

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 13792**

(54)

Rectifieuse destinée à exécuter des rainures présentant des flancs à surface courbée transversalement à la direction de la profondeur des rainures.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). B 24 B 19/02.

(22)

Date de dépôt..... 15 juillet 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : RFA, 19 juillet 1980, n° P 30 27 504.8.

(41)

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 3 du 22-1-1982.

(71)

Déposant : Société dite : HAUNI — WERKE KORBER & CO. KG, résidant en RFA.

(72)

Invention de : Peter Oppelt, Uwe Uhlig, Werner Redeker et Werner Peschik.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Plasseraud,  
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

La présente invention concerne une rectifieuse destinée à exécuter des rainures présentant des flancs à surface courbée, notamment à produire des rainures de retenue courbées dans la base d'aubes de turbines, et comprenant au moins une broche porte-meule qui porte au moins une meule et est déplaçable verticalement (dans la direction Y), une table déplaçable transversalement à l'axe de la broche porte-meule, c'est-à-dire horizontalement (dans la direction X), au moyen d'un premier organe d'entraînement et un porte-pièce déplaçable sur la table transversalement à la direction X au moyen d'un second organe d'entraînement.

Avec la meule ou les meules d'une machine à rectifier les surfaces planes on peut sans problème exécuter des rainures dans des pièces. Pour cela il suffit de déplacer la pièce dans un plan tangentiel dans la direction X de telle façon que la surface de travail de la meule, qui est habituellement la surface périphérique de la meule, vienne en contact avec la pièce de la manière désirée. Si la pièce est déplacée dans un plan parallèle à X et à Z au cours de l'opération de rectification, on obtient une surface de fond plane de la rainure dont la profondeur est déterminée par la plus forte pénétration de la meule dans la pièce. Pour conférer à la rainure une surface de fond courbée il suffit de déplacer la pièce sur une voie courbée dans la direction X ou de rapprocher ou d'éloigner la meule de la pièce dans la direction Y au cours de l'opération de rectification. En raison des faces frontales planes de la meule les surfaces des flancs de la rainure deviennent alors cependant dans tous les cas planes. Des surfaces de flancs courbées ne peuvent pas être obtenues en procédant de cette ma-

nière.

Or il est souvent souhaitable de réaliser des rainures présentant des flancs à surface courbée. De telles rainures présentant des flancs à surface courbée sont nécessaires par exemple pour les bases ou pieds de certaines aubes de turbines. Pour obtenir de telles rainures présentant des flancs à surface courbée on utilise jusqu'à présent des meules-boisseaux, auquel cas le rayon de ces dernières détermine le rayon de la courbure des surfaces des flancs. Ce procédé pose des problèmes dès l'instant où il s'agit de réaliser des rainures dont les flancs présentent des surfaces à grand rayon de courbure. Dans ce cas l'utilisation de meules-boisseaux à très grands rayons s'impose, ce qui entraîne de sérieuses difficultés techniques sur le plan de la construction de la machine et des conditions de rectification. Par conséquent, la possibilité d'exécuter des rainures dont les flancs présentent des surfaces courbées à grand rayon de courbure est limitée pour des raisons techniques.

Pour rectifier des rainures présentant des flancs à surface courbée il a été proposé dans le brevet allemand n° 705 817, en ce qui concerne la rectification de mâchoires de mandrins de serrage, d'utiliser au lieu d'une meule-boisseau une meule plate présentant un angle de cône très obtus et qui est suffisamment chanfreinée à sa périphérie pour qu'elle atteigne le fond du creux entre les dents sans pour autant toucher le flanc opposé du creux. La rectification se réalise par un pivotement dans le creux entre les dents, lequel pivotement permet à l'outil de rouler sur toute la longueur du creux. Pour réaliser des rainures dont les flancs présentent les surfaces courbées voulues il est donc nécessaire de faire pivoter la meule. Or cela nécessite de fortes dépenses sur le plan de la construction de la machine si l'on veut assurer un usinage précis.

