



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
12.08.92 Bulletin 92/33

⑤① Int. Cl.⁵ : **B24B 1/04**

②① Numéro de dépôt : **88402533.9**

②② Date de dépôt : **06.10.88**

⑤④ **Machine d'usinage par abrasion ultrasonore.**

④③ Date de publication de la demande :
11.04.90 Bulletin 90/15

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
12.08.92 Bulletin 92/33

⑧④ Etats contractants désignés :
CH DE FR GB IT LI

⑤⑥ Documents cités :
DE-A- 3 440 223
FR-A- 2 534 512
FR-A- 2 579 123
GB-A- 968 266
US-A- 2 850 854
US-A- 3 015 914
SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, semaine
8619, classe P54P61, résumé no. 86-123895/19,
23 mai 1986, Derwent Publications Ltd, Lon-
dres, GB; & SU-A-1 184 617 (V.M. SERE-
BRYAKOV) 15-10-1985

⑦③ Titulaire : **Office National d'Etudes et de**
Recherches Aéronautiques (O.N.E.R.A.)
29 Avenue de la Division Leclerc
F-92320 Châtillon-sous-Bagneux (FR)

⑦② Inventeur : **Campergue, Gérard**
16, rue de l'Egalité d'Huisson Longueville
F-91590 La Ferte Alais (FR)
Inventeur : **Gouhier, Roger**
8, rue Lamartine
F-92290 Chatenay Malabry (FR)
Inventeur : **Horrière, Dominique**
170, avenue de Paris
F-94300 Vincennes (FR)
Inventeur : **Thiriou, Alain**
56 avenue de Verdun
F-92320 Chatillon (FR)

⑦④ Mandataire : **Picard, Jean-Claude Georges et**
al
Cabinet Plasseraud 84, rue d'Amsterdam
F-75009 Paris (FR)

EP 0 362 449 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 concerne une machine d'usinage par abrasion ultrasonore, notamment pour l'usinage des matériaux isolants, durs, friables ou cassants comme le verre, le quartz, le carbure de silicium, l'alumine, ou lorsque les pièces usinées à obtenir sont de formes assez compliquées. Dans une telle machine on met en oeuvre une "sonotrode" portant en bout un outil qui communique à un abrasif en suspension dans un liquide des vibrations ultrasonores. Celles-ci ont pour effet d'opérer un micromartèlement sur la pièce à usiner et de l'éroder. L'outil, dont la forme est celle de l'empreinte que l'on veut réaliser, s'enfonce dans la pièce, reproduisant en elle sa forme propre.

Généralement, une telle machine comporte :

- un ensemble de support des pièces à usiner ;
- un ensemble vibrant terminé par un porte-outil et propre à animer l'outil d'un mouvement de va-et-vient à fréquence ultrasonore et à communiquer ces vibrations à un abrasif liquide d'usinage ;
- un système de descente contrôlée de l'outil dans la pièce à usiner ;
- la surface d'attaque de l'outil étant perpendiculaire à l'axe du porte-outil, de sorte que l'usinage par abrasion ultrasonore soit réalisé en bout d'outil ;
- un dispositif de régulation de la descente de l'outil ; et
- entre l'ensemble vibrant et un bâti fixe, des filtres acousto-mécaniques disposés en des noeuds d'amplitude longitudinale des vibrations.

Du fait de cette disposition des filtres acousto-mécaniques, l'ensemble vibrant est parfaitement immobilisé en elongation, mais il faut aussi considérer qu'en chaque secteur la vibration longitudinale harmonique est accompagnée d'une vibration radiale en quadrature de phase. Cette vibration radiale présente donc un ventre d'amplitude à cette fixation. Il est par suite absolument nécessaire de découpler parfaitement l'ensemble vibrant du bâti pour ne pas lui transmettre ses vibrations radiales.

Le but principal de la présente invention est d'élaborer un filtre acousto-mécanique qui satisfasse cette condition supplémentaire.

A cette fin, une machine d'usinage du type défini au début sera, conformément à la présente invention, essentiellement caractérisée en ce qu'un filtre acousto-mécanique est constitué essentiellement de deux bagues concentriques reliées par des pontets équidistants, la bague intérieure étant déformable élastiquement sous l'effet des vibrations radiales.

Un autre but de l'invention est d'obtenir une régulation parfaite des conditions d'usinage de la pièce à usiner, notamment quant à la profondeur d'usinage et à la pression exercée par l'outil sur la pièce.

Pour ce faire, la machine pourra encore être caractérisée en ce que le dispositif de régulation de la descente de l'outil comprend essentiellement, pour le maintien à une valeur constante de l'intervalle entre l'outil et la surface d'usinage de même que de la pression exercée par l'outil sur la surface à usiner, un capteur de force de type capacitif propre à commander, par l'intermédiaire d'une chaîne de régulation électronique, un moteur de commande de déplacement vertical d'un ensemble mobile portant l'ensemble vibrant.

