input of the first flip-flop receiving the rectangular pulse signal delivered by the pulse generator, the output of each flip-flop being connected to the power stage of the emitter transducers through a programmable channel selection circuit.

10. A device according to Claim 9, characterised in that the said programmable channel selectors are controlled by means of a microprocessor, the said microprocessor being connected to the channel selectors comprising programmable dephasers through a control logic.

11. A method of cleaning mechanical parts by ultrasound consisting of placing a said part (P) in a tank (1) containing a cleaning agent and including electroacoustic emitter transducers (2) capable of generating mechanical ultrasound waves having power within the cleaning agent in such a way as to produce, in the neighbourhood of the part, zones of turbulence and a phenomenon of cavitation provoking cleaning of the part, a filtering of loosened particles in suspension in the cleaning agent being ensured at the level of the zones of turbulence, and the said transducers being supplied by means (3) generating periodical electrical signals of which the frequency of emission is regulated by regulator means (4), characterised in that the said generating means (3) deliver to the transducers (2) electrical signals formed by rectangular pulses of adjustable recurrence frequency and the power of the ultrasonic wave is regulated by regulating means (5), consisting of focusing and/or deflecting onto the said part (P) the resulting beam of ultrasonic waves emitted by the said transducers with the aid of focusing means (6) formed by programmable retarding means connected between the output of the said generating means (3) and each of the emitter transducers (2); each of the retarding means being adapted to deliver the pulse delivered by the generating means (3) with a delay determined by the address and the position of the corresponding emitter transducer.

12. A method according to Claim 11, characterised in that the method is controlled sequentially by a microprocessor, the said sequences being determined as a function of the topology of the part (P) being cleaned.

Patentansprüche

1. Anlage zur Reinigung mechanischer Teile durch Ultraschall, mit einer Wanne (1), die zur Aufnahme eines Reinigungsmittels bestimmt ist, in das ein zu reinigendes Teil (P) eintauchbar ist, wobei die Wanne (1) mit elektroakustischen Sendewandlern (2) versehen ist, die dazu geeignet sind, mechanische Ultraschall-Wellenenergie innerhalb des Reinigungsmittels zu erzeugen, wobei die genannte Anlage Generatormittel (3) für periodische elektrische Signale, die für die Versorgung der genannten Wandler bestimmt sind, und Regelmittel (4) für die Aussendefrequenz der Ultraschallwelle aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Generatormittel (3) den Wandlern elektrische Signale liefern, die durch Rechteckimpulse einstellbarer Wiederholfrequenz gebildet sind, daß die genannte Anlage außerdem einerseits Regelmittel (5) für die Stärke der Ultraschallwelle und andererseits Fokussiermittel (6) für ein erzeugbares Bündel aufweist, die die Fokussierung und/oder Ablenkung des Bündels in Richtung auf das zu reinigende Teil ermöglichen, daß die genannten Fokussiermittel (6) für das erzeugbare Bündel der Ultraschallwelle durch programmierbare Verzögerungsmittel gebildet sind, die zwischen den Ausgang der genannten Generatormittel und jeden der Sendewandler geschaltet sind, und daß jedes der Verzögerungsmittel dazu geeignet ist, Impulse, die von den Generatormitteln (3) geliefert werden, mit einer Verzögerung abzugeben, gemäß der Adresse und der Position des entsprechenden Sendewandlers.
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Generatormittel an die Wandler elektrische Signale liefern, deren Zyklusverhältnisse einstellbar sind, wodurch die Steuerung der Stärke der durch die Wandler ausgesandten Ultraschallwelle ermöglicht wird.
3. Anlage nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten elektroakustischen Sendewandler (Ti) an einer Wand der Wanne in vorbestimmter Anordnung vorgesehen sind, wobei die genannten Wandler bezüglich der Wand der Wanne vorspringend sind.
4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Wandler (Ti) an der Wand (10)

der Wanne, deren mittlerem Teil in etwa benachbart, befestigt sind.

5. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Wandler an einem unbeweglichen Teil der Wand der Wanne befestigt sind, wobei der genannte unbewegliche Teil selbst eine Wand eines dichten Gehäuses bilden kann, das die elektronischen Schalteinrichtungen für Steuerung und Versorgung der Sendewandler einschließt.
6. Anlage nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung der Sendewandler mittels einer einstückigen Platte gebildet ist, an der Blöcke oder mechanische Massen in einem Raster verteilt angeordnet sind, wobei der aktive Teil jedes Wandlers jeweils einem Block gegenüberliegend auf der entgegengesetzten Seite der Platte angebracht ist.
7. Anlage nach einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelmittel für die Stärke und die Aussendefrequenz der Ultraschallwelle aufweisen:
 - einen Empfängerwandler (7), der in der Wanne angeordnet und vorzugsweise in der Nachbarschaft des für das zu reinigende Teil (P) bestimmten Ortes gelegen ist, wobei der genannte Wandler (7) ein elektrisches Signal liefert, das für die Frequenz und die Stärke der Aussendung der Ultraschallwelle der Sendewandler kennzeichnend ist,
 - eine erste Detektorschaltung (4), die dazu geeignet ist, ein Signal proportional der Frequenz des vom Empfängerwandler gelieferten elektrischen Signals zu erzeugen,
 - eine zweite Detektorschaltung (5), die dazu geeignet ist, ein Signal zu erzeugen, das proportional dem Pegel des durch den Empfängerwandler gelieferten elektrischen Signals und für die Stärke der Ultraschallwelle kennzeichnend ist, die durch die Wandler ausgesandt wird.
8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Generatormittel (3) durch einen Impulsgenerator gebildet sind, dessen Wiederholfrequenz und Zyklusverhältnisse einstellbar sind.
9. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungsmittel eine Mehrzahl von Schaltungen vom D-Typ in Kaskadenschaltung besitzen, wobei jede Schaltung ein synchronisierendes Taktsignal (H) erhält und der Ausgang (Q) bei jeder eine niedrigere Ordnung als R aufweisenden Schaltung mit dem Eingang der nächstfolgenden Schaltung verbunden ist, wobei der Eingang der ersten Schaltung das Signal in Rechteckimpulsen erhält, das vom Impulsgenerator geliefert wird, und der Ausgang jeder der Schaltungen mit der Leistungsstufe der Sendewandler mittels einer Wählschaltung für programmierbare Kanäle verbunden ist.
10. Anlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Wählschaltungen für programmierbare Kanäle mittels eines Mikrocomputers gesteuert sind, wobei der genannte Mikrocomputer mit den Kanalwählern verbunden ist, die Phasenschieber bilden, die mittels einer Steuerlogik programmierbar sind.
11. Verfahren zum Reinigen von mechanischen Teilen durch Ultraschall, bestehend aus dem in Stellung bringen des genannten Teils (P) in einer Wanne (1), die ein Reinigungsmittel enthält und elektroakustische Sendewandler (2) aufweist, die zur Erzeugung mechanischer Ultraschallwellenenergie innerhalb des Reinigungsmittels in der Weise geeignet sind, daß in der Nachbarschaft des Teiles Turbulenzonen und eine Kavitationerscheinung erzeugt wird, die eine Reinigung desselben hervorruft, wobei eine Filterung der in dem Reinigungsmittel in Suspension gehenden Partikel auf dem Niveau der Turbulenzonen sichergestellt ist und die genannten Wandler durch Generatormittel (3) für periodische elektrische Signale versorgt werden, deren Sendefrequenz durch Regelmittel (4) geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Generatormittel (3) an die Wandler (2) elektrische Signale liefern, die durch Rechteckimpulse einstellbarer Wiederholfrequenz gebildet sind, und die Stärke der Ultraschallwelle durch Regelmittel (5) geregelt wird, was bezweckt, daß das resultierende Bündel der Ultraschallwelle, das von den genannten Wandlern ausgesandt wird, fokussiert und/oder auf das genannte Teil (P) abgelenkt wird, mit Hilfe von Fokussiermitteln (6), die durch programmierbare Verzögerungsmittel gebildet sind, die zwischen den Ausgang der genannten Generatormittel (3) und jeden der Sendewandler (2) geschaltet sind, wobei jedes der Verzögerungsmittel dazu vorgesehen ist, den durch die Generatormittel (3) gelieferten Impuls mit einer entsprechend der Adresse und der Lageanordnung des entsprechenden Sendewandlers bestimmten Verzögerung zuzuführen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß es vom Mikrocomputer sequentiell durchgeführt wird, wobei die genannten Sequenzen in Abhängigkeit von der Topologie des zu reinigenden Teiles (P) eingerichtet werden.