La présente invention a pour objet de réaliser une rectifieuse de façon qu'elle soit apte à exécuter des rainures dont les flancs présentent des surfaces courbées sans que cela nécessite l'utilisation de meules-boisseaux ou de

fortes dépenses sur le plan de la construction de la machine et sur celui de la commande.

Ce but est atteint suivant l'invention, pour une rectifieuse du genre décrit plus haut, par le fait que sur  
5 une table réalisée sous forme de table inclinée et déplaçable transversalement à l'axe de la broche, c'est-à-dire horizontalement (dans la direction X), au moyen d'un premier organe d'entraînement un porte-pièce est monté de façon à pouvoir coulisser, au moyen d'un second organe d'en-  
10 traînement, dans une direction (axe Z') inclinée sous un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe de la broche (axe Z) et qu'il est prévu un dispositif de commande relié aux deux organes d'entraînement et qui est réalisé de façon à piloter ceux-ci de telle manière que des déplacements du porte-pièce  
15 dans la direction de l'axe Z' s'effectuent en corrélation avec le coulisserment de la table inclinée dans la direction X, cette corrélation étant fonction de l'allure de la courbure qu'il s'agit de conférer à la surface à rectifier des flancs de la rainure.

20 Des rectifieuses comportant une table inclinée pour recevoir la pièce sont en soi connues (brevets britanniques nos 1 349 864 et 1 253 238). Suivant ces deux brevets la table inclinée est cependant déplacée, de la manière connue, seulement dans la direction X afin de rectifier des  
25 surfaces planes de mâchoires de mandrins de serrage, c'est-à-dire des surfaces sans courbure. Dans les deux cas il n'est pas prévu de coulisserment du porte-outil sous l'angle d'inclinaison de la surface de la table inclinée formant support de sorte qu'il n'est pas possible de réaliser des  
30 flancs courbés de rainures.

Du fait que la pièce est disposée de façon inclinée sous l'angle  $\alpha$  par rapport à l'axe Z et que la pièce peut coulisser suivant l'axe Z' incliné sous l'angle  $\alpha$  par rapport à l'axe Z on obtient suivant l'invention que des  
35 rainures présentant des flancs dont les surfaces sont courbées à volonté puissent être exécutées dans la pièce. Etant donné qu'il suffit pour cela, suivant l'invention, de faire coulisser la pièce dans la direction de l'axe X et dans

celle de l'axe Z', il suffit de prévoir en tant que commande une simple commande à deux coordonnées.

Suivant une autre caractéristique de l'invention il est prévu deux broches porte-meule parallèles présentant  
5 chacune au moins une meule. En cas de mouvements de la table inclinée dans la direction X le porte-pièce peut être déplacé dans un plan tangentiel aux meules des deux broches et incliné de l'angle  $\alpha$  par rapport à la surface de base. En même temps le porte-pièce peut coulisser sur la table  
10 inclinée, dans la direction Z' inclinée sous l'angle  $\alpha$  par rapport aux axes des broches, en corrélation avec le mouvement de la table inclinée dans la direction X. Il s'agit en l'occurrence donc d'une rectifieuse dite à double tête qui est réalisée conformément à l'invention. Cette  
15 forme de réalisation d'une rectifieuse à double tête permet d'exécuter sur des côtés opposés de la pièce simultanément des rainures dont les flancs présentent des surfaces courbées de façon contraire. Si la meule ou les meules de l'une des broches réalisent une surface de flanc courbée de manière  
20 ère convexe, alors la meule de l'autre broche, située de l'autre côté, réalise une surface de flanc courbée de manière concave et inversement. La rectifieuse à double tête réalisée suivant l'invention permet de façon simple et rationnelle d'exécuter simultanément plusieurs rainures présentant des flancs à surface courbée dans une pièce.

S'il s'agit de conférer aux rainures des surfaces de flancs perpendiculaires au plan passant par X et Z', alors il est prévu suivant l'invention que la meule présente une surface de rectification inclinée de l'angle  $\alpha$  par  
30 rapport à sa face frontale. Comme angle d'inclinaison de l'axe Z' par rapport à l'axe Z il convient suivant l'invention de prévoir de préférence un angle  $\alpha$  de 30°. Si cet angle est choisi, le rayon de la courbure de la surface de flanc est égal au double du rayon de la meule.