Un autre inconvénient des machines de la technique antérieure réside dans le fait que la réalisation d'outils de formes complexes --pour l'obtention de pièces usinées de formes également complexes-- est coûteuse et nécessite des délais de fabrication importants. Par ailleurs il s'avère que l'outil s'use rapidement et que les formes réalisables sont limitées en finesse et en dimensions.

Enfin on comprend que le prix de l'outil croît rapidement avec les dimensions des pièces à réaliser.

Un autre but de la présente invention est d'éliminer ces autres inconvénients de la technique antérieure, et notamment d'obtenir une machine d'usinage par abrasion ultrasonore qui permette la réalisation d'empreintes de formes complexes, sans être tributaire d'un outil spécifique coûteux limité en précision et dimensions.

A cet effet une machine d'usinage par abrasion ultrasonore conforme à la présente invention, propre à effectuer un usinage par contournage, pourra encore être caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif numérique de commande de déplacement propre à déplacer la pièce à usiner par rapport à l'outil dans deux directions perpendiculaires entre elles et perpendiculaires à l'axe du porte-outil.

Grâce à cette disposition et à celles qui précèdent, on comprend que l'outil pourra être de forme géométrique très simple et de dimensions particulièrement réduites, puisque c'est par des déplacements relatifs entre la surface d'attaque de l'outil et la pièce à usiner, selon deux directions perpendiculaires l'une à l'autre, que l'on pourra obtenir les formes complexes d'usinage souhaitées, et non plus, comme dans l'art antérieur, en devant conférer à l'outil lesdites formes complexes souhaitées. L'outil sera donc peu coûteux et pourra être élaboré très rapidement. Il est aussi important de noter que l'outil pourra être unique quelle que soit la forme à obtenir, puisque l'on peut réaliser, grâce à l'invention, un usinage par contournage.

Grâce au dispositif de déplacement à deux dimensions, l'outil pourra par exemple effectuer un rainurage en circuit fermé sur le périmètre à découper, ou par balayage sur la surface à creuser. Il sera également possible d'effectuer un rainurage en circuit ouvert sur la pièce à usiner en terminant la boucle du circuit à l'extérieur de la pièce lorsque le rainurage se

prolonge jusqu'au bord de la pièce. Lorsque le rainurage est limité à l'intérieur de la pièce, le système de déplacement peut effectuer un va-et-vient.

Lorsqu'un circuit ou un balayage d'usinage aura été effectué sur la pièce à usiner, on pourra procéder à une autre passe, après descente de l'outil, en suivant le même circuit ou le même tracé de balayage, et obtenir ainsi l'usinage sur la profondeur souhaitée, par autant de passes successives qu'il sera nécessaire.

Une machine conforme à la présente invention, à savoir établie selon les principes généraux qui viennent d'être exposés, pourra présenter un certain nombre de caractéristiques et avantages complémentaires, lesquels apparaîtront à la lecture de l'exemple de réalisation donné ci-dessous à titre nullement limitatif.

La description qui suit est faite avec référence aux figures du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est une vue schématique générale en élévation d'une fraiseuse à ultrasons conforme à l'invention ;
- la figure 2 représente l'ensemble vibrant de la machine de la figure 1 ;
- la figure 2a est une vue en plan d'un filtre acousto-mécanique ;
- la figure 3 montre les moyens de liaison entre le porte-outil et l'outil, avec des coupes axiales partielles de ces pièces ;
- la figure 4 montre l'outil et le porte-outil assemblés, avec coupe axiale partielle ; et
- la figure 5 est un schéma de principe du système de descente contrôlée de l'outil.

Sur la figure 1 on a référence en 1 un ensemble de support destiné à porter les pièces p à usiner. Il s'agit d'un ensemble à déplacements X, Y, à savoir qu'il est constitué de deux tables 2 et 3 dont l'une (2) peut se déplacer par rapport à un bâti fixe 4 une direction horizontale Y, et dont l'autre (3) peut se déplacer par rapport à la précédente dans une direction horizontale X perpendiculaire à la direction Y. Entre la table 2 et le bâti fixe 4, de même qu'entre la table 2 et la table 3, un coulisement de haute précision peut être obtenu par tous moyens connus appropriés, par exemple par des glissières en queue d'aronde.

La position des tables 2 et 3 est repérée à chaque instant par des capteurs de déplacement à lecture optique (non représentés). Le déplacement de ces tables est obtenu grâce à des moteurs électriques M_y et M_x commandés par un calculateur 5.

