

Brevet N° **83481**  
 du **9 juillet 1981**  
 Titre délivré : .....

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



Monsieur le Ministre  
 de l'Économie et des Classes Moyennes  
 Service de la Propriété Intellectuelle  
 LUXEMBOURG

## Demande de Brevet d'Invention

### I. Requête

La société dite: G.B. TOOLS & COMPONENTS EXPORTS LIMITED, (1)  
368 Ealing Road, Alperton, Wembley, Middlesex HA0 1HD,  
Grande-Bretagne, représentée par Monsieur Jacques de Muyser, (2)  
agissant en qualité de mandataire

dépose(nt) ce neuf juillet 1981 quatre-vingt-un (3)

à 15 heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :  
"Machines-outils". (4)

2. la délégation de pouvoir, datée de LONDRES le 29 mai 1981

3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires;

4. 6 planches de dessin, en deux exemplaires;

5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,

le 9 juillet 1981

déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :

1.- Walter Glyn EDWARDS, 6 Badby Leys, Rugby, Warwickshire, (5)  
Grande-Bretagne

2.- Robert John Holdsworth WINTERBOTTOM, 4 Manor Court, Twyford,  
Nr. Bicester, Buckinghamshire, Grande-Bretagne

revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de

(6) brevet déposée(s) en (7) Grande-Bretagne

le 12 juillet 1980 (No. 80.22860) (8)

au nom de la déposante (9)

domicile élit(issent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg

35, bld. Royal (10)

solicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les

annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à 18 mois. (11)

Le mandataire

### II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :

9 juillet 1981

à 15 heures



Pr. le Ministre  
 de l'Économie et des Classes Moyennes,  
 p. d.

REVENTICATION DE LA PRIORITE

de la demande de brevet / du modèle d'utilité

En GRANDE-BRETAGNE

Du 12 juillet 1980

Mémoire Descriptif

déposé à l'appui d'une demande de

BREVET D'INVENTION

au

Luxembourg

au nom de : G.B. TOOLS & COMPONENTS EXPORTS LIMITED

pour : "Machines-outils".

# "Machines-outils"

La présente invention est relative à des machines-outils pour l'usinage de pièces rotatives , ces machines étant du type comprenant un porte-outil mobile et un appareil de commande créant des signaux correspondant aux déplacements nécessaires des outils en vue de la production d'un profil prédéterminé sur la pièce usinée , ainsi qu'un système d'asservissement pour la transformation des signaux de commande en déplacements des outils.

Lorsqu'une pièce rotative est usinée par une machine-outil , la force de coupe qui doit être appliquée à l'outil est déterminée par la matière de la pièce usinée et par l'opération que la machine-outil doit réaliser. Il faudra une force de coupe plus élevée pour une pièce en une matière plus dure par rapport à une pièce en une matière relativement moins dure. Lorsque la machine-outil doit usiner une large gamme de matières et réaliser toute une série d'opérations différentes, elle doit être conçue pour pouvoir assurer toute une série de forces de coupe , allant jusqu'à une force de coupe maximale. Inversement , lorsqu'une machine-outil doit usiner une matière particulière suivant une opération bien déterminée, elle doit être conçue pour une force de coupe particulière.

L'outil de ces machines-outils est déplacé grâce à un système d'asservissement qui répond lui-même à des commandes de manière que cet outil donne une forme finale requise à la pièce traitée . La réponse du système d'asservissement aux commandes sera déterminée partiellement par la forme de système et partiellement par la force de coupe maximale que ce système doit pouvoir appliquer , puisque, d'une façon générale , le système doit être construit d'autant plus massivement que la for-

ce de coupe maximale est plus élevée , ce qui augmente l'inertie du système et réduit le temps de réponse. Un système d'asservissement particulier aura une gamme mesurable de fréquences ou largeur de bande de fréquences , pour laquelle le temps de réponse de ce système d'asservissement se situera dans des limites requises acceptables. Cette largeur de bande déterminera ainsi à quelle vitesse l'outil peut être déplacé , quelles opérations l'outil de la machine peut réaliser , et à quelle allure ces opérations seront faites.

On peut donc de ce fait faire une comparaison entre deux systèmes d'asservissement ou plus en comparant leurs largeurs de bande mais uniquement lorsque leurs forces de coupe maximales sont identiques ou pratiquement identiques , puisque , comme on peut le comprendre de ce qui précède , la force de coupe a une influence sur la largeur de bande .

Une forme traditionnelle de machine-outil , telle qu'illustrée dans le brevet britannique n° 829.824, comprend un porte-outil qui est déplaçable, par rapport à une pièce travaillée rotative , dans une direction parallèle et dans une direction transversale à l'axe de rotation de cette pièce , grâce à un système d'asservissement comprenant des vis-mères pour ces deux directions , ces vis-mères s'étendant entre des écrous associés fixés sur le porte-outil , ainsi que des commandes associées pour les vis-mères , par exemple un moteur ou une manivelle. De tels porte-outils ont une large amplitude de déplacements, avec par exemple un déplacement maximum de 250 mm à 6.500 mm , et ils sont capables d'appliquer une large gamme de forces de coupe, allant jusqu'à une force de coupe maximale élevée, par exemple d'environ 1100 kg. Ils sont de ce fait capables

de réaliser de nombreuses opérations d'usinage.

De tels porte-outils ont une largeur de bande de fréquences très étroite et de ce fait l'outil ne peut pas être déplacé , par rapport à la pièce usinée, de manière rapide ou par petits accroissements de distance , dans une direction parallèle à l'axe de rotation de la pièce usinée. De ce fait, la vitesse de rotation de la pièce usinée est très limitée lorsque la machine-outil est utilisée pour usiner des pièces presque circulaires , telles que des cames, et en outre la machine-outil peut ne pas être capable de produire des pièces d'une conicité précise. Ceci est dû à la construction lourde et , de ce fait, à l'inertie élevée du porte-outil , nécessaire à la transmission de forces de coupe élevées , ainsi qu'au décalage ou jeu introduit par la vis-mère et la commande de vis-mère .

On a produit des machines-outils comportant ce type de système d'asservissement , et qui ont une force de coupe maximale plus faible , et ce comme illustré, par exemple , dans le brevet britannique n° 1.499.812 (Granfield Institute of Technology) . Le système d'asservissement prévu suivant ce brevet a une force de coupe maximale d'environ 450 kg et une largeur de bande qui est supérieure à celle d'une machine-outil du type traditionnel dont il a été question précédemment . Toutefois, la forme du système d'asservissement rend à nouveau impossible une réponse très rapide , ce qui limite la vitesse de fonctionnement d'une telle machine-outil.

On a proposé une seconde machine-outil , dans laquelle une came rotative présentant une forme à peu près circulaire, qui est en fait la forme du profil final

désiré pour la pièce traitée, reçoit le contact d'un système d'asservissement formé par un galet de came dont le mouvement est transmis à un outil par une tringlerie. Une telle machine-outil a notamment été illustrée dans le brevet britannique n° 1.461.321 (Régie Nationale des Usines Renault). Bien que l'outil puisse, dans un tel état, créer des pièces à peu près circulaires tournant plus rapidement que dans le cas de la machine-outil traditionnelle mentionnée précédemment, il y a une limite supérieure aux vitesses de rotation de la came et de la pièce usinée, du fait qu'aux vitesses élevées, le galet de came quittera la surface de la came, ce qui créera des erreurs dans le profil de la pièce usinée. La force de coupe maximale d'un tel système est faible bien que la largeur de bande soit supérieure à celle d'une machine-outil traditionnelle. En outre, une nouvelle came doit être prévue si un changement dans le profil de la pièce est envisagé. Ceci est à la fois long et coûteux car des comes de ce genre sont généralement faites en utilisant une installation spéciale de précision.

Suivant le premier de ses aspects, l'invention se caractérise en ce que le système d'asservissement comprend un moteur à couple élevé et à faible inertie, destiné à recevoir les signaux de commande et comportant un arbre commandé ou arbre de sortie qui est mis en rotation par les signaux de commande suivant un déplacement maximum inférieur à un tour de rotation, et dont la position angulaire instantanée dans les limites de ce tour correspond à la valeur instantanée du signal de commande, ainsi qu'un élément de transmission d'entraînement prévu sur l'arbre et agissant directement sur le porte-outil pour transformer les déplacements

angulaires de l'arbre de sortie en mouvements correspondants du porte-outil.

Suivant un second aspect particulier , l'invention se caractérise en ce que le système d'asservissement comprend un chariot mobile, supportant un moteur comportant un arbre commandé ou arbre de sortie , un porte-outil rigide monté sur ce chariot en vue d'un déplacement dans un plan transversal à l'axe de rotation de l'arbre de sortie, une partie du porte-outil rigide étant étroitement adjacente de l'arbre de sortie du moteur, une came simple montée sur l'arbre de sortie et se trouvant en contact direct avec la partie susdite du porte-outil rigide en vue de la conversion de la rotation de l'arbre de sortie en une force agissant sur la partie susdite du porte-outil dans un plan transversal à l'axe de rotation de l'arbre de sortie , de sorte que le porte-outil est ainsi déplacé en phase avec l'arbre de sortie, l'appareil de commande étant prévu pour alimenter au moteur électrique une succession de signaux de commande permettant la mise en rotation de l'arbre de sortie vers une succession correspondante de positions angulaires, le déplacement maximum de cet arbre étant inférieur à un tour , et ce afin de provoquer les déplacements nécessaires du porte-outil en vue de l'usinage de la pièce rotative.

Une description plus détaillée de trois formes de réalisation de machines-outils suivant l'invention est donnée ci-après avec référence aux dessins non limitatifs annexés.

La Figure 1 est une vue latérale d'une première machine-outil .

La Figure 2 est un diagramme synoptique d'un appareil de commande pour la machine-outil de la Figure 1.

