



Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



(12) **FASCICULE DU BREVET** A5

(11)

636 458

(21) Numéro de la demande: 4589/80

(22) Date de dépôt: 13.06.1980

(30) Priorité(s): 14.06.1979 JP 54-75241
02.10.1979 JP 54-127594

(24) Brevet délivré le: 31.05.1983

(45) Fascicule du brevet
publié le: 31.05.1983

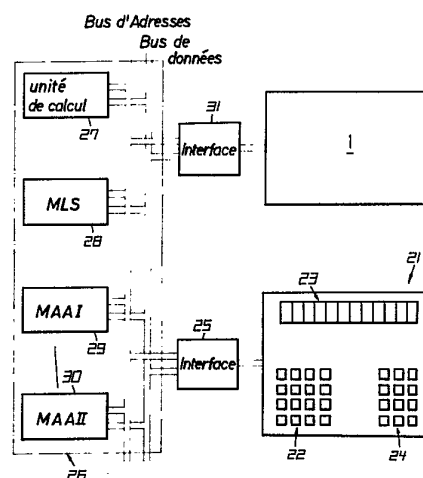
(73) Titulaire(s):
Daihatsu Motor Co., Ltd., Ikeda-shi/Osaka-fu (JP)
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.,
Kadoma-shi/Osaka-fu (JP)

(72) Inventeur(s):
Koichi Takeda, Takarazuka-shi/Hyogo-ken (JP)
Yoshiro Sasano, Yawata-shi/Kyoto-fu (JP)

(74) Mandataire:
E. Blum & Co., Zürich

(54) **Machine-outil à commande numérique.**

(57) Un bloc de commande de la machine-outil comprend des touches de fonctions (22) destinées à choisir un forme à usiner, des lampes témoins (23) destinées à traduire les types de valeurs numériques à introduire successivement dans l'ordre dans lequel ces valeurs numériques doivent être introduites, de manière à guider un opérateur, et des touches décimales (24) destinées à introduire les valeurs numériques concrètes à utiliser à partir des indications des lampes témoins (23).



REVENDEICATIONS

1. Machine-outil à commande numérique équipée d'un bloc de commande (2) muni d'un panneau de commande (21) portant des commutateurs à touches, dans laquelle les données relatives à la forme et aux cotes finales de la pièce, ainsi qu'aux conditions d'usinage, comprenant la vitesse de rotation de la broche et la vitesse d'avance, sont introduites directement dans le bloc de commande par les commutateurs à touches, ce bloc de commande, lorsqu'il reçoit les données d'entrée, préparant automatiquement un programme d'usinage décidant des amplitudes et des sens de déplacement du porte-outil mobile longitudinalement et transversalement par rapport à un point de référence lié à la machine-outil et contrôlant ainsi celle-ci de façon qu'elle effectue automatiquement l'usinage de la pièce à la forme voulue, caractérisée en ce que le bloc de commande comprend des touches de fonctions (22) destinées à choisir une forme à usiner, des lampes témoins (23) destinées à traduire les types de valeurs numériques qui doivent être introduites, et des touches décimales (24) destinées à introduire les valeurs numériques à partir des indications des lampes témoins (23).

2. Machine-outil à commande numérique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les indications portées sur les touches de fonctions et sur les lampes témoins sont écrites en clair en utilisant des termes du langage courant.

3. Machine-outil à commande numérique selon l'une des revendications 1 ou 2, comprenant des moyens de détection d'arrivée de porte-outil destinés à entrer en jeu lorsque ce porte-outil arrive dans des positions situées longitudinalement et transversalement par rapport à la machine-outil, tout en émettant en même temps des signaux indiquant cette arrivée, et des moyens de détection de position de porte-outil destinés à émettre une série de signaux également espacés suivant le mouvement longitudinal ou transversal de ce porte-outil, caractérisée en ce que la position du porte-outil trouvée lorsque les moyens de détection de position de porte-outil émettent un signal pour la première fois, après mise en marche de ces moyens de détection d'arrivée de porte-outil, est prise comme point de référence d'usinage.

4. Machine-outil à commande numérique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les moyens de détection d'arrivée de porte-outil se présentent sous la forme de commutateurs de limite fixés à des éléments fixes par rapport à ce porte-outil mobile.

5. Machine-outil à commande numérique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les moyens de détection de position du porte-outil se présentent sous la forme d'un détecteur de position rotatif destiné à émettre une série de signaux également répartis suivant la rotation de la vis d'avance du porte-outil.

L'invention concerne une machine-outil à commande numérique destinée à usiner une pièce par commande du mouvement de la pointe d'un outil à partir d'un point de référence d'usinage, cette commande se faisant au moyen de données numériques.

Classiquement la commande numérique des machines-outils se fait en introduisant, comme données de commande sous forme codée, les paramètres de la trajectoire suivie par la pointe de l'outil au cours de l'usinage. Dans une commande numérique classique dans laquelle on utilise, comme moyens d'introduction des données numériques dans la partie de commande, une machine à écrire ou des bandes perforées portant les commandes codées, il est évidemment nécessaire de préparer un programme dans lequel sont codés les détails du processus d'usinage. Cependant, comme cela est bien connu, cette préparation du programme pose de nombreux problèmes.

Ainsi, la préparation du programme doit être faite par un programmeur ayant acquis des techniques spéciales et la procédure de

préparation d'un programme comprend les différentes étapes constituant à lire le dessin de la pièce pour décider du processus nécessaire à utiliser, de l'ordre d'usinage, de l'outil à utiliser, de la direction d'avance, de la vitesse d'avance, de la position d'avance rapide, de la position de départ de la coupe, du degré d'usinage, de la vitesse de rotation de la broche, de la commande de changement d'outil, etc., à préparer une feuille de codage sur laquelle ces données sont inscrites dans un ordre descriptif déterminé en utilisant un langage de programmation automatique tel que l'APT ou l'EXAPT, à introduire les données inscrites sur cette feuille dans un calculateur ou dans une machine automatique de préparation de bande (très chère) pour préparer une bande de commande numérique, ou à calculer à la main la trajectoire que l'outil doit suivre pour effectuer l'usinage, à préparer une feuille de programme sur laquelle les détails des résultats sont inscrits en langage de commande numérique suivant un format donné, et à donner cette feuille au perforateur qui prépare alors une bande perforée à partir de celle-ci ou qui manœuvre le panneau de commande pour introduire directement les données au lieu de préparer la bande perforée portant l'enregistrement des données contenues dans la feuille de programme.

Cette procédure demande beaucoup de temps et de travail. De plus, comme la bande perforée ainsi préparée pour un type d'usinage particulier ne peut servir que pour ce type d'usinage, on se heurte à l'inconvénient que, si la forme de l'usinage change même très légèrement, la bande ne peut plus servir telle quelle.

Le brevet USA N° 4033205 décrit une machine-outil à commande numérique ne nécessitant absolument pas l'utilisation des bandes perforées telles que celles décrites ci-dessus et se caractérisant en ce que les modes de travail des outils de coupe se classent suivant des cycles, de sorte que l'information de commande s'introduit en machine par des commutateurs numériques.

On se référera maintenant brièvement à ce brevet.