35 Suivant une forme de réalisation préférée de l'invention le dispositif de commande comporte un calculateur de commande de processus qui est conçu pour commander l'entraînement du porte-pièce dans la direction Z', conformément

ment à l'allure des surfaces de flancs à réaliser, en corrélation avec le coulisement de la table inclinée dans la direction X.

L'invention offre l'avantage de permettre de réaliser, au moyen d'une machine à rectifier des surfaces planes ou des profils connue en soi et comportant une ou deux broches porte-meule parallèles, dans des pièces des rainures présentant des surfaces de flancs courbées. De fortes dépenses sur le plan de la construction de la machine et celui des conditions de rectification ne sont pas nécessaires. Pour le processus en soi compliqué de rectification de rainures présentant de telles surfaces de flancs courbées il suffit dans le cas du dispositif suivant l'invention de prévoir une simple commande continue à deux coordonnées puisque l'opération de rectification n'exige que des déplacements de la pièce dans les directions X et Z'. Grâce à la disposition de la pièce sur la table inclinée sous un angle donné par rapport à l'axe Z et au fait que la pièce est déplacée dans les directions X et Z', l'invention permet même à l'opération compliquée de rectification de surfaces de flancs courbées de rainures d'être maîtrisée avec une machine à rectifier les surfaces planes. La disposition et la possibilité de déplacement commandée du porte-pièce, proposées suivant l'invention, sont particulièrement avantageuses en combinaison avec une rectifieuse à double tête puisque cela permet d'exécuter, par rectification, simultanément des surfaces de flancs courbées de façon contraire sur des côtés opposés de la pièce, ce qui réduit le coût d'usinage de la pièce.

L'invention est expliquée ci-dessous à l'aide des dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une vue en perspective d'une machine à rectifier les surfaces planes et les profils à double tête réalisée suivant l'invention ;

la figure 1a est une vue à plus grande échelle d'une pièce ;

la figure 1b montre la façon dont les coordonnées utilisées sont disposées les unes par rapport aux autres ;

et

la figure 2 représente schématiquement le circuit de commande.

Sur la figure 1 est représentée une rectifieuse à double tête 1 comportant deux broches porte-meule parallèles 2 et 3. La broche porte-meule supérieure 2 présentant une meule 4 est montée dans un porte-broche 6 et entraînée par un moteur 7. La broche porte-meules inférieure 3 présente deux meules 8 et 9 disposées l'une à la suite de l'autre en direction axiale. Elle est montée dans un porte-broche 11 et entraînée par un moteur 12. Le sens de rotation des broches porte-meule est indiqué par les flèches 2' et 3'. Les porte-broche 6 et 11 peuvent être amenés à coulisser verticalement dans la direction Y (voir également la figure 1b) sur un montant de machine 13. Par 14 est désigné un carter qui entoure au moins partiellement la meule supérieure 4.

Sur un banc de machine 16 une table 17 est guidée de façon à pouvoir coulisser au moyen d'un moteur d'entraînement 18 dans la direction X (voir également la figure 1b) transversalement aux axes des broches porte-meule 2 et 3. A la table 17 est reliée de manière fixe une table inclinée 19 dont la surface est inclinée d'un angle  $\alpha$  par rapport à la surface de la table 17 et porte un chariot 21 auquel est fixé un porte-pièce 22. Dans le porte-pièce 22 est serrée une pièce 23, à savoir dans le cas représenté sur la figure 1 une aube de turbine, dont il s'agit d'usiner la base 24.

L'inclinaison de la surface de la table inclinée 19 par rapport à la surface de la table 17 définit une direction Z' qui fait un angle  $\alpha$  avec l'axe Z s'étendant perpendiculairement aux axes X et Y. L'axe Z' est situé dans le plan formé par les axes Y et Z (voir également la figure 1b). L'axe Z s'étend donc dans la direction des axes des broches porte-meule 2 et 3.

