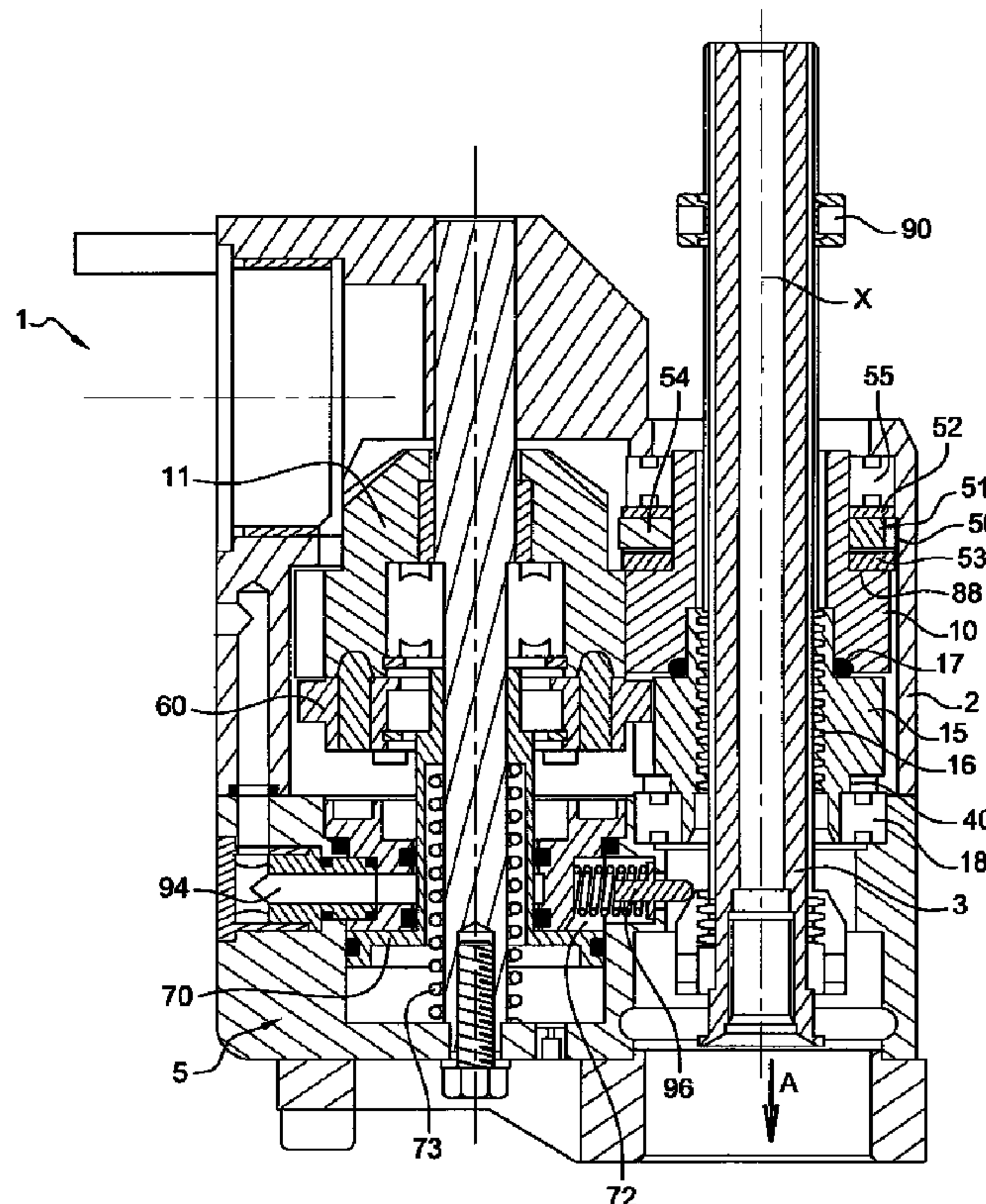




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/11/16  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/05/26  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2012/05/10  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: IB 2010/055191  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/061678  
(30) Priorité/Priority: 2009/11/17 (FR09 58081)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B23Q 5/32* (2006.01),  
*B23B 47/34* (2006.01)  
(71) Demandeur/Applicant:  
MITIS, FR  
(72) Inventeur/Inventor:  
PEIGNE, GREGOIRE, FR  
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : DISPOSITIF D'USINAGE AXIAL  
(54) Title: AXIAL MACHINING DEVICE



**Fig. 2**

(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un dispositif d'usinage axial (1), comportant une broche porte outil (3) tournant à l'intérieur d'un bâti (2), ce dernier logeant un système de transmission (5) provoquant l'avance automatique de la broche relativement au bâti (2)

**(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

sous l'effet de l'entraînement en rotation de la broche porte outil, ce système de transmission (5) comportant un pignon d'avance (15) vissé sur la broche (3), dispositif caractérisé par le fait qu'il comporte un organe de rappel élastique (40) sollicitant le pignon d'avance (15) dans une première direction axiale, de préférence contraire à la direction d'avance (A) de la broche (3), et par le fait qu'il comporte un premier roulement (50) comportant des organes de roulement (51) roulant sur une surface de roulement ondulée avec une composante axiale, de façon à solliciter périodiquement en déplacement le pignon d'avance (15) dans une deuxième direction opposée à la première, de telle sorte que la rotation de la broche (3) s'accompagne d'un mouvement vibratoire axial.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2011/061678 A3**

(43) Date de la publication internationale  
26 mai 2011 (26.05.2011)

PCT

(51) Classification internationale des brevets :  
*B23Q 5/32* (2006.01) *B23B 47/34* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/IB2010/055191

(22) Date de dépôt international :  
16 novembre 2010 (16.11.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
09 58081 17 novembre 2009 (17.11.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : MITIS  
[FR/FR]; 1, rue de la Noe, Ecole Centrale de Nantes,  
F-44300 Nantes (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : PEIGNE,  
Grégoire [FR/FR]; 16, rue du Chateau, F-44000 Nantes  
(FR).

(74) Mandataire : TANTY, Francois; Nony, 3, rue de  
Penthièvre, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,  
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : AXIAL MACHINING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF D'USINAGE AXIAL

