

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 82 12464**

---

⑤④ Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). B 23 K 26/04; B 23 Q 39/02; G 05 B 19/18.

②② Date de dépôt..... 16 juillet 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : JP, 17 juillet 1981, n° 56-112627, 12 octobre 1981, n° 56-162300 et  
22 janvier 1982, n° 57-9238.

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 3 du 21-1-1983.

---

⑦① Déposant : Société dite : FUJI TOOL & DIE CO., LTD. — JP.

⑦② Invention de : Toshio Takahashi.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,  
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

---

" Installation de coupe par laser à trois dimensions  
suivant un procédé de reproduction ".

L'invention se rapporte à une installation pour  
5 couper des pièces à trois dimensions au moyen d'un fais-  
ceau laser suivant un procédé de reproduction. Elle con-  
cerne plus particulièrement une installation comportant  
une machine à laser à commande numérique (désignée dans  
la suite par "CN") pour couper des pièces en se basant  
10 sur un programme CN de profil à trois dimensions.

Les pièces à trois dimensions sont usinées en se  
basant sur un programme CN de profil à trois dimensions  
préparé à l'avance. Il est cependant très difficile de  
préparer des programmes CN de profil à trois dimensions  
15 directement à partir des dessins de projet et documents  
similaires. Même si les programmes sont établis avec pré-  
cision, les pièces ne sont pas nécessairement usinées  
avec précision en accord avec les dessins de projet à  
cause de divers facteurs. Un procédé essayé dans le pas-  
20 sé consiste à disposer un repère (par exemple une ligne  
de coupe) sur une pièce, un modèle ou un élément simi-  
laire pour indiquer l'emplacement à usiner, à préparer  
un programme CN de profil à trois dimensions en palpant  
le repère au moyen d'un robot industriel, et à usiner  
25 ensuite des pièces sur la base de ce programme. Cepen-  
pendant, étant donné qu'à l'heure actuelle la précision

de palpation est faible, les programmes ainsi établis conduisent à des écarts importants. En conséquence, la mise en application du palpation par un robot industriel est limitée au soudage par points, au découpage au chalumeau à plasma et opérations similaires qui n'exigent pas de précision.

L'invention a pour but de créer une installation munie d'une machine multiple remplissant plusieurs fonctions et évitant les inconvénients mentionnés précédemment.

L'invention concerne à cet effet une installation du type ci-dessus caractérisée en ce qu'elle comporte une machine commandée suivant trois dimensions avec une tête principale déplaçable dans les directions de l'axe des X, de l'axe des Y et de l'axe des Z, cette tête principale étant munie de trois têtes secondaires comprenant une tête à laser, une tête à broche à grande vitesse et une tête de balayage, une unité laser disposée à côté de la machine, des organes d'envoi de faisceau laser pour conduite un faisceau laser de l'unité laser à une buse d'émission de faisceau laser appartenant à la tête à laser, une calculatrice ayant une fonction de commande numérique calculée (CNC) pour commander la tête de balayage sur la base d'une bande CN à deux dimensions contenant des données relatives aux directions de l'axe des X et de l'axe des Y et une fonction de calcul de traitement et de commande (CTC) pour obtenir des données relatives à la direction de l'axe des Z en palpant une ligne sur une pièce à trois dimensions, pour préparer une bande CN à trois dimensions sur la base de la bande CN à deux dimensions et des données obtenues par palpation et pour commander la tête à laser par un procédé de reproduction sur la base de la bande CN à trois dimensions.

Dans l'installation conforme à l'invention, une bande CN à deux dimensions est préparée à partir

d'un profil à deux dimensions rapporté à la direction de l'axe des X et à la direction de l'axe des Y, des données rapportées à la direction de l'axe des Z étant obtenues en palpant une pièce au moyen de la bande, une bande  
5 CN de profil à trois dimensions étant préparée sur la base des données à deux dimensions et des données rapportées à l'axe des Z obtenues par palpage, les données à trois dimensions ainsi obtenues étant envoyées à une tête à laser, de sorte que cette tête à laser coupe le profil  
10 à trois dimensions de la pièce.