Lorsqu'on veut usiner une pièce brute suivant une forme donnée, on utilise le fait que la forme finale est une combinaison d'un certain nombre de formes de base ou formes simples élémentaires. En d'autres termes, le processus d'usinage permettant d'obtenir la forme finale est une combinaison d'un certain nombre d'opérations d'usinage simples élémentaires telles que la coupe à un diamètre extérieur, la coupe à un diamètre intérieur, le dressage, la taille en biseau et le rainurage.

Bien que la trajectoire d'un mouvement réel de la pointe de l'outil (ou l'amplitude et le sens de mouvement de la pointe de l'outil) diffère pour chaque opération d'usinage particulière, le mouvement de la pointe de l'outil pour chaque opération d'usinage de base est constitué de la répétition d'un cycle de caractéristiques aux normes bien définies.

Si, par conséquent, le mouvement normalisé de l'outil correspondant aux formes élémentaires est lu dans la mémoire de l'unité de commande, le réglage d'une opération d'usinage de base particulière peut se faire simplement en choisissant le signe d'identification associé à cette forme d'usinage de base par mise en œuvre de commutateurs numériques, et en choisissant ensuite les dimensions finales de la partie correspondante de la pièce par utilisation de commutateurs numériques.

Si ces réglages associés aux différentes opérations d'usinage de base nécessaires sont effectués dans le bon ordre, et si l'on appuie sur le bouton de démarrage, la machine-outil calcule alors les trajectoires de l'outil dans l'ordre indiqué, sur la base des dimensions finales choisies, suivant les cycles d'usinage correspondants, et effectue automatiquement toutes les opérations d'usinage en déplaçant l'outil de manière répétitive jusqu'à ce que la forme finale voulue soit obtenue. Dans ce cas cependant, plus le nombre des étapes d'usinage est grand, plus il faut de commutateurs numériques. Un autre problème est lié au fait que les opérations manuelles définies par les différentes étapes du processus d'usinage et par les signes d'identification correspondants peuvent devenir relativement compliquées.

Il existe en outre un système appelé EDM (à entrée de données manuelle) qui semble analogue au système décrit ci-dessus en ce que les données de commande sont introduites directement dans l'unité de commande sans utilisation de bandes perforées.

Ce système, cependant, joue simplement le rôle d'une machine à écrire de préparation des bandes et d'une mémoire de stockage des données introduites par la machine à écrire; il n'est donc pas, en lui-même, différent d'un système introduisant directement des bandes.

Ainsi le système EDM nécessite l'utilisation d'un clavier exactement comme dans le cas de la préparation d'une feuille de programme commandant le mouvement de l'outil, et la préparation d'une bande à partir de cette feuille de programme. Il serait beaucoup plus efficace que le perforateur prépare les bandes dans un bureau plutôt que d'obliger l'opérateur à introduire les données nécessaires en usine. Normalement, ce système n'est utilisé que pour des applications auxiliaires telles que la correction d'erreurs de préparation de la bande.

Etant donné que les machines-outils à commande numérique effectuent leur travail d'usinage à la forme voulue par commande de l'amplitude du mouvement de la pointe de l'outil à partir d'un point de référence d'usinage prédéterminé lié à la machine, comme décrit ci-dessus, il est nécessaire de déterminer avec précision les relations de position relative entre la pointe de l'outil et le point de référence d'usinage.

La pratique courante consiste à fixer l'outil au porte-outil en réglant la position de la pointe de cet outil de façon que celui-ci se trouve dans une position prédéterminée prise comme point de référence, ou à mesurer avec précision la position de la pointe de l'outil après fixation de celui-ci, à introduire la valeur mesurée dans la partie de commande, et à calculer l'amplitude du mouvement du porte-outil à partir de cette position, ce qui permet ainsi de contrôler le mouvement du porte-outil pour usiner la pièce à la forme voulue.

L'amplitude du mouvement de la pointe de l'outil se calcule et se détecte en produisant des impulsions de signaux au rythme d'une impulsion par pas de mouvement prédéterminé (par exemple 0,001 mm), grâce à un détecteur de position rotatif monté à l'extrémité d'une vis d'avancement de porte-outil entraînée par un servomoteur ou par une échelle linéaire associée à une glissière.

La distance entre la position de la pointe de l'outil et le point de référence d'usinage doit être en permanence stockée en mémoire. Pour cette raison, il faut employer une mémoire permanente telle qu'une mémoire à tores ou, si l'on utilise une mémoire non permanente telle qu'une mémoire à semi-conducteurs, il faut prévoir une batterie de maintien incorporée pour empêcher la disparition des données emmagasinées quand on coupe le courant d'alimentation. Cependant, même si l'on prend ces précautions pour que la mémoire conserve ses données emmagasinées lorsqu'on coupe le courant, les autres circuits cessent de fonctionner quand on coupe le courant.

Si, par conséquent, le porte-outil se déplace, pendant que le courant est coupé, sous l'effet de causes extérieures telles que par exemple l'action de vibrations et de forces extérieures, ou sous l'effet de l'inertie lorsque la coupure du courant se produit en cours d'usinage, l'amplitude de ce déplacement n'est pas enregistrée en mémoire de sorte que, si l'usinage reprend dans ces conditions lorsque le courant est rétabli, ce déplacement accidentel peut produire des erreurs.

Pour éviter cela, on peut envisager d'alimenter sur batterie la majeure partie de la mémoire pour remettre à jour le contenu de cette mémoire en détectant l'amplitude du déplacement accidentel du porte-outil pendant la coupure du courant. Cependant, le fait d'alimenter sur batterie tous les circuits de commande nécessite l'utilisation d'une batterie de grande capacité du fait de l'importance de la consommation de courant, et cette solution est pratiquement impossible à mettre en œuvre.

L'invention est destinée à résoudre les problèmes ci-dessus posés par les machines-outils à commande numérique classiques, et a pour principal but de créer une machine-outil à commande numérique du type programmable ne nécessitant pas l'utilisation de bandes de

commande numérique et l'introduction de commandes de mouvement détaillées en langage numérique, mais comportant au contraire l'utilisation de mots de repérage de touches de fonctions exprimés en clair, c'est-à-dire en langage courant, de façon que, lorsque l'opérateur appuie sur une ou plusieurs touches de fonctions particulières indiquant une forme d'usinage voulue correspondant à une ou plusieurs formes d'usinage élémentaires ou formes d'usinage de base, un microcalculateur incorporé dans la machine décide automatiquement quelles sont les données nécessaires à introduire pour effectuer cet usinage particulier, et traduit ensuite cette décision en allumant des lampes témoins correspondant aux données choisies, ces allumages se faisant successivement dans l'ordre dans lequel les données doivent être introduites, ce qui permet ainsi à l'opérateur d'introduire les données numériques au moyen de touches décimales, en se fondant sur les données traduites.