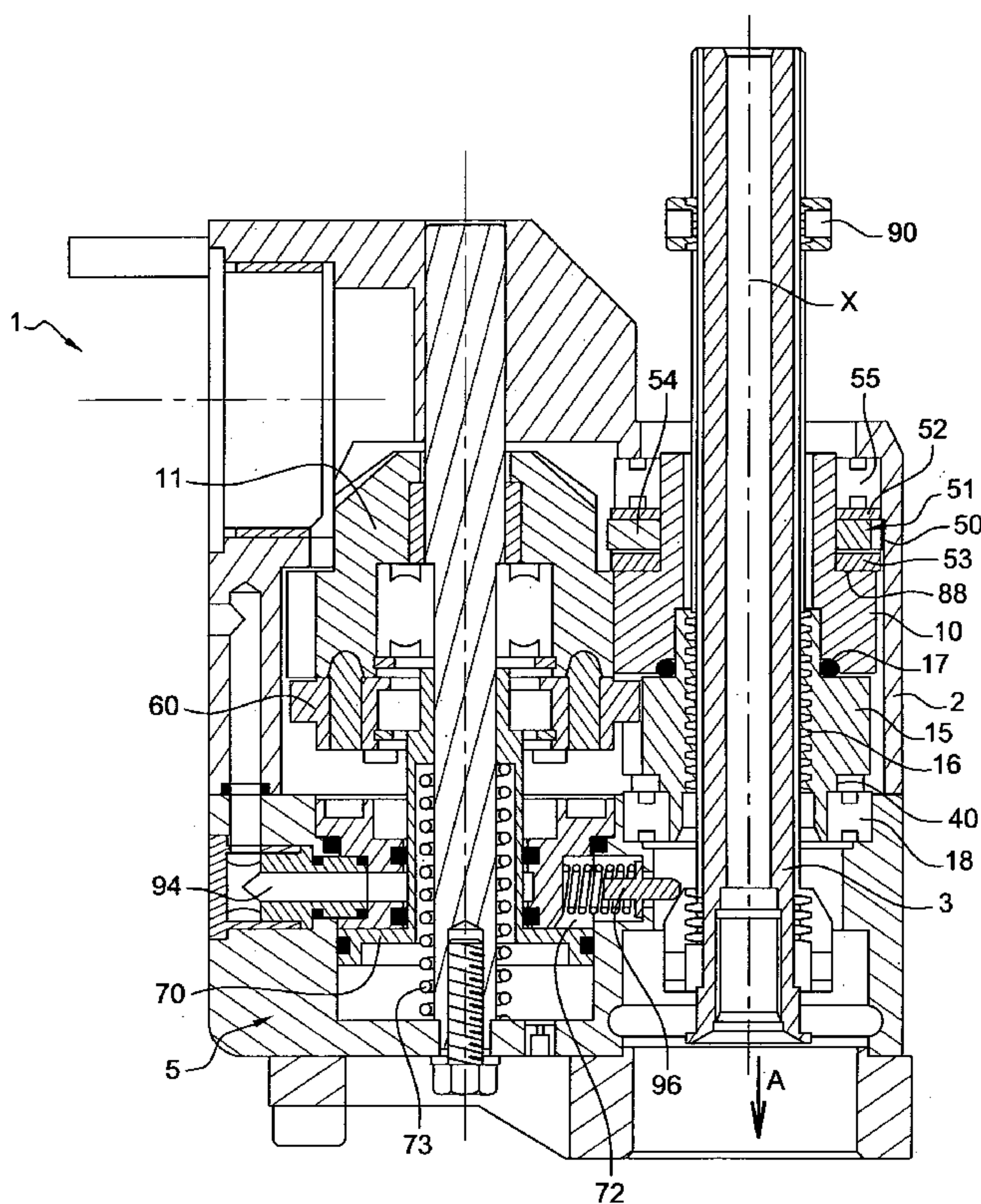


Fig. 2

(57) Abstract : The present invention relates to an axial machining device (1), which comprises a tool-holder spindle (3) rotating inside a frame (2), the latter housing a transmission system (5) causing the automatic advance of the spindle relative to the frame (2) during the rotation of the tool-holder spindle, said transmission system (5) comprising an advance pinion (15) screwed onto the spindle (3), said device being characterised in that it includes an elastic return member (40) biasing the advance pinion (15) in a first axial direction, preferably opposite the advance direction (A) of the spindle (3), and in that said device comprises a first bearing (50) comprising bearing members (51) rolling on a corrugated bearing surface having an axial component, such as to periodically bias the advance pinion (15) to move in a second direction opposite the first direction, such that the rotation of the spindle (3) is accompanied by an axial vibration movement.

(57) Abrégé : La présente

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/061678 A3

**WO 2011/061678 A3**

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :**

5 janvier 2012

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

invention concerne un dispositif d'usinage axial (1), comportant une broche porte outil (3) tournant à l'intérieur d'un bâti (2), ce dernier logeant un système de transmission (5) provoquant l'avance automatique de la broche relativement au bâti (2) sous l'effet de l'entraînement en rotation de la broche porte outil, ce système de transmission (5) comportant un pignon d'avance (15) vissé sur la broche (3), dispositif caractérisé par le fait qu'il comporte un organe de rappel élastique (40) sollicitant le pignon d'avance (15) dans une première direction axiale, de préférence contraire à la direction d'avance (A) de la broche (3), et par le fait qu'il comporte un premier roulement (50) comportant des organes de roulement (51) roulant sur une surface de roulement ondulée avec une composante axiale, de façon à solliciter périodiquement en déplacement le pignon d'avance (15) dans une deuxième direction opposée à la première, de telle sorte que la rotation de la broche (3) s'accompagne d'un mouvement vibratoire axial.

### Dispositif d'usinage axial

La présente invention concerne les dispositifs d'usinage axial, tel que perçage, alésage et fraisage, et plus particulièrement ceux de faible encombrement intégrant un mouvement d'avance et de plongée de l'outil, par exemple du foret.

La demande FR 2 881 366 au nom de SETI TEC décrit un dispositif de perçage comportant un pignon d'entraînement pour entraîner en rotation une broche porte foret et un pignon d'avance relié à la broche porte foret par une liaison filetée.

Un dispositif similaire est reproduit à la figure 1. Sur cette figure, les références numériques sont les mêmes que celles utilisées par la suite, pour désigner des pièces constitutives identiques ou similaires.

On connaît par ailleurs des dispositifs de perçage vibratoire par les publications WO 2008/000935 A1, DE 10 2005 002 462 B4, US 7 510 024 B2, FR 2 907 695 et US 2007/209813.

L'assistance vibratoire permet de fragmenter les copeaux et d'augmenter la qualité des perçages en supprimant le risque de bourrage, d'accroître la durée de vie des outils et de fiabiliser le procédé.

Dans les publications FR 2 907 695, US 7 510 024 et US 2007/209813, les oscillations sont générées par des cames sans organes de roulement. Il en résulte un frottement au niveau de la came, qui génère un échauffement et du bruit. En outre, la fréquence vibratoire optimale pour la fragmentation correcte du copeau n'est pas toujours obtenue du fait que cette fréquence est un multiple entier du différentiel de la vitesse de rotation du pignon d'avance par rapport à la broche ou par rapport au bâti, directement lié au nombre d'oscillations de la came.

Dans le brevet DE 10 2005/002462, un ressort exerce une force de rappel sur un roulement comportant une surface ondulée, dans une direction d'avance du foret, afin de produire des vibrations axiales. En cas de pression axiale élevée du foret, les organes de roulement peuvent cesser de rouler sur la surface ondulée, et le foret cesse d'osciller. Pour éviter cet inconvénient, le ressort doit présenter une raideur importante, ce qui peut amener à surdimensionner le roulement. Il en résulte un coût et un encombrement plus important.

De plus, le dispositif est rapporté en bout de broche, sous le système d'avance, ce qui ajoute à l'encombrement et amène une complexité accrue.

Il existe un besoin pour perfectionner encore les dispositifs de perçage, notamment ceux destinés à l'usinage de pièces aéronautiques de grandes dimensions, telles que par exemple des parties de fuselage ou d'ailes.

L'invention a ainsi pour objet un dispositif d'usinage axial comportant une  
5 broche porte outil, tournant à l'intérieur d'un bâti, ce dernier logeant un système de transmission provoquant l'avance automatique de la broche relativement au bâti sous l'effet de l'entraînement en rotation de la broche porte outil, ce système de transmission comportant un pignon d'avance vissé sur la broche.

Le dispositif comporte un organe de rappel élastique sollicitant le pignon  
10 d'avance dans une première direction axiale, de préférence contraire à la direction d'avance (i.e. son mouvement pendant l'usinage) de la broche. Le dispositif comporte un premier roulement comportant des organes de roulement roulant sur une surface de roulement ondulée avec une composante axiale d'ondulation, de façon à solliciter périodiquement en déplacement le pignon d'avance dans une deuxième direction opposée à la première, de  
15 telle sorte que la rotation de la broche s'accompagne d'un mouvement vibratoire axial.

Le dispositif selon l'invention présente un encombrement réduit, grâce à l'intégration des moyens de création du mouvement vibratoire à l'intérieur du bâti. Les frottements sont également largement réduits du fait des organes de roulement.

De plus, l'invention peut permettre de générer des vibrations axiales à une  
20 fréquence liée à la vitesse de rotation du pignon de rotation, ce qui peut permettre de garder constant le nombre d'oscillations par tour indépendamment des réglages de l'avance. Dans une variante de l'invention, où le premier roulement est en appui direct sur le pignon d'avance et où la fréquence de vibration axiale est alors directement liée à la vitesse de rotation du pignon d'avance et non plus à celle de la broche porte outil, ce dernier avantage  
25 est perdu, mais d'autres avantages demeurent.

Il est avantageux que l'organe de rappel sollicite le pignon d'avance dans une direction contraire à la direction d'avance de la broche. Cela permet en effet d'utiliser le premier roulement pour exercer un effort axial dans la direction d'avance de la broche. Ainsi, même en cas de surcharge axiale du foret, celui-ci reste soumis à un mouvement  
30 vibratoire. De plus, ni l'organe de rappel ni le premier roulement n'a à être surdimensionné. Le dispositif reste ainsi facilement intégrable à un bâti contenant le système de transmission et d'avance de la broche.

Le premier roulement comporte avantageusement des rouleaux, lesquels peuvent supporter des efforts supérieurs à des billes.

