

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 86400820.6

51 Int. Cl.⁴: **B 08 B 3/12**
G 10 K 11/34, G 10 K 13/00
B 06 B 1/00

22 Date de dépôt: 16.04.86

30 Priorité: 16.04.85 FR 8505710

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

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

71 Demandeur: **OMEGA-FORMATION**
2 rue des Martins-Pêcheurs
F-91160 Ballainvilliers(FR)

72 Inventeur: **Imbault, Jean-Jacques**
2, rue des Martins-Pêcheurs
F-91160 Ballainvilliers(FR)

72 Inventeur: **Lefevre, Bernard**
Chemin du Vallon Equemanville
F-14600 Honfleur(FR)

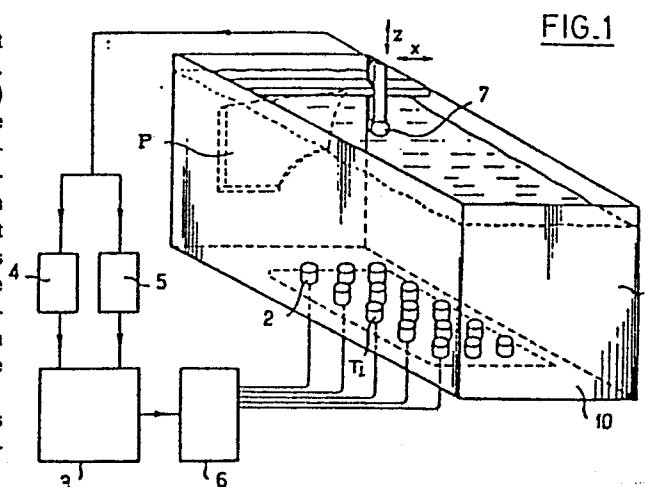
74 Mandataire: **Martin, Jean-Jacques et al,**
Cabinet REGIMBEAU 26, Avenue Kléber
F-75116 Paris(FR)

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

57 L'invention concerne un dispositif et un procédé de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons.

Le dispositif comprend une cuve (1) recevant un agent nettoyant dans lequel est immergée une pièce (P) à nettoyer. La cuve (1) est munie de transducteurs électro-acoustiques (2) capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant. Des moyens générateurs (3) de signaux électriques périodiques permettent d'alimenter les transducteurs (2). Des moyens de régulation de la fréquence et de la puissance de l'onde ultrasonore (4,5) sont prévus afin de régler les paramètres précités. En outre, des moyens (6) permettent la focalisation du faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs (2). La focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant vers la pièce à nettoyer permet une illumination d'un traitement sélectif de celle-ci.

Application au nettoyage de pièces mécaniques dans les processus industriels d'usinage de pièces, tel que par exemple le chromage.



DISPOSITIF DE NETTOYAGE DE PIÈCES MÉCANIQUES PAR ULTRASONS.

La présente invention est relative à un dispositif et à un procédé de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons.

Dans la technique actuelle de nettoyage des pièces mécaniques par ultrasons les pièces à nettoyer sont placées dans une cuve contenant un 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.

5 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
10 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.

15 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
20 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, comprend
25 une cuve destinée à recevoir un agent nettoyant dans lequel est immergée une pièce P à nettoyer, la cuve étant munie de transducteurs électro-acoustiques émetteurs capables d'engendrer des ondes ultrasonores de puissance au sein de l'agent
30 nettoyant. Le dispositif de l'invention est remarquable en ce qu'il comporte des moyens générateurs de signaux électrique périodiques

destinés à alimenter les transducteurs et des moyens de régulation de la puissance et de la fréquence de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs émetteurs. Des moyens de focalisation du faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par les transducteurs émetteurs permettent la focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant vers la pièce à nettoyer.

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

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 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,

- . 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 micro-ordinateur permettant l'établissement de séquences de nettoyage déterminées en fonction notamment des paramètres géométriques ou topologie de la pièce à nettoyer.

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 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 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 émetteur 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 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 sou-

mise 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 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 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 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 :

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

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 :

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

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 :

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

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 du second ordre susceptible d'être obtenue. Dans ce cas, la distance d satisfait la relation IV :

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

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 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 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 ultra-sonore.