A cet effet, l'invention concerne une machine-outil à commande numérique équipée d'un bloc de commande muni d'un panneau de commande portant des commutateurs à touches, dans laquelle les données relatives à la forme et aux cotes finales de la pièce, ainsi qu'aux conditions d'usinage comprenant la vitesse de rotation de la broche et la vitesse d'avance, sont introduites directement dans le bloc de commande par les commutateurs à touches, ce bloc de commande, lorsqu'il reçoit les données d'entrée, préparant automatiquement un programme d'usinage décidant des amplitudes et des sens de déplacement du porte-outil mobile longitudinalement et transversalement par rapport à un point de référence lié à la machine-outil et contrôlant ainsi celle-ci de façon qu'elle effectue automatiquement l'usinage de la pièce à la forme voulue, caractérisée en ce que le bloc de commande comprend des touches de fonctions destinées à choisir une forme à usiner, des lampes témoins destinées à traduire les types de valeurs numériques qui doivent être introduites, et des touches décimales destinées à introduire les valeurs numériques à partir des indications des lampes témoins.

La machine-outil à commande numérique peut comporter un bloc de commande utilisant des mots de repérage de touches de fonctions exprimés en langage courant pour désigner une forme d'usinage voulue, des lampes témoins destinées à traduire successivement les types de données à introduire, et des touches décimales destinées à introduire les données numériques effectives correspondant à la forme du dessin de la pièce, conformément à la traduction effectuée par les lampes témoins.

Avec un tel appareil n'importe quelle personne capable de lire les dessins d'une pièce peut mettre en œuvre la machine-outil à commande numérique selon l'invention en enfonçant une touche programmée en langage ordinaire, pour introduire les données correspondant à la forme d'usinage voulue, aux cotes finales à obtenir et aux conditions d'usinage requises.

Etant donné qu'il n'est plus nécessaire, comme auparavant, d'utiliser des bandes perforées et par conséquent un ou plusieurs programmeurs professionnels, et comme il n'est plus nécessaire, d'autre part, de préparer des feuilles de codage ou de programmes écrites en langage spécifique, il faut un minimum de temps pour programmer un usinage. De plus, le procédé d'usinage optimal pour exécuter ce programme est automatiquement choisi par le bloc de commande, de sorte qu'on ne risque plus de rencontrer des variations de rendement ou de qualité de finition comme c'était le cas jusqu'à maintenant lorsqu'on faisait appel à des programmeurs.

Comme décrit ci-dessus, étant donné que les machines-outils à commande numérique se mettent en œuvre, pour obtenir une forme voulue, en contrôlant l'amplitude de déplacement de la pointe de l'outil à partir d'un point de référence d'usinage prédéterminé, il est nécessaire de déterminer avec précision les relations de position relative entre la pointe de l'outil et le point de référence d'usinage. A ce propos, la machine-outil à commande numérique selon l'invention est conçue de telle manière que, une fois la position de la pointe d'outil réglée avec précision lorsque cet outil est fixé au porte-outil au début de l'usinage, même si le courant est coupé (et par conséquent si la source de courant alimentant le bloc de commande est

coupée) et si le porte-outil se déplace pour une raison ou une autre pendant ce temps, on ne risque plus de produire des erreurs d'usinage.

La machine-outil à commande numérique peut comprendre des moyens de détection d'arrivée du porte-outil se fixant à un élément fixe par rapport à ce porte-outil mobile et entrant en jeu lorsqu'ils viennent en contact avec celui-ci, et des moyens de détection de position du porte-outil émettant des signaux à espacement régulier correspondant aux mouvements du porte-outil mobile, la disposition étant telle que la position du porte-outil obtenue lorsque les moyens de détection émettent un premier signal de marquage après allumage des moyens de détection d'arrivée de porte-outil, corresponde au point de référence d'usinage, le mouvement du porte-outil au début de l'usinage démarrant de ce point de référence d'usinage. Ainsi, si l'usinage s'arrête ou si le courant est coupé, le porte-outil est ramené au point de référence d'usinage lorsque cet usinage reprend.

Par suite, même si le porte-outil se déplaçait accidentellement pendant ce temps sous l'effet de forces extérieures, ce déplacement ne risquerait pas de produire des erreurs d'usinage. De plus, comme les moyens de détection de position du porte-outil sont de telle nature qu'il est indispensable, dans toutes les machines-outils à commande numérique, que les moyens de détection d'arrivée de porte-outil se présentent par exemple sous la forme d'un interrupteur de butée, la disposition est très simple et très économique, compte tenu du fait qu'on détecte avec précision le point de référence d'usinage, cette disposition étant beaucoup plus avantageuse qu'un système utilisant une alimentation sur batterie de la majeure partie du bloc de commande pour obtenir la détection et la mise en mémoire d'un déplacement possible du porte-outil lorsque le courant est coupé.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit à titre d'exemple et qui se réfère aux dessins ci-joints dans lesquels:

la fig. 1 est une vue en perspective de l'aspect extérieur d'un tour à commande numérique utilisant la présente invention,

la fig. 2 est un schéma de la partie essentielle du tour représenté sur la fig. 1,

la fig. 3 est une représentation schématique d'un mécanisme de détection du porte-outil monté sur le tour de la fig. 2,

la fig. 4 est un schéma de principe représentant schématiquement le bloc de commande du tour de la fig. 1,

la fig. 5 est une vue de face, à plus grande échelle, du panneau de commande des fig. 1 et 4,

la fig. 6 est une représentation schématique d'une pièce à usiner, montrant un exemple de forme d'usinage,

la fig. 7 est une vue explicative des impulsions de signal fournies par un détecteur de position rotatif,

la fig. 8 est un diagramme des temps représentant la relation existant entre un signal émis par le détecteur d'arrivée de porte-outil et un signal émis par le détecteur de position de porte-outil, et

la fig. 9 est une vue explicative d'un mécanisme de détection de point de référence d'usinage.

Le tour représenté sur la fig. 1 est un exemple de machine-outil à commande numérique selon l'invention. Ce tour est repéré dans son ensemble par la référence 1 et le bloc de commande de ce tour 1 est repéré dans son ensemble par la référence 2. Comme on peut mieux le voir sur la fig. 2, représentant schématiquement la partie essentielle du tour, celui-ci comprend un socle 3, une table 4 pouvant glisser sur ce socle 3 dans le sens longitudinal du tour, c'est-à-dire dans la direction Z, une glissière transversale 5 pouvant glisser sur la table 4 dans le sens transversal du tour, c'est-à-dire dans la direction X, et un porte-outil rotatif 6 fixé à la glissière transversale 5. Bien qu'on puisse fixer plusieurs outils dans le porte-outil 6, un outil unique 7 est fixé ici dans ce porte-outil.

La fig. 3 représente schématiquement un mécanisme permettant de déplacer la glissière transversale 5 dans la direction X sur le socle 3.

La glissière transversale 5 se visse sur une vis d'avance 8 disposée suivant l'axe X, et peut avancer ou reculer lorsqu'on fait tourner la

vis d'avance 8. Un détecteur de position de type rotatif 9 fixé à une extrémité de la vis d'avance 8 émet des impulsions également espacées correspondant à un angle de rotation prédéterminé de la vis d'avance 8.

Lorsqu'elle reçoit ces impulsions, la partie arithmétique 10 du bloc de commande 2 effectue les calculs nécessaires pour fournir un signal de sortie indiquant la position de la pointe de l'outil 7, et envoie ce signal de sortie à un circuit de servomécanisme 11. Ce circuit 11 fonctionne à partir des signaux fournis par la partie arithmétique 10, et à partir des données numériques introduites dans le bloc de commande 2 d'une manière qui sera décrite ci-après et indiquant de combien la pointe de l'outil doit se déplacer, de manière à commander un moteur à courant continu 12 entraînant la vis d'avance 8 par l'intermédiaire de roues d'engrenages 13 et 14. De plus, le mécanisme d'entraînement de la table 4 suivant l'axe Z est essentiellement le même que celui décrit ci-dessus, de sorte qu'il n'est pas illustré sur les dessins.