Le porte-pièce 22 et le chariot 21 sont montés ensemble sur la table inclinée 19 de façon à pouvoir coulisser dans la direction de l'axe Z'. L'organe d'entraînement du chariot est un moteur 26 qui est fixé latéralement à la ta-

ble inclinée 19 et se trouve par l'intermédiaire d'un mécanisme de transmission à courroie crantée 27 et d'une broche en relation de travail avec le chariot.

Sur la figure 2 est représenté schématiquement dans son ensemble le circuit de commande de la rectifieuse proposée suivant l'invention. Il s'agit d'une simple commande de trajet à deux coordonnées puisque pour les travaux de rectification à effectuer la pièce n'a besoin d'être déplacée que dans les directions X et Z'. Les moteurs d'entraînement 18 et 26, prévus pour le déplacement de la pièce respectivement dans la direction X et dans la direction Z', sont connectés par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance 28 et 29 à des organes régulateurs 31 et 32. A l'organe régulateur 32 est raccordé un détecteur de position 33 destiné à surveiller la position du chariot 21 dans la direction X. L'organe régulateur 31 est relié à un détecteur de position 34 destiné à surveiller la position du chariot 21 dans la direction Z'. Un générateur de valeur nominale 36 est relié aux deux organes régulateurs 31 et 32.

La figure 1a montre de façon agrandie la pièce à usiner, en l'occurrence la base 24 de l'aube de turbine 23. Le profil de cette base 24 de l'aube de turbine présente quatre rainures 37 et 37', dont deux d'entre elles s'étendent dans chacun des côtés opposés de la pièce, et ces deux côtés sont symétriques. Le problème de rectification posé consiste en l'occurrence à exécuter les rainures de la base 24 de l'aube de façon que les surfaces 38 et 38' de leurs flancs présentent une forme courbée. Ainsi que la figure 1a le montre, la courbure des surfaces de flancs 38 et 38' doit être concave, comme indiqué par les arcs de cercle 41 et 41'. La surface de flanc 39 de la rainure 37', par contre, s'étend de manière convexe, comme l'indique le tracé de l'arc de cercle 41". Jusqu'à présent il était usuel et nécessaire, pour réaliser de telles rainures à surfaces de flancs courbées par rectification, d'utiliser des meules-boisseaux dont le rayon correspond au rayon des arcs de cercle 41, 41' et 41", c'est-à-dire au rayon de la courbure des surfaces de flancs. Dans le cas de grands rayons cela



entraîne de très fortes dépenses puisqu'une meule-boisseau à grand rayon impose des conditions sévères en ce qui concerne la construction de la machine et le processus de rectification. L'invention permet d'éviter ces dépenses. Ceci  
5 est mis en évidence par la description suivante du mode de fonctionnement de la rectifieuse à double tête suivant l'invention.

La pièce, dans le cas représenté une aube de turbine, est, comme le montre la figure 1, serrée dans le porte-pièce  
10 22 de telle manière que l'axe de la pièce, désigné sur la figure 1a par 42, soit orienté dans la direction Z' et s'étende par conséquent sous l'angle  $\alpha$  par rapport à l'axe Z s'étendant dans le plan de la table. Pour rectifier des surfaces de flans 38 et 38' présentant la courbure voulue  
15 la table inclinée 19 est déplacée avec la table 17 dans le banc de machine 16 dans la direction X et en même temps la la pièce se trouvant sur le chariot 21 est déplacée dans la direction Z' en corrélation avec le coulisement dans la direction X. La corrélation des déplacements dans les  
20 directions X et Z', nécessaire pour l'obtention d'une courbure d'un rayon déterminé, est définie au préalable dans le générateur de valeurs nominales 36 (voir la figure 2) qui agit sur les organes régulateurs 31 et 32 en fonction de cette corrélation de sorte que les organes d'entraîne-  
25 ment 18 et 26 sont commandés de façon à produire des surfaces de flancs présentant la courbure voulue. Au moyen des détecteurs de position 33 et 34 destinés à surveiller respectivement la position de la table 17 dans la direction X et la position du porte-pièce 22 dans la direction Z' sont  
30 produites des valeurs effectives correspondant aux coordonnées de position de la pièce et ces valeurs effectives sont comparées dans les organes régulateurs 31 et 32 aux valeurs nominales fixées à l'avance par le générateur de valeurs nominales de sorte que d'éventuels écarts de position sont  
35 corrigés en conséquence. Dans la pratique il s'agit, en ce qui concerne le dispositif de commande, de circuits régulateurs de position auxquels sont subordonnés des circuits régulateurs de vitesse.