5

10

15

20

25

30

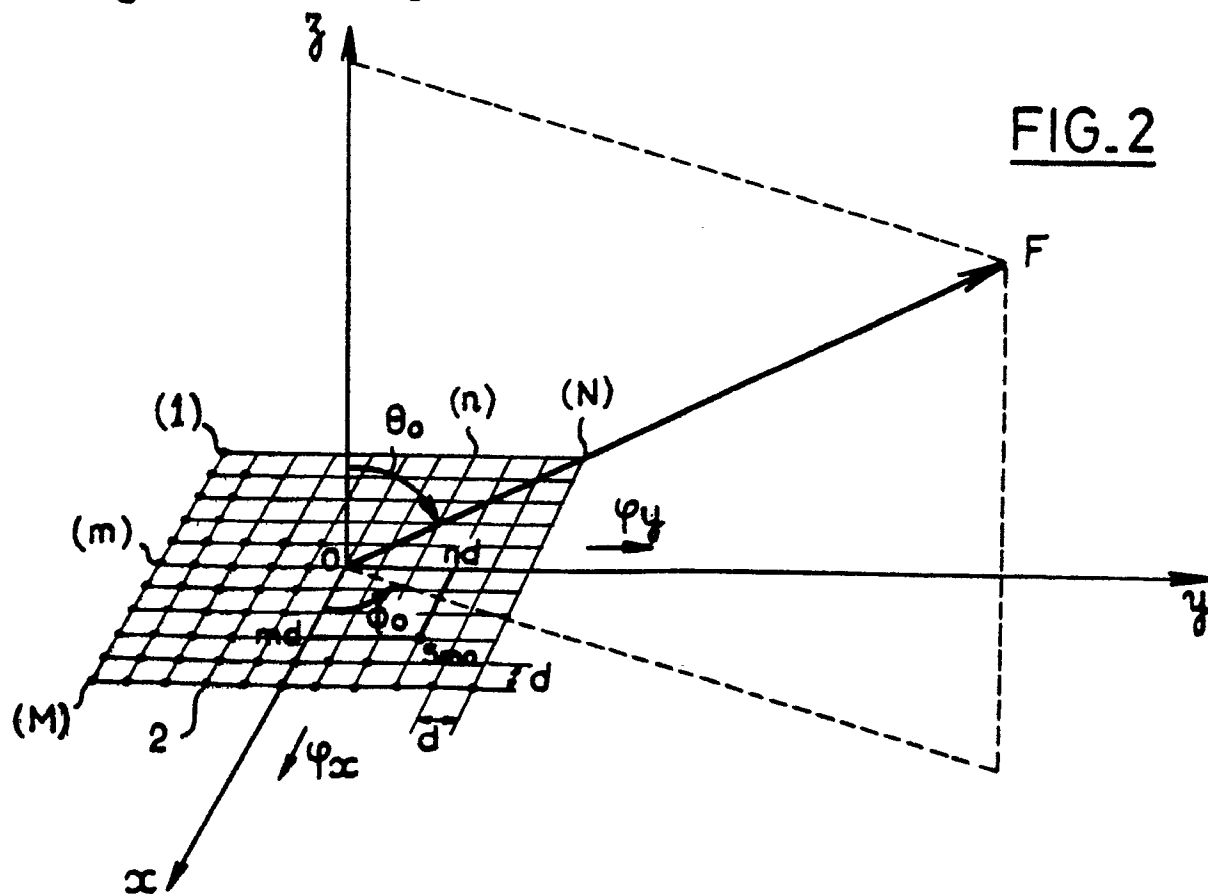