La pièce à usiner p est disposée dans un bac d'arrosage 6 de récupération du liquide abrasif, qui contient une plaque métallique de support de la pièce à usiner p . Comme visible sur la figure 1, la circulation du liquide abrasif est assurée par une pompe 7 qui prélève le liquide dans la bac 6 et l'y réinjecte par l'intermédiaire de l'outil, lequel a été référence en 8.

La figure 2, qui est une partie de la figure 1 repré-

sentée à plus grande échelle et de façon plus détaillée, montre l'ensemble vibrant, référencé globalement en 9.

Cet ensemble vibrant est constitué d'un empilage de trois parties cylindriques distinctes 10, 11 et 12, chacune de longueur $\lambda/2$, λ désignant la longueur d'onde des vibrations.

La première partie 10 est constituée d'un transducteur qui comprend deux pastilles 13 en céramique piézoélectrique (titanate, zirconate de plomb PZT), précontraintes entre deux cylindres 14, 14' de titane de masses identiques et de longueurs égales à $\lambda/4$.

La seconde partie 11 est un adaptateur d'amplitude de vibration longitudinale. Il est soit en titane, soit en duralumin, de forme bicylindrique et de longueur égale à deux fois $\lambda/4$. Le carré du rapport des diamètres des deux sections 15, 15' qui le constituent définit le rapport d'adaptation.

La troisième partie 12 est un second adaptateur plus communément appelé "sonotrode", et terminée par l'outil d'usinage 8. Comme la seconde partie 11, elle est généralement de forme bicylindrique et de même matériau. Le rapport entre les diamètres des deux parties 16, 16' qui la constituent est cette fois fonction de la forme et de la masse de l'outil 8, que ce dernier soit monobloc avec la sonotrode, ou rapporté.

Sur les figures 3 et 4 on a montré de quelle façon la liaison entre l'outil 8 et la sonotrode 12 peut être assurée. Cette liaison est assurée par un emboîtement à cône morse de conicité égale à 5 %, une partie de surface extérieure conique 8' de l'outil 8 s'emboîtant dans un creux de forme correspondante 16'' de la partie terminale 16' de la sonotrode 12. Ce blocage est maintenu par un goujon bicylindrique 17 à deux filetages différentiels 18, 18'. Le filetage à pas fin 18' de la partie supérieure de gros diamètre du goujon s'engage dans un trou taraudé correspondant 19' de la sonotrode 12, tandis que le filetage à pas plus gros 18 de la partie inférieure de petit diamètre du goujon s'engage dans un trou taraudé correspondant 19 de la partie 8' de l'outil.

Ce système de liaison présente l'avantage d'augmenter la surface de contact entre la sonotrode 12 et l'outil 8, et donc de permettre une meilleure transmission des vibrations à l'outil, tout en assurant leur excellente coïncidence axiale.

En outre, il rend facile un ajustage de l'ensemble vibrant 9 qui vient d'être décrit sur la fréquence de résonance, par léger déplacement du goujon 17 dans son logement, ce qui évite d'opérer par retouches successives de la longueur de la sonotrode.

Sur la figure 1, et de façon plus détaillée sur la figure 2, on a également représenté un système de découplage entre l'ensemble vibrant 9 et le bâti 4 de la machine, ce système étant destiné à arrêter les vibrations ultrasonores au niveau de la liaison entre l'ensemble vibrant et le bâti, tout en maintenant cet

ensemble vibrant parfaitement perpendiculaire à la surface à usiner.

Sur les figures 1 et 2 on a aussi représenté l'amplitude des vibrations longitudinales de l'ensemble vibrant (en trait continu), ainsi que l'amplitude des vibrations radiales (en tirets).

Comme le montre en particulier la figure 2, lorsque l'ensemble oscille sur son mode propre, la fixation au bâti se fait en un noeud d'amplitude longitudinale de vibration. L'ensemble vibrant est parfaitement immobilisé en élongation.

Pour obtenir, comme mentionné plus haut, le découplage radial souhaité, on peut avantageusement utiliser les filtres acousto-mécaniques 20 visibles de profil sur la figure 2 et en plan sur la figure 2a, et qui sont disposés, selon ce qui vient d'être expliqué plus haut, en des noeuds (21 et 22) d'amplitude longitudinale des vibrations. Chaque filtre électro-acoustique 20 est constitué de deux bagues concentriques 23, 24 reliées entre elles par trois pontets équidistants 25 et reliées à l'adaptateur par trois autres pontets 26 équidistants entre eux, décalés des premiers de 60°. La bague intérieure 24 est déformable élastiquement au gré des vibrations radiales. La bague extérieure plus massive 23 est reliée à un ensemble mobile 27 du bâti par une bride 28 (figure 1).

La machine comporte par ailleurs, comme déjà indiqué au début, un dispositif de régulation de la descente de l'outil 8, destiné à maintenir constante la distance entre la surface d'attaque de l'outil et la surface à usiner.