Les Figures 3A, 3B et 3C sont des vues schématiques de portions de trois surfaces différentes de paliers de butée , à produire par la machine-outil des Figures 1 et 2.

5 La Figure 4 est une vue en plan d'un chariot, d'un porte-outil et d'un moteur d'une seconde machine-outil .

Les Figures 5A, 5B, 5C, 5D et 5E, sont des vues en coupe schématiques de cinq surfaces différentes d'appui internes , non cylindriques , à produire  
10 par la machine-outil de la Figure 4.

La Figure 6 est une vue latérale d'un premier chariot , d'un porte-outil et d'un moteur d'une troisième machine-outil.

15 La Figure 7 est une vue latérale , partiellement en coupe, d'un second chariot, du porte-outil et du moteur de la machine-outil de la Figure 6.

La Figure 8 est une vue en perspective schématique d'une variante de connexion entre un moteur et  
20 un porte-outil des machines-outils des Figures 1, 4, 6 et 7.

La première machine-outil suivant la la Figure 1 comprend un chariot 10 formé par un levier 11 monté à pivotement autour d'un axe 13 sur un support  
25 12. Une partie 11a de ce levier 11 , se situant d'un côté de l'axe de pivotement 13 susdit, porte une oreille 14 qui est reliée à pivotement à un dispositif d'actionnement 16 dont l'élément mobile 15 est relié à un prolongement 17 du support 12 de sorte que le fonctionnement  
30 du dispositif d'actionnement 16 met le levier 11 dans l'une de deux positions, et ce dans un but que l'on expliquera par la suite. Un premier arrêt 42 est prévu sur le support 12 pour limiter le mouvement de pivote -



ment du levier 11 dans un sens , tandis qu'un second arrêt (non représenté) est prévu pour limiter le mouvement de pivotement de ce levier 11 dans le sens opposé .

5                    La partie 11b du levier 11 , se situant de l'autre côté de l'axe 13 par rapport à la première partie 11a , porte une plaque de montage 43 à laquelle on fixe un moteur électrique à couple élevé et à faible inertie 18 , comportant un induit à circuit imprimé  
10 relié à un arbre de sortie 19 dont l'axe de rotation 26 est parallèle à l'axe de pivotement 13. Une came en forme de croissant 20 est montée sur cet arbre de sortie 19. Une génératrice tachymétrique (non illustrée) est également montée sur l'arbre de sortie 19 pour four-  
15 nir un signal correspondant à la vitesse de rotation de cet arbre de sortie.

                  Un porte-outil 21 est constitué par deux bras 22,23 reliés rigidement l'un à l'autre par une extrémité et formant entre eux un angle aigu , une entretoise de  
20 support 24 s'étendant entre ces bras 22 et 23, intermédiairement à leurs extrémités. Deux paires de lames flexibles 25a , 25b sont reliées entre le porte-outil - au voisinage de la jonction des bras 22,23- et l'extrémité de la partie de levier 11b , les lames 25a, 25b  
25 de chaque paire étant agencées perpendiculairement l'une à l'autre suivant un axe commun 27 qui est parallèle à l'axe de rotation 26 du moteur 18. Ceci crée un axe de pivotement pour le porte-outil 21 par rapport au chariot 10.

30                    Le bras 22 supporte, au voisinage de son extrémité libre, une plaque trempée 28 qui est très voisine de l'arbre 19 et qui est attirée contre la came 20 grâce à un ressort hélicoïdal de tension 29 dont les

extrémités sont reliées respectivement au bras 22 et au levier de base 11. L'autre bras 23 du porte-outil supporte deux montures 30a, 30b portant chacune un outil 31a, 31b, par exemple un outil en carbure 31a pour  
 5 une coupe grossière et un outil en diamant 31b pour l'opération de finition .

Un premier arrêt 32 est prévu sur le levier 11 pour limiter le déplacement de l'arbre de sortie 19 du moteur et , de ce fait, le déplacement aussi du porte-  
 10 outil 21 dans un sens déterminé. Un amortisseur élastique 33 et un second arrêt 34 sont également fixés à la plaque de montage 43 en vue d'entrer en contact avec le bras 22 du porte-outil pour amortir les oscillations de celui-ci et limiter son déplacement dans le sens op-  
 15 posé.

Le bras 22 porte également une cible 35 pour un transducteur de position 36 qui est attaché à la plaque de montage 43 et qui fournit un signal qui est fonction de la distance entre ce transducteur de position 36 et  
 20 la cible 35 et qui est ainsi également proportionnel à la position du porte-outil 21 par rapport au chariot 10.

Le chariot 10 est monté de manière à pouvoir être déplacé grâce à des vis-mères 41a dans une direction parallèle et dans une direction perpendiculaire  
 25 à l'axe 26 de l'arbre de sortie du moteur 18, le déplacement perpendiculaire se faisant dans la direction de la flèche 44 sur la Figure 1. Les vis-mères peuvent être amenées à tourner grâce à des moteurs 41b ou grâce à des manivelles (non représentées ) .

30 La machine-outil comprend également un porte-pièce 40a destiné à retenir et à faire tourner une pièce que l'on usine , autour d'un axe parallèle à l'axe 26 du moteur , de manière que les outils 31a, 31b se dépla-

cent dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de cette pièce usinée. Le porte-pièce 40a comprend un moteur 40b destiné à créer la rotation de la pièce traitée , et un capteur 40 (Figure 2) est prévu pour

5 fournir un signal électrique correspondant à une position angulaire (position 0 ) de la pièce travaillée durant la rotation. Le chariot 10 comporte un transducteur de position 41 (Figure 2) qui fournit un signal correspondant à la position de ce chariot par rapport à la

10 pièce traitée dans une direction perpendiculaire à l'axe de rotation de cette pièce (position z) .

Si on considère plus particulièrement la Figure 2, l'appareil de commande comprend un système à clavier d'entrée et lecteur de bandes perforées 37 ,

15 connecté à un générateur de profil 38 qui reçoit des signaux d'entrée de la part du capteur de position angulaire 40 et du transducteur de position du chariot 41. La sortie du générateur de profil 38 est connectée à un dispositif de commande à boucle fermée 39 qui re-

20 çoit également , comme signaux d'entrée, des signaux de réaction provenant du transducteur de position 36 et d'une génératrice tachymétrique 45 prévue sur l'arbre de sortie 19 du moteur. La sortie du dispositif de commande à boucle fermée 39 est connectée au moteur 18.

25 Le fonctionnement de cet appareil sera décrit par la suite.

La machine-outil de la Figure 1 est utilisable pour réaliser une opération de tournage sur la surface extérieure , d'allure générale cylindrique ,

30 de la pièce 46 (Figure 1) montée dans le porte-pièce et mise en rotation par celui-ci. La machine-outil est capable d'assurer une opération de tournage sur une telle pièce , à vitesse élevée , pour donner une pièce

finie présentant une section transversale légèrement non circulaire , de sorte que le rayon de la pièce varie tout autour de la périphérie de celle-ci dans un plan perpendiculaire à l'axe de cette pièce , avec en outre des sections transversales différentes dans différents plans perpendiculaires à l'axe de la pièce travaillée et espacés parallèlement l'un par rapport à l'autre suivant la longueur axiale de la pièce traitée. En conséquence , le lecteur de bandes perforées 37 reçoit des informations numériques qui déterminent le rayon requis à intervalles angulaires tout autour de la périphérie de la pièce travaillée et en un certain nombre d'endroits en direction axiale le long de cette pièce , pour donner à celle-ci un profil final requis. En pratique, le rayon requis est généralement spécifié sous forme d'écarts par rapport à un rayon repère ou de référence , par exemple à des intervalles de  $5^{\circ}$  tout autour de la pièce usinée , à chaque position axiale de cette pièce , pour laquelle une telle indication de référence est donnée. Evidemment, si la pièce travaillée est symétrique par rapport à un plan comprenant l'axe de symétrie de cette pièce ou par rapport à deux plans de ce genre, perpendiculaires entre eux, il ne faut alors des écarts que pour  $180$  ou  $90^{\circ}$  seulement , ces écarts étant répétés deux ou quatre fois respectivement par rotation de la pièce usinée.

Suivant un exemple d'utilisation de la machine-outil de la Figure 1 , employée pour le tournage de pièces en alliage léger , le déplacement maximum de l'outil est de  $0,75$  mm et , dans un tel cas, le poids du porte-outil 21 et des outils 31a,31b est de  $0,67$  kg, la force de coupe maximale est de  $2,25$  kg et la pièce travaillée est mise en rotation à une vitesse d'environ

3.000 t/m .

En fonctionnement, une pièce 46 devant subir un tournage est maintenue dans le porte-pièce et mise en rotation à une vitesse requise. L'outil à employer, qui au départ est l'outil en carbure 31a à coupe grossière , est choisi par fonctionnement du dispositif d'actionnement 16 qui déplace le levier 11 contre le premier arrêt 42 ou le second arrêt (non représenté) pour amener l'un ou l'autre des outils 31a , 31b dans une position de fonctionnement et pour maintenir l'outil restant dans une position inopérante. Une bande portant des informations numériques de profil pour la pièce finie , sous forme d'écarts en des positions angulaires espacées , et ce pour une succession de positions angulaires, est alimentée dans le générateur de profil 38 par l'intermédiaire du lecteur de bandes 37. Le générateur de profil 38 donne ainsi des écarts aux positions 0 espacées de la pièce travaillée 46 et en un certain nombre de positions z espacées le long de l'axe de rotation de cette pièce 46. La distance entre des positions z consécutives peut être de 0,1 mm.