La surface ondulée se comporte avec les organes de roulement comme un train épicycloïdal qui agit comme un réducteur et démultiplie le nombre d'oscillations par tour.

5 Le premier roulement a ainsi la double fonction de réduire les frottements et de réduire par train épicycloïdal le mouvement vibratoire.

La surface ondulée peut être configurée pour produire un nombre non entier, voire non rationnel, de périodes vibratoires par révolution de la broche porte outil. Le nombre de périodes vibratoires par révolution de la broche porte outil est par exemple  
10 compris entre 1 et 3, bornes exclues, étant notamment égal à environ 1,5 ou 2,5. La surface de roulement ondulée peut comporter un nombre impair d'ondulations, par exemple sinusoïdales, par révolution. Par exemple, trois ondulations sur la surface ondulée peuvent générer compte tenu de la rotation des roulements, environ 1½ oscillation par tour de broche. Un nombre non entier permet d'éviter une trajectoire parallèle des arêtes de coupe  
15 lors du perçage, et accroît l'efficacité de fragmentation des copeaux.

De préférence, la surface ondulée produit un nombre non entier et non rationnel de périodes vibratoires par révolution de la broche porte outil.

Le premier roulement peut comporter une bague plate et une bague ondulée, entre lesquels tournent les organes de roulement, ces bagues pouvant être fixes ou mobiles  
20 dans le dispositif. La bague ondulée définit la surface ondulée.

Le nombre d'organes de roulement entre la bague plate et la bague ondulée est égal au nombre d'ondulations de la bague ondulée.

Du fait qu'une des bagues est ondulée, la trajectoire des organes de roulement sur cette bague n'est pas un cercle 2D mais une sinusoïde 3D. Ainsi, la longueur des  
25 trajectoires sur une bague plate ou ondulée est différente, même si les diamètres des bagues sont égaux.

La formule de Willis peut être appliquée à l'invention. La trajectoire du point courant sur la bague ondulée peut s'écrire ainsi :

$$\overrightarrow{OM} = R1.\overrightarrow{er} + \frac{A}{2}.\sin(N.\theta).\overrightarrow{ez}$$

où R1 est le rayon de la trajectoire sur la bague,  $\theta$  l'angle formé par le point courant, N le nombre d'ondulations et A leur amplitude.

En dérivant cette équation, l'équation suivante est obtenue :

$$5 \quad d\overline{OM} = 0 \cdot \overline{e_r} + R1 \cdot d\theta \cdot \overline{e_\theta} - \frac{A}{2} \cdot N \cdot \cos(N \cdot \theta) \cdot d\theta \cdot \overline{e_z}$$

La norme de cette équation permet d'obtenir la dérivée de l'abscisse curviligne, c'est-à-dire la longueur de la trajectoire s1 de la bague ondulée :

$$ds_1 = \sqrt{\left[ R1^2 + \left( \frac{A}{2} \cdot N \cdot \cos(N \cdot \theta) \right)^2 \right]} d\theta$$

10 L'intégration de la précédente équation conduit au calcul de l'abscisse curviligne s1 :

$$s_1 = \int_0^{2\pi} \sqrt{\left[ R1^2 + \left( \frac{A}{2} \cdot N \cdot \cos(N \cdot \theta) \right)^2 \right]} d\theta = \int_0^{2\pi N} \sqrt{\left[ \left( \frac{R1}{N} \right)^2 + \left( \frac{A}{2} \cdot \cos \varphi \right)^2 \right]} d\varphi$$

$$15 \quad s_1 = \sqrt{\left( \frac{R1}{N} \right)^2 + \left( \frac{A}{2} \right)^2} \cdot \int_0^{2\pi N} \sqrt{1 - \left[ \frac{\frac{A}{2} \cdot \sin \varphi}{\sqrt{\left( \frac{R1}{N} \right)^2 + \left( \frac{A}{2} \right)^2}} \right]^2} d\varphi$$

$$s_1 = \sqrt{\left( \frac{R1}{N} \right)^2 + \left( \frac{A}{2} \right)^2} \cdot E \left( 2\pi N, \frac{\frac{A}{2}}{\sqrt{\left( \frac{R1}{N} \right)^2 + \left( \frac{A}{2} \right)^2}} \right)$$

l'intégrale précédente étant l'intégrale elliptique incomplète du deuxième type.

20 Sur la bague plate, la longueur de la trajectoire s2 peut s'écrire comme un simple périmètre de cercle :

$$s_2 = \int_0^{2\pi} R_2 \cdot d\theta = 2\pi \cdot R_2$$

où  $R_2$  est le diamètre de la bague.

Les réductions  $r_1$  et  $r_2$  du train épicycloïdal avec, respectivement, des bagues  
5 mobiles ou fixes, peuvent s'écrire :

$$r_1 = \frac{s_1}{s_1 + s_2} ; r_2 = \frac{s_2}{s_1 + s_2}$$

Ce calcul fait intervenir de nombreux paramètres et par sa nature, induit un  
nombre d'oscillations par tour non rationnel, comme indiqué dans les exemples ci-dessous.

10 En prenant des rayons égaux pour les bagues plates et ondulées, soit  $R_1 = R_2 = 20$  mm,  $N = 3$  pour le nombre d'ondulations, et  $A = 0,5$  mm pour leur amplitude, les réductions du train épicycloïdal sont égales de façon approchée à  $r_1 = 0,500351$  et  $r_2 = 0,499649$ , ce qui donne 1,50105 périodes vibratoires par révolution de la broche dans le cas d'une bague ondulée fixe, et 1,49895 périodes vibratoires par révolution de la broche  
15 dans le cas d'une bague plate fixe.

Avec des valeurs de rayon différentes, soit  $R_1 = 22$  mm et  $R_2 = 20$  mm, et  $A = 0,1$  mm avec le même nombre d'ondulations, les réductions du train épicycloïdal sont égales de façon approchée à  $r_1 = 0,523821$  et  $r_2 = 0,476179$ , ce qui donne 1,57146 périodes vibratoires par révolution de la broche dans le cas d'une bague ondulée fixe, et  
20 1,42854 périodes vibratoires par révolution de la broche dans le cas d'une bague plate fixe.

Un nombre non rationnel d'oscillations par tour de la broche permet d'éviter les risques de vibrations autoentretenues et de broutement.

Il est particulièrement avantageux d'avoir un nombre non entier et non rationnel d'oscillations par tour, notamment en cas d'utilisation du dispositif pour réaliser  
25 des opérations de fraisurage et de chambrage. En effet, un nombre non rationnel d'oscillations par tour permet d'éviter un défaut de forme à la fin de l'opération, notamment dans le cas où une temporisation en fin de course de quelques secondes a lieu, pendant laquelle l'avance est nulle. Si l'avance est stoppée en fin de course pour un nombre défini de tours, dans le cas d'un nombre non entier et non rationnel d'oscillations par tour, la  
30 surface obtenue, conique ou plane par exemple, n'est soumise à aucune oscillation localisée

de façon permanente au même emplacement, et elle présente un défaut de forme acceptable. Le sommet de chaque oscillation est légèrement décalé angulairement par rapport au précédent.

Le système de transmission peut comporter un pignon de rotation servant à l'entraînement en rotation de la broche porte outil, disposé dans le bâti avec une possibilité de déplacement axial relativement au bâti. Le premier roulement peut être en appui direct sur ce pignon de rotation.

Le pignon de rotation peut être situé entre le pignon d'avance et le premier roulement, mais le pignon d'avance peut en variante être situé entre le pignon de rotation et le premier roulement.

Le dispositif peut comporter un deuxième roulement s'interposant entre le pignon d'avance et le pignon de rotation.

Le pignon d'avance peut tourner à l'intérieur d'un troisième roulement, notamment un roulement à aiguilles. Un roulement à aiguilles peut tolérer plus facilement le déplacement axial du pignon d'avance qu'un roulement à billes.

L'organe de rappel élastique peut comporter une rondelle formant ressort, traversée par la broche porte outil. La rondelle formant ressort peut reposer sur une bague radialement intérieure d'un quatrième roulement traversé par la broche porte outil, par exemple un roulement à double rangée de billes, qui peut accroître la précision du guidage.