Ce dispositif est visible en partie à la figure 1 mais son schéma de principe général est fourni à la figure 5. Sur ces deux figures on a utilisé dans la mesure du possible les mêmes références pour désigner les mêmes parties ou organes du dispositif.

Pour que l'intervalle entre l'outil et la surface d'usinage reste constant, avec une pression constante sur la surface à usiner, il convient bien évidemment que l'outil 8 descende dans la pièce p au fur et à mesure que celle-ci se creuse. On utilise l'effet de la pesanteur agissant sur un système de bras de levier et de contrepoids réglables schématisés en 29, soutenant l'ensemble mobile 27 auquel est fixé l'ensemble vibrant 9.

Cette solution est valable lorsque la surface d'usinage est grande; dans ce cas, les contrepoids sont importants, de l'ordre du kilogramme. Mais lorsque les surfaces d'usinage sont petites et que, de plus, une grande finesse d'exécution est demandée, les masses mises en jeu sont telles qu'elles ne compensent pas les frottements des axes d'articulation du bras de levier et ceux du couple des poulies de renvoi. Le système est alors arrêté par les frottements secs du montage, et il faut alors charger exagérément en masse, ce qui introduit des écaillages importants et même une rupture de la pièce. De plus, il arrive au cours de la descente de l'outil que l'abrasif

ne circule pas régulièrement ou que la concentration en abrasif change. Il s'ensuit un ralentissement, voire un arrêt de descente. Toute la pression est alors transmise à la pièce et il y a rupture immédiate. Pour éviter ces inconvénients, on prévoit un capteur de force qui corrige la vitesse de descente. Le capteur de force est constitué d'une lame 30 encastrée à une extrémité et qui forme une électrode d'un condensateur. Tout le poids du système mobile 9-27 de la machine repose sur cette lame 30 lorsque l'usinage fonctionne correctement. En regard de cette électrode, est disposé un capteur capacitif qui comporte une électrode de détection 31, formant l'autre électrode du condensateur associée à la déformation de la lame 30. Une chaîne électronique, à déséquilibre de pont, corrige la vitesse de descente de la butée.

Lorsque la vitesse d'usinage ralentit, pour une des raisons citées plus haut, la lame 30 du capteur se trouve légèrement soulagée et la distance interélectrodes (lame-capteur) augmente. Le système réagit en ralentissant le moteur Mz de descente.

Sur les figures 1 et 5 on a encore référencé en :

- 32 une butée mobile entraînée par le moteur Mz et supportant la lame encastrée 30 ;
- 33 un amplificateur de commande du moteur Mz ;
- 34 un condensateur à capacité de référence ;
- 35 un comparateur du type à déséquilibre de pont, commandant l'amplificateur 33 ; et
- 36 une consigne de vitesse moyenne.

Ceci étant, on constate que l'invention présente les importants avantages suivants :

- La surface d'attaque de l'outil est perpendiculaire à l'axe de la sonotrode et reste à une distance constante de la pièce à usiner, cette distance dépendant de la dimension des grains d'abrasif utilisé et de l'amplitude des vibrations ultrasonores, ce qui confère à la pièce réalisée une excellente qualité de finition ;
- Le réglage de la distance entre la surface d'attaque de l'outil et la surface de la pièce à usiner est obtenu par l'intermédiaire d'un capteur de force donnant la pression minimale de contact de l'outil sur la pièce à travers la charge d'abrasif en mouvement ;
- L'outil peut être réalisé dans des matériaux très durs et résistants, par exemple du diamant polycristallin, compte tenu de sa forme simple. Il présente donc une usure bien moindre pour un travail équivalent, ce qui permet une précision d'usinage accrue ;
- Il n'y a pas d'adaptation d'impédance acoustique à chaque changement d'outil (sonotrode standard) ;
- L'ensemble vibrant, des pastilles piézoélectriques jusqu'à l'outil, peut être monobloc. Cet ensemble monobloc, sans solution de continuité par goujons, inévitable par la méthode d'usinage

classique, permet la meilleure transmission possible des vibrations à l'outil.

– Il est possible de réaliser un "Kit Ultrasons" adaptable sur toute machine outil à commande numérique ;

– La dimension des pièces n'est plus limitée par la puissance de l'usineuse mais par la longueur et la précision de déplacement des tables X, Y. Cette limite est généralement moins contraignante que celle de la puissance ; et

– Dans l'usinage par contournage, objet de la présente demande, l'outil 8, généralement cylindrique, est parfaitement concentrique à la sonotrode 12.