Comme les données numériques consistent en écarts par rapport à une position de référence du chariot 10 dans la direction radiale et dans la direction axiale par rapport à la pièce , le chariot 10 est déplacé vers la position radiale de référence et est ensuite déplacé dans la direction z vers la pièce travaillée 46. Lorsque le transducteur de position de chariot 41 signale au générateur de profil 38 que le chariot 10 se trouve dans la position z de référence, des signaux successifs de position 0 provenant du capteur de position angulaire 41 amène le générateur de profil 38 à alimenter une succession correspondante

d'écarts pour ces positions 0 au dispositif de commande à boucle fermée 39. Ce dernier reçoit les signaux de réaction provenant du transducteur de position 36 et de la génératrice tachymétrique 45 et il produit un  
 5 courant de réglage.

A la réception de ce courant, le moteur 18 fait tourner l'arbre de sortie 19 suivant un angle qui amène la came 20 à tourner pour déplacer le porte-outil 21 , soit par la force de la came 20 à l'encontre  
 10 de l'action du ressort 29, lors de la rotation de la came 20 dans le sens anti-horaire en considérant la Figure 1, soit sous l'action du ressort 29, lors de la rotation dans le sens horaire , toujours en considérant la Figure 1. Dans l'un ou l'autre cas, le porte-  
 15 outil 21 est déplacé en phase avec l'arbre de sortie 19 dans une direction se situant dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre de sortie 19 et perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce travaillée. Cela amène le déplacement de l'outil 31a, 31b de l'écart requis. La rotation maximale de l'arbre est toujours inférieure à un tour. En réalité , le déplacement maximum de l'outil 31a ou 31b peut être atteint par une rotation de l'arbre 19 de moins de  $10^\circ$ , par exemple de  $7,5^\circ$ .

Les signaux successifs d'écarts sont traités  
 25 d'une manière similaires pour provoquer des déplacements de l'outil 31a ou 31b vers et à l'écart de la pièce travaillée 46. On comprendra qu'à une vitesse de rotation de la pièce de 3.000 t/m , l'arbre de sortie 19 oscillera, pour produire une pièce presque circulaire 46, symétrique  
 30 par rapport à un plan unique englobant l'axe de symétrie de cette pièce , à raison de 50 cycles par seconde , le porte-outil s'inversant ainsi de direction vers et à l'écart de la pièce à raison de 50 fois par seconde pour

donner un profil voulu de pièce travaillée , ou à 100 cycles par seconde si la pièce 46 est symétrique par rapport à deux plans inclinés l'un par rapport à l'autre, englobant l'axe de symétrie de cette pièce.

5 Ceci est rendu possible par le poids léger et le faible moment d'inertie des outils 31a, 31b, du porte-outil 21, de la came 18, de l'arbre de sortie 19 du moteur et de l'induit du moteur . A titre d'exemple, leur moment combiné d'inertie peut être de  $1,64 \times 10^{-5} \text{ kg.m.sec}^2$ .

10 Ceci donne une largeur de bande d'environ 0-380 Hz.

En outre, le fait que le porte-outil 21 est directement en contact avec la came 20 n'amène aucun retard ou pratiquement aucun retard dans la transmission du mouvement de l'arbre à ce porte-outil 21.

15 Le fait que l'arbre de sortie 19 est entraîné par un moteur à couple élevé et à faible inertie 18 qui ne se déplace que suivant une partie de tour de rotation pour assurer le déplacement requis du porte-outil 21 permet en outre des temps de réponse très rapides. A titre d'exemple , le couple produit par le moteur 18  
20 peut être de 0,9 Nm. Le montage pivotant du porte-outil 21 grâce aux lames flexibles 25a, 25b ne crée pratiquement aucune perte par frottement dans le montage , ce qui contribue également au temps de réponse rapide  
25 et au jeu négligeable de la machine-outil. Les vitesses élevées auxquelles l'opération de tournage se réalise donnent un fini superficiel amélioré sur des pièces en alliages légers et permettent une production rapide de ces pièces.

30 Lorsque le chariot 10 se déplace dans la direction z, le capteur de position 41 alimente des signaux de position z correspondant au générateur de profil , et lorsque ce chariot 10 atteint une position

z qui correspond à la position z suivante pour laquelle le générateur de profil 38 a des données d'écarts , les signaux appropriés d'écarts sont fournis à l'appareil de commande à boucle fermée 39. Ces phases opératoires se répètent jusqu'à ce que les opérations de tournage définies par les commandes de profil ont été toutes réalisées. Ensuite le dispositif de commande 16 peut être mis en fonctionnement pour faire pivoter le levier 11 afin d'amener l'outil de finition en diamant 31b dans une position opérante , le programme étant répété pour réaliser l'opération de finition sur la pièce 46, cet outil de finition 31b se déplaçant dans un sens axial opposé le long de cette pièce 46.

Le second arrêt 34 empêche la came 20 de tourner de manière excessive , ce second arrêt empêchant aussi le porte-outil 21 d'endommager le transducteur de position 36. Lorsque la machine-outil s'arrête de fonctionner , le ressort 29 tire le porte-outil 21 contre la came 20 pour déplacer ainsi ce porte-outil vers une position de repos en contact avec le premier arrêt 32, ce qui limite ainsi l'amplitude de ce déplacement.

Le lecteur de bandes est combiné avec un clavier d'entrée , ce qui permet une modification du profil défini par les données numériques maintenues dans le générateur de profil 38 , entre deux pièces traitées. A titre d'exemple , une commande peut être introduite pour modifier les écarts programmés pour une longueur axiale particulière de la pièce traitée. Ceci permet une modification immédiate d'un profil de pièce, défini par des données numériques.

La machine-outil décrite ci-dessus avec référence aux Figures 1 et 2 peut également s'utiliser pour réaliser une opération de surfacage sur une surface de



pièce se situant d'une manière générale dans un plan perpendiculaire à l'axe de cette pièce. Il peut être exigé que des surfaces de ce genre se situent à une distance , par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de rotation des pièces, qui varie tout autour de la circonférence de ces surfaces.

Dans ce cas, le chariot 10 et les pièces qu'il porte sont montées de manière que l'axe 26 du moteur et l'axe de pivotement 27 du porte-outil se situent dans des plans perpendiculaires à l'axe de rotation de la pièce traitée , et de telle sorte aussi que l'outil se déplace dans un plan parallèle à cet axe de rotation de la pièce. De plus, le chariot 10 est mobile dans une direction parallèle à l'axe 26 du moteur pour son déplacement en travers de la surface de la pièce traitée, et aussi dans un plan perpendiculaire à cet axe 26 pour amener l'outil à une position repère ou de référence. Les données numériques du profil fini , prévues sur une bande perforée , sont alimentées au lecteur de bandes 37 sous forme de déplacements axiaux par rapport à un plan de référence perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce traitée, en des positions angulaires espacées tout autour de la pièce et pour une succession de distances radiales à partir de l'axe de rotation de cette pièce. Un courant de commande pour le moteur 18 est ainsi créé comme on l'a décrit précédemment avec référence à la Figure 2 , et le porte-outil 21 est déplacé de la manière décrite pour les Figures 1 et 2 afin de réaliser les déplacements axiaux nécessaires. Le déplacement radial de l'outil est obtenu par un déplacement transversal du chariot 10.

Tout comme dans le cas du tournage, la machine-outil de la Figure 1 permet la réalisation d'opérations

complexes de surfaçage, et ce de manière très rapide et précise pour les mêmes raisons que celles expliquées précédemment dans la description du fonctionnement de la machine-outil en tant que tour mécanique. De telles

5 opérations de surfaçage peuvent consister en l'usinage de formes complexes de surfaces de paliers de butée . Une surface de palier de butée est d'une forme générale annulaire et présente donc une surface annulaire destinée à recevoir des poussées axiales. Dans une forme

10 très simple de réalisation , la surface annulaire se situe dans un plan perpendiculaire à l'axe de la surface d'appui mais, dans des paliers plus complexes, des parties d'une telle surface annulaire présentent une certaine conicité , c'est-à-dire qu'elles sont espacées du

15 plan susdit suivant une distance qui varie avec la position angulaire tout autour du palier et/ou la distance radiale par rapport à l'axe susdit. Des segments de trois surfaces complexes de ce genre 47,48,49 de paliers de butée sont illustrés par les Figures 3A,3B

20 et 3C.

Comme on l'a illustré , les trois surfaces 47,48 et 49 comportent des parties 47a,48a et 49a qui se situent dans un plan perpendiculaire à l'axe du palier de butée , et trois parties d'allure conique 47b,

25 48b et 49b , qui sont définies sur ces Figures par deux grilles de lignes qui se recoupent : 47c,47d; 48c,48d; et 49c,49d. Chaque ligne 47c,48c ou 49c d'une série de lignes réunit des points de la surface , qui sont équidistants d'un plan perpendiculaire à l'axe du palier

30 de butée , tandis que chaque ligne 47d , 48d ou 49d de l'autre série de lignes réunit des points de la surface , qui sont équidistants de l'axe de ce palier de

butée.

C'est ainsi que la surface 47 de la Figure 3A comporte des lignes de conicité radiales , tandis que la surface 48 de la Figure 3B présente des lignes de conicité parallèles , et que la surface 49 de la Figure 3C comporte des lignes de conicité présentant une relation courbe et complexe entre elles . En alimentant au lecteur de bandes perforées 37, les données numériques de profil , définissant la distance requise par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe du palier de butée , à des intervalles angulaires tout autour de la surface d'appui et en un certain nombre de positions espacées radialement , un profil requis de surface de butée ou d'appui peut être usiné par la machine-outil de la Figure 1 en une seule opération , les parties planes 47a ,48a et 49a et les parties d'allure conique 47b, 48b et 49b étant usinées simultanément avec une grande précision et à une vitesse élevée .

Anciennement, seule la plus simple de ces surfaces complexes d'appui pouvait être produite , et ce uniquement en employant une succession de longues opérations de fraisage, chacune de celles-ci devant se faire avec précision . Des formes telles que la conicité complexe était généralement impossibles à réaliser ou tout au moins impossibles à obtenir avec un degré quelconque de précision ou à une échelle industrielle .