Cette implosion engendre une onde de choc très importante. Ce phénomène connu sous le vocable de 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 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 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 fixés sur un diaphragme solidaire de 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 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 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 inconvénients précités. Les transducteurs T_1 , 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'extré-
mité de la masse vibrante directement en contact avec
l'une des pastilles piézo-électriques constituant le
transducteur. Ce mode de réalisation permet bien
5 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
10 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 pratique-
ment plus aucune vibration aux transducteurs voisins.
15 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
20 101, 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 trans-
ducteur est obtenue à partir d'un fil d'excitation
25 106 connecté à une électrode 105 assurant la jonction
des pastilles piézo-électriques 103, 104. Les trans-
ducteurs 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
30 les circuits électroniques de commande et d'alimen-
tation 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 généra-

teurs 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 6. 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
5 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 proces-
sus de nettoyage d'une pièce P placée dans la cuve,
consécutivement aux opérations suivantes :

10 - 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
15 lequel est vue la pièce par rapport au centre de
phase 0 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
20 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
25 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
30 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 superficie 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 électro-acoustiques émetteurs (2) capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte en outre :

- des moyens générateurs (3) de signaux électriques périodiques destinés à alimenter lesdits transducteurs,
- des moyens (5) de régulation de la puissance de l'onde ultrasonore émise par lesdits transducteurs,
- des moyens (4) de régulation de la fréquence d'émission de l'onde ultrasonore,
- des moyens (6) de focalisation du faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par lesdits transducteurs électro-acoustiques, lesdits moyens de focalisation permettant la focalisation et/ou la déflexion du faisceau résultant vers la pièce à nettoyer.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens (3) générateurs délivrent aux transducteurs des signaux électriques formés par des impulsions rectangulaires de fréquence de récurrence ajustable.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, 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.

4. 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.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que lesdits transducteurs (Ti) sont fixés à la paroi (10) de la cuve au voisinage de leur partie médiane sensiblement.

6. Dispositif selon la revendication 5, 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.

7. Dispositif selon l'une des revendications 5 ou 6, 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.

8. 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,

5 - un premier circuit de détection (4) capable d'engendrer un signal proportionnel à la fréquence du signal électrique délivré par le transducteur récepteur,

10 - 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.

15 9. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 7, caractérisé en ce que lesdits moyens générateurs (3) sont constitués par un générateur d'impulsions à fréquence de récurrence et à rapport cyclique ajustables.

20 10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens de focalisation (6) du faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par lesdits transducteurs émetteurs sont 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.

25 11. Dispositif selon la revendication 10, 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

30

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 programmable.