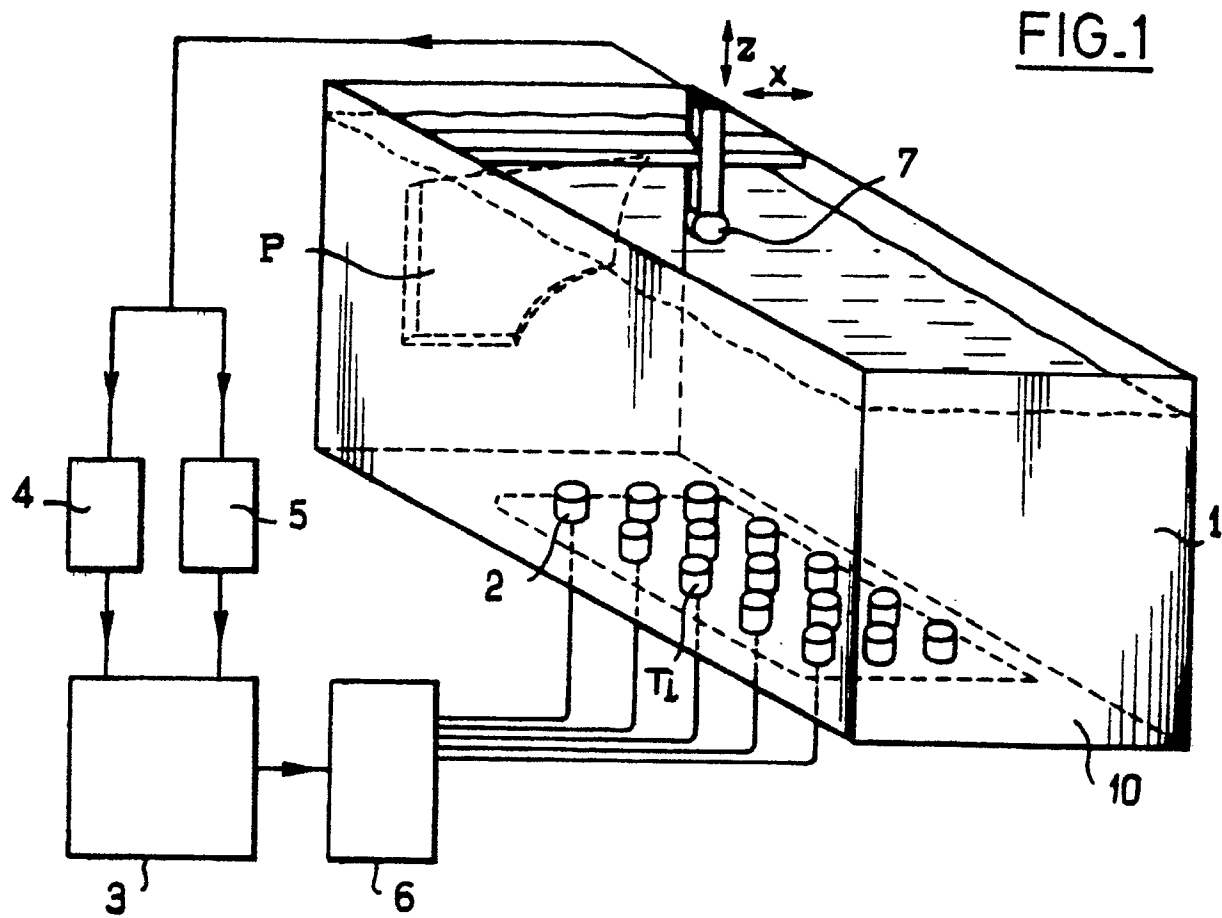
35