La Figure 4 illustre une seconde machine-outil comprenant un chariot 50 sur lequel est boulonné un moteur électrique à couple élevé et à faible inertie 51, du même type que le moteur 18 décrit précédemment avec référence à la Figure 1. Ce moteur 51 comporte un arbre commandé ou de sortie 52 portant une came circulaire 53 montée excentriquement sur cet arbre 52.

Une génératrice tachymétrique (non illustrée) est également montée sur l'arbre de sortie 52 pour fournir un signal représentatif de la vitesse de rotation de cet arbre de sortie.

5                    Un porte-outil 54 se présentant sous la forme d'un long bras rigide est monté à pivotement sur le chariot 50 grâce à des tourillons 65 supportés dans des paliers à faible friction (non représentés) prévus sur le chariot 50 et localisés d'une façon générale entre  
10 les extrémités du porte-outils 54. L'axe de pivotement de ce porte-outil est parallèle à l'axe de l'arbre de sortie 52. Une extrémité du porte-outil 54 est très proche de l'arbre de sortie 52 du moteur et elle porte une plaque trempée 55 qui est poussée contre la came 53  
15 par un ressort hélicoïdal de tension 56 relié entre le porte-outil 54 et une monture 57 prévue sur le chariot 50.

Ce chariot 50 porte un premier arrêt 58 qui est agencé d'un côté de la came 53 , diamétralement  
20 à l'opposé de la plaque trempée 55. Le chariot 50 porte aussi un second arrêt 59 voisin de l'extrémité du porte-outil , qui est en contact avec la came , un amortisseur élastique 60 étant associé à ce second arrêt. Un transducteur de position 61 est situé au voisinage du second  
25 arrêt 59 et coopère avec une cible 62 montée sur le porte-outil 54 pour fournir un signal représentatif de la position de ce porte-outil .

L'extrémité opposée du porte-outil 54 reçoit une tête porte-outil 63 qui est montée de façon amovible  
30 grâce à une vis 64. Cette tête 63 supporte l'outil 65 dans une position inclinée par rapport à la longueur du porte-outil 54.

Le chariot 50 de la Figure 4 est monté pour ses déplacements de la même manière que le chariot 10

décrit précédemment avec référence à la Figure 1. Un porte-pièce et les accessoires associés , tels que décrits avec référence à la Figure 1, sont également prévus, ainsi que l'appareil de commande décrit avec  
5 référence à la Figure 2.

La machine-outil de la Figure 4 est destinée à aléser l'intérieur d'un trou formé dans une pièce 66 mise en rotation dans le porte-pièce autour d'un axe coaxial ou sensiblement coaxial à l'axe du trou. Les  
10 axes de l'arbre de sortie 52 du moteur et du porte-outil 54 sont agencés dans des plans perpendiculaires à l'axe de rotation de la pièce , le porte-outil 54 s'étendant dans le trou existant dans cette pièce.

Une bande perforée est alimentée au lecteur  
15 de bandes 37 , cette bande portant des données numériques de profil sous forme d'écarts par rapport à un rayon de référence en une succession de positions angulaires tout autour de l'intérieur du trou et pour une succession de positions axiales le long de ce trou. Des  
20 courants de commande pour le moteur 51 sont créés de la façon décrite précédemment avec référence . aux Figures 1 et 2 et , à la réception d'un courant de commande de ce genre, le moteur 51 fait tourner l'arbre de sortie 52 et par conséquent la came 53. Celle-ci déplace à son  
25 tour la plaque 55 dans une direction se situant dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre de sortie , soit en poussant contre la plaque trempée 55 pour faire tourner le porte-outil 54 dans un sens à l'encontre de  
l'action du ressort de tension 56, soit en permettant  
30 à ce dernier de faire tourner le porte-outil 54 dans le sens opposé. Des signaux de réaction pour l'appareil de commande à boucle fermée 39 sont fournis par la génératrice tachymétrique et le transducteur de position

61. Lorsque la machine-outil n'est pas en fonctionnement, le ressort de tension 56 tire la came 53 contre le premier arrêt 58.

Comme la tête porte-outil 63 est montée en porte-à-faux depuis les tourillons 65, le porte-outil 54 est, suivant cette forme de réalisation , d'un poids légèrement supérieur à celui du porte-outil 21 de la forme de réalisation décrite avec référence à la Figure 1, et ce pour empêcher des erreurs dans la position de l'outil, dues à une flexion du porte-outil 54. A titre d'exemple , ce porte-outil 54 peut peser environ 1,36 kg.

Comme dans le cas de la machine-outil décrite avec référence à la Figure 1, la machine-outil de la Figure 4 est capable d'usiner une pièce rapidement et avec précision du fait du contact direct entre la came 53 et l'extrémité du porte-outil 54 , ainsi que du fait de la faible inertie des pièces , de l'absence de jeu et de la faible friction. Le fait que l'arbre de sortie 52 ne se déplace que suivant un angle aigu pour chaque signal de commande et le fait de la faible rotation angulaire correspondante du porte-outil 54 en phase avec cet arbre 52 contribuent aussi à l'usinage rapide et précis de la pièce à des vitesses élevées d'oscillation de l'outil 65, par exemple de 50 ou 100 cycles par seconde.

Le système de commande peut être programmé pour donner une large variété de profils d'alésage , et le clavier d'entrée peut être utilisé pour modifier la position moyenne de l'outil ou son amplitude de déplacement entre des usinages successifs. La tête porte-outil 63 peut être enlevée pour permettre un remplacement de l'outil en raison de son usure ou pour permettre de réaliser une opération d'usinage au cours de laquelle une coupe grossière est suivie par une coupe de fini-

tion.

On peut par exemple utiliser la machine suivant la Figure 4 pour usiner la surface intérieure de paliers non cylindriques. D'une façon générale , l'intérieur des paliers est cylindrique et un arbre tournant dans de l'huile à l'intérieur de ce palier crée un coin de graissage hydrodynamique du fait de la rotation décentrée de l'arbre , résultant du jeu existant entre cet arbre et l'intérieur du palier. A des vitesses très élevées et/ou lorsque la charge sur l'arbre est légère, un tel agencement peut provoquer des vibrations inacceptables. Pour cette raison , on a créé diverses surfaces de palier non cylindriques , présentant des formes intérieures qui cherchent à surmonter ce problème , certaines de ces formes étant illustrées par les Figures 5A,5B,5C ,5D et 5E.

La surface portante de la Figure 5A est d'une allure générale cylindrique mais elle comporte deux lobes diamétralement opposées s'étendant suivant la longueur du palier. Ces lobes sont formés par des cavités existant dans la surface portante et qui sont d'un rayon beaucoup plus petit que le rayon de la partie cylindrique de cette surface . La surface portante de la Figure 5B est de la forme générale d'un citron et comporte deux parties courbes dont la longueur est inférieure à un demi-cercle et dont les extrémités sont reliées par des lobes. La surface portante de la Figure 5C comporte deux parties semi-cylindrique qui sont décalées l'une par rapport à l'autre. La surface portante de la Figure 5D est d'une façon générale semblable à celle de la Figure 5A mais elle comporte quatre lobes disposés de manière équiangulaire tout autour de cette surface portante. Finalement, la surface portante de la Figure 5E est sem-

blable aux surfaces des Figures 5A et 5D mais avec trois lobes espacés de manière équiangulaire tout autour de cette surface portante. Evidemment, dans l'une quelconque des surfaces portantes où des lobes sont prévus , ceux-ci ne doivent pas nécessairement être parallèles à l'axe de l'alésage mais ils peuvent être prévus obliques , courbes ou inclinés de n'importe quelle manière voulue par rapport à l'axe. En outre , les dimensions de chaque lobe où en fait de l'alésage lui-même peuvent varier suivant la longueur de celui-ci.

La machine-outil décrite avec référence à la Figure 4 est capable d'usiner les surfaces portantes ou d'appui des Figures 5A,5B,5C , 5D et 5E au cours d'une seule opération d'usinage et avec une grande précision . Le lecteur de bandes 37 est alimenté en données de profil qui définissent le profil requis de la surface portante , à des positions espacées angulairement tout autour de cette surface et en une succession de positions espacées axialement le long de l'alésage. La précision du fonctionnement de la machine-outil de la Figure 4 permet l'usinage rapide et précis des lobes, en même temps que du reste de la surface portante.

Antérieurement , on considérait que les surfaces portantes ou d'appui, telles qu'illustrées par les Figures 5A,5B,5C,5D et 5E étaient impossibles à produire ou en tout cas trop coûteuses à produire à une échelle industrielle .

La troisième machine-outil des Figures 6 et 7 est prévue pour assurer à la fois des opérations de tournage et d'alésage . La partie de cette machine , assurant le tournage , est illustrée par la Figure 6 et comprend un chariot 100 portant un moteur à couple



élevé et à faible inertie 101, du type décrit précédemment avec référence à la Figure 1, ce moteur comportant un arbre commandé ou de sortie 102 dont l'axe est parallèle à l'axe de rotation de la pièce à usiner. L'arbre  
 5 de sortie 102 porte une came 103 comportant un lobe courbe 104 d'un côté de l'axe de cet arbre , et une saillie 105 du côté diamétralement opposé. Un support 106 est également monté sur le chariot 100 et porte deux arrêts à ressort 107a, 107b, qui sont agencés de  
 10 manière à créer des limites à la rotation de la saillie 105 dans les deux sens de rotation.

Un porte-outil 108 est formé par un ensemble rigide d'éléments , parmi lesquels l'élément central 109 est monté sur le chariot 100 à l'intervention d'un  
 15 pivot 110, un autre élément 111 est relié par une extrémité à l'élément central 109 en un point voisin du pivot 110, et un élément de connexion 112 s'étend depuis une extrémité de l'élément 109 , d'abord jusqu'à l'ex-  
 20 trémité libre de l'élément 111 et ensuite jusqu'à l'autre extrémité de cet élément 109. Cet agencement d'éléments donne un porte-outil 108 qui est de faible poids tout en étant robuste et capable de transmettre des forces élevées à un outil.