L'invention a encore pour objet un procédé d'usinage axial dans lequel on utilise un dispositif tel que défini plus haut.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples non limitatifs de mise en œuvre de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un exemple de dispositif selon l'art antérieur,
- la figure 2 est une vue similaire à la figure 1 d'un exemple de dispositif de perçage réalisé conformément à l'invention,
- la figure 3 est une vue similaire à la figure 2, d'une variante de réalisation,
- la figure 4 représente en perspective un exemple de surface de roulement ondulée,

- la figure 5 représente le schéma cinématique d'un exemple de dispositif réalisé conformément à l'invention, et

- les figures 6 et 7 sont des schémas cinématiques de variantes de réalisation de dispositifs selon l'invention.

5 Le dispositif 1 d'usinage, notamment de perçage, conforme à l'invention représenté à la figure 2 comporte un bâti 2, qui loge partiellement une broche porte outil 3 et un système 5 d'entraînement et d'avance automatique de cette broche 3. Ce système 5 est accouplé à un moteur d'entraînement 112 représenté aux figures 5 à 7, qui est par exemple un moteur pneumatique.

10 La broche 3 entraîne un foret ou une fraise non représenté, de façon à réaliser un usinage axial, par exemple un perçage.

Le système 5 est par exemple similaire à celui décrit dans la demande FR 2 881 366, et comporte un pignon de rotation 10 qui tourne avec la broche 3 tout en autorisant un déplacement axial relativement à celle-ci, la liaison entre le pignon de rotation 10 et la broche 3 étant par exemple une liaison glissière, la broche 3 pouvant comporter des cannelures dans lesquelles s'engagent des nervures correspondantes du pignon de rotation 10.

Le pignon de rotation 10 est entraîné en rotation autour d'un axe X par une roue d'entraînement 11 accouplée au moteur.

20 Le système 5 comporte également un pignon d'avance 15 qui est mobile axialement à l'intérieur du bâti 2 selon l'axe X et comporte un filetage 16 vissé sur une portion filetée de la broche 3, de telle sorte qu'une rotation du pignon d'avance 15 relativement à la broche 3 provoque un déplacement axial de celle-ci. L'avance est par exemple de 1/10 mm environ par tour de la broche. La vitesse de rotation de la broche va par exemple de 300 à 5000 tours/min.

Le pignon d'avance 15 peut tourner relativement au pignon de rotation 10, un roulement 17 comportant des organes de roulement tels que des billes étant interposé axialement entre les deux, comme illustré.

30 Le pignon d'avance 15 peut tourner à l'intérieur d'un roulement de guidage inférieur 18 qui assure un guidage en rotation de celui-ci, tout en autorisant une certaine course axiale du pignon d'avance 15, relativement au bâti 2, vers le haut.

Un organe de rappel élastique 40, tel qu'une rondelle formant ressort, est interposé entre le pignon d'avance 15 et le roulement 18. La rondelle 40 formant ressort prend axialement appui sur la bague intérieure du roulement 18.

Le pignon de rotation 10 est mobile à l'intérieur du bâti 2, selon l'axe X, et se trouve sollicité, par l'intermédiaire du pignon d'avance 15 et du roulement 17, en déplacement vers le haut par la rondelle 40 formant ressort.

Un roulement 50 s'interpose axialement entre le bâti 2 et le pignon de rotation 10, du côté opposé au pignon d'avance 15. Ainsi, le pignon de rotation 10 est sollicité en appui contre le roulement 50 par la rondelle formant ressort 40.

Le roulement 50 présente des organes de roulement 51 qui sont dans l'exemple illustré des rouleaux insérés dans une cage 54, qui tournent entre une bague d'appui supérieure lisse 52 reposant contre un roulement 55 de guidage supérieur du pignon de rotation 10 et une bague inférieure ondulée 53 définissant une surface de roulement ondulée, reposant sur un épaulement 88 du pignon de rotation 10. Un exemple de surface de roulement ondulée 100 avec une composante axiale est représenté à la figure 4. Sur cette figure sont représentés le rayon R1 de la bague et l'angle  $\theta$ , utilisés dans le calcul du nombre de périodes vibratoires par révolution de la broche, détaillé précédemment.

L'axe de rotation de chaque roulement 51 peut être perpendiculaire à l'axe X, comme illustré.

Le roulement supérieur 55 est par exemple un roulement à billes, mais pourrait être autre.

La surface de roulement ondulée provoque un déplacement axial des rouleaux 51 lors de leur rotation. L'amplitude extrême de ce déplacement est par exemple comprise entre 2 et 4/10 mm. Un tel mouvement axial est transmis, par l'intermédiaire du pignon de rotation 10, au pignon d'avance 15 et ainsi à la broche 3 porte outil.

La surface de roulement ondulée comporte, de préférence, un nombre impair d'ondulations par révolution, de manière à obtenir une fréquence vibratoire qui est un multiple non entier, notamment non rationnel, de la fréquence de rotation.

Le système 5 comporte une roue 60 d'entraînement du pignon d'avance 15, qui est accouplée par crabotage avec la roue 11 et qui peut être désaccouplée automatiquement de la roue d'entraînement 11, en fin de course vers le bas de la broche 3, de façon à permettre une remontée de celle-ci.

La roue 60 entraîne le pignon d'avance 15 à une vitesse de rotation légèrement différente de celle du pignon de rotation 10, de façon à générer le mouvement d'avance recherché dans la direction d'avance A, pour la broche 3, de façon comme en soi.

5 Au terme du mouvement d'avance de la broche 3, une butée 90 portée par la broche 3 vient en appui contre la tranche d'extrémité du pignon de rotation 10 et amène la roue d'entraînement 60 à s'éloigner de la roue d'entraînement 11.

La roue d'entraînement 60 entraîne vers le bas un piston 70 qui porte un joint d'étanchéité 92. Ce dernier isole, lorsque la roue d'entraînement 60 est accouplée à la roue d'entraînement 11, la chambre 72 située au-dessus du piston d'une arrivée d'air comprimé 10 94. Lorsque le piston 70 est déplacé vers le bas, le joint 92 cesse de s'appliquer de façon étanche et la pression régnant au-dessus de la chambre 72 entraîne le piston 70 vers le bas. Les roues d'entraînement 11 et 60 sont alors complètement désaccouplées et la broche peut opérer un mouvement de remontée. Un clapet 96 est actionné par la broche 3 au terme de sa remontée, ce qui ramène à la pression atmosphérique la chambre 72 et permet la 15 remontée du piston 70 sous l'effet d'un ressort de rappel 73. Les roues d'entraînement 11 et 60 peuvent à nouveau s'accoupler.

Le système de transmission peut être similaire à celui décrit dans la demande FR 2 881 366.

La variante de réalisation illustrée à la figure 3 diffère de celle de la figure 2 20 notamment par le remplacement du roulement inférieur 18 par un roulement à aiguilles 98, qui admet plus facilement un mouvement axial entre les surfaces de roulement. La broche 3 est guidée inférieurement par un roulement 99 à double rangée de billes.

Un roulement à aiguilles 100 est également utilisé en remplacement du roulement supérieur à 55, pour guider en rotation le pignon de rotation 10.

25 La broche 3 est guidée supérieurement en rotation par un roulement à billes 101. La rondelle 40 formant ressort repose sur la bague intérieure du roulement 99 à double rangée de billes.

La figure 5 représente le schéma cinématique d'un exemple de dispositif réalisé selon l'invention.

30 Ce schéma représente les liaisons entre les principaux éléments du dispositif 1 décrits précédemment. Le moteur 112 auquel le système de transmission 5 est accouplé par la roue d'entraînement 11 est également représenté.

Dans les variantes des figures 6 et 7, le système 5 est intégré à une configuration où les pignons d'avance et de transmission sont inversés. L'emplacement du moyen de rappel 40 diffère entre les réalisations des figures 6 et 7.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples illustrés. On peut  
5 notamment réaliser autrement le système de transmission et d'avance 5.

L'expression "comportant un" doit se comprendre comme étant synonyme de "comportant au moins un".