Revendications

1. Machine d'usinage par abrasion ultrasonore, du type comportant un ensemble (1) de support des pièces (p) à usiner ; un ensemble vibrant (9) terminé par un porte-outil (12) et propre à animer l'outil (8) d'un mouvement de va-et-vient à fréquence ultrasonore et à communiquer ces vibrations à un abrasif liquid d'usinage ; un système de descente contrôlée de l'outil vers la pièce à usiner, la surface d'attaque de l'outil (8) étant perpendiculaire à l'axe du porte-outil (12), de sorte que l'usinage par abrasion ultrasonore soit réalisé en bout d'outil ' un dispositif de régulation de la descente de l'outil ; et, entre l'ensemble vibrant (9) et un bâti fixe (4), des filtres acousto-mécaniques (20) disposés en des noeuds (21,22) d'amplitude longitudinale des vibrations, caractérisée en ce qu'un filtre acousto-mécanique (20) est constitué essentiellement de deux bagues concentriques (23,24) reliées par des pontets équidistants (25), la bague intérieure (24) étant déformable élastiquement sous l'effet des vibrations radiales.

2. Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que la liaison et le centrage relatif entre le porte-outil (12) et l'outil (8) sont assurés par l'intermédiaire d'un goujon (17) à deux filetages (18,18'), l'un de ces filetages (18') étant engagé dans un trou taraudé (19') du porte-outil (12), tandis que l'autre filetage (18) est engagé dans un trou taraudé (19) de l'outil (8), ce dernier étant engagé et centré dans le porte-outil (12) par un emboîtement conique (8', 16").

3. Machine selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le dispositif de régulation de la descente de l'outil (8) comprend essentiellement, pour le maintien à une valeur constante de l'intervalle entre l'outil et la surface d'usinage de même que de la pression exercée par l'outil (8) sur la surface à usiner, un capteur de force de type capacitif (30,31) propre à commander, par l'intermédiaire d'une chaîne de régulation électronique (33-36), un moteur (Mz) de commande du déplacement vertical d'un ensemble mobile (27) portant l'ensemble vibrant (9).

4. Machine selon la revendication 3, caractérisée en ce que ledit ensemble mobile (27) porte sur une lame encastrée (30) qui constitue avec une électrode (31) ledit capteur de force (30,31).

5. Machine selon l'un quelconque des revendications précédentes, pour l'usinage de pièces par contournage, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif numérique de commande de déplacement propre à déplacer la pièce à usiner (p) par rapport à l'outil (8) dans les deux directions (X,Y) perpendiculaires entre elles et perpendiculaires à l'axe du porte-outil (12).

15 Patentansprüche

1. Maschine für die Bearbeitung durch Ultraschall-Abtragung, umfassend eine Anordnung (1) zum Halten von zu bearbeitenden Werkstücken (p); eine Vibrationsanordnung (9), die in eine Werkzeugaufnahme (12) ausläuft und dazu dient, das Werkzeug (8) zu einer Hin- und Herbewegung mit einer Ultraschall-Frequenz anzuregen und diese Vibrationen auf ein flüssiges Abtrag-Bearbeitungsmittel zu übertragen; ein System zum gesteuerten-Absenken des Werkzeuges gegen das zu bearbeitende Werkstück, wobei die Wirkfläche des Werkzeuges rechtwinklig zur Achse der Werkzeugaufnahme (12) steht derart, daß die Bearbeitung durch Ultraschall-Abtragung am Ende des Werkzeuges erfolgt; eine Einrichtung zum Regeln der Absenkbewegung des Werkzeuges; und zwischen der Vibrationsanordnung (9) und einem festen Gestell (4) angeordnete akustomechanische Filter (20), die in Knoten (21, 22) der Längsamplitude der Vibrationen angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß ein akustomechanischer Filter (20) im wesentlichen aus zwei konzentrischen Ringen (23, 24) gebildet ist, die mittels Äquidistanzbrücken (25) miteinander verbunden sind, wobei der innere Ring (24) unter der Wirkung von radialen Vibrationen elastisch verformbar ist.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung und die relative Zentrierung zwischen der Werkzeugaufnahme (12) und dem Werkzeug (8) mittels eines Bolzens (17) bewerkstelligt wird, welcher zwei Gewindeabschnitte (18, 18') hat, wobei der eine (18') der Gewindeabschnitte in eine Gewindebohrung (19') der Werkzeugaufnahme (12) eingreift, während der andere Gewindeabschnitt (18) in eine Gewindebohrung (19) des Werkzeuges (8) eingreift, und wobei das letztere in der Werkzeugaufnahme (12) durch eine konische Passung (8', 16") gehalten und zentriert wird.