Une extrémité du porte-outil 108 supporte un  
 25 galet 113 qui est poussé en contact avec le lobe courbe 104 de la came 103 grâce à un ressort hélicoïdal de compression 117. L'extrémité opposée du porte-outil supporte un outil amovible 114.

Une génératrice tachymétrique (non illustrée)  
 30 est montée sur l'arbre de sortie 102 du moteur pour fournir un signal représentatif de la vitesse de cet arbre de sortie. Un transducteur de position 115 est monté sur le chariot 100 pour coopérer avec une cible 116 prévue

sur le porte-outil 108 afin de fournir un signal représentatif de la position de ce porte-outil.

En considérant ensuite la Figure 7, on peut voir que la partie de la machine , assurant l'opération d'alésage , comprend un moteur à couple élevé et à faible inertie 150 du type décrit ci-dessus avec référence à la Figure 1. Ce moteur 150 est relié au chariot 100 et comporte un arbre de sortie 151 dont l'extrémité libre est montée dans un palier 152 et porte une came 153. L'axe de cet arbre 151 est parallèle à l'axe de l'arbre de sortie 102 du moteur 101 assurant l'opération de tournage (Figure 6) .

Un porte-outil 154 est monté sur le chariot 100 à l'intervention d'un pivot à faible friction 155 et il présente la forme d'un long élément rigide en forme de tige. Ce porte-outil 154 est logé dans un manchon 156 adapté sur le chariot 100 , un jeu radial étant prévu entre ce manchon 156 et le porte-outil 154 pour permettre un mouvement de pivotement de celui-ci. Une extrémité de ce porte-outil 154 comporte un trou axial 157 dans lequel s'introduit un ensemble terminal 158 qui comprend un corps d'allure général cylindrique 159 localisé dans ce trou 157, et un galet 160 prévu à l'extrémité du porte-outil 154. Le galet 160 est poussé contre la came 163 par un ressort hélicoïdal de tension 161 relié entre le chariot 100 et le porte-outil 154. L'ensemble terminal susdit est monté dans un palier 162 à l'intérieur d'un support 163 qui est relié au chariot 100 par deux tringles de pivotement 164 formant une tringlerie de Watts et apportant une rigidité supplémentaire de support dans un plan perpendiculaire au plan de déplacement du porte-outil 154. L'autre extrémi-

té de ce porte-outil supporte une monture pour outil 165 qui est fixée sur le porte-outil grâce à un boulon 166 afin de permettre le remplacement d'un outil 167 sur la monture 165.

5 Une génératrice tachymétrique (non représentée) est montée sur l'arbre de sortie 151 du moteur pour fournir un signal représentatif de la vitesse de l'arbre . Un transducteur de position 168 monté sur  
10 le chariot 100 coopère avec une cible 169 prévue sur le porte-outil 154 pour fournir un signal représentatif de la position de ce porte-outil.

Le chariot 100 des Figures 6 et 7 est monté pour ses déplacements de la même manière que le chariot 10 décrit avec référence à la Figure 1. Un porte-pièce  
15 et les accessoires associés sont également prévus , comme décrit également avec référence à cette Figure 1. L'axe de rotation de la pièce est parallèle à la fois à l'axe de l'arbre de sortie 103 du moteur 101 prévu pour le tournage , et à l'axe de l'arbre de sortie 151  
20 du moteur 150 prévu pour l'alésage. Le porte-outil 154 prévu pour l'alésage se situe d'une façon générale suivant l'axe de rotation de la pièce.

Cette machine-outil comporte également un appareil de commande semblable à celui décrit avec  
25 référence à la Figure 2 mais dont la sortie du générateur de profil 38 est reliée à deux appareils de commande à boucle fermée en parallèle 39. Un appareil de commande  
30 39 fournit des courants de commande pour le moteur de tournage 101 et reçoit des signaux de réaction provenant du transducteur de position 115 et de la génératrice tachymétrique du moteur 101, tandis que l'autre appareil de commande 39 fournit des courants de commande pour le moteur 150 et reçoit des signaux de réaction provenant

du transducteur de position 168 et de la génératrice tachymétrique du moteur 150.

La machine-outil des Figures 6 et 7 est prévue pour assurer simultanément le tournage , grâce à  
 5 la partie de machine de la Figure 6, de la surface extérieure , d'allure générale cylindrique , d'une pièce montée dans le porte-pièce et mise en rotation par celui-ci , et le façonnage, grâce à la partie de machine de la Figure 7, de l'intérieur d'un trou existant dans la pièce. On alimente au lecteur de bandes  
 10 37, une bande perforée portant des données numériques de profil , relatives au profil extérieur et au profil intérieur de la pièce. Comme dans le cas de la forme de réalisation des Figures 1 et 2, les informations se  
 15 donnent sous forme d'écarts par rapport à des rayons de référence en des positions angulaires espacées tout autour de la pièce et en une succession de positions angulaires le long de cette pièce. Un courant de commande pour le moteur 101 ou le moteur 150 est fourni  
 20 par l'appareil de commande correspondant à boucle fermée, et ce comme décrit précédemment avec référence aux Figures 1 et 2.

Le moteur 101 prévu pour le tournage , lorsqu'il reçoit un signal de commande, met en rotation son  
 25 arbre de sortie 102 pour faire tourner la came 103. Le porte-outil 108 se déplace ainsi en va-et-vient dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre en raison de la force exercée sur ce porte-outil par le lobe 104, à l'encontre de l'action du ressort de compression 117,  
 30 et en raison de la force de réaction sur l'outil produite par l'action de coupe , lors de la rotation de l'arbre 102 dans un sens déterminé.

Les arrêts 107a, 107b coopèrent avec la saillie

105 pour limiter la rotation de l'arbre de sortie 104,  
 et la génératrice tachymétrique et le transducteur de  
 position 115 fournissent des signaux respectifs de  
 vitesse d'arbre et de position de porte-outil à la  
 5 partie associée de l'appareil de commande.

Le moteur 150 prévu pour l'alésage , à la  
 réception d'un signal de commande, met en rotation  
 l'arbre de sortie associé 151 pour faire tourner la  
 came 153. Le porte-outil 154 pivote autour de l'axe  
 10 de pivotement 155 dans un plan perpendiculaire à l'axe  
 de l'arbre , soit en raison de la force exercée sur  
 ce porte-outil par la came 153 à l'encontre de l'action  
 du ressort de tension 161 , lors de la rotation de l'ar-  
 bre dans un sens déterminé , soit en raison de l'action  
 15 du ressort de tension 161 tirant le galet 160 contre la  
 came 153, lors de la rotation de l'arbre de sortie 151  
 dans le sens opposé. Le support 163 limite le mouve-  
 ment de pivotement du porte-outil 154 , et la généra-  
 trice tachymétrique et le transducteur de position 168  
 20 fournissent des signaux respectifs de vitesse et de po-  
 sition pour la partie associée de l'appareil de comman-  
 de.

La forme de réalisation décrite avec référen-  
 ce aux Figures 6 et 7 est conçue pour assurer le tournage  
 25 et l'alésage de pièces en métaux durs , par exemple de  
 pièces en acier. Pour cette raison , les porte-outils  
 158 et 154 peuvent peser respectivement 5,5 kg et 4,5 kg,  
 ils ont des déplacements maxima de 3,00 mm et sont ca-  
 pables d'appliquer des forces de coupe allant jusqu'à  
 30 200 kg. La pièce usinée peut être mise en rotation à  
 500 t/m . La largeur de bande de fréquences de la ma-  
 chine-outil des Figures 6 et 7 peut être de 0,150 Hz.

Même dans le cas de tels métaux durs et lorsqu'il est nécessaire de prévoir des forces élevées de coupe , la machine-outil des Figures 6 et 7 est capable d'usiner des profils très précis qui varient tout au-  
 5 tour de la surface intérieure ou de la surface extérieure de la pièce , dans un plan perpendiculaire à l'axe de cette pièce. A titre d'exemple, les outils d'une telle machine-outil peuvent s'inverser de direction 16 fois par seconde vers et à l'écart de la surface  
 10 de la pièce traitée , en synchronisme avec la rotation de celle-ci. De ce fait, on peut tailler dans de tels métaux, des profils superficiels complexes.

La vitesse et la précision de l'usinage sont dues au fait que le moment d'inertie des portes-outils  
 15 108 et 154 et de leurs arbres de sortie 102 et 151 associés est faible, en étant par exemple de  $3,69 \times 10^{-4} \text{ kg. m. sec}^2$ . Ceci permet une réponse rapide des outils. En outre, les extrémités des portes-outils 108 et 154 sont très proches des arbres de sortie 102, 151 de leurs mo-  
 20 teurs associés 101, 150 et sont en contact direct avec les cames, ce qui assure ainsi que la transmission du mouvement de l'arbre aux portes-outils se réalise sans ou pratiquement sans retard ou jeu.

La Figure 8 illustre une variante de liaison  
 25 entre les arbres de sortie 19, 52, 102 ou 151 et leurs portes-outils associés 21, 54, 108 ou 154. Cette variante de liaison comprend un étrier 200 surplombant l'arbre de sortie et s'étendant depuis les portes-outils 21, 54, 108 ou 154 , ainsi qu'une bande flexible 201 dont  
 30 les extrémités sont attachées aux parties extrêmes opposées de l'étrier 200 , cette bande passant tout autour de l'arbre de sortie 19, 52, 102 ou 151. La bande 201 est mise sous tension pour assurer un bon contact

de frottement entre elle et l'arbre de sortie 19,52, 102 ou 51. Lors d'une rotation de cet arbre de sortie dans un sens, la bande 201 est tirée d'un côté de l'arbre tout en étant relâchée de l'autre côté, ce qui

5 provoque ainsi le déplacement de l'étrier 200 et du porte-outil dans un sens. Lors de la rotation de l'arbre de sortie en sens opposé, la bande 201 est relâchée d'un côté de l'arbre et tirée de l'autre côté, ce qui provoque ainsi le déplacement de l'étrier 200 et

10 du porte-outil dans le sens opposé. Cet agencement permet le déplacement du porte-outil en phase avec l'arbre de sortie.