40

45

50

55



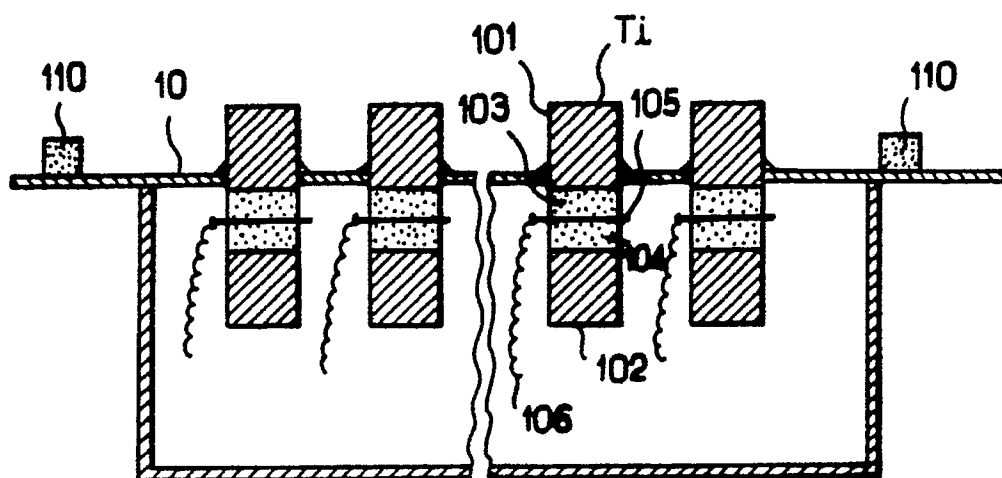