## REVENDICATIONS

1. Dispositif d'usinage axial (1), comportant une broche porte outil (3) tournant à l'intérieur d'un bâti (2), ce dernier logeant un système de transmission (5) provoquant l'avance automatique de la broche relativement au bâti (2) sous l'effet de l'entraînement en rotation de la broche porte outil, ce système de transmission (5) comportant un pignon d'avance (15) vissé sur la broche (3), dispositif caractérisé par le fait qu'il comporte un organe de rappel élastique (40) sollicitant le pignon d'avance (15) dans une première direction axiale, contraire à la direction d'avance (A) de la broche (3), et par le fait qu'il comporte un premier roulement (50) comportant des organes de roulement (51) roulant sur une surface de roulement ondulée avec une composante axiale, de façon à solliciter périodiquement en déplacement le pignon d'avance (15) dans une deuxième direction opposée à la première, de telle sorte que la rotation de la broche (3) s'accompagne d'un mouvement vibratoire axial.
2. Dispositif selon la revendication 1, le premier roulement (50) comportant des rouleaux (51).
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, la surface ondulée produisant un nombre non entier de périodes vibratoires par révolution de la broche (3) porte outil.
4. Dispositif selon la revendication 3, la surface ondulée produisant un nombre non rationnel de périodes vibratoires par révolution de la broche porte outil (3).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le système de transmission (5) comportant un pignon de rotation (10) servant à l'entraînement en rotation de la broche (3) porte outil, disposé dans le bâti (2) avec une possibilité de déplacement axial relativement à celui-ci.
6. Dispositif selon la revendication précédente, le pignon de rotation (10) étant situé entre le pignon d'avance (15) et le premier roulement (50).
7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, comportant un deuxième roulement (17) s'interposant entre le pignon d'avance (15) et le pignon de rotation (10).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, le pignon d'avance (15) tournant à l'intérieur d'un troisième roulement, notamment un roulement à aiguilles (98).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'organe de rappel élastique (40) comportant une rondelle formant ressort, traversée par la broche (3) porte outil.

5 10. Dispositif selon la revendication précédente, la rondelle formant ressort reposant sur une bague radialement intérieure d'un quatrième roulement traversé par la broche (3) porte outil, notamment un roulement (99) à double rangée de billes.

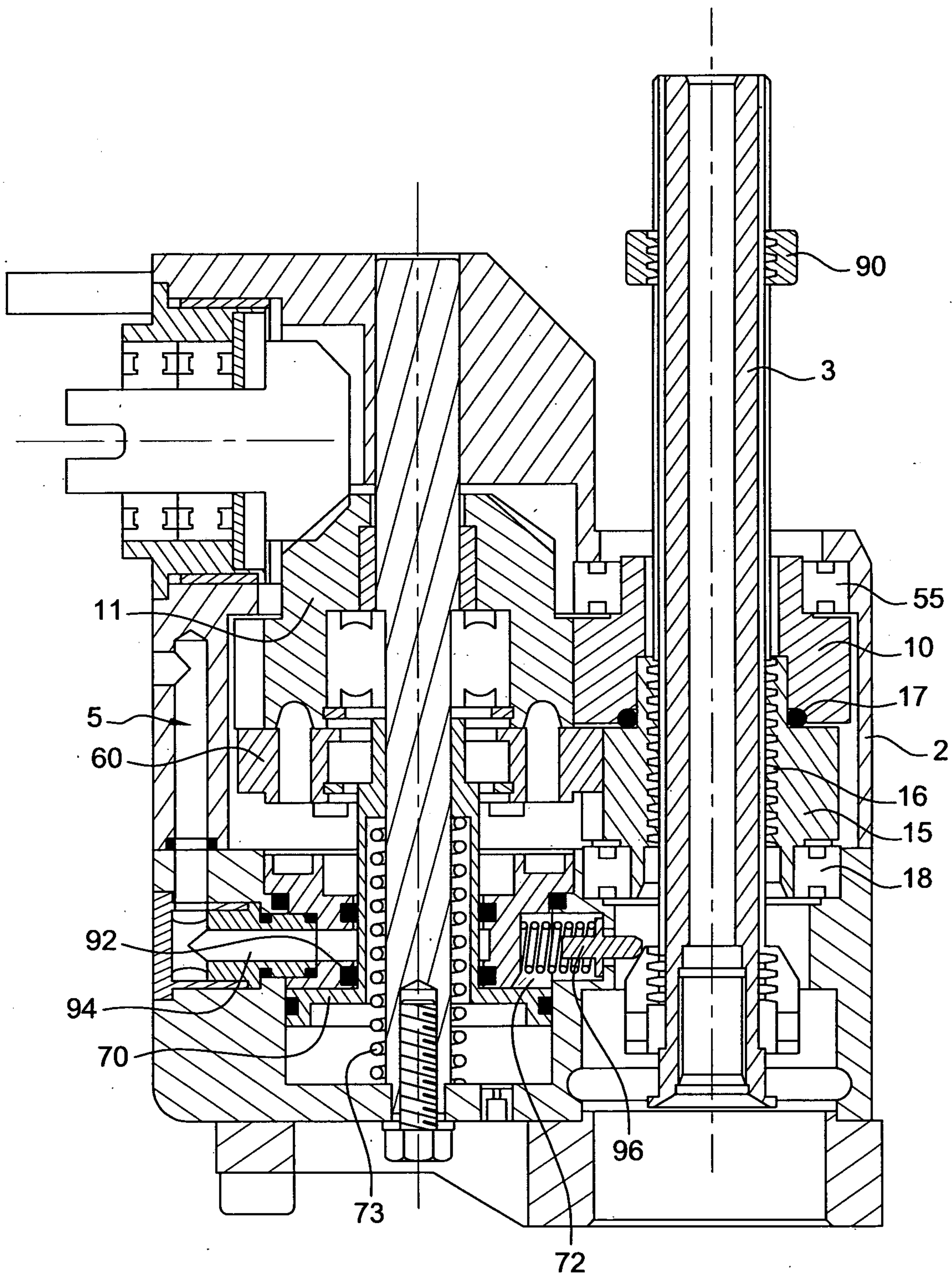
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, la première direction étant contraire à la direction d'avance (A) de la broche.

10 12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, la surface de roulement ondulée comportant un nombre impair d'ondulations.

13. Procédé pour réaliser un usinage axial dans une pièce, dans lequel on utilise un dispositif (1) tel que défini dans l'une quelconque des revendications précédentes.