La présente invention constitue une installation d'usinage par laser et commande numérique calculée (CNC) à fonctions multiples qui résulte de la combinaison d'une unité à laser et d'une machine commandée suivant trois  
15 axes. L'installation utilise une machine multiple ayant plusieurs fonctions.

Suivant un mode de réalisation de l'invention, la machine comporte trois têtes secondaires pour une buse d'émission de faisceau laser, un organe de balayage et  
20 une broche à grande vitesse.

La machine effectue une coupe au laser CNC à deux dimensions et à trois dimensions sur des pièces au moyen de sa tête à laser. Dans le cas de la coupe au laser à trois dimensions, une bande CN à deux dimensions  
25 est préparée à partir de dessins sur mylar d'une pièce à trois dimensions ou d'une vue en plan d'un prototype, c'est-à-dire d'un profil à deux dimensions rapporté à l'axe des X et à l'axe des Y. Une pièce fixée sur la table de la machine est ensuite palpée en déplaçant par  
30 rapport à cette pièce une tête de balayage au moyen de la bande CN à deux dimensions pour obtenir des données rapportées à la direction de l'axe des Z. Une bande CN de profil à trois dimensions est préparée sur la base des données à deux dimensions et des données rapportées  
35 à la direction de l'axe des Z. Les données à trois di-

mensions ainsi obtenues sont envoyées à la tête à laser, de sorte que cette tête coupe le profil de la pièce à trois dimensions. De cette façon, il est possible d'obtenir une ligne de coupe sûre et très étroite (0,15 mm  
5 pour de l'acier doux ayant une épaisseur de 1 mm). Il est facile de couper la pièce suivant trois dimensions en commandant la tête à laser dans la direction de l'axe des Z.

La tête de balayage est utilisée pour palper un  
10 modèle, un gabarit ou un panneau et pour obtenir des données à partir d'un prototype. Les données sont introduites dans une bande de papier au moyen d'une unité à bande de papier. La tête à broche à grande vitesse est munie de la broche à grande vitesse (vitesse maximale  
15 1800 tours/mn) et est commandée au moyen d'une bande CN à trois dimensions préparée par une installation CAD/CAM. La calculatrice est équipée des systèmes CNC et CTC qui se combinent avec les trois têtes secondaires mentionnées précédemment pour assurer des fonctions multiples.

20 Dans la machine à trois axes de commande utilisée dans la présente invention, par exemple dans une fraiseuse-raboteuse classique, une table se déplace dans la direction de l'axe des X, un rail transversal dans la direction de l'axe des Y et chaque colonne est  
25 disposée dans la direction de l'axe des Z. Une tête principale fixée sur le rail transversal est agencée pour être commandée dans l'une quelconque des directions de l'axe des X, de l'axe des Y et de l'axe des Z. La tête principale est munie sur sa surface frontale des têtes  
30 secondaires pour la buse d'émission du faisceau laser, pour la broche à grande vitesse et pour le palpé. Ces têtes secondaires sont déplaçables séparément et parallèlement à l'axe des Z. La buse d'émission du faisceau laser peut être remplacée par un chalumeau de coupe à  
35 plasma ou par un chalumeau de coupe à gaz. La broche à

grande vitesse peut être munie d'un outil de coupe, de rainurage, de perçage, de biseautage etc.

La coupe au laser est décrite ci-après.

Le faisceau laser est constitué par de la lumière  
5 correspondant à des ondes électromagnétiques ayant une  
fréquence supérieure à celle d'un faisceau maser obtenu  
dans le domaine des micro-ondes. Le faisceau laser est  
un faisceau de lumière monochromatique ayant une largeur  
de spectre étroite et une excellente aptitude à suivre  
10 une direction. Au moyen d'une lentille transparente, le  
faisceau laser peut être concentré sur un point de dimen-  
sions aussi réduites que sa longueur d'onde, le foyer  
ayant une densité d'énergie élevée. Par conséquent, on a  
utilisé le faisceau laser pour couper ou souder les tis-  
15 sus, le bois, les métaux etc.