Le générateur de valeurs nominales peut comporter un lecteur de bandes perforées par l'intermédiaire duquel les valeurs nominales requises sont mises en mémoire en fonction de l'allure voulue des flancs de rainures à partir d'une

5 bande perforée. D'autres moyens de fixer à l'avance des valeurs nominales peuvent bien sûr également convenir. Il est particulièrement rationnel et avantageux d'utiliser un calculateur de commande de processus, par exemple sous la forme d'un microprocesseur, en tant que moyen de commande. Le

10 déplacement commandé de la pièce dans les directions X et Z' conduit à l'obtention de rainures dont les flancs présentent des surfaces courbées d'une manière fixée à l'avance. Avec les meules 8 et 9 de la broche porte-meules inférieure 3 sont alors rectifiées simultanément les surfaces de flancs

15 correspondantes 38 et 38' des rainures 37 et 37' situées sur le côté inférieur de la pièce 24. En même temps la surface de flanc 39 de la rainure supérieure 37 est rectifiée au moyen de la meule 4 de la broche porte-meule supérieure 2. La courbure de la surface de flanc 39 de la rainure supérieure 37' est opposée à la courbure des surfaces de flancs

20 38 et 38' des rainures inférieures 37 et 37'. Le dispositif suivant l'invention permet donc de réaliser à chaque passe simultanément trois surfaces de flancs courbées de rainures, ce qui constitue un usinage très rapide et rationnel.

25 S'il s'agit de réaliser une surface de flanc 38 disposée perpendiculairement au plan passant par les axes X et Z', alors la surface de rectification 43 de la meule 9 réalisant la surface de flanc est, comme dans le cas de la figure 1, inclinée par rapport à la surface frontale de la

30 meule d'un angle  $\beta$  qui est égal à l'angle  $\alpha$ . La surface de rectification de la meule antérieure 8 réalisant la surface de flanc courbée 38' de la rainure inférieure 37' fait avec la surface frontale de cette meule le même angle  $\beta$ .

La rectifieuse réalisée suivant la présente invention

35 permet donc de munir des pièces de rainures dont les flancs présentent des surfaces à rayon de courbure fixé à l'avance. Une simple commande de trajet à deux coordonnées pour les coordonnées X et Z' suffit à commander le mouvement du por-

te-pièce et de la table inclinée. En cas d'utilisation d'une rectifieuse à double tête sur les broches porte-meules de laquelle sont montées des meules réalisées en conséquence il est possible d'exécuter simultanément plusieurs rainures

5 présentant des flancs à surface courbée. Sur les côtés opposés de la pièce sont alors réalisées des rainures dont les surfaces des flancs présentent une courbure opposée. Par conséquent, une rectifieuse à double tête réalisée suivant l'invention est particulièrement rationnelle et économique.