14. Procédé selon la revendication 13, appliqué à des opérations de fraisurage ou de chambrage.

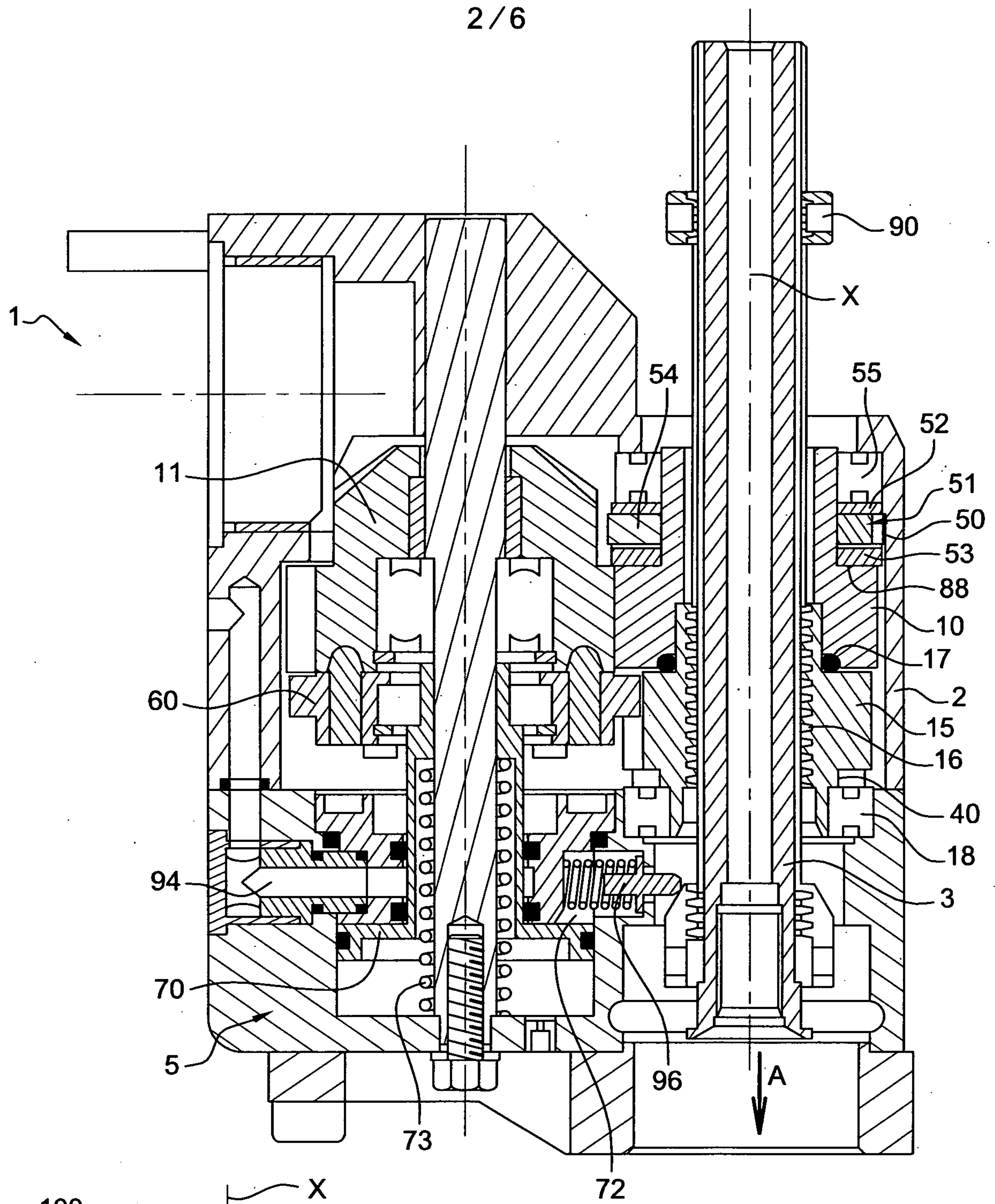
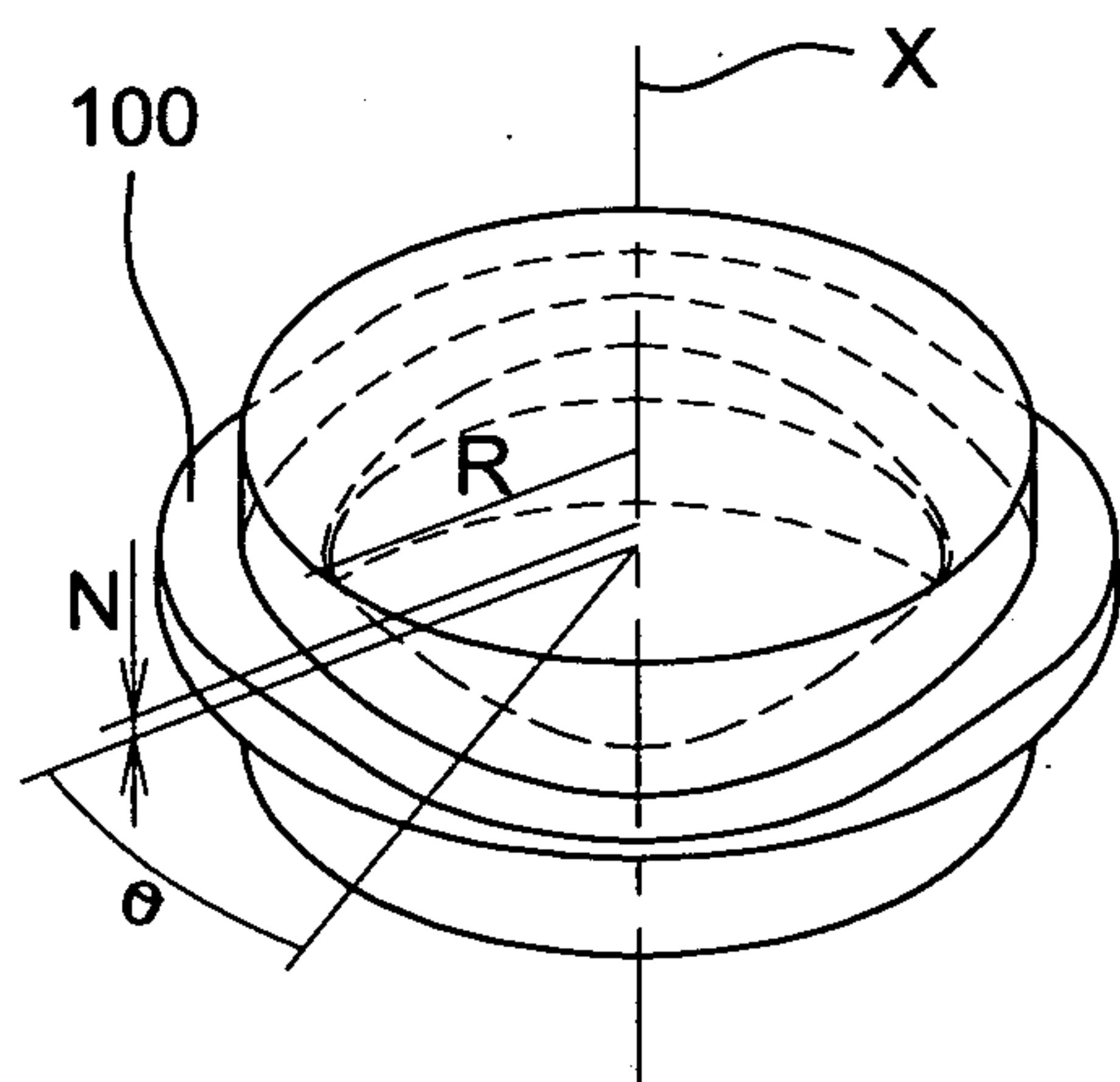
1/6