Les lasers utilisés ces dernières années sont de  
grandes dimensions et donnent un faisceau dont l'énergie  
est suffisamment grande pour couper une plaque métalli-  
que de plusieurs millimètres d'épaisseur. Etant donné que  
20 le corps principal d'un laser aussi grand doit être à  
position fixe et que l'extrémité de sa buse d'émission  
de faisceau laser doit être maintenue à une certaine dis-  
tance (par exemple 1 mm environ) de la surface de la  
pièce, dans toutes les machines classiques la buse d'émis-  
25 sion de faisceau laser est à position fixe et la table  
maintenant la pièce est déplacée dans les directions de  
l'axe des X et de l'axe des Y. Il en résulte que la pièce  
est obligatoirement une pièce à deux dimensions telle  
qu'une plaque et qu'il est difficile d'usiner avec un bon  
30 rendement des pièces de grandes dimensions et lourdes.

Conformément à la présente invention, la buse  
d'émission de faisceau laser est agencée pour se dépla-  
cer dans l'une quelconque des directions de l'axe des X,  
de l'axe des Y et de l'axe des Z, le faisceau laser en-  
35 gendré par le laser étant conduit à la buse d'émission

par au moins deux miroirs agencés pour se déplacer conjointement avec cette buse d'émission. Ainsi, la buse d'émission peut être déplacée suivant trois dimensions en accord avec la pièce sans que le corps principal du laser soit déplacé.

Quand la buse d'émission est approchée d'une pièce telle qu'une plaque métallique ou une plaque en matière plastique et qu'un faisceau laser est envoyé de la buse sur la pièce, une partie de cette pièce exposée au faisceau laser est chauffée. Si un gaz auxiliaire est en même temps soufflé sur cette partie de la pièce, la pièce est coupée avec une ligne de coupe fine. Cependant, si la pièce présente une surface fortement inclinée par rapport à la direction de l'axe des X, la chaleur produite par le faisceau laser envoyé descend le long de la surface inclinée et il peut être impossible de couper la partie de la pièce exposée au faisceau laser.

Suivant un mode de réalisation de la présente invention, un gaz auxiliaire est soufflé vers un point de la pièce sur lequel le faisceau laser est envoyé, dans une direction différente de celle suivant laquelle le faisceau laser est envoyé, de sorte qu'on peut ainsi couper également avec précision par le faisceau laser la pièce présentant une surface fortement inclinée par rapport à la direction de l'axe des X.

L'invention sera mieux comprise en regard de la description ci-après et des dessins annexés représentant des exemples de réalisation de l'invention, dessins dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma par blocs représentant une installation de coupe conforme à la présente invention ;

- la figure 2 est une vue en élévation d'une machine à laser commandée suivant trois axes et utilisée dans la présente invention ;

- la figure 3 est une vue latérale de la machine représentée sur la figure 2 ;
- la figure 4 est une vue en élévation agrandie représentant la tête principale de la machine à laser ;
- 5 - la figure 5 est une vue en élévation représentant une réalisation modifiée de la machine à laser ;
- la figure 6 est une vue latérale de la machine représentée sur la figure 5 ;
- la figure 7 est une vue en coupe agrandie
- 10 d'une buse d'émission de faisceau laser utilisée dans la présente invention ;
- la figure 8 est une vue en coupe agrandie d'une buse d'émission de faisceau laser modifiée utilisée dans la présente invention ;
- 15 - la figure 9 est un schéma par blocs d'une opération de coupe d'ébauche au moment de la formation d'une matrice ;
- la figure 10 est un schéma par bloc d'une opération de découpage ;
- 20 - la figure 11 et la figure 12 sont des vues partielles agrandies représentant chacune un panneau embouti devant être découpé.