On comprendra que cette bande peut comprendre une connexion seulement avec l'une ou l'autre des parties extrêmes de l'étrier, le mouvement de retour étant

15 par exemple obtenu grâce à un ressort de tension relié entre l'autre extrémité de la bande 201 et l'étrier 200.

On comprendra que les machines-outils décrites ci-dessus avec référence aux dessins peuvent s'utiliser

20 pour usiner, sur la surface d'une pièce, un profil superficiel dont la distance par rapport à un profil de référence imaginaire varie dans une direction ou dans deux directions perpendiculaires entre elles. La variation de distance est déterminée par le déplacement maximum de l'outil. A titre d'exemple, on peut usiner des

25 pièces rapidement et avec précision pour créer une came d'une forme tout à fait cylindrique ou d'une forme tronconique, avec un très faible angle de conicité, ou encore une came d'une section transversale ovale ou elliptique. En outre, on peut facilement usiner des rainures

30 et des canaux annulaires ou presque circulaires dans des pièces du type décrit ci-dessus durant une opération d'usinage, les seules limites étant créées par la force

de coupe qui peut être appliquée par les machines-outils et la gamme de déplacements des outils.

En outre, on peut usiner des alésages d'appui ou de palier de manière qu'ils présentent des caractéristiques spéciales leur permettant de s'accommoder de déformations des logements ou encore qu'ils soient d'allure conique en direction axiale afin de présenter , par exemple, des extrémités légèrement évasées , de manière à soulager les chargements d'angle . En outre, on peut usiner des alésages de palier ou d'appui à des formes qui correspondent à celles des logements et des arbres, en évitant ainsi ou en réduisant la nécessité de l'utilisation de surépaisseurs. On peut réduire l'érosion par cavitation en combinant certaines caractéristiques de rainures avec le reste de la surface portante, ce qui empêche ainsi une cavitation aux joints existant entre ces rainures et ce reste de surface. De petits coussinets d'extrémité comportant des zones enlevées laissent des épaulements qui ne sont pas bien retenus contre leurs logements du fait d'une absence locale de serrage circconférentiel. Pour améliorer ceci , on prévoit un dégagement local de l'alésage au voisinage des épaulements. On peut produire des rondelles de butée comportant des rainures radiales ou présentant des conicité complexes. On peut créer des outils complexes d'emboutissage , ainsi que des outils de profilage , de pressage et d'alésage.

Le système de commande numérique permet une variation facile de la forme des pièces , et la vitesse et la précision de coupe permettent une production rapide de ces pièces. Les outils peuvent être changés facilement et la construction simple des machines permet un entretien et un remplacement des pièces, qui sont faciles.



On comprendra également que, si on le désire, le déplacement des portes-outils dans les deux sens peut se faire grâce à des cames et que, dans ce cas, les ressorts peuvent être supprimés. Dans un tel cas, deux surfaces de contact de came peuvent être prévues sur les côtés diamétralement opposés de l'arbre de sortie. La came est symétrique par rapport à un plan qui comprend l'axe de l'arbre de sortie et qui se situe entre les deux surfaces de contact de came. La came entre en contact avec les deux surfaces de sorte que la rotation de cette came dans un sens amène un déplacement du porte-outil vers l'extérieur et qu'une rotation de la came dans le sens opposé provoque un mouvement de retour de ce porte-outil.

On comprendra en outre que le porte-outil ne doit pas nécessairement être monté à pivotement. A titre d'exemple, ce porte-outil peut être monté dans des paliers en vue d'un déplacement rectiligne en va-et-vient.

Le déplacement relatif entre la pièce traitée et l'outil dans une direction parallèle à l'axe de cette pièce ne doit pas nécessairement se faire grâce à un déplacement du chariot car il pourrait être réalisé grâce à un déplacement du porte-pièce.

25

30

### REVENDEICATIONS

1. Machine-outil pour l'usinage d'une pièce rotative et du type comprenant un porte-outil mobile et un appareil de commande pour créer des signaux correspondant aux déplacements requis de l'outil en vue de la production d'un profil déterminé sur la pièce , ainsi qu'un système d'asservissement permettant de transformer les signaux de commande en mouvements de l'outil, cette machine étant caractérisée en ce que le système d'asservissement comprend un moteur à couple élevé et faible inertie (18, Figure 1; 51, Figure 2; 101, Figure 6; 150, Figure 7) pouvant recevoir les signaux de commande et comportant un arbre de sortie (19, Figure 1 ; 52, Figure 2; 102, Figure 6; 151, Figure 7) qui est mis en rotation par les signaux de commande sur une distance maximale inférieure à un tour de rotation , et dont la position angulaire instantanée au cours de ce tour correspond à la valeur instantanée du signal de commande, et un élément de transmission d'entraînement (20, Figure 1; 53, Figure 4; 103, Figure 6; 153, Figure 7) prévu sur l'arbre et agissant directement sur le porte-outil pour transformer les mouvements angulaires de l'arbre de sortie en mouvements correspondants de ce porte-outil.

2. Machine-outil suivant la revendication 1, caractérisée en ce que le porte-outil (21, Figure 1; 54, Figure 4; 108, Figure 6; 156, Figure 7) est monté à pivotement autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation de l'arbre de sortie du moteur, de sorte qu'une rotation de cet arbre provoque le déplacement du porte-outil dans un plan perpendiculaire à ce même arbre.

3. Machine-outil suivant la revendication 2, caractérisée en ce que l'élément de transmission d'entraînement consiste en une came (20, Figure 1; 53, Figure 4; 103, Figure 6; 153, Figure 7).

re 4; 103, Figure 6; 153, Figure 7) que porte l'arbre de sortie du moteur et qui présente une surface de came se trouvant en contact avec le porte-outil.

5 4. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le déplacement maximum de l'outil est obtenu par une rotation de l'arbre de sortie sur moins de  $10^\circ$ .

10 5. Machine-outil suivant l'une ou l'autre des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le porte-outil présente une surface de contact avec la came (28, Figure 1; 55, Figure 4; 113, Figure 6; 160, Figure 7) qui est poussée en contact avec la came grâce à un dispositif à ressort (29, Figure 1; 56, Figure 4; 117, Figure 6; 161, Figure 7) de sorte qu'un déplacement  
15 pivotant du porte-outil dans un sens est provoqué par une force provenant de la came, tandis qu'un mouvement pivotant du porte-outil dans l'autre sens est provoqué par une force provenant du ressort.

20 6. Machine-outil suivant l'une ou l'autre des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le porte-outil comporte deux surfaces de contact de came, agencées suivant des côtés diamétralement opposés de l'arbre de sortie, la came étant prévue symétriquement par rapport à un plan comprenant l'axe de l'arbre de sortie  
25 et se situant entre les deux surfaces de contact de came, cette came étant simultanément en contact avec les deux surfaces de contact de came de manière qu'une rotation de l'arbre de sortie dans un sens fait pivoter le porte-outil dans un sens également par l'intermédiaire de  
30 l'une des surfaces de contact de came, tandis qu'une rotation de l'arbre de sortie dans l'autre sens fait pivoter le porte-outil dans l'autre sens également par l'intermédiaire de l'autre surface de contact de came.

7. Machine-outil suivant la revendication 2, caractérisée en ce que l'élément de transmission d'entraînement consiste en une bande flexible (201) enveloppée étroitement autour de l'arbre de sortie du moteur et fixée, par une extrémité, au porte-outil de manière qu'une rotation de cet arbre de sortie du moteur fasse pivoter ce porte-outil dans un sens déterminé.

8. Machine-outil suivant la revendication 7, caractérisée en ce qu'un ressort est prévu pour créer une force faisant pivoter le porte-outil dans le sens opposé.

9. Machine-outil suivant la revendication 7, caractérisée en ce que la bande flexible comporte deux extrémités fixées chacune à l'une de deux pièces de porte-outil agencées diamétralement à l'opposé par rapport à l'arbre de sortie, de manière qu'une rotation de ce dernier dans l'un ou l'autre sens fasse pivoter le porte-outil dans le sens correspondant.

10. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le porte-outil comprend deux bras (22,23) reliés rigidement l'un à l'autre à leurs extrémités correspondantes et formant un angle aigu entre eux, ce porte-outil étant monté (en 27) pour pouvoir pivoter autour d'un axe se situant à l'endroit ou au voisinage de l'endroit du point de connexion des deux bras susdits, une monture (30a, 30b) pour outil étant prévue sur l'un des bras, au voisinage de l'extrémité de celui-ci se situant à l'écart de la connexion de pivotement, tandis que l'autre bras entre en contact avec l'élément de transmission d'entraînement précité.

11. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le porte-

outil comprend un long élément (54; 156) monté à pivotement intermédiaire à ses extrémités et comportant une monture (63; 165) pour un outil à l'une de ses extrémités et entrant en contact avec l'élément de transmission d'entraînement à son autre extrémité ou au voisinage de celle-ci.

12. Machine- outil suivant la revendication 11, caractérisée en ce que le long élément susdit est constitué par une seule tige rigide montée à pivotement grâce à des tourillons (65; 155) .

13. Machine-outil suivant la revendication 11, caractérisée en ce que le long élément est formé par un ensemble d'éléments (109,111,112) .

14. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le porte-outil est monté de manière à ne pouvoir subir un déplacement rectiligne en va-et-vient que dans une direction se situant dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre de sortie du moteur , ce porte-outil comportant une monture pour un outil à une extrémité et entrant en contact avec l'élément de transmission d'entraînement à son autre extrémité ou au voisinage de celle-ci.

15. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisée en ce que le porte-outil comprend des montures (30a,30b) pour deux outils et en ce qu'il peut être réglé dans l'une de deux positions, dans chacune desquelles l'un des outils (31a,31b) est dans une position opérante.

16. Machine-outil selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisée en ce qu'elle comprend un porte-pièce (40a,40b) destiné à soutenir et à faire tourner une pièce à traiter , le porte-outil étant

monté sur un chariot (10) déplaçable par un premier dispositif de commande (41a,41b) par rapport au porte-pièce dans une direction parallèle à l'axe de rotation de cette pièce , ce chariot étant déplaçable grâce à  
 5 un second dispositif de commande (41a,41b) par rapport au porte-pièce dans une direction se situant dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de cette pièce, et ce afin d'amener l'outil dans une position de départ de référence par rapport à la pièce travaillée.

10 17. Machine-outil suivant la revendication 16, caractérisée en ce que le premier et le second dispositifs de commande consistent en des vis-mères rotatives coopérant par un pas de vis avec le chariot.

15 18. Machine-outil suivant l'une ou l'autre des revendications 16 et 17, caractérisée en ce que le porte-outil est monté sur le chariot de manière qu'un déplacement de l'outil par le moteur se réalise dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce travaillée afin de permettre que l'usinage d'une surface  
 20 intérieure ou extérieure de cette pièce ne soit pas circulaire en coupe transversale dans le plan susdit.

19. Machine-outil suivant l'une ou l'autre des revendications 16 et 17, caractérisée en ce que le porte-outil est monté sur le chariot de manière qu'un  
 25 déplacement de l'outil par le moteur se réalise dans un plan comprenant l'axe ou parallèle à l'axe de rotation de la pièce travaillée afin de permettre le surfacage de celle-ci pour créer une surface dont la distance par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de rota-  
 30 tion de la pièce travaillée varie à la fois en direction radiale par rapport à cet axe et tout autour de cette surface.

20. Machine-outil suivant l'une quelconque des

revendications 1 à 19, caractérisée en ce que le système de commande (38,39) reçoit des informations numériques de profil (37) qui définissent le profil final requis de la pièce usinée et qui se présentent sous forme d'une

5 séquence de positions requises d'outil en un certain nombre de positions angulaires espacées de la pièce pour chacune d'une succession de positions axiales le long ou pour chacune d'une succession de distances radiales par rapport à l'axe de rotation de la pièce traitée ,

10 ce système produisant une succession correspondante de signaux de commande alimentés au moteur pour provoquer la rotation de l'arbre de sortie vers une position instantanée en vue d'amener l'outil à se déplacer vers sa position instantanée requise.

15 21. Machine-outil suivant la revendication 20, caractérisée en ce que les informations numériques de profil donnent les positions requises de l'outil à des intervalles de 5° tout autour de la pièce travaillée.

20 22. Machine-outil suivant l'une ou l'autre des revendications 20 et 21 ,caractérisée en ce que le système de commande est un système de commande à boucle fermée, recevant , comme informations de réaction, des signaux correspondant à la position instantanée du porte-outil et à la vitesse de rotation instantanée

25 de l'arbre de sortie du moteur.

23. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 22, caractérisée en ce que la force de coupe maximale appliquée par le moteur par l'intermédiaire du porte-outil est de 1100 kg et en

30 ce que la largeur de bande de fréquences du système d'asservissement est de 0 à 150 Hz.

24. Machine-outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 23 , caractérisée en ce que la

force de coupe maximale appliquée par le moteur par l'intermédiaire du porte-outil est de 5 kg et en ce que la largeur de bande de fréquences du système d'asservissement est de 0 à 350 Hz.

- 5                    25. Machine-outil pour l'usinage d'une pièce rotative et du type comprenant un porte-outil mobile et un appareil de commande destiné à créer des signaux correspondant à des déplacements requis de l'outil en vue de la production d'un profil prédéterminé sur la
- 10                    pièce traitée, ainsi qu'un système d'asservissement pour transformer les signaux de commande en déplacements de l'outil , cette machine étant caractérisée en ce que le système d'asservissement comprend un chariot mobile
- 15                    (10) portant un moteur (18) comportant une arbre de sortie (19) , un porte-outil rigide (21) monté sur le chariot en vue d'un déplacement dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre de sortie , ce porte-outil rigide comportant une partie (28) qui est étroitement adjacente de l'arbre de sortie du moteur,
- 20                    une came simple (20) portée par l'arbre de sortie et se trouvant en contact direct avec la partie susdite du porte-outil rigide en vue de la conversion de la rotation de l'arbre de sortie en une force agissant sur cette partie du porte-outil dans un plan transversal
- 25                    à l'axe de rotation de l'arbre de sortie , de manière que le porte-outil se déplace en phase avec l'arbre de sortie , et en ce que l'appareil de commande est prévu pour alimenter , au moteur électrique , une
- 30                    succession de signaux de commande en vue de la rotation de l'arbre de sortie vers une succession correspondante de positions angulaires , parmi lesquelles la position maximale est inférieure à un tour de rotation, afin d'assurer les déplacements requis du porte-outil pour



l'usinage de la pièce rotative.

26. Machines-outils pour l'usinage de pièces rotatives , telles que décrites ci-dessus et/ou illustrées par les dessins annexés.

1/6

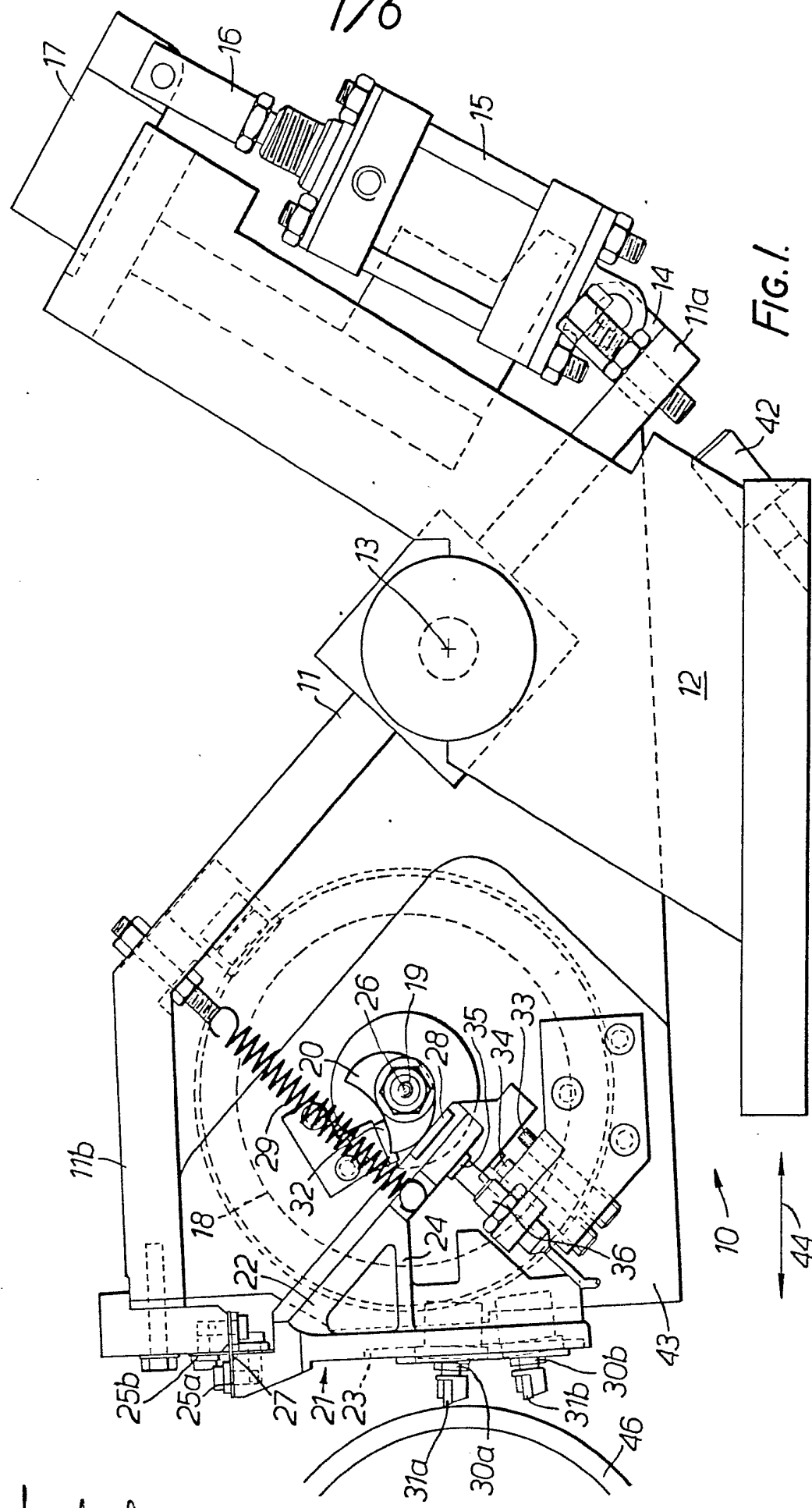
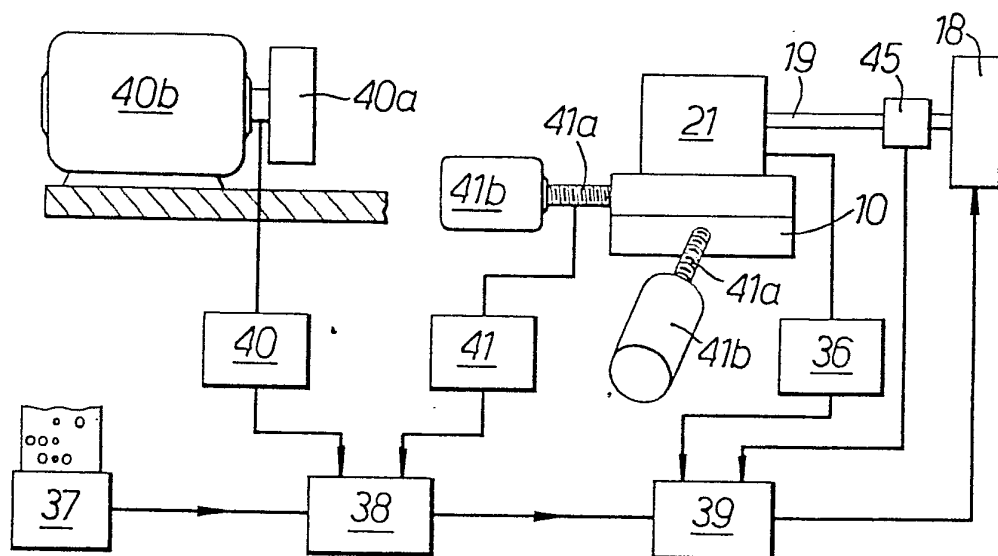


FIG. 1.