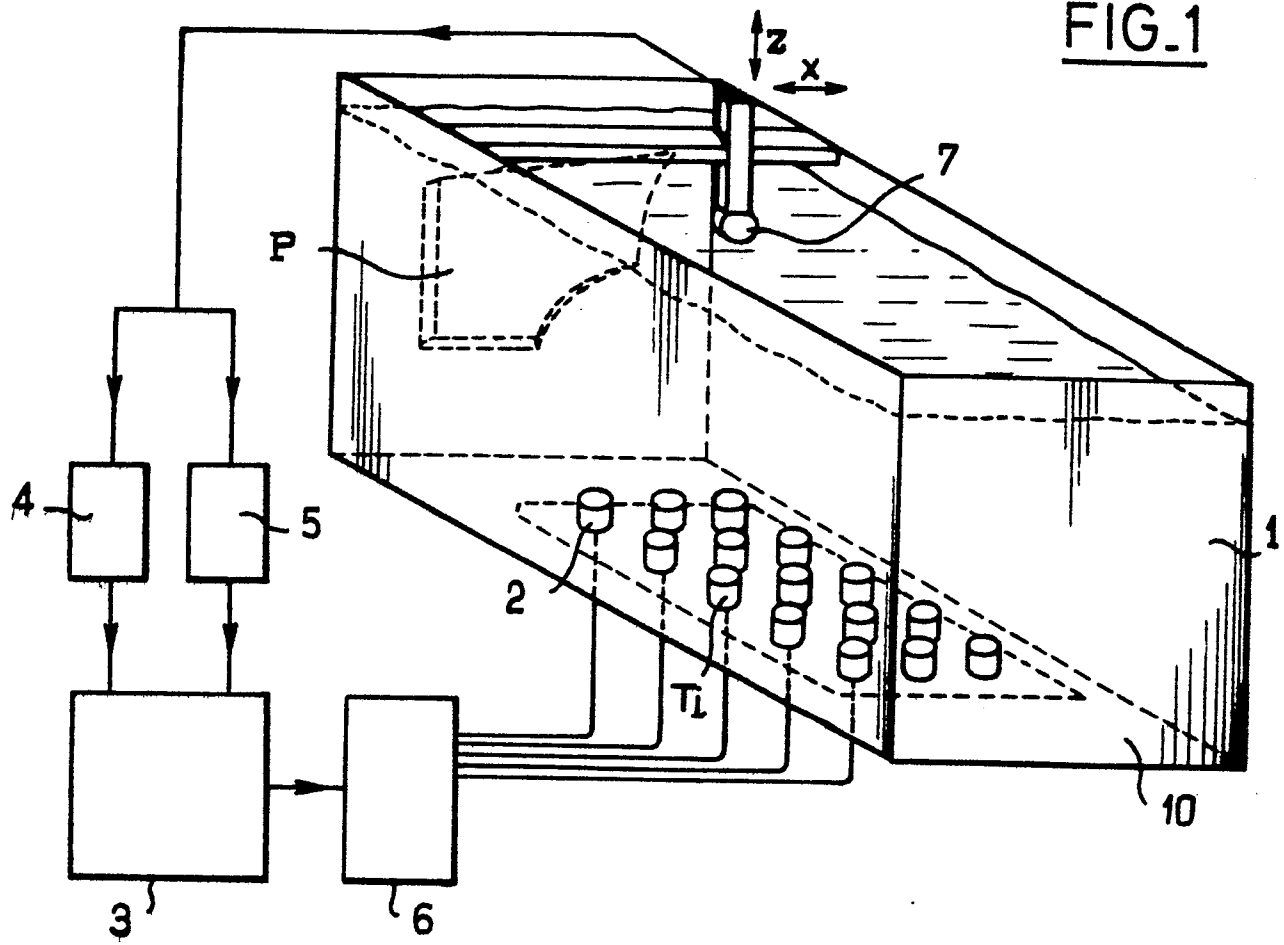
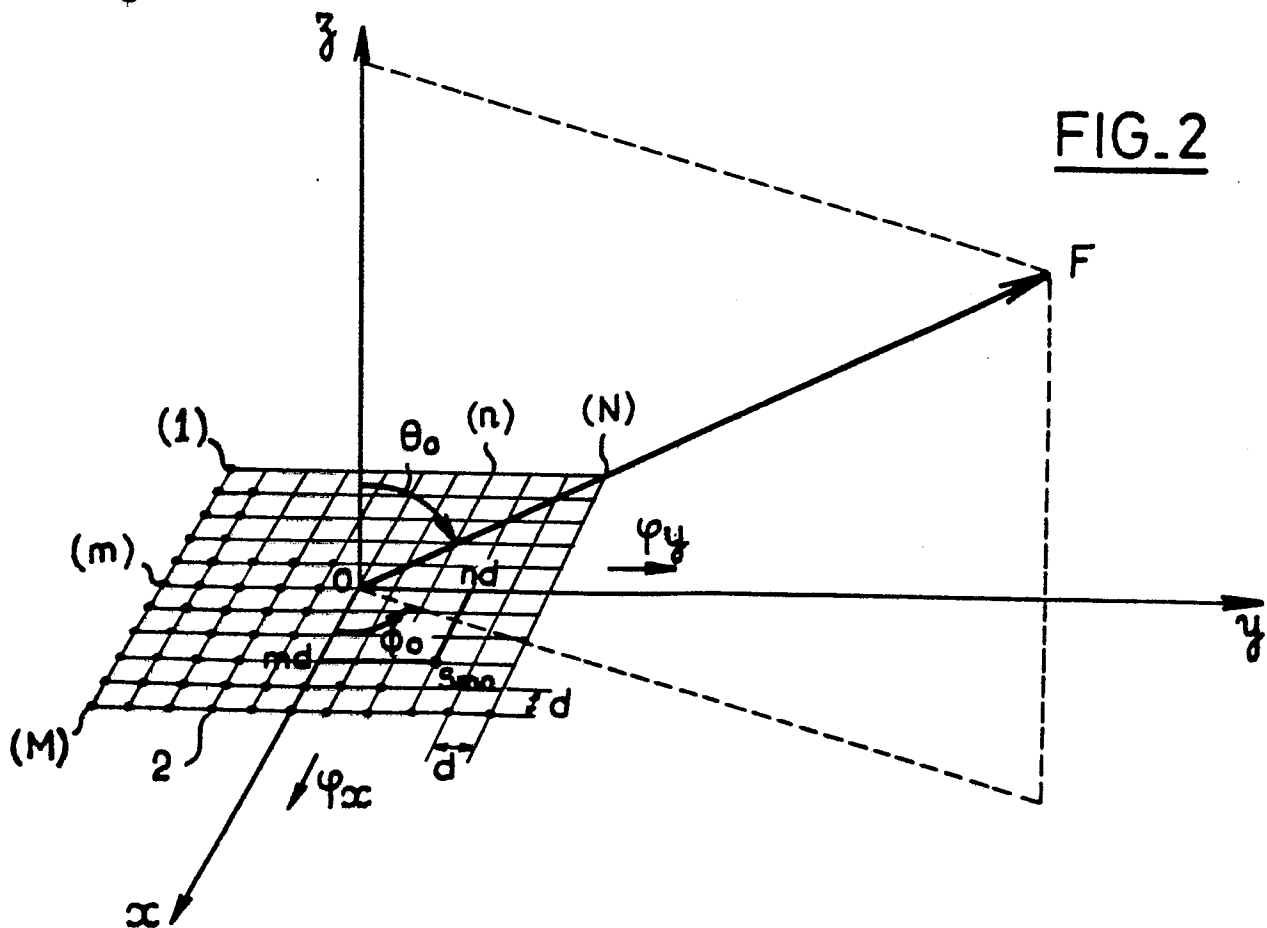
12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que lesdits sélecteurs de voies programmables sont commandés au moyen d'un micro-ordinateur, ledit microordinateur étant relié aux sélecteurs de voies constituant les déphaseurs programmables par l'intermédiaire d'une logique de commande.