Le schéma par blocs de la figure 1 représente, à l'intérieur d'une ligne en trait mixte, une installation 10 de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction. L'installation 10 comporte une calculatrice 11 ayant des fonctions CNC (commande numérique calculée) et CTC (commande traitement et calcul) et une machine 12 commandée suivant trois dimensions, notamment une fraiseuse-raboteuse. La calculatrice 11 prépare une bande CN 24 à trois dimensions en combinant une bande CN 13 à deux dimensions avec les données CN suivant l'axe des z obtenues par un organe de palpéage. La bande CN 13 à deux dimensions est introduite dans un

35 lecteur de bande de papier 14. La calculatrice 11 analyse

le signal d'entrée qui en provient au moyen d'un analyseur 11a, on effectue la séparation au moyen d'un convertisseur d'impulsions 11b et fournit des signaux de commande à deux dimensions (axe des X et axe des Y). Ces signaux actionnent des servo-moteurs DC (à commande directe) 15 et 16 affectés à l'axe des X et à l'axe des Y, ces servo-moteurs commandant une tête de balayage 23 de la machine 12. Les données relatives à la direction de l'axe des Z et obtenues par la tête de balayage 23 sont envoyées à la calculatrice 11 au moyen d'un contrôleur de balayage 18 et d'un servo-moteur DC (à commande directe) 17 affecté à l'axe des Z. La calculatrice 11 traite les signaux d'entrée provenant du servo-moteur 17 au moyen d'un circuit 11c, analyse les signaux de sortie du circuit 11c et les signaux de sortie du convertisseur d'impulsions 11b au moyen de l'analyseur 11d et effectue un calcul en se référant à un signal d'entrée provenant d'un dispositif de réglage de tolérance 19. On prépare ensuite la bande CN 24 à trois dimensions au moyen d'une perforatrice 20 pour bande de papier. La bande CN 24 à trois dimensions est introduite dans un autre lecteur de bande de papier 25 et les données correspondantes sont introduites dans la calculatrice 11, analysées au moyen de l'analyseur 11e et séparées au moyen du convertisseur d'impulsions 11f.

La calculatrice 11 fournit alors des signaux de commande à trois dimensions (axe des X, avec des Y, axe des Z), ces signaux commandant une tête à laser 21 de la machine 12, de manière à couper une pièce à trois dimensions 110 disposée sur la table de la machine. Il va sans dire qu'après le palpé par la tête de balayage 23 de la ligne de coupe de la pièce à trois dimensions, la tête à laser 21 est déplacée parallèlement à un rail transversal dans la position où se trouvait la tête de balayage 23. Lorsqu'on effectue une opération d'usinage

par freinage en bout au lieu d'une opération de coupe au laser, les signaux de sortie des servo-moteurs DC 15, 16 et 17 affectés respectivement à l'axe des X, à l'axe des Y et à l'axe des Z sont envoyés à une tête 22 à broche  
5 à grande vitesse.

Pour une meilleure compréhension, la figure 1 représente les servo-moteurs DC affectés à l'axe des X, à l'axe des Y et à l'axe des Z dans chacune des opérations de préparation de la bande CN à deux dimensions et de la  
10 bande CN à trois dimensions. Cependant, on n'utilise en réalité qu'un seul servo-moteur DC pour chacun des axes des X, des Y et des Z.

Pour l'usinage d'une pièce à trois dimensions, on prépare des programmes de base pour la définition, la coupe et le contrôle sur la base de dessins sur mylar ou  
15 d'un prototype, ces programmes de base étant dactylographiés. Les signaux de sortie d'un logiciel CN tels que des données d'emplacement de coupe sont déterminés. On prépare une bande de papier en combinant ces signaux de  
20 sortie avec les données d'une unité de traitement. On prépare une bande CN suivant un format CN et on introduit cette bande dans une machine CN, de manière à actionner des servo-moteurs DC. Une telle façon de procéder est essentiellement applicable à la présente inven-  
25 tion.

La partie de droite de la figure 1 représente un procédé pour réaliser une matrice de presse à trois dimensions au moyen de l'installation conforme à la présente invention. Un modèle ou un dessin 26 d'un produit  
30 est mesuré au moyen d'un convertisseur numérique 27. On introduit les valeurs de mesure dans un dispositif 28 de préparation de bande pour préparer une bande CN 13 à deux dimensions. Un panneau embouti 30 est réalisé au moyen d'une presse 29 et est fixé en tant que pièce 110  
35 sur la table de la machine 12 à laser à trois dimensions.