3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Regeln der Absenkbewegung des Werkzeuges (8) zum Aufrechterhalten einer konstanten Größe des Abstandes zwischen dem Werkzeug und der Bearbeitungsfläche

ebenso wie des vom Werkzeug (8) auf die zu bearbeitende Fläche ausgeübten Druckes im wesentlichen ein kapazitiv arbeitendes Kraftmeßgerät (30, 31) umfaßt, welches dazu dient, mittels einer elektronischen Regelkette (33 bis 36) einen Motor (Mz) zum Steuern der vertikalen Verstellung einer beweglichen Anordnung (27) anzusteuern, die die Vibrationsanordnung (9) trägt.

4. Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich die bewegliche Anordnung (27) auf einer eingespannten Feder (30) abstützt, die mit einer Elektrode (31) das Kraftmeßgerät (30, 31) bildet.

5. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Planetärbearbeitung von Werkstücken, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine numerische Verstellsteuerung umfaßt, die dazu dient, das zu bearbeitende Werkstück (p) gegenüber dem Werkzeug (8) in den beiden zueinander und zur Achse der Werkzeugaufnahme (12) rechtwinkligen Richtungen (x, y) zu verstellen.

Claims

1. Machine for ultrasonic abrasion machining of the type comprising an assembly (1) supporting the parts (p) to be machined; a vibrating assembly (9) ending in a tool-holder (12) and adapted to drive the tool (8) with a reciprocal movement at ultrasonic frequency and to communicate these vibrations to an abrasive machining liquid; a system for the controlled descent of the tool towards the part to be machined, the attacking surface of the tool (8) being perpendicular to the axis of the tool-holder (12), so that the ultrasonic abrasion machining is carried out at the tool end; a device for regulating the downward movement of the tool; and, between the vibrating assembly (9) and a fixed frame (4), acousto-mechanical filters (20) disposed at longitudinal amplitude nodes (21, 22) of the vibrations, characterized in that an acousto-mechanical filter (20) is formed essentially of two concentric rings (23, 24) connected together by equidistant bridges (25), the inner ring (24) being deformable resiliently under the effect of the radial vibrations.

2. Machine according to claim 1, characterized in that the connection and relative centring between the tool-holder (12) and the tool (8) are provided by means of a stud (17) having two threaded portions (18, 18') one of these threaded portions (18') being engaged in a tapped hole (19') in the tool-holder (12), whereas the other threaded portion (18) is engaged in a tapped hole (19) in the tool (8), the latter being engaged and centred in the tool-holder (12) by a tapered fit (8', 16'').

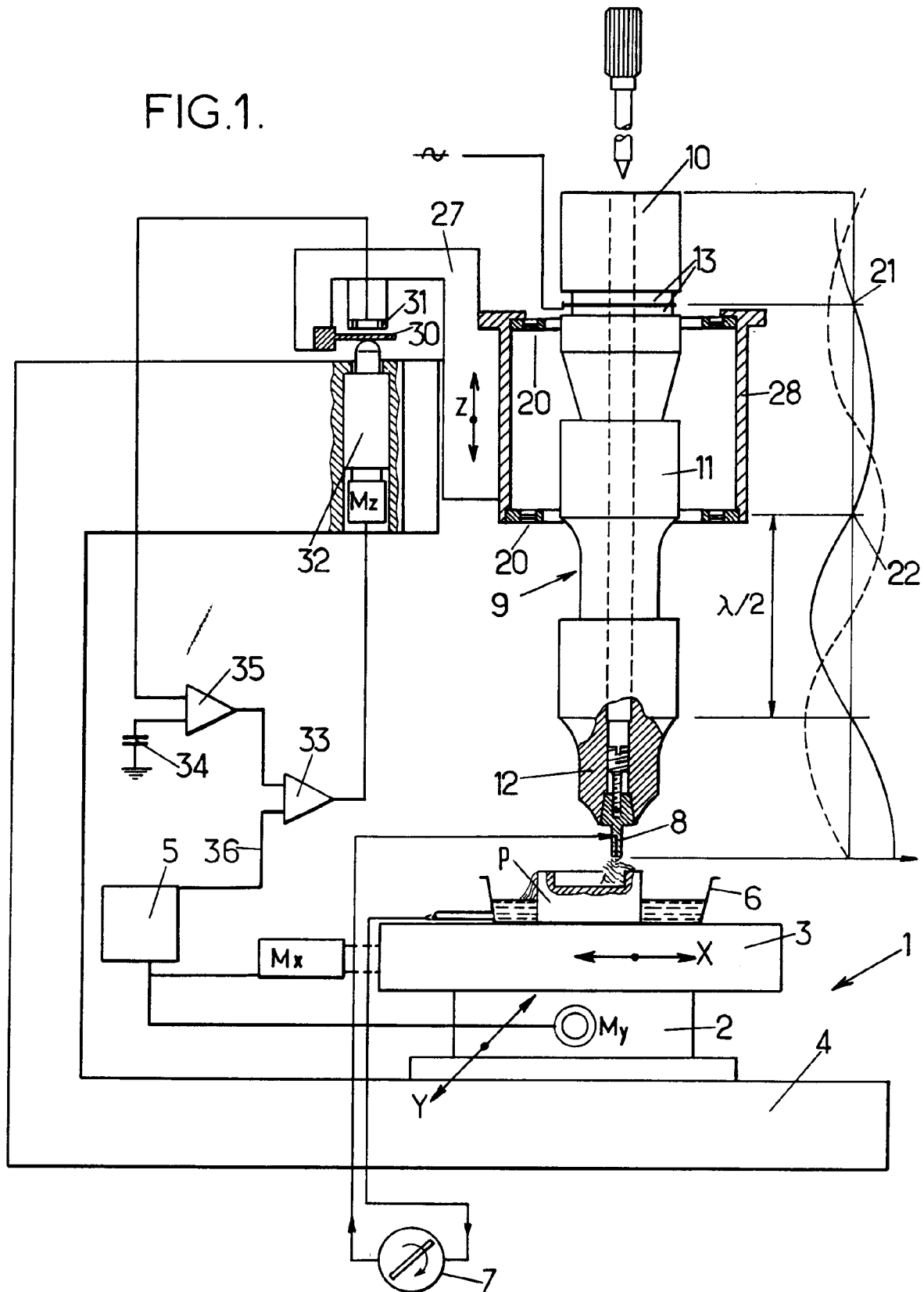
3. Machine according to claim 1 or 2, characterized in that the device for regulating the downward movement of the tool (8) comprises essentially, for