## REVENDEICATIONS

1 - Rectifieuse destinée à exécuter des rainures présentant des flancs à surface courbée transversalement à la direction de la profondeur des rainures, notamment à réaliser dans la base d'aubes de turbines des rainures de retenue courbées transversalement à la direction de la profondeur des rainures, et comprenant au moins une broche porte-meule qui porte au moins une meule et est déplaçable verticalement (dans la direction Y), caractérisée en ce que sur une table réalisée sous forme de table inclinée (19) et déplaçable transversalement à l'axe de la broche, c'est-à-dire horizontalement (dans la direction X), au moyen d'un premier organe d'entraînement un porte-pièce (22) est monté de façon à pouvoir coulisser, au moyen d'un second organe d'entraînement, dans une direction (axe Z') inclinée d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe de la broche (2, 3) (axe Z) et en ce qu'il est prévu un dispositif de commande (31, 32, 36) relié aux deux organes d'entraînement (18, 26) et qui est réalisé de façon à piloter les organes d'entraînement de telle manière que des déplacements du porte-pièce dans la direction de l'axe Z' s'effectuent en corrélation avec le coulisserment de la table inclinée (19) dans la direction X, cette corrélation étant fonction de l'allure de la courbure qu'ils s'agit de conférer à la surface à rectifier (38, 38', 39) des flancs de la rainure (37, 37').

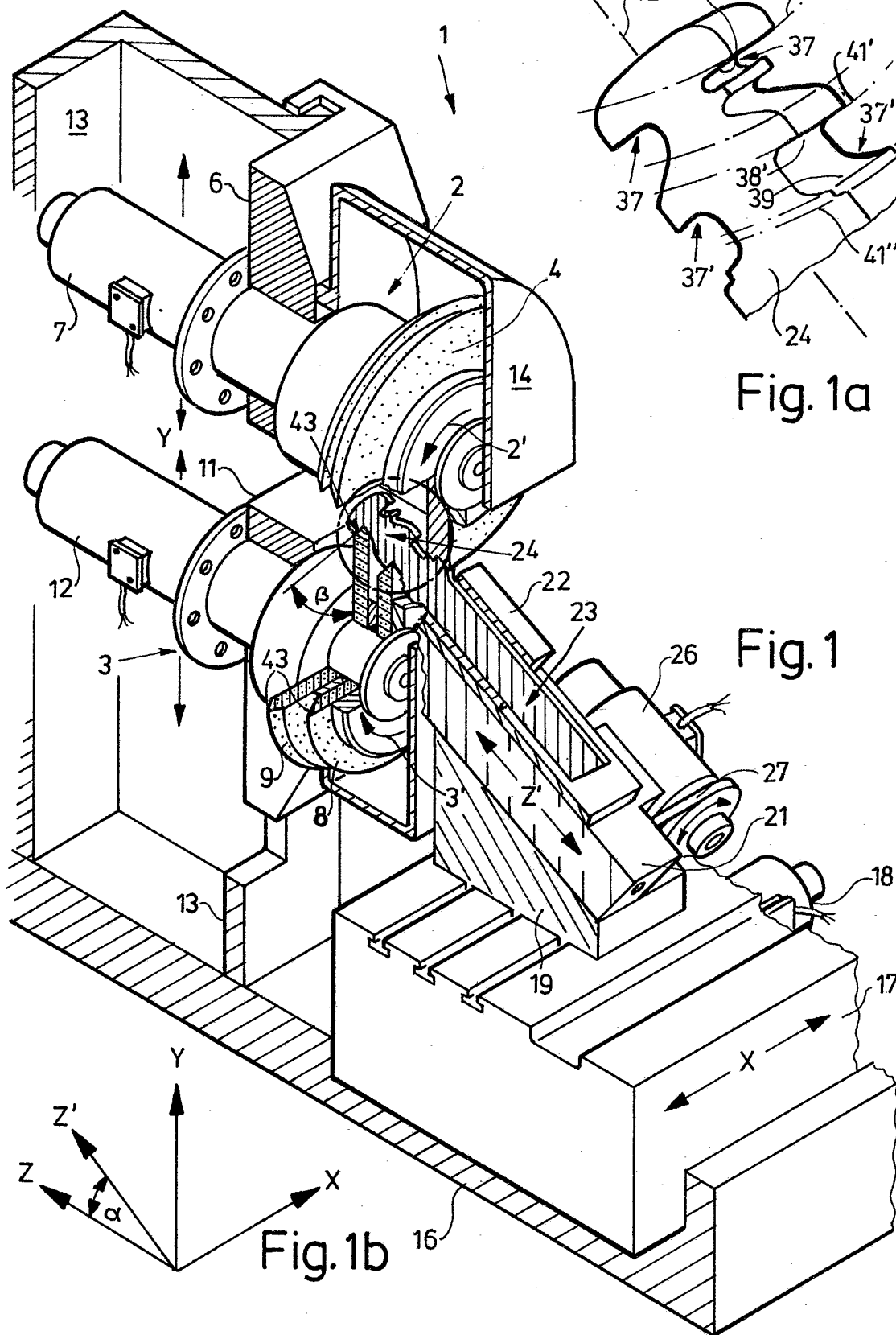
2 - Rectifieuse suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'il est prévu deux broches porte-meule parallèles (2, 3) présentant chacune au moins une meule (4, 8, 9), en ce qu'en cas de mouvements de la table inclinée (19) dans la direction X le porte-pièce (22) peut être déplacé dans un plan tangentiel aux meules des deux broches et incliné de l'angle  $\alpha$  par rapport au plan X-Z et en ce que pour permettre de réaliser simultanément une surface de flanc convexe et une surface de flanc concave (38, 38', 39) dans des rainures (37, 37') s'étendant sur des côtés opposés de la pièce (23, 24) le porte-pièce (22) peut coulisser sur la table inclinée (19), dans la direction Z' inclinée de l'angle  $\alpha$  par rapport aux axes des broches (2, 3), en corréla-