La bande CN 13 à deux dimensions est introduite dans le lecteur 14 de bande de papier comme mentionné précédemment, les données correspondantes étant traitées par la calculatrice 11 ayant des fonctions CNC et CTC. Une ligne de coupe du panneau embouti 30 est palpée au moyen de la tête de balayage 23 pour obtenir des données relatives à la direction de l'axe des Z et on prépare une bande CN 24 à trois dimensions.

La bande CN 24 à trois dimensions est introduite dans le lecteur de bande de papier 25 et les données correspondantes sont traitées par la calculatrice 11. Par un procédé de reproduction, la tête à laser 21 est commandée par les servo-moteurs DC 15, 16 et 17 affectés à l'axe des X, à l'axe des Y et à l'axe des Z, de manière à couper le panneau embouti 30 à trois dimensions. On obtient ainsi un échantillon coupé 31. Il est aussi possible de réaliser un échantillon partiellement percé en accord avec la forme de la pièce.

L'échantillon est ensuite disposé sur une autre presse 32 pour réaliser les rebords ou bordures en 33. L'échantillon correspondant est soumis à un contrôle de panneau 35 au moyen d'un dispositif d'examen de panneau 34 et passe dans un organe 34 à liste de données relié au dispositif 28 de préparation de bande.

Lorsque l'échantillon a franchi le contrôle de panneaux 35, c'est-à-dire en cas de signal OUI, la bande CN 13 à deux dimensions est transformée par le dispositif 28 de préparation de bande en une bande CN 13a à deux dimensions pour l'usinage. Au moyen de cette bande 13a, une machine CN 37 de l'usine est commandée pour couper des matrices. Si l'échantillon ne franchit pas le contrôle de panneaux 35, c'est-à-dire en cas de signal NON, une feuille de contrôle 37 est préparée et envoyée au convertisseur numérique 27 pour la correction des données. Les données sont éditées et une nouvelle bande CN

est préparée pour réaliser une matrice capable de produire les articles désirés.

La figure 2 est une vue en élévation frontale de la machine à laser 12 à trois dimensions. La figure 3 est une vue latérale de cette machine. La machine est une fraiseuse-raboteuse à montage double. Une table 41 est montée sur un bâti 40, cette table étant déplacée suivant un mouvement alternatif en direction longitudinale (dans la direction de l'axe des X) par le servomoteur DC 15. Deux colonnes verticales 42 sont disposées de chaque côté du bâti 40, une traverse 43 étant montée au sommet des colonnes 42. Une membrure transversale 44, déplaçable en direction verticale est disposé sur les surfaces frontales des colonnes 42, une tête principale 45 étant montée solidairement sur la membrure transversale 44. La tête principale 45 est munie sur sa surface frontale de trois têtes secondaires comprenant la tête à laser 21, la tête 22 à broche à grande vitesse et la tête de balayage 23.

Chacune des colonnes 42 est munie d'un arbre vertical 46. L'extrémité supérieure de chaque arbre 46 est reliée, par l'intermédiaire d'engrenages coniques ou de vis sans fin à un arbre horizontal 47 disposé à l'intérieur de la traverse 43. La traverse 43 est munie à sa partie supérieure d'un moteur électrique 48 prévu pour déplacer la membrure transversale 44 en direction verticale (direction de l'axe des Z), ce moteur électrique 48 étant relié à l'arbre horizontal 47 par un mécanisme de transmission 49. Etant donné que les arbres verticaux 46 sont en liaison d'engrènement avec la membrure transversale 44, la tête principale 45 peut être positionnée en direction verticale en déplaçant verticalement la membrure transversale 44 par le fonctionnement du moteur électrique 48.

Une vis transversale 50 est disposée horizontalement

lement à l'intérieur de la membrure transversale 44, le servo-moteur DC affecté à l'axe des Y étant fixé sur l'une des extrémités de la vis transversale 50. La tête principale 45 peut être déplacée dans la direction de l'axe des Y en faisant fonctionner le servo-moteur DC 16. Comme représenté sur la figure 4, la tête principale 45 comporte une plate-forme 51, un grand chariot coulissant 52, le servo-moteur DC 17 affecté à l'axe des X étant disposé sur la plate-forme 51. Lorsque le servo-moteur 17 est mis en fonctionnement, le chariot 52 portant les trois têtes secondaires est déplacé verticalement au moyen d'un arbre principal 53 et d'un accouplement 54.