L'usinage se fait à la forme voulue en commandant la position de la pointe d'outil de cette façon. Le bloc de commande qui effectue cette opération sera maintenant décrit en détail.

La fig. 4 représente schématiquement le bloc de commande de la machine-outil à commande numérique selon l'invention qui, dans le cas présent, est le tour 1. Ce bloc de commande 2 comprend un panneau de commande 21 permettant à l'opérateur d'introduire les données nécessaires au fonctionnement du tour 1, et un microcalculateur 26 branché, par l'intermédiaire d'une console d'interface 25, au panneau de commande 21, ainsi qu'au tour 1 par l'intermédiaire d'un interface de machine-outil 31.

Sur le panneau de commande 21 sont montées des touches de fonctions 22, des lampes témoins 23 et des touches décimales 24. Les touches de fonctions 22 servent à choisir une forme d'usinage, c'est-à-dire un groupe de formes élémentaires ou formes de base à usiner par le tour 1, et utilisant en clair des mots du langage courant tels que droit, en pente et rainurage. Quand une forme d'usinage est choisie par utilisation d'une ou plusieurs touches de fonctions 22, les lampes témoins s'allument successivement pour indiquer à l'opérateur que les données sont effectivement introduites de manière à effectuer l'opération d'usinage particulière choisie. Les lampes indiquent également des mots écrits en clair tels que: outil à dégrossir, tour par minute et profondeur de coupe. L'opérateur doit simplement lire les valeurs numériques exactes du dessin de la pièce correspondant aux éléments indiqués par les lampes témoins 23, et introduire ces valeurs numériques au moyen des touches décimales 24.

Le microcalculateur 26 comprend une unité de calcul 27, une mémoire à lecture seule (MLS) 28, une mémoire à accès aléatoire I (MAAI) 29 et une mémoire à accès aléatoire II (MAAII) 30. La MLS 28 comporte, emmagasinées à l'avance, les données nécessaires pour effectuer des types d'usinage particuliers, et les procédures indiquant les données à introduire en premier. Ainsi, quand une forme d'usinage est déterminée par une ou plusieurs touches de fonctions 22, la MLS allume successivement les lampes témoins correspondantes 23 associées aux éléments concernés, suivant les données emmagasinées.

La MAAI 29 emmagasine les données numériques de différents paramètres tels que le numéro d'outil, la vitesse de rotation, la cadence d'avance, la coordonnée X du point de fin d'alimentation, et la coordonnée Z de ce point, ces paramètres étant introduits par l'opérateur en utilisant les touches décimales 24 et en se guidant sur les lampes témoins 23 s'allumant successivement en fonction du programme emmagasiné dans la MLS 26.

La MAAII 30 emmagasine les données relatives au mouvement de la pointe de l'outil respectivement pour les opérations de dégrossissage, de semi-finition et de finition, ces données étant utilisées quand la pièce est en cours d'usinage sur le tour, et fournies par l'unité de calcul 27 travaillant sur la base des différentes données emmagasinées dans la MAAI 29. De plus, les données emmagasinées dans la MAAII 30 sont remises à jour chaque fois que la forme de la pièce à usiner sur le tour 1 change, et par conséquent chaque fois

que les données calculées par l'unité de calcul 27 sur la base des données emmagasinées dans la MAAI 29 changent.

Si la capacité de mémoire de la MAAI 29 est suffisante pour emmagasiner les données nécessaires à l'usinage de différents types de pièces, il n'est plus nécessaire alors de remettre à jour les données emmagasinées dans la MAAI 29 chaque fois que la pièce change. Plus précisément, une fois que les données relatives à différents types de pièces sont emmagasinées, il suffit simplement de manipuler des touches sur le panneau de commande pour amener le calculateur à lire les données correspondant à l'usinage voulu et à mettre en œuvre cet usinage automatiquement.

L'opération consistant à amener le calculateur à lire les données relatives à un usinage particulier parmi les nombreuses données relatives aux différentes formes de pièces emmagasinées à l'avance dans la MAAI 29, et à effectuer l'usinage de la pièce, se déclenche au moyen d'un commutateur de changement de pièce 32 (fig. 5).

La disposition pratique sur le panneau de commande 21 des différentes touches permettant d'introduire les données dans le microcalculateur 26 est indiquée à titre d'exemple sur la fig. 5. Cette disposition sera maintenant décrite plus en détail.

Les rôles respectifs des touches de fonctions 22, des lampes témoins 23 et des touches décimales 24 ont été décrits ci-dessus. Les touches de fonctions 22 sont écrites en clair comme cela est indiqué. Les lampes témoins 23 sont également écrites en clair et le système d'affichage est d'un type classique, dans lequel seules les lettres sont éclairées quand les lampes sont allumées.

Quand les valeurs numériques sont introduites par les touches décimales 24, ces valeurs apparaissent dans une partie d'affichage 33. La référence 34 désigne un bouton de démarrage de tableau utilisé pour envoyer un signal de démarrage de fonctionnement au microcalculateur 26; la référence 35 désigne un bouton de réglage qui, après introduction des données par les touches de fonctions et les touches décimales 24, amène le microcalculateur 26 à emmagasiner ces données; la référence 36 désigne un bouton de correction utilisé pour corriger des données préalablement choisies; la référence 37 désigne une touche de remise à zéro de toutes les étapes d'usinage, destinée à effacer les données relatives à toutes les étapes de processus introduites dans le microcalculateur; la référence 38 désigne une touche de remise à zéro d'une seule étape d'usinage, destinée à effacer les données relatives à une seule étape d'usinage parmi les données introduites dans le microcalculateur 26; la référence 39 désigne une touche de programme qui, après introduction des données nécessaires à l'usinage d'un type de pièce suivant une forme prédéterminée, dans la MAAI 29 du microcalculateur 26, amène

l'unité de calcul 27 à effectuer les différents calculs nécessaires au fonctionnement du tour 1 sur la base des données contenues dans la MAAI 29 et à emmagasiner les données obtenues dans la MAAI 30; la référence 40 désigne un commutateur de changement de mode de fonctionnement permettant par exemple de passer d'un fonctionnement manuel à un fonctionnement automatique du tour; la référence 41 désigne des lampes témoins indiquant l'état de fonctionnement du tour 1, et la référence 42 désigne des lampes témoins de fonctionnement anormal indiquant des anomalies de fonctionnement éventuellement présentes dans les différents dispositifs associés.

Par exemple, si l'on manipule par erreur les touches de fonctions 22 pour choisir une forme d'usinage impossible à effectuer, un signal d'erreur de fonctionnement est émis pour indiquer cette anomalie. En supposant qu'on doive usiner une pièce de forme compliquée en utilisant un certain nombre de formes d'usinage de base ou de formes élémentaires en lesquelles on décompose la forme compliquée, et en supposant que les étapes d'usinage correspondantes sont introduites dans le microcalculateur 26, la $n^{\text{ième}}$ étape d'usinage étant introduite, les lampes témoins 23 s'allument pour demander l'introduction des valeurs numériques correspondant à une certaine opération.