**FIG. 2.**

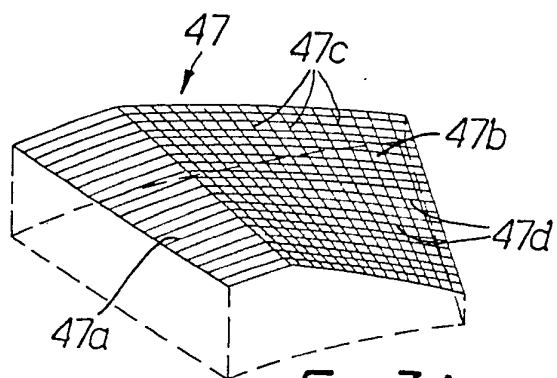


FIG. 3A.

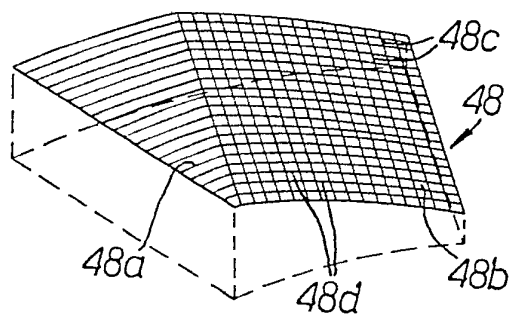


FIG. 3B.

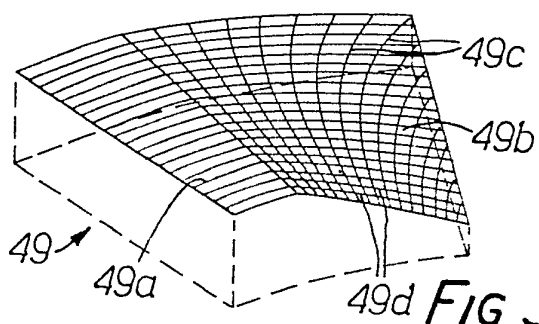


FIG. 3C.



FIG. 4.

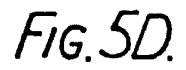


FIG. 6.

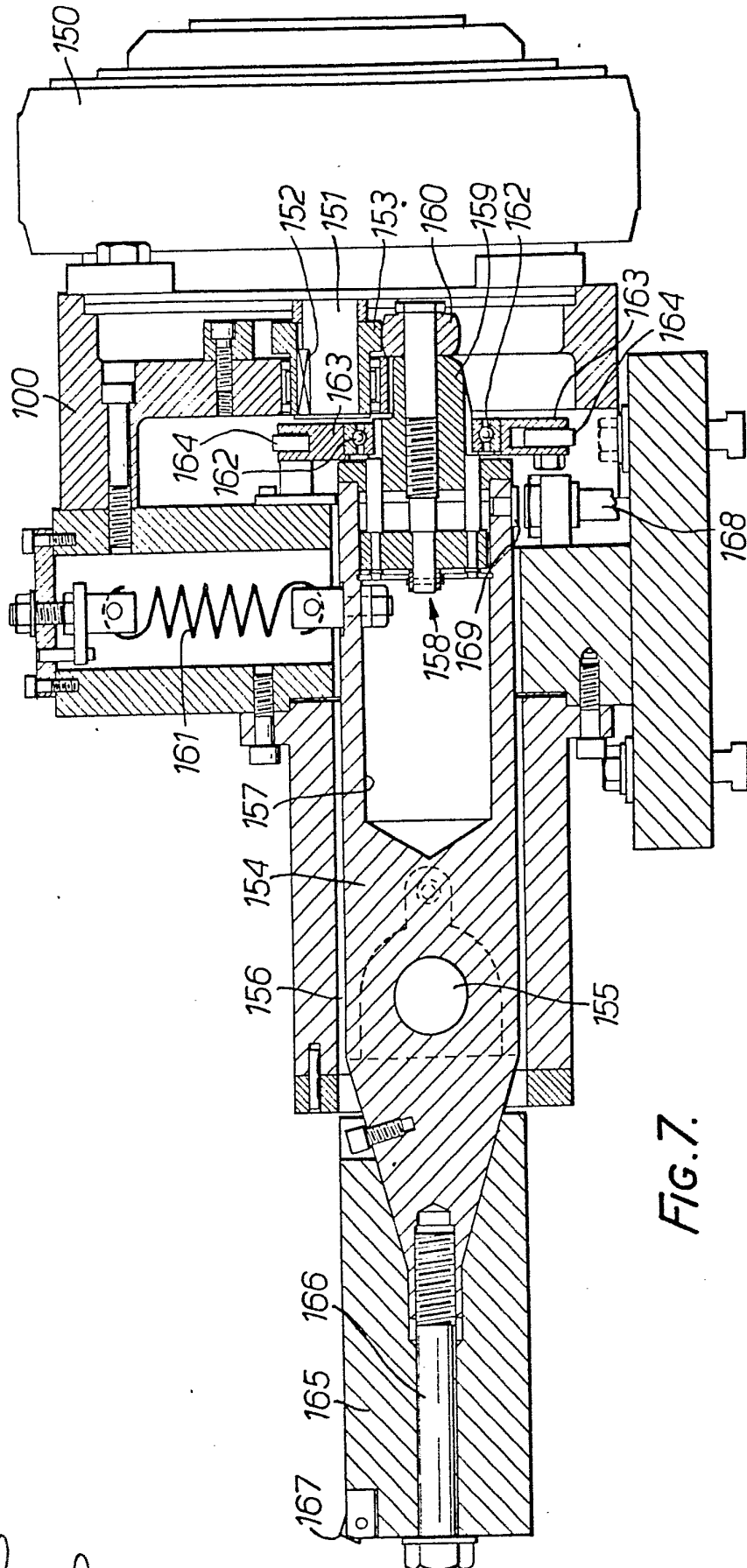
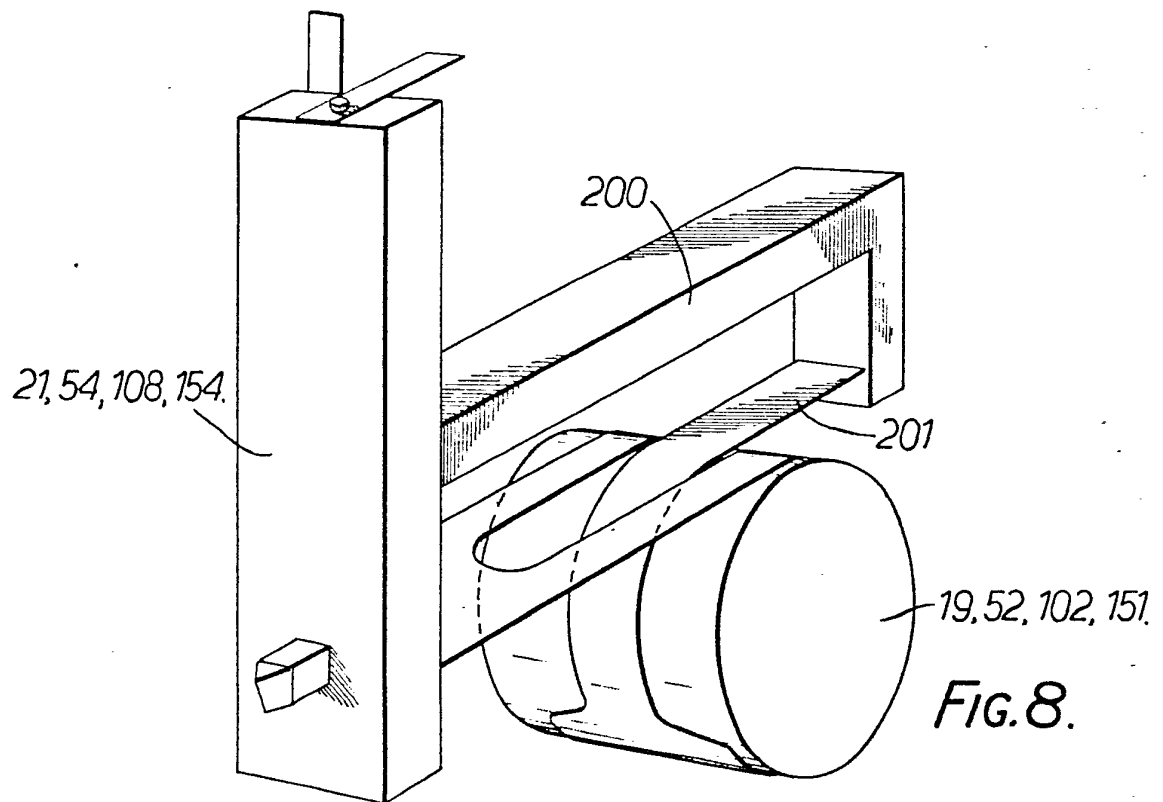


FIG. 7.

*Handwritten scribbles*



*[Handwritten signature]*