FIG. 3a

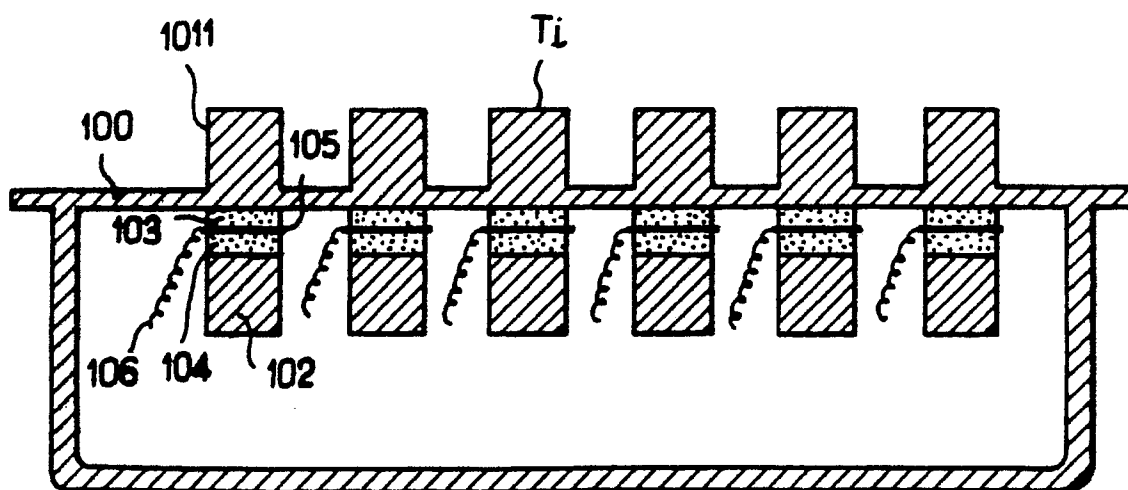