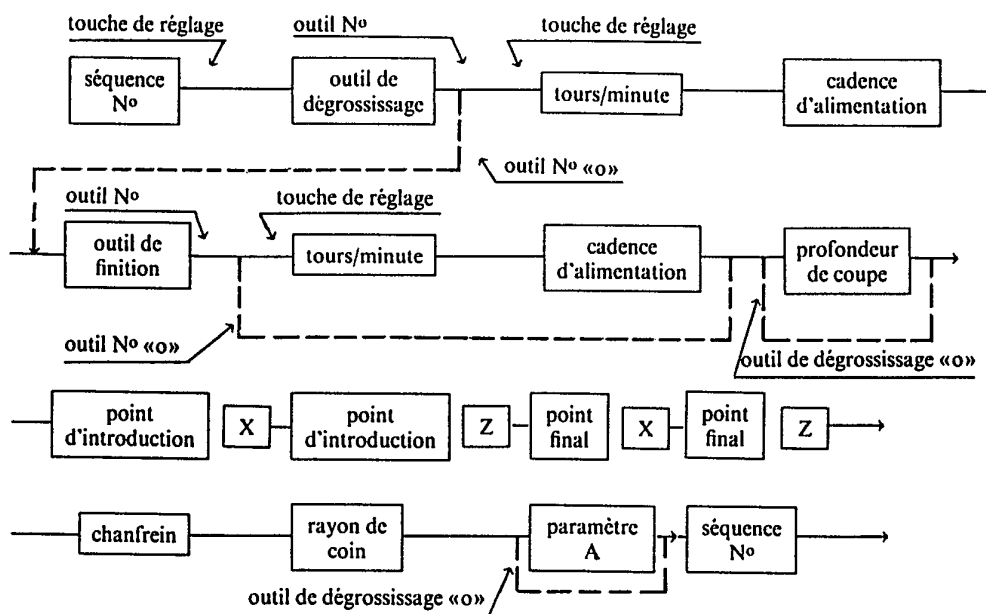
Si les données numériques à introduire sont les mêmes que celles introduites pour la même opération dans la $(n-1)^{\text{ième}}$ étape d'usinage, il suffit alors simplement d'enfoncer la touche 43 marquée "sans changement". Ensuite, les valeurs numériques introduites pour l'opération correspondante dans la $(n-1)^{\text{ième}}$ étape d'usinage sont introduites en même temps que ces valeurs apparaissent dans la partie d'affichage 33. Le groupe de commutateurs représenté sur la droite de la fig. 5 est utilisé pour commander manuellement le tour 1, ces commutateurs n'étant pas décrits.

On décrira maintenant la manière de mettre en œuvre le tour 1 en prenant comme exemple le cas de l'usinage d'une pièce cylindrique W représentée sur la fig. 6, pour l'amener aux cotes représentées en traits pleins.

On peut constater, sur cette fig. 6, que le diamètre extérieur doit être tourné de façon linéaire. On enfoncera donc, parmi les touches de fonctions, celles qui sont marquées "diam. extérieur" "rectiligne" et "alimentation" pour indiquer la forme d'usinage voulue.

En ce qui concerne l'ordre dans lequel il faut enfoncer ces touches, celles-ci peuvent être enfoncées au hasard.

La forme d'usinage étant ainsi choisie, le microcalculateur 26, conformément au programme correspondant emmagasiné dans la MLS 28, allume les lampes témoins 23 indiquant à l'opérateur d'introduire les valeurs numériques dans l'ordre indiqué ci-dessous :



Tout d'abord, une lampe témoin 23 appelée séquence N° s'allume et, en même temps, le numéro de séquence apparaît dans la partie d'affichage 33. Si l'opérateur constate que le numéro de séquence indiqué convient, celui-ci enfonce la touche de réglage 35. Au contraire, si l'opérateur constate que la séquence indiquée ne convient pas, celui-ci enfonce la touche de correction 36 et choisit alors le numéro de séquence voulu en utilisant les touches décimales 24. Ensuite intervient une lampe témoin 23 appelée outil de dégrossissage. L'opérateur choisit un outil adapté à l'usinage voulu parmi les outils fixés au porte-outils et introduit le numéro d'outil correspondant en utilisant les touches décimales 24. En confirmation de l'indication apparaissant dans la partie d'affichage 33, l'opérateur enfonce la touche de réglage 35.

S'il n'est pas nécessaire d'utiliser un outil de dégrossissage on peut introduire un 0 en utilisant une touche décimale, après quoi on saute automatiquement les éléments suivants "tours/minute" et "cadence d'alimentation", et la lampe témoin 23 de l'élément "outil de finition" suivant l'élément "cadence d'alimentation" s'allume. De plus, si on doit utiliser un outil de dégrossissage seul sans outil de finition, on peut introduire un 0 lorsque la lampe témoin 23 de l'élément "outil de finition" s'allume. On saute ensuite automatiquement les éléments suivants "tours/minute" et "cadence d'alimentation" et la lampe témoin 23 de l'élément "profondeur de coupe" suivant l'élément "cadence d'alimentation" s'allume de manière analogue à celle décrite ci-dessus. De plus, dans le cas de l'outil de dégrossissage 0, comme la profondeur de coupe et le paramètre A ne sont pas nécessaires, le circuit saute au paramètre suivant.

De cette façon, les éléments de données nécessaires à la réalisation de la forme d'usinage indiquée par les touches de fonctions 22 sont traduites successivement par les lampes témoins 23 dans l'ordre dans lequel elles doivent être introduites. Par suite, l'opérateur a simplement à enfonce les touches décimales 24 correspondantes de manière à introduire les données numériques correspondantes pour chacun des éléments concernés. Le dernier élément traduit par la lampe témoin 23 est un élément appelé paramètre A. Dans ce cas, un facteur λ (généralement $\lambda = 1,0$), indiquant le rapport selon lequel la profondeur de coupe diminue lorsque le diamètre de la partie de la pièce en cours d'usinage diminue, est donné comme paramètre A, et cela se trouve automatiquement indiqué dans la partie d'affichage 33.

Si l'opérateur constate que la valeur indiquée est satisfaisante, celui-ci enfonce la touche de réglage 35. Si l'opérateur veut régler λ à une autre valeur que 1,0, celui-ci enfonce la touche de correction 36 et introduit la valeur voulue au moyen de la touche décimale 24, puis enfonce la touche de réglage 35. De plus, dans le cas où $\lambda = 0,001$ à 0,999, la commande se fait de façon que le diamètre de pièce restant, multiplié par $\lambda/2$, soit comparé à la profondeur de coupe d'entrée, et la plus petite valeur est choisie comme profondeur de coupe correcte. Ce paramètre A introduit un temps d'arrêt exprimé en secondes (généralement 0), à la fin de l'usinage dans le cas d'un rainurage, et, dans le cas de la taille d'une vis, ce paramètre introduit un angle de pas de vis (généralement de 60°), cette valeur, si elle est trouvée bonne, étant emmagasinée à l'endroit prédéterminé pour elle. Il en résulte ainsi que le programme correspondant à une étape d'usinage se trouve introduit dans le calculateur 26.