La première tête secondaire 21 est munie sur son chariot 55 d'une buse 56 d'émission de faisceau laser. Elle peut être déplacée au moyen d'un volant 57 dans la direction d'un axe W1 qui est parallèle à l'axe des Z. Une lentille convergente 58 pour le faisceau laser est disposée au-dessus de la buse 56 d'émission de faisceau laser. Un tuyau souple de refroidissement 59 et une conduite d'amenée 60 de gaz auxiliaire sont raccordées à la buse. Un tube de protection télescopique 80 est disposé au-dessus de la lentille convergente 58, ce tube étant déplaçable dans la direction de l'axe des Z.

La deuxième tête secondaire 22 est munie sur son chariot 61 d'un moteur électrique 62, d'une broche à grande vitesse 63 et d'un volant 64 pour déplacer le chariot 61 dans la direction d'un axe W2 parallèle à l'axe des Z. La broche à grande vitesse 63 est munie à son extrémité d'un outil de coupe tel qu'une fraise en bout ou d'une fraise à lames (non représentée). L'outil de coupe est mis en rotation à vitesse élevée par le moteur électrique 62, de manière à effectuer l'opération d'usinage voulue de la pièce.

La troisième tête secondaire 23 est munie sur

son chariot 67 d'un organe de balayage 65 qui peut être déplacé au moyen d'un volant 66 dans la direction d'un axe W3 qui est parallèle à l'axe des Z. L'organe de balayage 65 est muni à son extrémité d'un style 65a. Lorsque l'organe de balayage 65 palpe une pièce à trois dimensions, les déplacements verticaux du style 65a sont captés en tant que valeurs de variation au moyen d'un convertisseur différentiel, par exemple, et ils sont introduits dans le contrôleur de balayage 18.

10 Un bras suspendu 68 est fixé sur la partie supérieure de la machine. Ce bras est muni à son extrémité d'une boîte suspendue 69 pour actionner à la main les servo-moteurs DC 15, 16 et 17. En manipulant les boutons-poussoirs de la boîte suspendue 69, il est possible de  
15 déterminer par action manuelle la valeur du déplacement de la tête principale 45 dans l'une quelconque des déplacements de l'axe des X, de l'axe des Y et de l'axe des Z.

Comme représenté sur la figure 2 et la figure 3, le bâti 40 de la machine est monté dans une fosse 70 et  
20 un châssis 71 est disposé dans la fosse 70 à côté du bâti 40. Une unité laser 72 et un amplificateur de faisceau 73 sont montés sur le châssis 71. L'unité laser 72 émet, par exemple, un faisceau laser au CO<sub>2</sub>, cette unité ayant une puissance de 100 à 400 W. Des consoles 74 sont  
25 fixées sur les parties frontales des colonnes 42 de la machine et une passerelle 75 est montée entre les parties supérieures des consoles 74. La passerelle 75 porte des organes d'envoi de faisceau laser comprenant trois tubes de protection et trois unités optiques, ces organes  
30 étant décrits ci-après.

Un premier tube de protection télescopique 77 se déplaçant dans une direction parallèle à l'axe des Z est porté entre l'amplificateur de faisceau 73 et la console 74 située du côté gauche sur la figure 2. Un  
35 deuxième tube de protection télescopique 79, qui se

déplace dans une direction parallèle à l'axe des Y, est suspendu à la passerelle 75 au moyen de plusieurs mono-rails 78. Le troisième tube de protection télescopique 80, qui se déplace dans une direction parallèle à l'axe des Z est fixé sur la tête à laser 21 en alignement avec celle-ci.