tion avec le mouvement de la table inclinée (19) dans la direction X.

3 - Rectifieuse suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que pour réaliser une surface de flanc (38, 38') perpendiculaire au plan X-Z' il est prévu une meule (8, 9) présentant une surface de rectification (43) inclinée de l'angle  $\alpha$  par rapport à la face frontale de la meule.

4 - Rectifieuse suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'axe Z' est incliné par rapport à l'axe Z d'un angle  $\alpha$  égal à  $30^\circ$ .

5 - Rectifieuse suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le dispositif de commande comporte un calculateur de commande de processus qui est conçu pour commander l'organe (26) entraînant le porte-pièce (22) dans la direction Z', conformément à l'allure de la surface de flanc (38, 38', 39) à réaliser, en corrélation avec le coulisement de la table inclinée (19) dans la direction X.



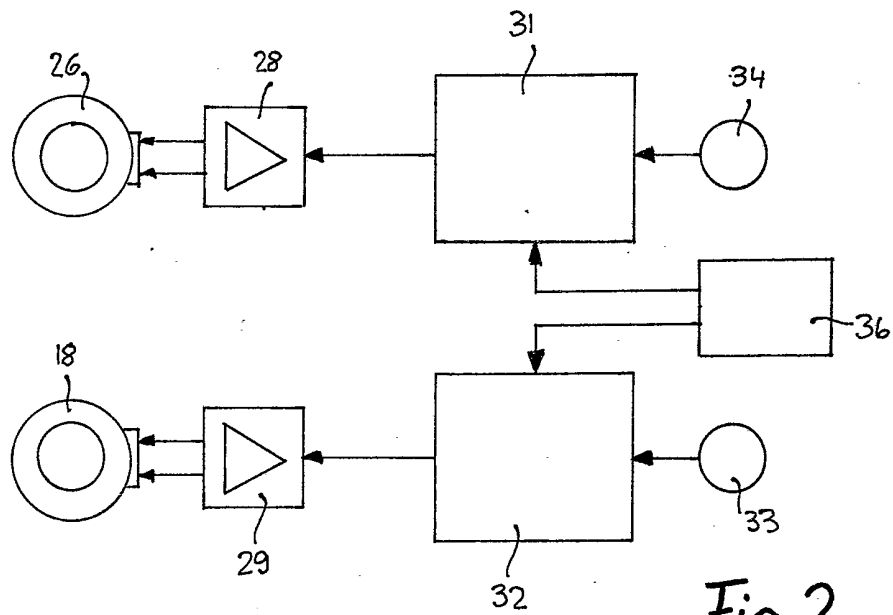


Fig.2