Quand l'introduction de toutes les données nécessaires à l'usinage de la forme de pièce voulue a ainsi été effectuée, le microcalculateur 26 teste les valeurs numériques d'entrée pour relever des erreurs éventuelles.

Dans cette forme de réalisation, si, par exemple (point d'introduction suivant l'axe Z) \geq (point final suivant l'axe Z) et/ou si (point d'introduction suivant l'axe X) \geq (point final suivant l'axe X), le microcalculateur décide que les valeurs sont erronées et indique un code d'erreur. Si les résultats de l'introduction sont bons, la lampe témoin 23 de l'élément "N° de fréquence" s'allume automatiquement comme indiqué en pointillés dans le diagramme de circuit ci-dessus, et la séquence N° n + 1, résultant de l'addition d'un 1 à la séquence

N° n pour laquelle les données ont déjà été introduites, est indiquée dans la partie d'affichage 33.

A ce stade, si l'on désire effectuer un usinage supplémentaire tel que la taille d'un pas de vis ou un rainurage sur la pièce W à l'extrémité de sa partie dont on réduit le diamètre, l'opérateur enfonce la touche de réglage 35 pour indiquer le numéro de séquence, et la touche de réglage 35, après avoir indiqué la forme d'usinage au moyen des touches de fonctions 22. Ensuite, l'opérateur peut introduire les données en se fondant sur les lampes témoins 23 de la même manière que celle décrite en se référant à la première étape d'usinage.

Au contraire, si l'on désire terminer l'usinage à ce stade, l'opérateur enfonce la touche de démarrage de panneau 34, après quoi la lampe témoin 23 de l'élément "programme" s'allume de façon que l'opérateur enfonce la touche de programme 39. Par suite l'unité de calcul 27 du microcalculateur 26 calcule la trajectoire du mouvement de l'outil à suivre pendant le dégrossissage et la trajectoire du mouvement de l'outil à suivre pendant la finition, ce calcul se faisant sur la base des données, telles que celles décrites ci-dessus, emmagasinées dans la MAAI 29. Ensuite, l'unité de calcul 27 introduit les résultats dans la MAII 30 pour les stocker dans celle-ci. Cela termine l'opération préparatoire à l'usinage. Ainsi, si l'opérateur enfonce le commutateur de démarrage 44 placé à droite du panneau de commande 21, le tour fonctionne suivant les instructions fournies par le microcalculateur 26 pour usiner la pièce W à la forme prédéterminée.

D'autre part, la raison pour laquelle la trajectoire de la pointe de l'outil n'est pas calculée à l'avance pendant l'usinage de dégrossissage est que le stockage de toutes les informations correspondantes dans le bloc de mémoire nécessiterait une capacité de mémoire beaucoup plus grande. Ainsi, les trajectoires de la pointe de l'outil au cours d'un usinage de finition et de semi-finition compliqués sont calculées à l'avance et stockées dans une mémoire tampon, tandis que la trajectoire de l'outil au cours de l'usinage de dégrossissage, ne nécessitant que des calculs très simples, se fait de telle manière qu'on calcule la trajectoire de la pointe de l'outil pour l'usinage suivant à chaque fois que l'outil atteint le point d'introduction. Cette disposition permet d'utiliser une mémoire tampon de très faible capacité.

En référence de nouveau à la fig. 2, la référence 45 désigne un commutateur de limite destiné à définir la limite du mouvement du porte-outil 6 dans la direction Z-C, et la référence 46 un commutateur de limite destiné à définir la limite du mouvement du porte-outil 6 dans la direction X-a. Les références 47 et 48 désignent des commutateurs de limite destinés à détecter l'arrivée du porte-outil dans les directions respectives Z et X. Ces commutateurs 47, 45, 48, 46 sont destinés à se fermer par butée contre des projections 49 et 50 prévues respectivement sur la table 4 et sur la glissière transversale 5.

Les positions de fixation des commutateurs de limite 47 et 48 sont situées respectivement en un point quelconque du socle 3 et de la table 4, ces positions étant fixes par rapport au porte-outil 6, mais, pour simplifier la construction du système de commande, c'est-à-dire pour permettre la détection de l'arrivée du porte-outil 6 par déplacement de celui-ci dans une direction donnée, il est préférable de placer ces commutateurs de limite à côté des commutateurs de limite 45 et 46.

Les commutateurs de limite 47, 45, 48, 46 sont branchés au bloc de commande 2 par des lignes de signaux 52, 51, 54, 53, et par une ligne de masse commune 55. Les commutateurs de limite 47 et 48 peuvent être conçus, lorsqu'ils se ferment, pour fournir une commande de décélération traduisant le fait que les limites du mouvement du porte-outil 6 dans les directions Z-c et X-a sont proches, en empêchant ainsi le porte-outil 6 de dépasser ces limites par inertie. De plus, des commutateurs de limite jouant le même rôle que les commutateurs 45 et 46 pour le mouvement du porte-outil dans les directions X-b et Z-d, sont également prévus, mais ces commutateurs ne sont pas illustrés pour plus de simplicité.

La fig. 7 représente des signaux d'impulsions régulièrement espacés émis par le détecteur de position de type rotatif 9 conformé-

ment au mouvement du porte-outil 6. Dans le cas d'une rotation vers l'avant, les signaux α sont émis, tandis que les signaux β ne sont pas émis.

Dans le cas d'une rotation en sens inverse, les signaux β ne sont pas émis, tandis que les signaux α ne sont pas émis. Le signal γ est un signal de marquage émis à chaque tour du détecteur de position rotatif 9. La relation de position entre les signaux α et β est déterminée.

La détection des signaux α ou β permet au bloc de commande 2 de décider dans quel sens et de combien le porte-outil 6 s'est déplacé.

Comme indiqué sur la fig. 8 le détecteur de position rotatif 9 émet les signaux de marquage ($\gamma_1, \gamma_2, \dots$) à chaque tour de ce détecteur. Quand les commutateurs de limite 46 et 47 se ferment, ces commutateurs envoient un signal p dans le bloc de commande 2. La position du porte-outil 6, trouvée lorsqu'un signal de marquage, par exemple γ_2 , est émis pour la première fois après détection d'une fermeture (signal p) du commutateur de limite, est prise comme point de référence d'usinage.

Les étapes de fonctionnement sont les suivantes:

I) Allumage de la source de courant principale (ou rétablissement du courant).

II) Fermeture de l'interrupteur de préparation de fonctionnement (si nécessaire, les étapes suivantes peuvent être commandées par des circuits de programmes ou de relais de manière à n'être déclenchées que lorsque l'interrupteur de préparation de fonctionnement s'est fermé pour la première fois après allumage du courant).

III) Déplacement du porte-outil 6 dans la direction X-a sous l'effet des commandes en provenance du bloc de commande 2.

IV) Butée de la projection 50 contre le commutateur de limite 48 qui émet alors un signal p.

V) Déplacement ultérieur du porte-outil 6 dans la direction X-a et émission d'un signal de marquage γ_2 par le détecteur de position de type rotatif 9.