13. Procédé de nettoyage de pièces mécaniques par ultrasons caractérisé en ce qu'il consiste :

- à placer ladite pièce (P) dans une cuve (1) contenant un agent nettoyant et comportant des transducteurs électro-acoustiques émetteurs (2) capables d'engendrer des ondes mécaniques ultrasonores de puissance au sein de l'agent nettoyant,
- à focaliser et à diriger vers ladite pièce (P) le faisceau résultant de l'onde ultrasonore émise par lesdits transducteurs électro-acoustiques, de manière à provoquer une densité de puissance de rayonnement ultrasonore capable d'engendrer, dans l'agent nettoyant, au voisinage de la pièce, des zones de turbulence et un phénomène de cavitation provoquant le nettoyage de celle-ci.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il consiste en outre à assurer au niveau des zones de turbulence, un filtrage des particules décollées en suspension dans l'agent nettoyant.

15. Procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il est conduit séquentiellement au moyen d'un microordinateur, lesdites séquences étant établies en fonction de la topologie de la pièce (P) à nettoyer.

FIG.1FIG.2

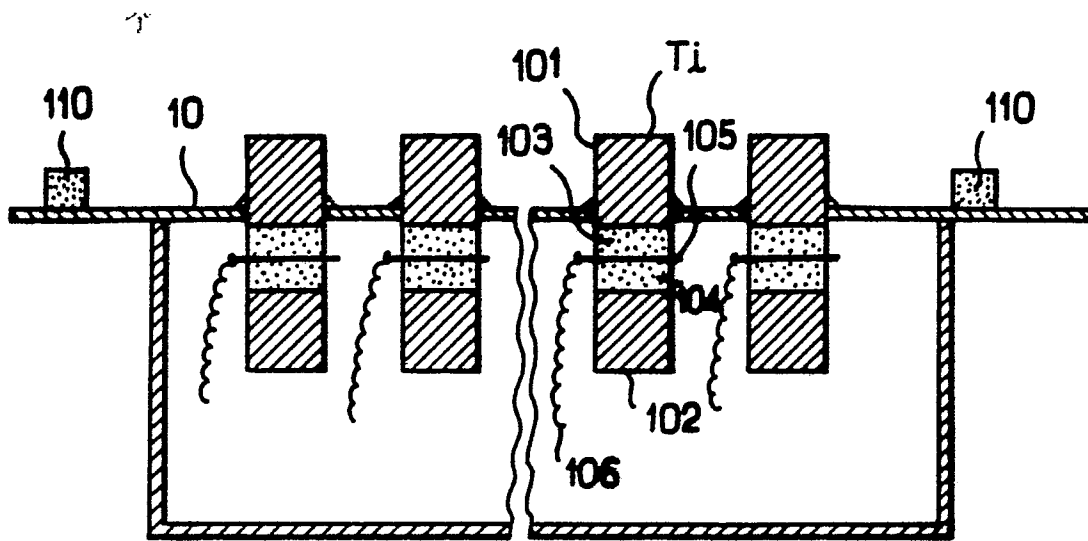
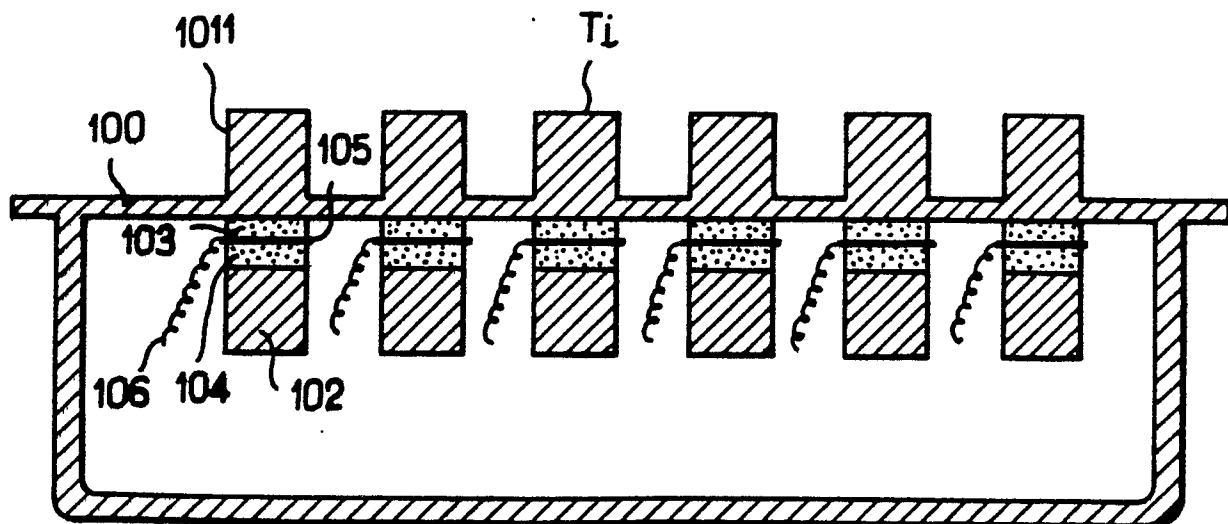
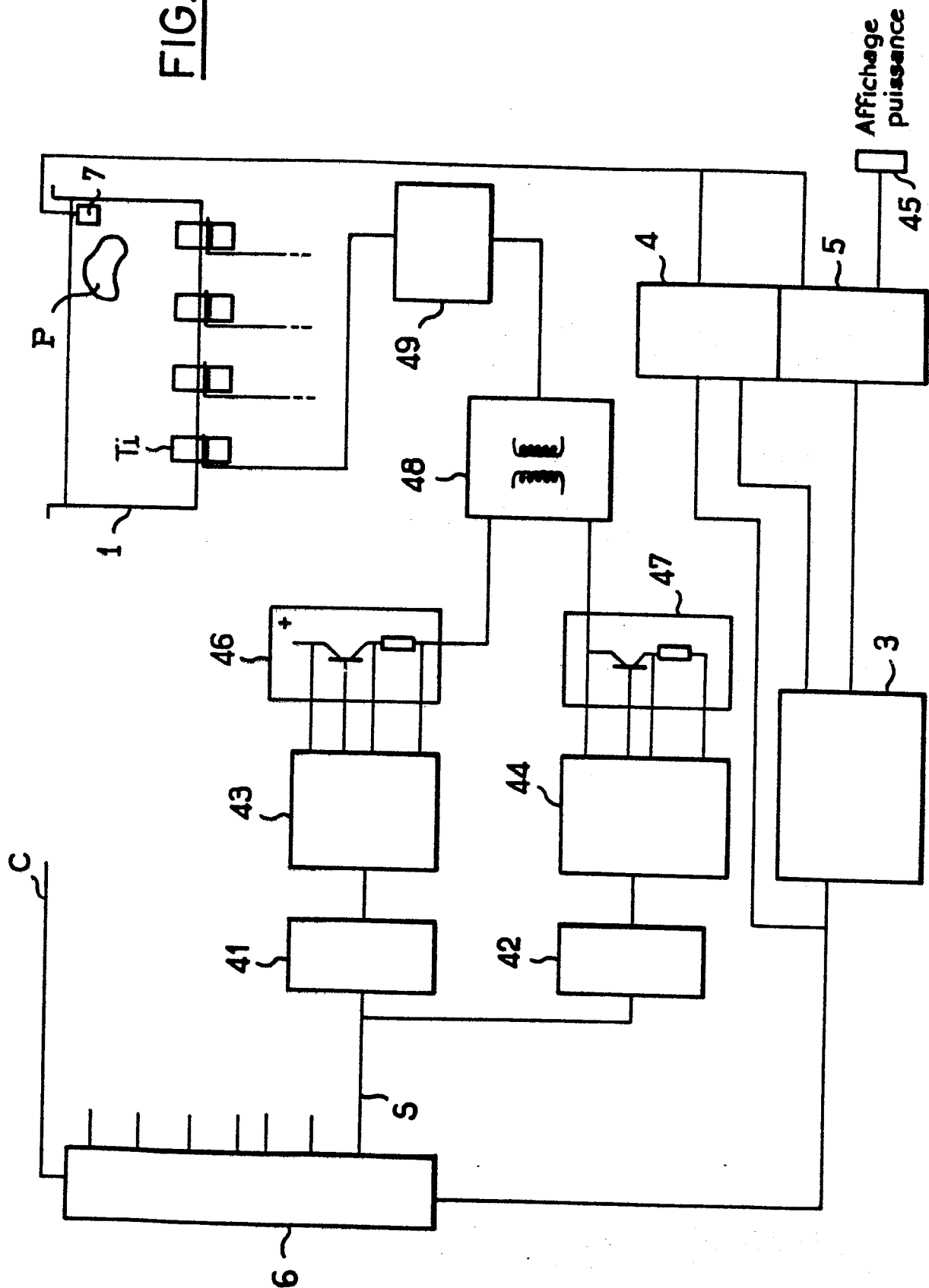
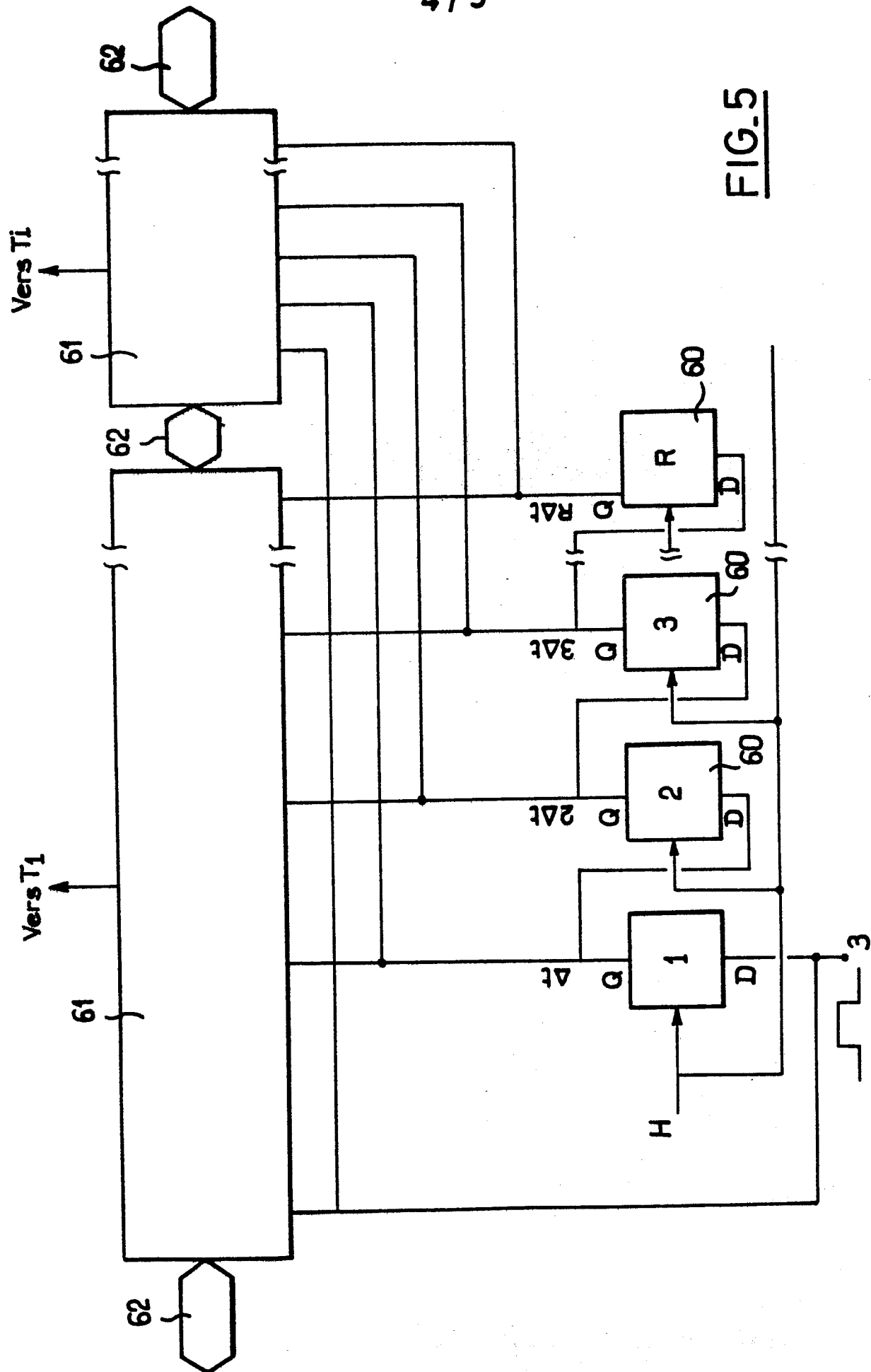
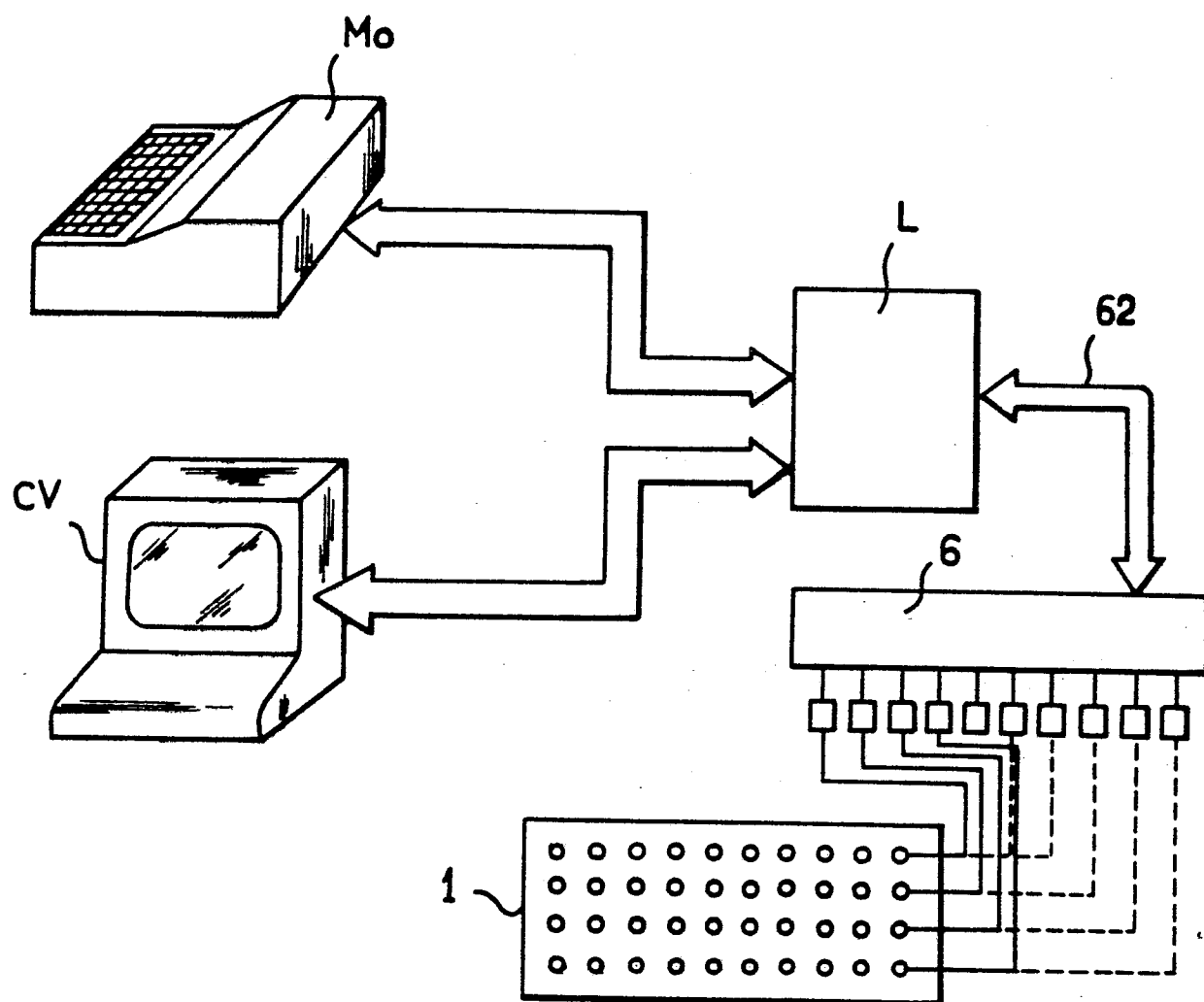
FIG. 3aFIG. 3b