maintaining the gap between the tool and the machining surface as well as the pressure exerted by the tool (8) on the surface to be machined at a constant value, a force sensor of capacitive type (30, 31) adapted for controlling, through an electronic regulation chain (33-36), a motor (Mz) controlling the vertical movement of a mobile assembly (27) supporting the vibrating assembly (9).

4. Machine according to claim 3, characterized in that said mobile assembly (27) bears on an embedded blade (30) which forms, with an electrode (31), said force sensor (30, 31).

5. Machine according to any one of the preceding claims, for machining parts by shaping, characterized in that it comprises a digital displacement control device for moving the part to be machined (p) with respect to the tool (8) in two directions (X, Y) perpendicular to each other and perpendicular to the axis of the tool-holder (12).

FIG.1.



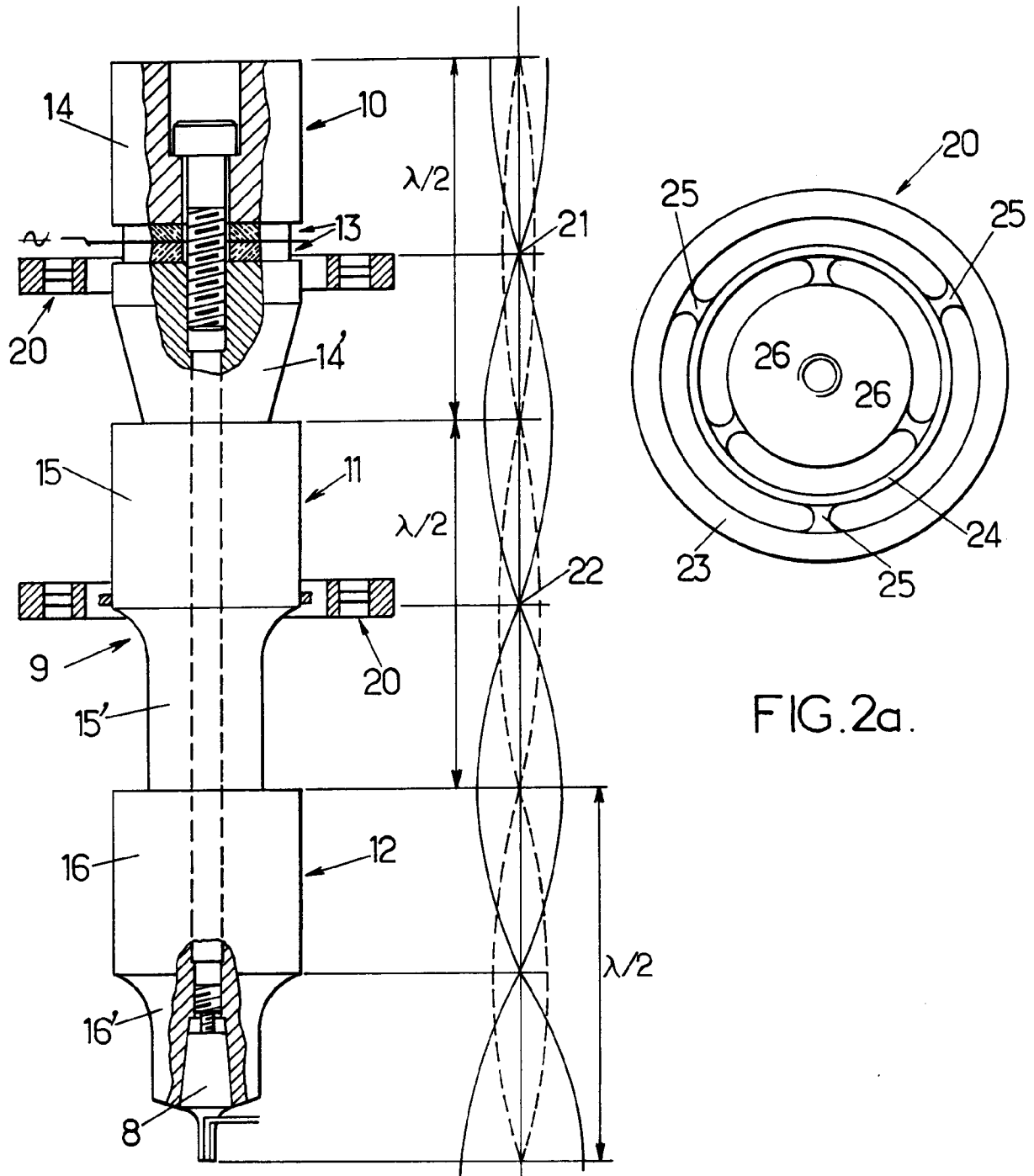


FIG.2.

FIG.3.

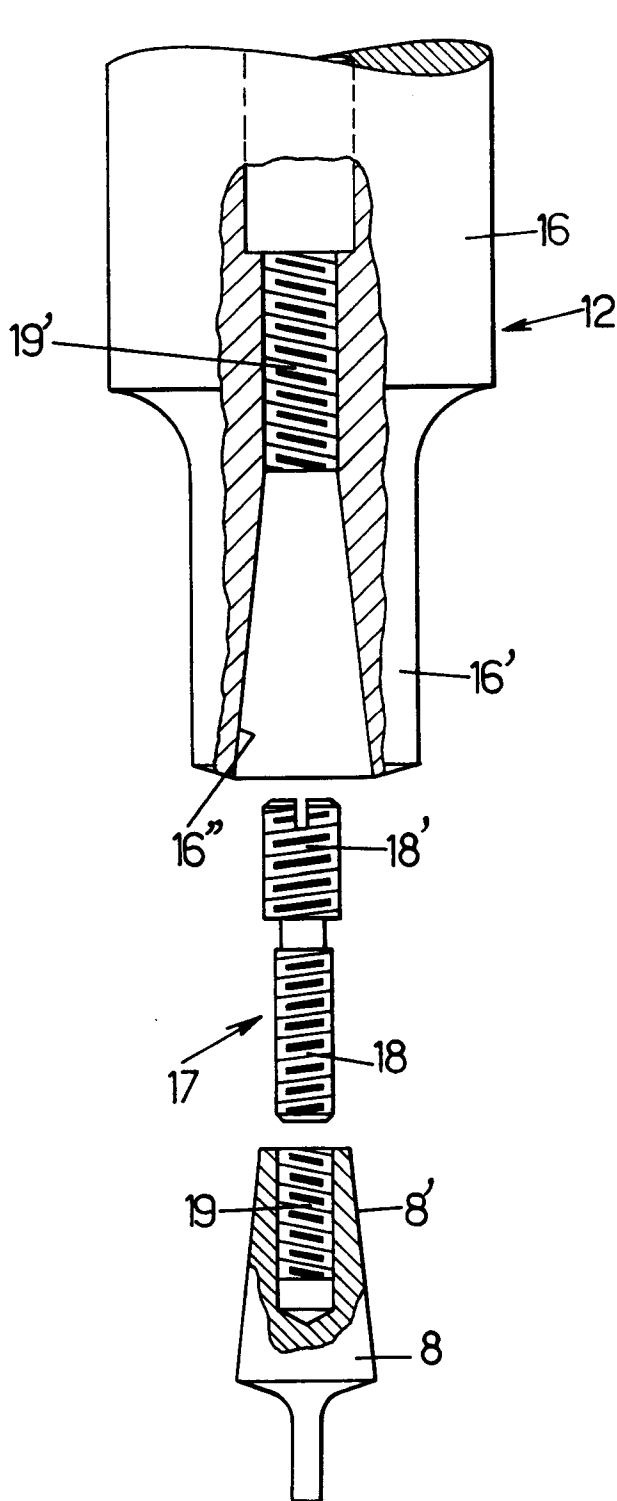


FIG.4.