VI) Détection du signal de marquage γ_2 et détermination de la position correspondante du porte-outil 6 comme point de référence d'usinage dans la direction X, $X_1 = 0$ étant stocké en mémoire ($X_1 = 0$ signifie que le point de référence d'usinage coïncide avec l'origine absolue; X_1 ne doit pas nécessairement être égal à 0, mais peut prendre une valeur quelconque à condition que celle-ci soit une constante).

VII) Arrêt ultérieur du mouvement du porte-outil dans la direction X-a (l'amplitude du mouvement du porte-outil pendant ce temps est évidemment mise en mémoire sur la base du point de référence d'usinage déterminé en VI).

VIII) Réglage de la même façon du point de commande du porte-outil dans la direction X.

Le réglage précis du point de référence d'usinage peut se faire par les étapes I à VIII ci-dessus. Cela apparaîtra plus clairement dans la description donnée ci-après en référence à la fig. 9.

La lettre A désigne l'origine absolue, B désigne l'origine d'usinage repérée par les coordonnées (Z_0, X_0) à partir de l'origine absolue A; C désigne un point de commande repéré par les coordonnées (Z_1, X_1) à partir de l'origine absolue A quand le porte-outil se trouve dans la position indiquée en D; C' désigne un point de commande repéré par les coordonnées (Z'_1, X'_1) à partir de l'origine absolue A quand le porte-outil se trouve dans la position E, et (T_Z, T_X) sont les coordonnées de la position de la pointe de l'outil à partir du point de commande C. Les coordonnées (Z, X) de la pointe de l'outil à partir de l'origine absolue A pendant l'usinage de la pièce W à la forme prédéterminée, s'expriment de la manière suivante:

$$Z = Z'_1 + T_Z - Z_0 \quad \dots \quad (1)$$

$$X = X_0 - (X'_1 + T_X) \quad \dots \quad (2)$$

où Z_0, X_0, T_Z et T_X sont des constantes. Ces équations (1) et (2) sont stockées dans l'unité de commande 2 qui détecte la position de

la pointe d'outil (Z, X) par substitution des valeurs variables Z'_1 et X'_1 dans ces équations.

En supposant qu'une coupure de courant se produit pendant que le porte-outil se trouve dans la position E, et que ce porte-outil a poursuivi sa course par inertie sur des amplitudes δ_Z et δ_X dans les directions respectives Z et/ou X, les équations (1) et (2) donneraient alors normalement:

$$Z = Z'_1 + T_Z + \delta_Z = Z_0 \quad \dots \quad (1')$$

$$X = X_0 - (X'_1 + T_X + \delta_X) \quad \dots \quad (2')$$

Cependant, comme la source de courant du circuit de commande est supprimée du fait de la coupure de courant, ces amplitudes de déplacement δ_Z et δ_X ne sont pas introduites, de sorte que la partie de mémoire ne contient toujours que le point de commande C' [coordonnées exprimées par les équations (1) et (2)] du porte-outil correspondant à l'instant précédant immédiatement la coupure de courant. Il en résulte que la partie de mémoire continue de calculer sur la base des coordonnées ci-dessus lorsque le courant est rétabli. Par suite, les amplitudes δ_Z et δ_X deviennent des erreurs. Dans ce cas cependant, il est nécessaire de ramener le porte-outil en arrière au point de référence d'usinage prédéterminé, avant de redémarrer lorsque le courant est rétabli.

Les moyens de détection de la présence du porte-outil dans la position D (moyens de détection du point de référence d'usinage) sont constitués par une combinaison de commutateurs de limite tels que les commutateurs 47 et 48 décrits ci-dessus (moyens de détection d'arrivée de porte-outil), et d'un détecteur de position de type rotatif 9 (moyens de détection de position de porte-outil). Ainsi, quand on détecte l'arrivée du porte-outil dans cette position, on effectue les substitutions $X'_1 = X$ et $Z'_1 = Z$, c'est-à-dire les corrections de position du point de commande. Dans ce cas, le point de commande C pour lequel le porte-outil se trouve dans la position D est le point dit de référence d'usinage.

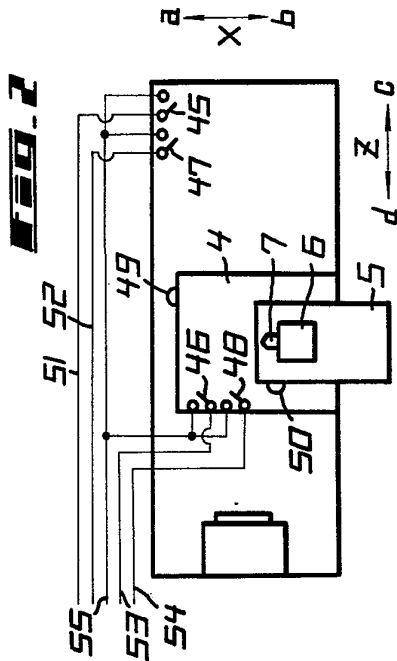
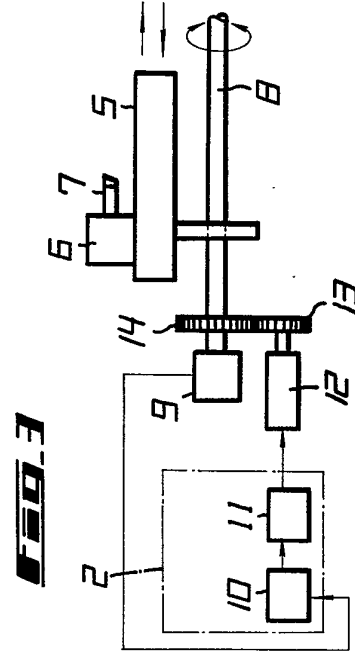
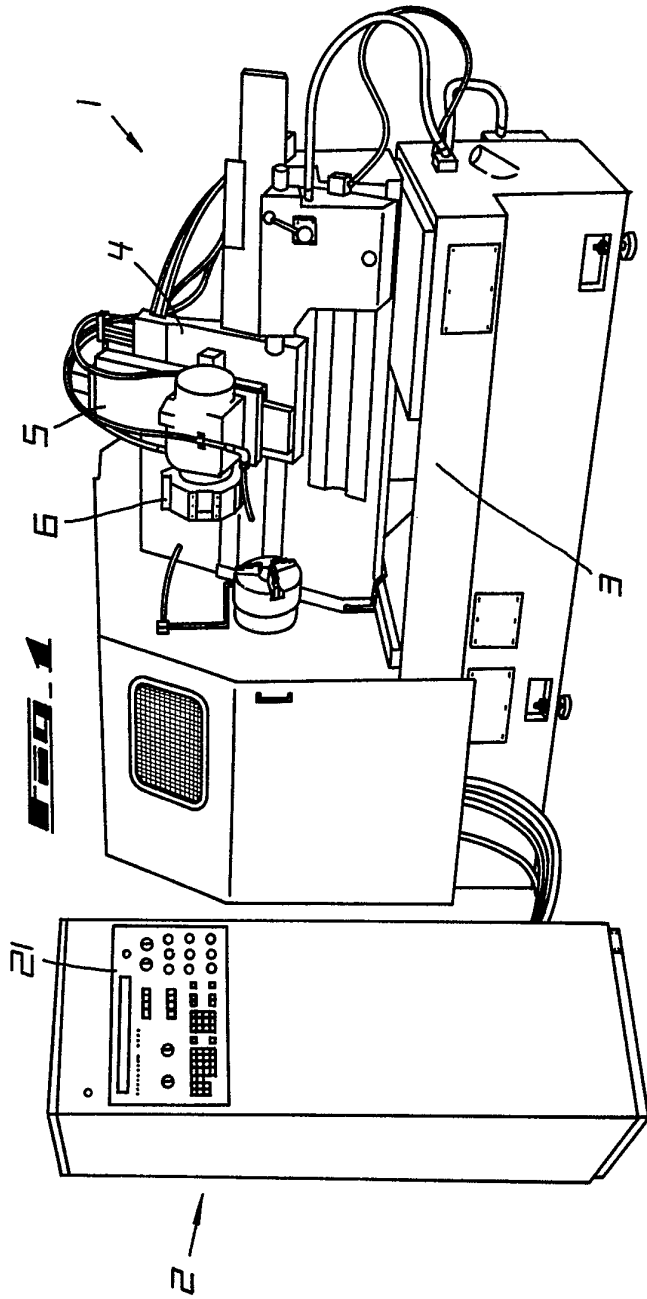
Comme décrit ci-dessus, lorsque $X_1 = 0$, le point de référence d'usinage coïncide avec l'origine absolue A.