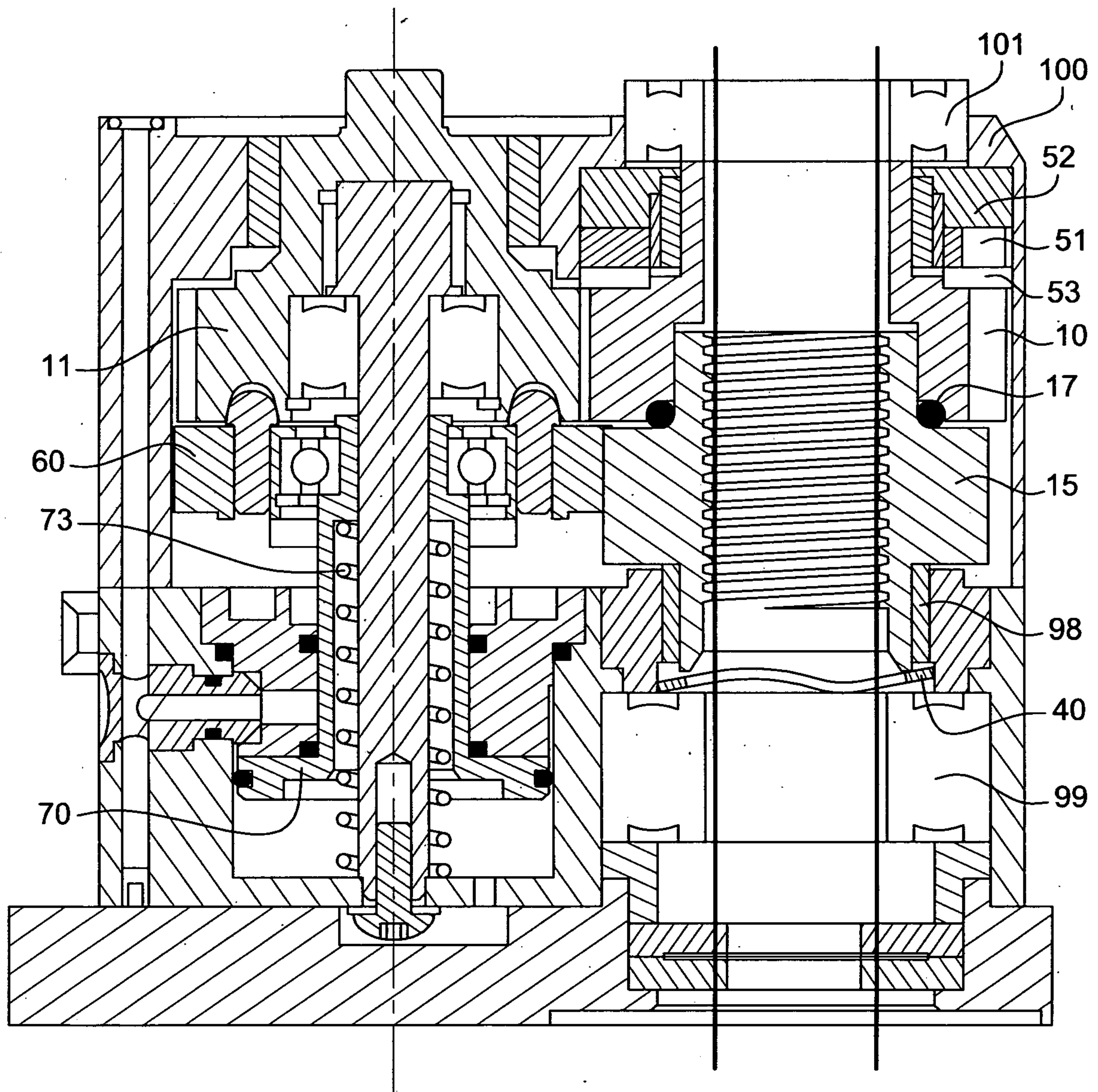
**Fig. 1**

ETAT DE LA  
TECHNIQUE

2/6

**Fig. 2****Fig. 4**

3 / 6

**Fig. 3**

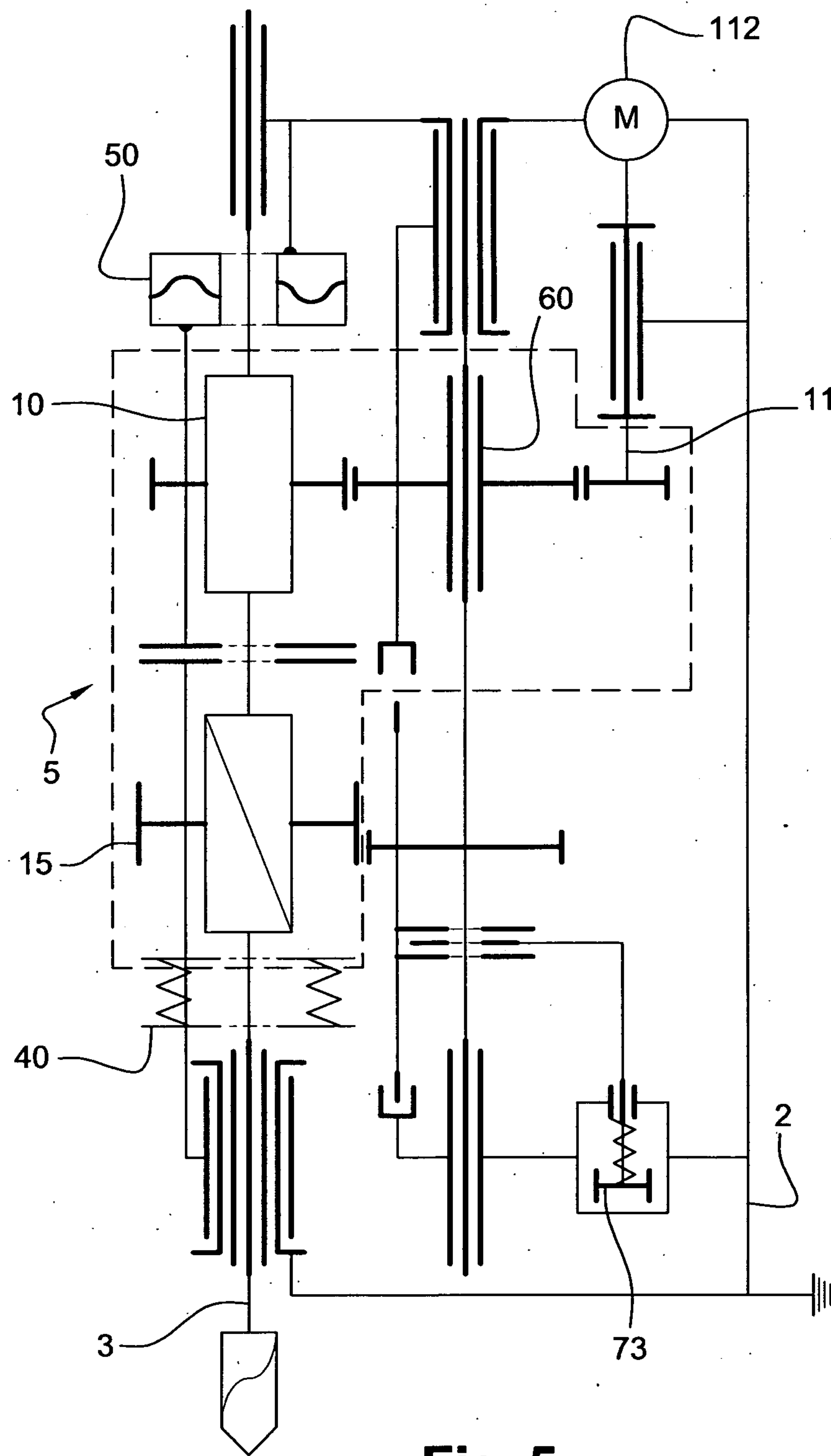


Fig. 5

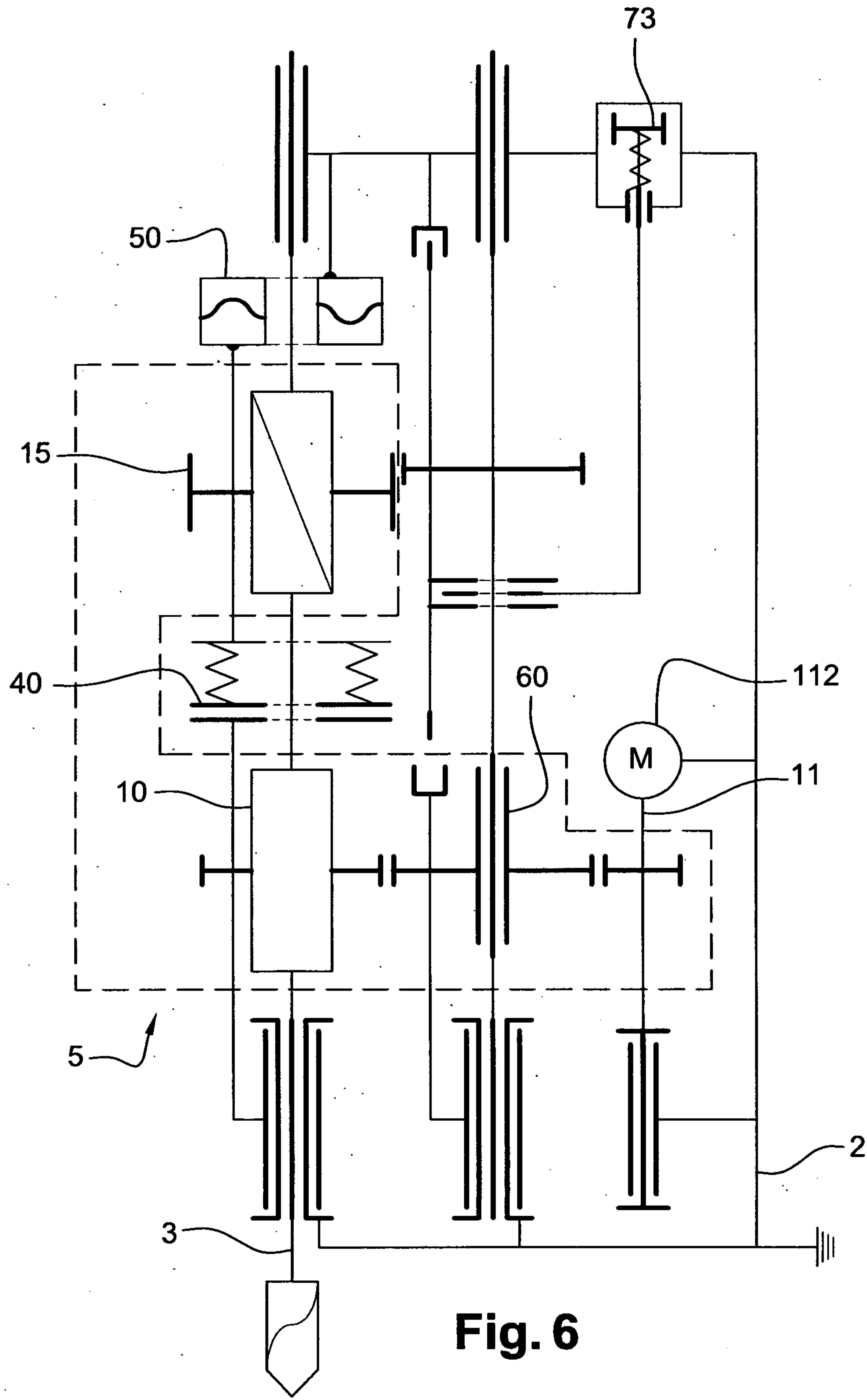


Fig. 6

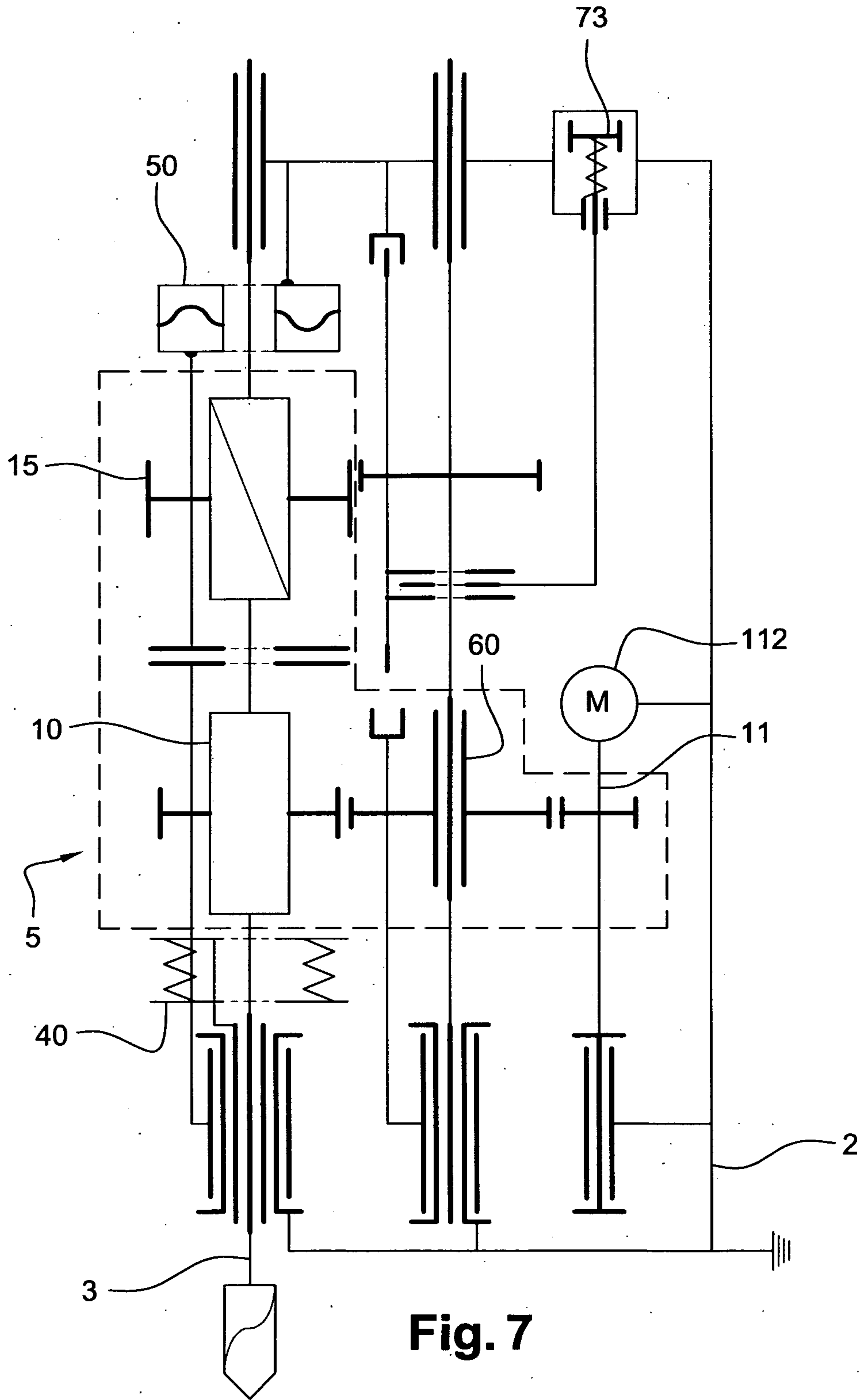
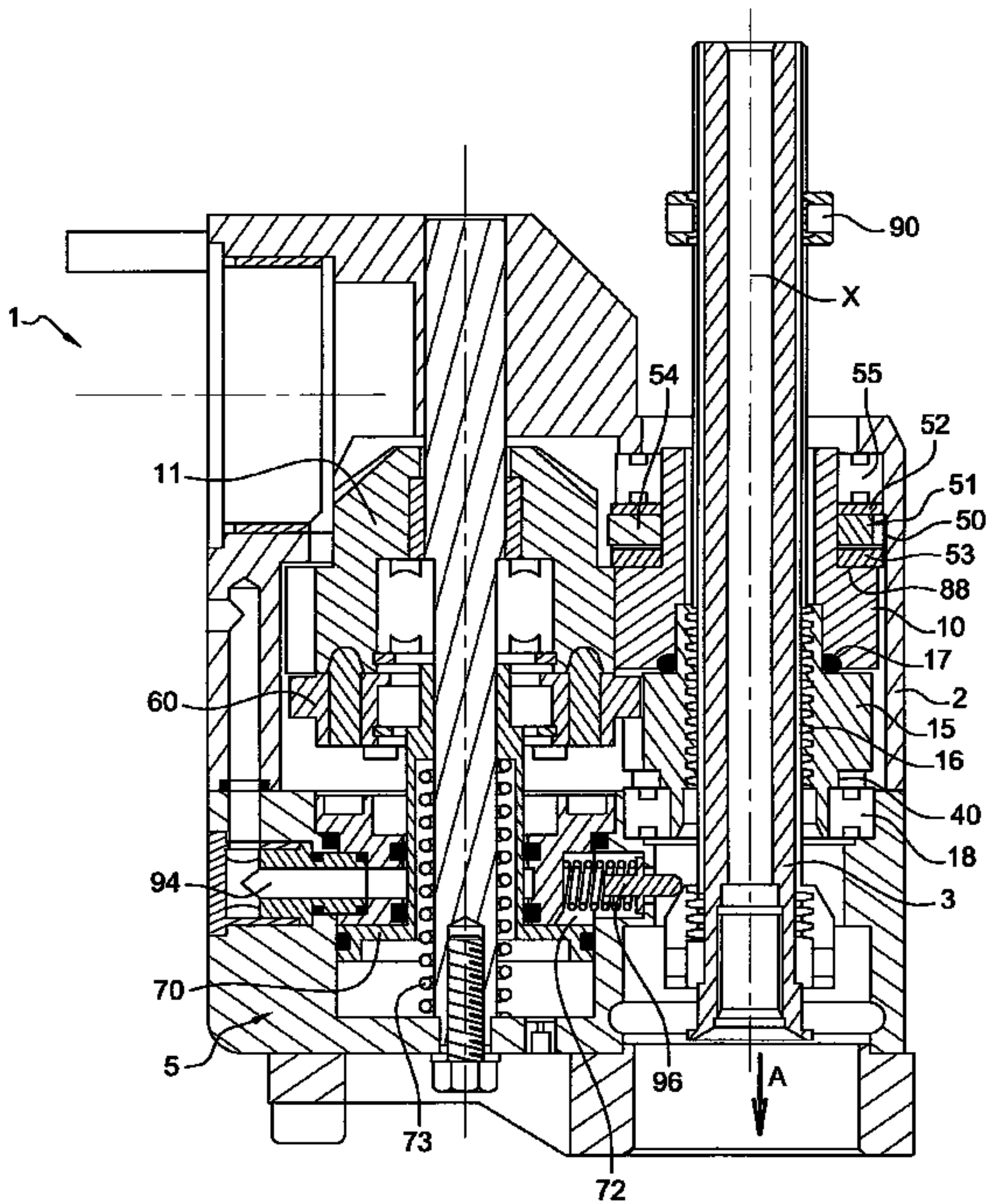


Fig. 7



**Fig. 2**