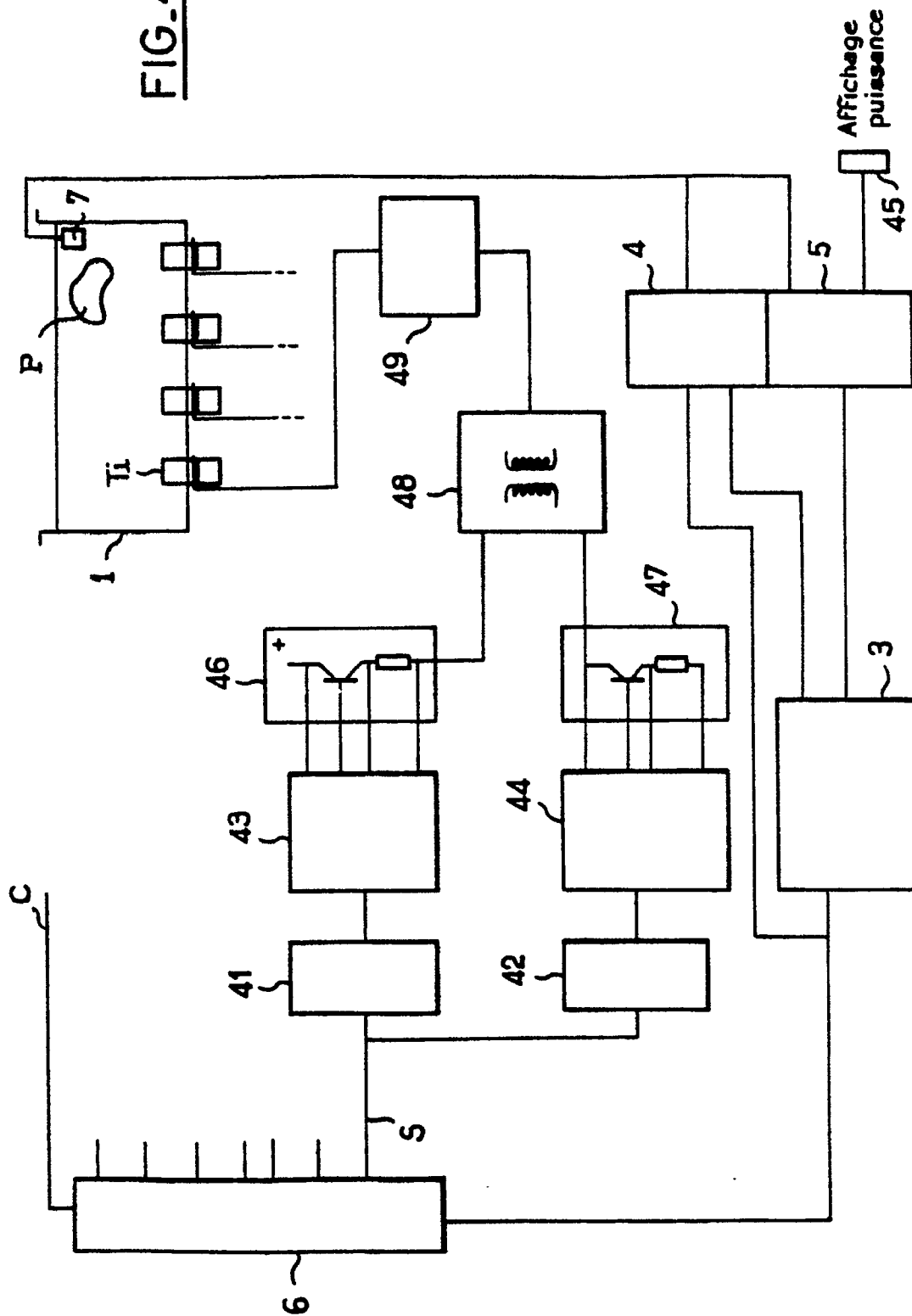
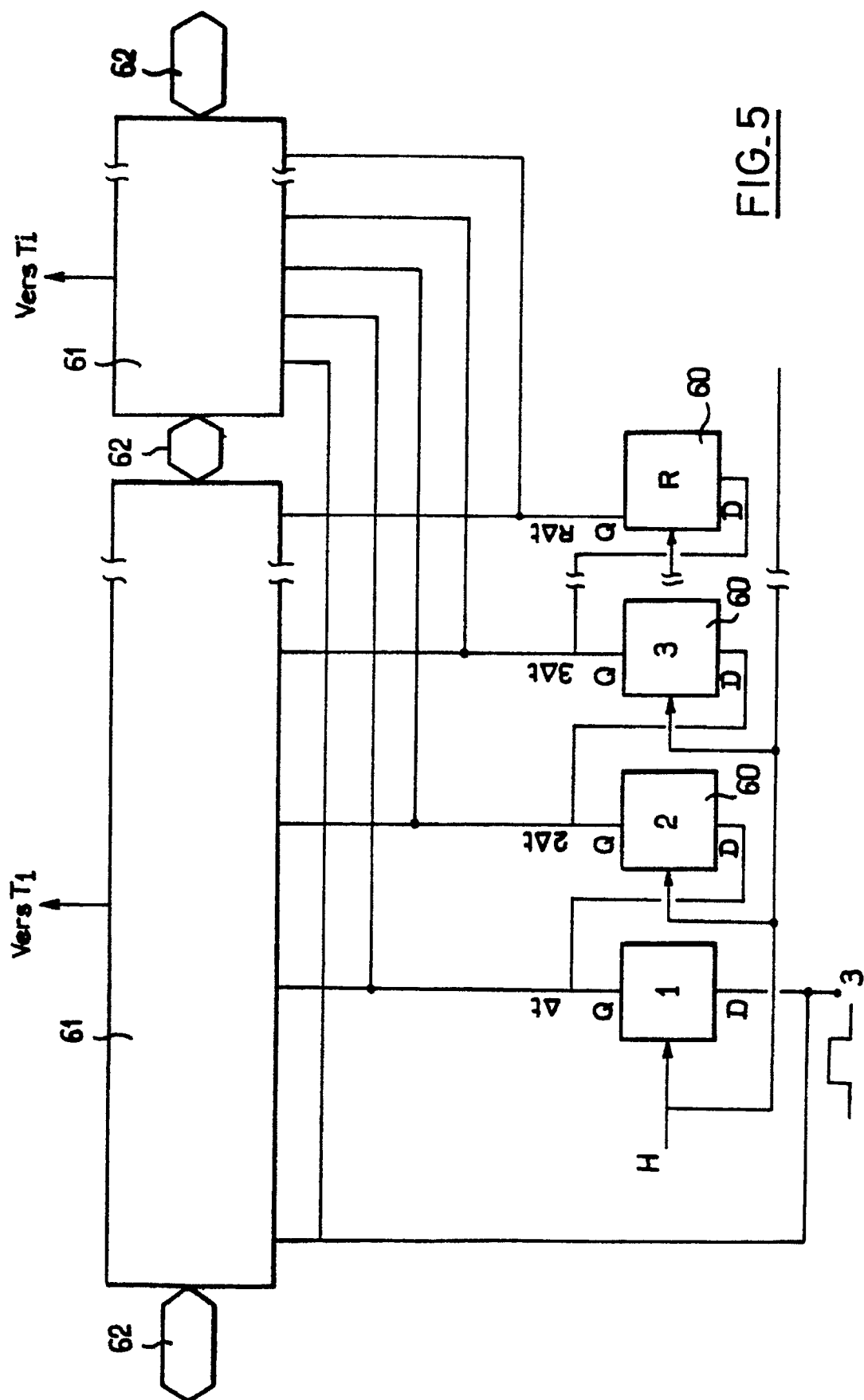