La raison pour laquelle on utilise des commutateurs de limite associés à un détecteur de position rotatif pour détecter le point de référence d'usinage est la suivante:

Comme les signaux de marquage γ sont émis à intervalles égaux par le détecteur de position rotatif 9 suivant la rotation de ce dernier, et en synchronisme avec la rotation de la vis d'alimentation 8, il n'existe pas d'écart de position à partir de l'origine absolue A et, par suite, la précision de détection de la position du porte-outil est très grande, mais il est nécessaire d'indiquer l'un de la série des signaux de marquage ($\gamma_1, \gamma_2, \dots$) de manière à représenter le point de référence d'usinage. Ce sont les commutateurs de limite qui jouent ce rôle.

Les commutateurs de limite, qui sont des commutateurs de MARCHE-ARRÊT actionnés mécaniquement, produisent certaines erreurs de précision de détection, de sorte que la position du signal p de la fig. 8 est plus ou moins décalée dans le sens longitudinal. Ce décalage est d'environ 1 mm tandis que l'espacement entre signaux de marquage ($\gamma_1, \gamma_2, \dots$) correspond au pas de la vis d'alimentation 8 (car un signal de marquage est émis à chaque tour), et se situe normalement autour de 5 mm au moins. Par suite, la détection par utilisation des seuls commutateurs de limite n'est pas précise.

Si cependant cette détection est conçue de façon que les commutateurs de limite émettent un signal p situé à mi-chemin entre signaux de marquage adjacents γ_1 et γ_2 , comme indiqué sur la fig. 8, il en résulte alors qu'une position approximative du porte-outil peut être détectée par ce signal p, et que, sur la base de ce signal p, le signal de marquage γ_2 , émis pour la première fois après émission du signal p, peut être utilisé comme signal de détection du point de référence d'usinage. Comme la position du signal de marquage γ_2 est fixée sans tenir compte de l'état de MARCHE-ARRÊT de la surface de puissance, cette détection peut se faire avec précision.



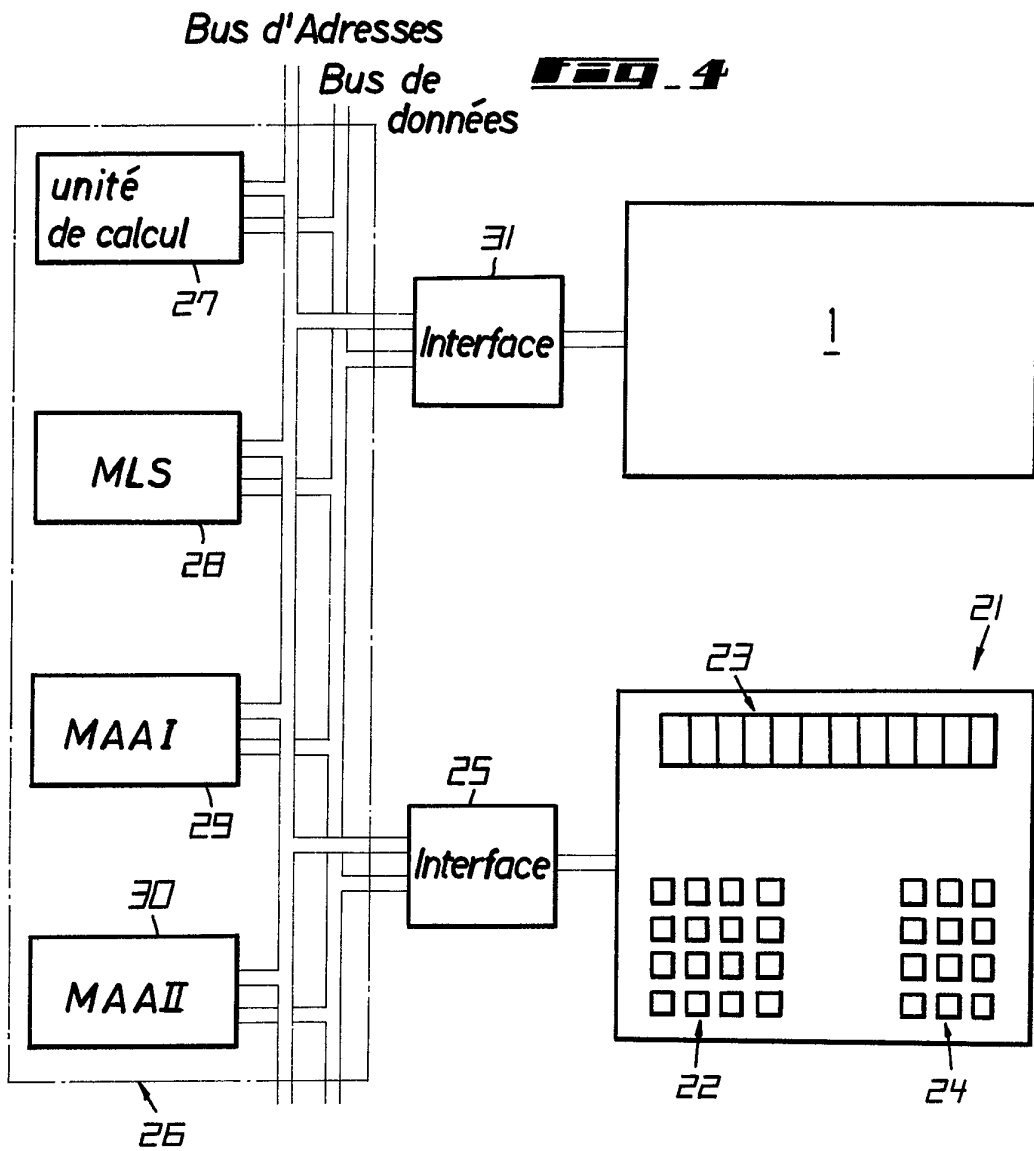


FIG. 6