FIG. 4



FIG. 6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0205355

Numero de la demande

EP 86 40 0820

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
X	FR-A-1 142 784 (BENDIX) * Page 1, dernier paragraphe - page 2, dernier paragraphe; fig- ures 1-5 *	1, 4, 5	B 08 B 3/12 G 10 K 11/34 G 10 K 13/00 B 06 B 1/00
A	FR-A-1 207 076 (PFENNINGSBERG) * Page 2, colonne de gauche, paragraphe 4 - page 3, colonne de gauche, paragraphe 1; figures 1-3 *	1	
A	FR-A-1 459 910 (ULTRASONICS) * En entier *	1, 4, 5	
A	US-A-4 120 699 (KENNEDY) * Colonne 4, lignes 3-32; figure 3 *	1, 10	
A	FR-A- 876 822 (ATLAS-WERKE) * Page 2, lignes 39-98; figure 1 *	1, 10	
A	IEEE TRANSACTIONS ON SONICS AND ULTRASONICS, vol. SU-31, no. 4, juillet 1984, pages 432-435, IEEE, New York, US; S. HOSSEINI et al.: "Computer controlled focused ultrasonic transmitting array"	8-12	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12-08-1986	Examineur LEGER M.G.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0205355

Numéro de la demande

EP 86 40 0820

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2												
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int Cl 4)												
A	DE-A-2 600 810 (FURUNO)														
A	FR-A- 764 869 (PIERCE) * Page 2, ligne 80 - page 3, ligne 104; figures 1-5 *	4-7													
A	DE-A-3 114 657 (FELISARI) * Page 5, paragraphe 3 - page 7, paragraphe 3; figure 3 *	4-7													
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int Cl 4)												
Le present rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications															
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 12-08-1986	Examineur LEGER M.G.M.												
<table border="0"><tr><td>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</td><td>T : théorie ou principe à la base de l'invention</td></tr><tr><td>X : particulièrement pertinent à lui seul</td><td>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date</td></tr><tr><td>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</td><td>D : cité dans la demande</td></tr><tr><td>A : arrière-plan technologique</td><td>L : cité pour d'autres raisons</td></tr><tr><td>O : divulgation non-écrite</td><td></td></tr><tr><td>P : document intercalaire</td><td>& : membre de la même famille, document correspondant</td></tr></table>				CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention	X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande	A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons	O : divulgation non-écrite		P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention														
X : particulièrement pertinent à lui seul	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date														
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	D : cité dans la demande														
A : arrière-plan technologique	L : cité pour d'autres raisons														
O : divulgation non-écrite															
P : document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant														