

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 83 04370

-
- ⑤④ Procédé pour fixer axialement une roue dentée métallique sur un arbre métallique et élément ainsi produit.
- ⑤① Classification internationale (Int. Cl. 3). B 23 P 11/02, 19/04 // F 04 C 2/14.
- ②② Date de dépôt 17 mars 1983.
- ③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *US, 18 mars 1982, n° 06/359 625.*

- ④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 23-9-1983.

-
- ⑦① Déposant : Société dite : DANA CORPORATION. — US.

- ⑦② Invention de : Arthur B. Joyce.

- ⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

- ⑦④ Mandataire : Rinuy et Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne des procédés de fixation de roues dentées sur des arbres en vue d'une utilisation dans des appareils tels que des pompes à engrenages et des applications similaires dans lesquelles les charges sont extrêmes. L'invention concerne plus particulièrement un procédé de fixation axiale de roues dentées sur des arbres dans des situations où les efforts dus aux vibrations et aux chocs atteignent des valeurs inhabituellement élevées dans la dimension axiale de l'élément formé par la roue dentée et l'arbre.

Ainsi qu'il est bien connu de l'homme de l'art, toute opération de coupe ou d'enlèvement de métal pratiquée sur une roue dentée ou sur un arbre accroît le risque de défaillance par fatigue de la pièce correspondante. C'est la raison pour laquelle un procédé courant pour assembler une roue dentée et un arbre consiste à donner à la roue dentée un diamètre intérieur légèrement plus petit que le diamètre extérieur de l'arbre et à chauffer la roue à plusieurs centaines de degrés centigrades. Dans le même temps, l'arbre est refroidi, puis il est introduit dans l'alésage de la roue. Lorsque les températures commencent à s'équilibrer, la dilatation de l'arbre et le retrait de la roue ont pour résultat la fixation des deux pièces par compression dans la zone de contact entre l'arbre et la roue dentée.

Ce procédé particulier donne satisfaction en ce qui concerne la fixation radiale de la roue dentée sur l'arbre, c'est-à-dire dans les applications où s'exercent des efforts normaux de torsion tendant à faire tourner à force la roue dentée par rapport à l'arbre. Cependant, dans une pompe à engrenage et dans d'autres applications soumises à un effort axial, des forces axiales agissant sur les roues dentées tendent à les déplacer axialement sur les arbres, ce qui a pour effet de faire sortir les arbres longitudinalement des roues dentées.

Malgré le risque accru de défaillance par fatigue, des moyens classiques de fixation axiale de roues dentées sur des arbres pour résister à ce dernier type

d'efforts extrêmes comprennent des clavettes, des goupilles, des anneaux élastiques et d'autres mécanismes de retenue axiale qui demandent un usinage de l'arbre ou de la roue dentée ou des deux. Il en résulte des espérances de vie réduites par la fatigue pour des éléments à roue dentée et arbre utilisés dans de tels milieux soumis à des efforts axiaux.

L'invention concerne un procédé destiné à améliorer la fixation axiale d'une roue dentée métallique sur un arbre métallique, ainsi qu'à favoriser une plus longue endurance de l'élément à roue dentée et arbre. Le procédé consiste à appliquer des forces de compression, d'une amplitude suffisante pour produire une déformation plastique, dans les régions annulaires extérieures d'interface de la roue dentée et de l'arbre après que la roue dentée a été au préalable fixée radialement sur l'arbre par des procédés classiques. Cette opération a pour effet de laisser des contraintes résiduelles de compression au-dessous des surfaces se trouvant dans les régions d'interface.

Un procédé préféré consiste à fixer une roue dentée métallique sur un arbre métallique, la roue dentée présentant un alésage d'un diamètre inférieur au diamètre de l'arbre. Le procédé consiste à (a) chauffer la roue dentée, (b) refroidir l'arbre, (c) introduire l'arbre dans l'alésage de la roue, et (d) permettre aux températures de la roue dentée et de l'arbre de s'équilibrer. Cependant, le perfectionnement apporté à ce procédé réside dans une dernière étape destinée à améliorer la fixation de la roue dentée longitudinalement ou axialement sur l'arbre et qui consiste (e) à appliquer des forces de compression d'une amplitude suffisante pour produire une déformation plastique dans les zones annulaires extérieures d'interface de la roue dentée et de l'arbre.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemple nullement limitatif et sur lesquels :

- la figure 1 est une élévation, avec coupe partielle, d'une pompe à engrenage comprenant deux éléments

coopérants à roue dentée et arbre réalisés conformément à l'invention ;

- la figure 2 est une coupe de la pompe à engrenage suivant la ligne 2-2 de la figure 1 ;

5 - la figure 3 est une élévation de l'un des deux éléments à roue dentée et arbre de la pompe à engrenage de la figure 1 ;

10 - les figures 4a, 4b et 4c sont respectivement une élévation avec arrachement partiel, une coupe transversale et une coupe longitudinale partielle du second élément à roue dentée et arbre, ces vues montrant plus clairement la région d'interface entre la roue dentée et l'arbre et en particulier la zone dans laquelle le métal est comprimé dans la région d'interface ;

15 - la figure 5 est une vue en perspective d'un appareil utilisé dans une forme préférée de mise en oeuvre de l'invention et représenté dans une première position ;

20 - la figure 6 est une vue en perspective de l'appareil de la figure 5 représenté dans une seconde position ; et

- la figure 7 est une élévation d'une roue de compression utilisée dans l'appareil des figures 5 et 6.

25 La figure 1 représente une pompe 10 à engrenage comprenant des roues dentées métalliques menante et menée 12 et 14, respectivement. Les roues dentées 12 et 14 restent constamment en prise et tournent dans le sens indiqué par les flèches afin de déplacer un fluide d'un orifice 16 d'aspiration vers un orifice 18 de refoulement. Les roues dentées 12 et 14 tournent à l'intérieur de logements intérieurs fixes 20 et 22, respectivement, 30 déplaçant le fluide à l'intérieur de poches mobiles 24 délimitées par les parois 26 des logements 20 et les espaces 27 compris entre les dents 28 des roues.

35 Comme représenté sur la figure 2, les roues dentées métalliques menante et menée 12 et 14 sont montées fixement sur des arbres métalliques menant et mené 30 et 32, respectivement, chaque arbre étant monté de façon à pouvoir tourner dans des coussinets 34. Ainsi

qu'on peut le voir, l'arbre menant 30 présente une extrémité cannelée 35 (qui peut, en variante, comporter des nervures ou porter tous autres moyens d'accouplement) destinée à être reliée à un générateur de force motrice (non représenté).

Plusieurs plaques 36 de pression sont poussées contre les côtés des roues dentées 12 et 14 par la pression d'un fluide dirigé axialement vers l'intérieur contre ces plaques, ainsi qu'il est connu de l'homme de l'art. Les plaques 36 définissent donc, avec les parois 26 des logements et les espaces 27 compris entre les dents 28 des roues dentées, les limites des poches mobiles précitées 24 qui transportent le fluide. Des joints 38 s'opposent aux fuites par l'extrémité cannelée 35 de l'arbre menant 30. Tous les autres bouts d'arbre sont logés à l'intérieur du corps 11 de la pompe à engrenage 10.

La figure 3 est une vue de l'arbre menant 30 utilisé dans la pompe à engrenage 10 des figures 1 et 2. Comme indiqué, l'arbre 30 porte fixement une roue dentée menante 12. Un procédé préféré de fixation de la roue dentée 12 sur l'arbre 30 comprend deux opérations séparées et distinctes assurant le maintien à la fois en torsion et dans les dimensions axiales. Ainsi, l'opération de fixation en torsion décrite ici empêche la roue dentée de tourner sur l'arbre, tandis que l'opération de fixation axiale empêche la roue dentée de se déplacer axialement le long de l'arbre. Cette dernière opération, à savoir l'opération de fixation dans la dimension axiale, est nouvelle dans le domaine des éléments à roue dentée et arbre constitués de pièces séparées.

Un procédé préféré de fixation consiste d'abord à fixer en torsion la roue dentée sur l'arbre en utilisant une roue dentée et un arbre tels que le diamètre extérieur de l'arbre est légèrement surdimensionné ; autrement dit, le diamètre extérieur de l'arbre est légèrement plus grand que le diamètre intérieur ou l'alésage de la roue dentée. Cette dernière est chauffée à plusieurs centaines de degrés centigrades, de préférence à une température

comprise entre 150 et 260°C, ce qui a pour résultat de la dilater. Simultanément, l'arbre est refroidi au moins à une température de -100 à -130°C. L'arbre est ensuite placé en position dans l'alésage de la roue dentée, et on permet aux températures de s'équilibrer, ce qui a pour résultat de dilater l'arbre et de rétracter la roue. A la fin de l'opération, on obtient un joint mécanique solide dû aux forces résiduelles de compression présentes dans les éléments résultants, ce qui assure la fixation en torsion de la roue dentée sur l'arbre.

Cependant, le perfectionnement de l'invention réside dans une opération supplémentaire destinée à assurer la fixation axiale de la roue dentée sur l'arbre. Comme mentionné précédemment, lorsque la roue dentée est soumise à une charge axiale importante, malgré sa fixation en torsion sur l'arbre, elle peut quitter sa position sur ce dernier en se déplaçant axialement.

La figure 4a représente l'arbre mené 32, qui est de préférence constitué d'un arbre ou axe court, comme représenté, sur lequel une roue dentée menée 14 est montée fixement, de la même manière que la roue dentée menante 12 est montée sur l'arbre 30 de la figure 3. La figure 4c est une coupe partielle à échelle agrandie d'une zone 40 de la roue dentée 14 de l'arbre 32 après que ces deux pièces ont été fixées à la fois en torsion, comme décrit ci-dessus, et axialement, comme décrit ci-dessous.

L'opération de fixation axiale selon l'invention comprend une déformation physique par compression du métal se trouvant dans la zone 40 d'interface de la roue dentée 14 et de l'arbre 32. La zone 40 définit un espace annulaire 42 visible extérieurement, formé sur chacun des côtés de la roue dentée 14 de la figure 4a. La figure 4b est une vue de l'un des espaces annulaires 42, suivant la ligne 4b-4b de la figure 4a. En se référant à présent en particulier à la figure 4c, on peut voir que l'application d'une force de compression suffisante a pour résultat une déformation plastique des structures de l'arbre et de la roue dentée dans la zone d'interface 40. La partie

ombrée 44 constitue une région dans laquelle des contraintes individuelles de compression sont retenues à l'intérieur du métal, ces contraintes ayant des amplitudes égales de préférence à au moins 175 MPa. Il convient en outre de
5 noter qu'une jonction 46 de contact, définie par la zone cylindrique de contact entre l'alésage de la roue dentée et la surface périphérique de l'arbre, est déformée obliquement pour former des extrémités 48 de jonction de forme tronconique sur cette zone 46 de jonction, aux extrémités
10 70 et 71 de la roue dentée 14. Ceci améliore la fixation axiale.

Les figures 5 et 6 représentent une forme préférée de réalisation d'un appareil 54 destiné à la mise en oeuvre du procédé préféré selon l'invention. L'appareil
15 54 comprend deux roues 50 et 52 diamétralement opposées en acier durci, montées sur des axes 56 qui eux-mêmes sont fixés à des tiges 58 de piston sortant de vérins hydrauliques 60. L'arbre 30 ou 32 portant une roue dentée 12 ou 14 et formant un élément 61 à roue dentée, tel que
20 désigné ci-après, est monté rigidement dans un mandrin 62 pendant la réalisation d'une déformation plastique par compression du métal dans la zone d'interface 40. Les vérins 60 sont écartés pour permettre l'introduction de l'élément à roue dentée dans le mandrin 62 (figure 5).

25 Après la mise en place, les vérins 60 sont déplacés vers l'intérieur, puis les deux roues durcies, diamétralement opposées, 50 et 52 sont amenées en contact avec la zone d'interface supérieure 40 de l'élément à roue dentée 61 (figure 6). Le mandrin est ensuite mis en rota-
30 tion momentanément afin de faire exécuter plusieurs tours à l'élément 61. Pendant cet intervalle de temps, les roues 50 et 52 sont en contact avec la zone d'interface 40, sous des pressions de 210 MPa ou plus. Le métal de la zone d'interface 40 est ainsi soumis à une déformation
35 plastique, ce qui a pour résultat la région 44 décrite précédemment, dans laquelle subsistent des contraintes résiduelles de compression (figure 4c). Le mandrin est ensuite arrêté, les vérins hydrauliques sont écartés, et

l'élément à roue dentée et arbre est démonté, retourné sur lui-même, c'est-à-dire sur 180°, et remis en place dans le mandrin. L'opération est répétée sur la zone d'interface opposée 40 pour achever l'opération de fixation axiale selon l'invention.

La figure 7 représente une forme préférée de réalisation des roues 50 et 52 utilisées pour effectuer une déformation plastique par compression des zones d'interface 40. Les roues sont de préférence réalisées en acier durci ou bien, en variante, elles peuvent être réalisées dans des compositions non métalliques dures mais non cassantes, par exemple des diamants ou des céramiques spéciales. La roue présente un alésage 64 au moyen duquel elle est montée sur un axe ou galet 66, comme montré sur les figures 5 et 6. Dans une forme préférée de réalisation, l'arête 66 de contact de travail de la roue présente un rayon compris entre 0,38 et 0,65 mm afin de donner une surface concave à la zone d'interface 40.

Si l'on revient à la figure 4c, on peut à présent apprécier que la plus grande étendue de la région 44 de compression se trouve dans l'arbre plutôt que dans la surface de la roue dentée. Ainsi, comme représenté, l'arbre a subi une déformation plastique plus importante que celle de la roue. Ceci dépend évidemment de la position de l'arête 66 de travail par rapport à la zone 40 d'interface. Les roues 50 et 52 s'étendent de préférence dans des plans qui coupent l'axe longitudinal de l'arbre sous un angle supérieur à 45°. Normalement, les extrémités tronconiques 48 de la jonction, mentionnées précédemment et formées par la déformation de la jonction 46 de contact, s'évasent à partir de l'élément subissant la déformation par compression la plus importante ; par conséquent, les extrémités 48 de jonction sont inclinées vers la roue dentée ou à l'extérieur des arbres dans la forme de réalisation représentée. En variante, la roue dentée peut être soumise à une plus grande déformation par compression, et les extrémités 48 de la jonction 46 de contact s'inclinent alors vers l'intérieur, en direction de l'arbre.

Il semble que l'efficacité de ce nouveau procédé dépend au moins en partie de la réalisation des extrémités évasées ou déformées 48 et que, si les deux pièces étaient soumises à des compressions égales, le mécanisme de fixation axiale ne serait pas aussi efficace. Ceci est dû au fait que les extrémités déformées 48 forment des blocages mécaniques annulaires, réalisés par le fait que le métal d'une pièce déplace légèrement le métal de l'autre pièce sous l'effet des forces de compression qui lui sont appliquées.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'appareil et au procédé décrits et représentés sans sortir du cadre de l'invention. Par exemple, l'invention peut être appliquée, en plus des roues dentées, à d'autres éléments annulaires montés sur un arbre, par exemple des galets fixes, des cames fixes, etc.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour fixer axialement sur un arbre (30 ou 32) une roue dentée métallique (12 ou 14) fixée en torsion sur cet arbre et traversée par un alésage dans lequel passe l'arbre, des régions annulaires extérieures (40) d'interface étant définies à la jonction de la roue dentée et de l'arbre, le procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer des forces de compression au métal dans lesdites régions, ces forces ayant des amplitudes suffisantes pour produire une déformation plastique du métal de la roue dentée et de l'arbre dans ladite région d'interface.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la roue dentée présente un alésage ayant un diamètre inférieur à celui de l'arbre, caractérisé en ce qu'il consiste en outre à chauffer la roue dentée, à refroidir l'arbre, à introduire l'arbre dans l'alésage de la roue dentée, puis à permettre aux températures de la roue dentée et de l'arbre de s'équilibrer avant l'application desdites forces de compression.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les forces de compression sont appliquées au moyen d'une roue (50 ou 52) déplacée par rapport auxdites interfaces de la roue dentée et de l'arbre.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les forces de compression sont égales ou supérieures à 140 MPa.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite roue (50 ou 52) comporte une arête (66) de contact ayant un rayon d'au moins 0,38 mm.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'au moins deux desdites roues (50 et 52) sont utilisées, ces roues étant disposées de façon équidistante autour desdites interfaces annulaires extérieures de la roue dentée et de l'arbre.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les roues (50, 52) sont situées dans des plans qui coupent l'axe longitudinal de l'arbre sous un angle

supérieur à 45°, afin que l'une des pièces constituées par la roue dentée et l'arbre soit soumise à une déformation plastique plus grande que celle de l'autre pièce.

8. Élément comprenant un arbre (30 ou 32),
5 une roue dentée métallique (12 ou 14) fixée axialement sur cet arbre, une jonction cylindrique (46) de contact située entre la roue dentée et l'arbre et s'étendant axialement sur ledit arbre, cette jonction présentant des extrémités (48) qui coïncident avec des extrémités axiales (70, 71)
10 de la roue dentée, l'élément étant caractérisé en ce que lesdites extrémités (48) de la jonction sont évasées radialement à partir de ladite jonction s'étendant axialement.

9. Élément selon la revendication 6, caractérisé
15 en ce qu'il présente en outre deux régions annulaires et opposées (40) d'interface définies par les jonctions extérieures entre l'arbre et la roue dentée, chaque région présentant une concavité annulaire unique qui s'étend radialement autour des deux pièces constituées par l'arbre
20 et la roue dentée.

10. Élément selon la revendication 7, caractérisé en ce que chaque concavité annulaire est réalisée par une déformation plastique de la roue dentée et de l'arbre métalliques dans lesdites régions, au moyen d'un élément
25 (50 ou 52) de roulage appliqué contre lesdites pièces.

11. Élément selon la revendication 8, caractérisé en ce que lesdites régions présentent des surfaces métalliques ayant subi une déformation plastique et présentant des contraintes résiduelles de compression d'au moins
30 175 MPa.

12. Procédé pour fixer axialement sur un arbre métallique (30 ou 32) un élément annulaire métallique (12 ou 14) fixé en torsion sur cet arbre, cet élément annulaire étant traversé par un alésage dans lequel l'arbre
35 passe, et des régions annulaires extérieures (40) d'interface étant définies à la jonction de l'élément annulaire et de l'arbre, le procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer des forces de compression au métal

dans lesdites régions, ces forces ayant des amplitudes suffisantes pour produire une déformation plastique du métal de l'élément annulaire et de l'arbre dans ladite région d'interface.

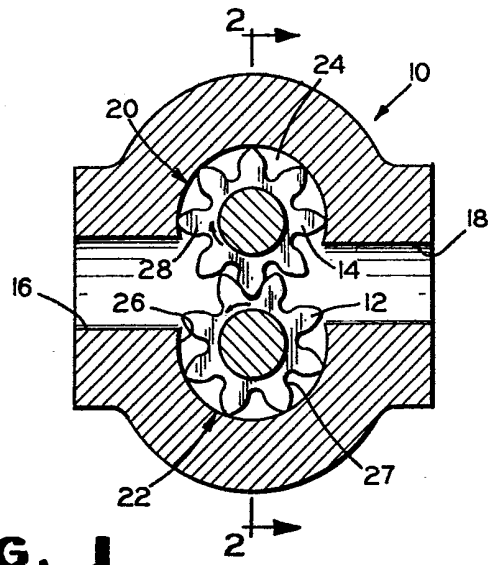


FIG. 1

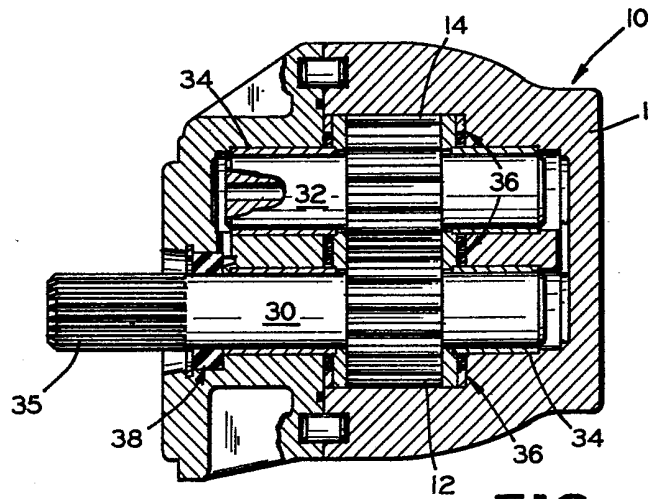


FIG. 2

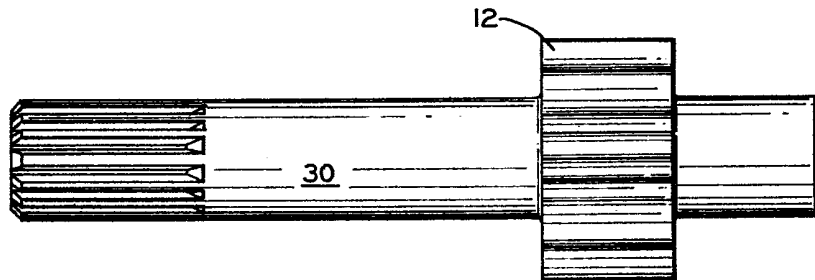


FIG. 3

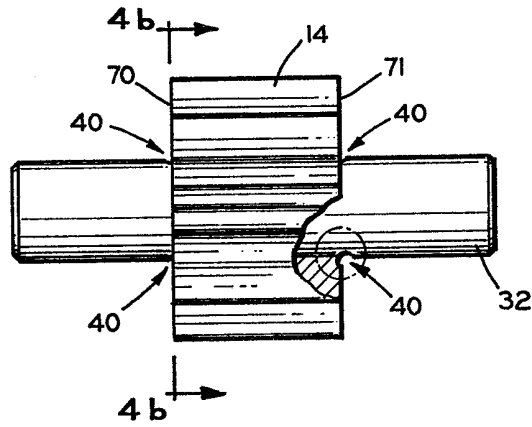


FIG. 4a

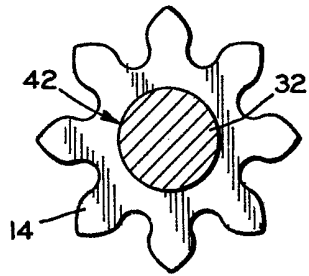


FIG. 4b

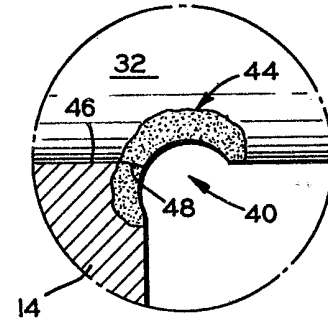


FIG. 4c

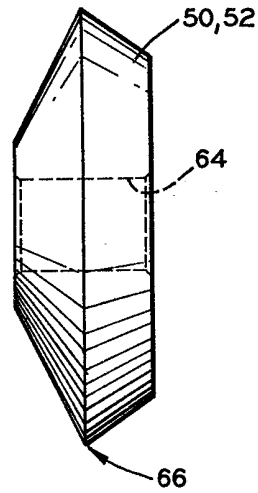


FIG. 7

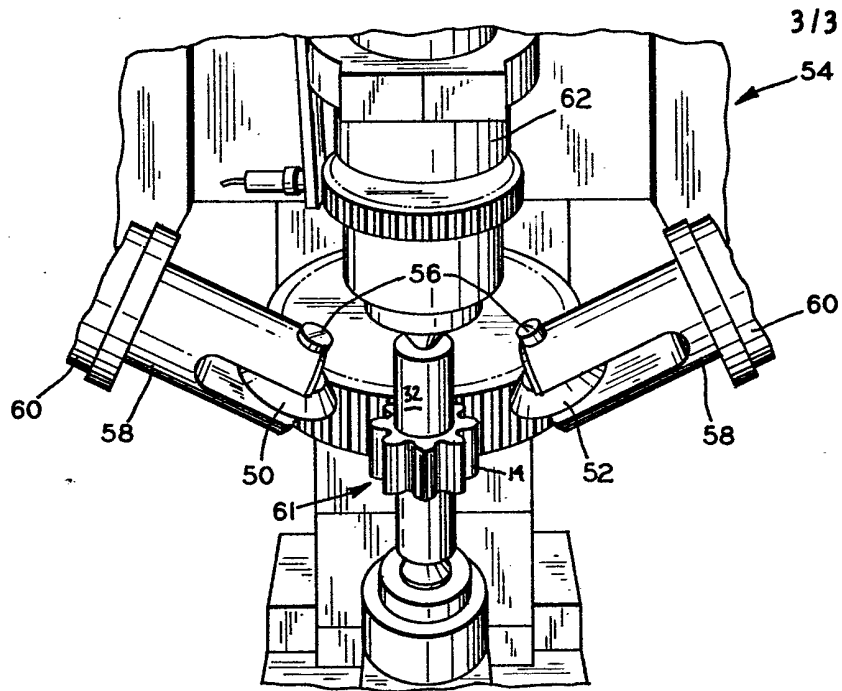


FIG. 5

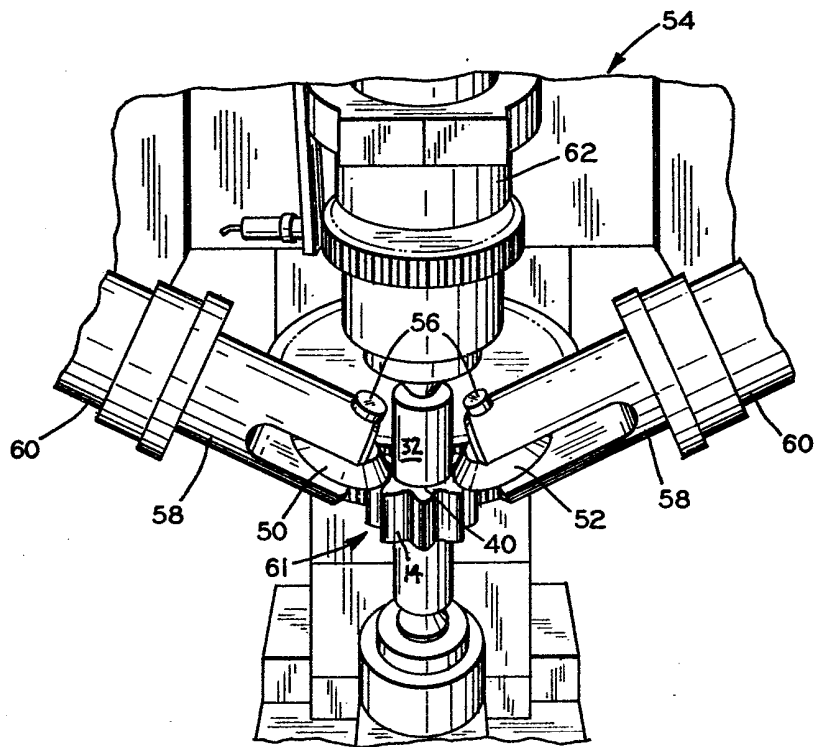


FIG. 6