FIG. 3b

FIG. 4





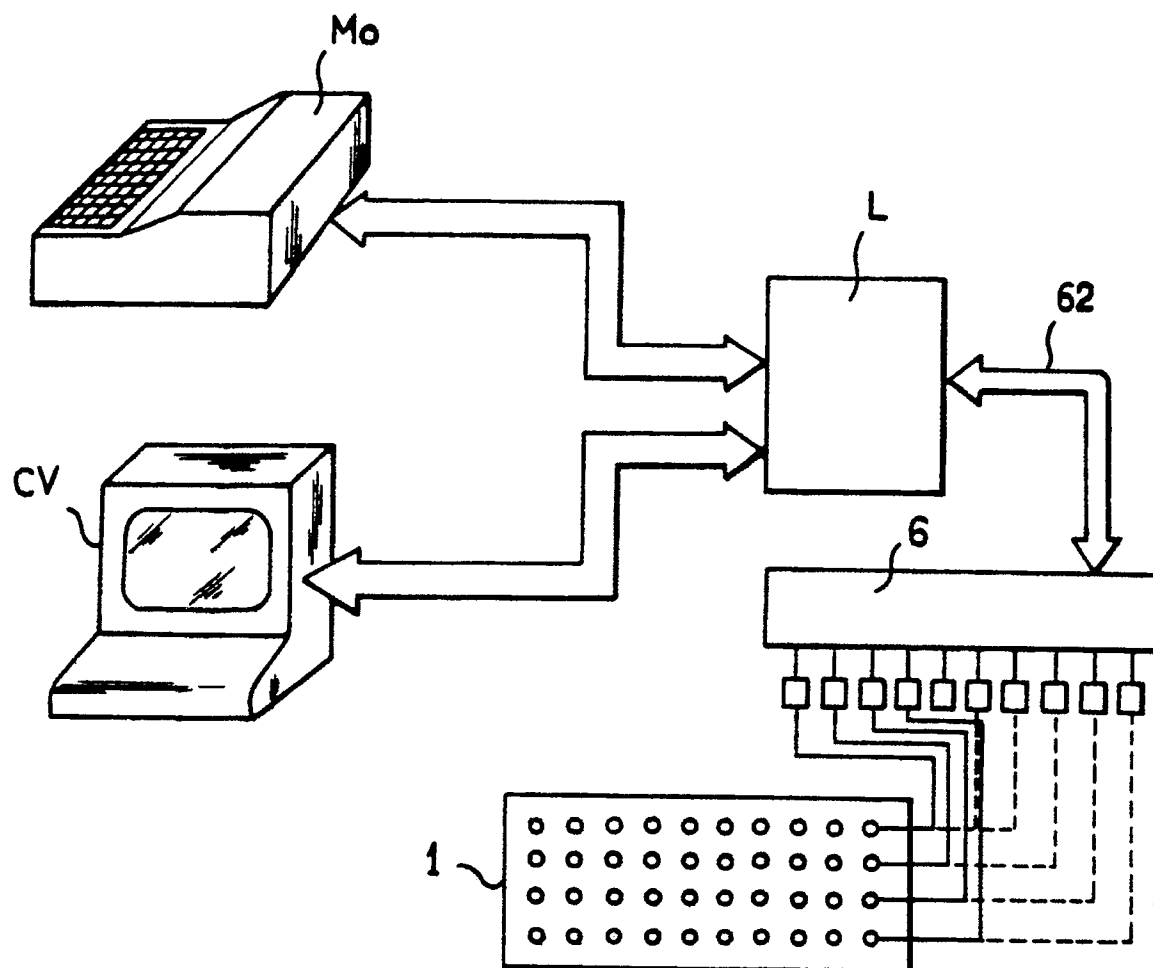


FIG. 6