Une première unité optique 81 qui comporte un réflecteur 98 pour réfléchir à angle droit le faisceau laser provenant de l'unité laser 72, est disposée dans l'emprise de l'intersection de l'amplificateur de faisceau 73 et du premier tube de protection 77. Une deuxième unité optique 82 est disposée à l'intersection de l'extrémité supérieure du premier tube de protection 77 et d'une extrémité du deuxième tube de protection 79. L'autre extrémité du deuxième tube de protection 79 est portée par une petite console 84 à l'extrémité supérieure de la tête principale 45. Cette extrémité est reliée au troisième tube de protection 80 par une troisième unité optique 83. Dans chaque unité optique, le réflecteur 98 est disposé suivant un angle de  $45^\circ$ , comme représenté sur la figure 4. Le faisceau laser produit par l'unité laser 72 est amplifié par l'amplificateur de faisceau 73, réfléchi par la première unité optique 81 dans le premier tube de protection 77, réfléchi par la deuxième unité optique 82 dans le deuxième tube de protection 79 et réfléchi par la troisième unité optique 83 dans le troisième tube de protection 80 prévu sur la tête principale 45. Le faisceau passe ensuite à travers la lentille convergente 68 et est émis par la buse 56.

Une pièce à trois dimensions 110 est coupée au moyen de la machine comme indiqué ci-après :

En premier lieu, la pièce 110 est disposée sur la table 41. Les données d'une bande CN à deux dimensions préparée sur la base de dessins sur mylar ou d'un prototype sont introduites dans la calculatrice 11. La

tête principale 45 est déplacée sur un point de référence de la pièce et le chariot 67 est abaissé au moyen du volant 66 de manière à amener la tête de balayage 23 dans une position appropriée. Par traitement des données de

5 la bande CN à deux dimensions par la calculatrice 11, la table 41 est déplacée dans la direction de l'axe des X au moyen du servo-moteur DC 15 affecté à l'axe des X et la tête de balayage 23 est déplacée le long de la mem-

10 brure transversale 44 dans la direction de l'axe des Y au moyen du servo-moteur DC 16 affecté à l'axe des Y, de sorte que le style 65a de la tête de balayage 23 capte les déplacements dans la direction de l'axe des Z. Les signaux de déplacement sont introduits dans le contrô-

15 leur de balayage 18 et le servo-moteur DC 17 affecté à l'axe des Z est ainsi actionné. De cette façon, le style 65a de la tête de balayage 23 suit la totalité de la ligne de coupe. Les données ainsi obtenues, se rapportant aux directions de l'axe des X, de l'axe des Y et de

20 l'axe des Z ainsi que les valeurs fixées par le dispositif de réglage de tolérance 19 sont traitées par la calculatrice 11. Une bande CN à trois dimensions est alors préparée.

Ensuite, la tête de balayage 23 est relevée dans sa position initiale. La tête à laser 21 est déplacée

25 dans la position de la tête de balayage 23, et la buse 56 d'émission de faisceau laser est amenée au moyen du volant 57 dans une position située à 1,5 mm environ de la surface de la pièce. Dans ces conditions, la machine 12 est commandée suivant trois dimensions par le procédé

30 de reproduction au moyen de la bande CN à trois dimensions et l'unité laser 72 est mis en fonctionnement. Le faisceau laser produit par l'unité laser 72 traverse l'amplificateur 73, les unités optiques 81, 82 et 83, les tubes télescopiques de protection 77, 79 et 80 ainsi que

35 la lentille convergente 58. Ce faisceau est émis par la

buse d'émission 56. Ainsi, le faisceau laser coupe la pièce suivant la ligne palpée par la tête de balayage. Après achèvement de l'opération de coupe, la buse d'émission 56 est ramenée dans sa position initiale au moyen du volant 57.

Comme représenté sur la figure 7, la lentille convergente 58 est disposée à l'intérieur du boîtier 85 de la buse 56 d'émission de faisceau laser. La conduite 60 d'amenée de gaz auxiliaire est raccordée au boîtier 85 au-dessous de la lentille convergente 58. Quand la buse d'émission 56 est approchée de la pièce 110 et quand le faisceau laser 86 ainsi que le gaz auxiliaire sont émis par cette buse, un point 87 sur lequel le faisceau laser 86 est concentré, est fondu et coupé par l'action combinée du faisceau laser 86 et du gaz auxiliaire. Alors que la pièce 110 représentée sur la figure 7 est horizontale, une pièce à trois dimensions comporte des éléments inclinés dans la direction de l'axe des Z. Si, par exemple, l'angle d'inclinaison dépasse  $45^\circ$ , la chaleur produite par le faisceau laser 86 descend le long de la surface de l'élément incliné. Il en résulte que la température au point 87 peut ne pas s'élever jusqu'au point de fusion de la matière.

Dans l'exemple représenté sur la figure 8, une pièce inclinée par rapport à la direction d'émission du faisceau laser 86 peut être coupée avec la même précision qu'une pièce perpendiculaire à cette direction. Tandis que dans le cas de la figure 7, le gaz auxiliaire est envoyé exactement dans la même direction que le faisceau laser, de manière à venir en recouvrement avec lui, dans l'exemple de la figure 8 le gaz auxiliaire est envoyé vers le point 87 de la pièce 110 suivant une direction sensiblement perpendiculaire à celle-ci et différente de la direction d'émission du faisceau laser. Dans l'exemple de la figure 8, le boîtier 85 de la buse 88

d'émission du faisceau laser contient la lentille convergente 58, une conduite d'amenée de gaz 89 étant raccordée au-dessous de cette lentille. Une buse 90 d'amenée de gaz auxiliaire, distincte du boîtier 85, est disposée pour  
5 envoyer du gaz auxiliaire vers le point 87 sur lequel le faisceau laser 86 est concentré. Quand la pièce 110 est coupée, la buse 88 d'émission du faisceau laser est dirigée sur le point 87 de la pièce 110 et la buse 90 d'amenée de gaz auxiliaire est également dirigée sur le même  
10 point 87. Une partie du gaz auxiliaire soufflé sur le point 87 peut être renvoyée à partir de la zone correspondante et pénétrer dans le boîtier 85 par son orifice. Pour éviter que le gaz auxiliaire pénètre dans le boîtier 85, la conduite 89 d'amenée de gaz envoie dans le boîtier  
15 85 une quantité de gaz appropriée pour que ce gaz sorte par l'orifice et refoule le gaz auxiliaire. Ainsi, même si la pièce est à trois dimensions et présente une surface fortement inclinée par rapport à la direction d'émission du faisceau laser, la pièce peut être coupée avec  
20 précision par le gaz auxiliaire soufflé sur elle de façon sensiblement perpendiculaire.

La figure 5 et la figure 6 représentent un exemple de réalisation modifié de la machine commandée suivant trois axes. Dans cet exemple, la machine ne comporte  
25 pas d'axes verticaux dans ses colonnes, ni de moteur électrique pour déplacer verticalement son rail transversal. Des colonnes verticales rigides 91 sont disposées de chaque côté du bâti 40 et une membrure transversale 92 est fixée sur les parties supérieures de ces colonnes.  
30 La vis transversale 50 est disposée horizontalement à l'intérieur de la membrure transversale 92, de sorte que la tête principale 45 peut être déplacée dans la direction de l'axe des Y par le fonctionnement du servo-moteur DC 16 affecté à l'axe des Y. Le servo-moteur DC 15 affecté à l'axe des X est disposé à l'arrière du bâti 40. Le  
35

servo-moteur DC 17 affecté à l'axe des Z est disposé sur la partie supérieure arrière de la tête principale 45. Cette tête principale 45 a une course plus grande que la tête de l'exemple de la figure 2 et de la figure 3. La tête principale 45 comporte trois têtes secondaires 21, 22 et 23 pour le laser, la broche à grande vitesse et l'organe de balayage. Le faisceau laser provenant de l'unité laser 72 traverse l'amplificateur 73 et les tubes de protection télescopiques 77, 79 et 80. Ce faisceau pénètre ensuite dans la buse d'émission 56 de la même manière que dans l'exemple précédemment décrit. La machine représentée sur la figure 5 et la figure 6 est de fabrication moins onéreuse et elle est plus facile à commander suivant trois dimensions au moyen des servo-moteurs DC parce que cette machine ne comporte pas d'arbres verticaux à l'intérieur de ses colonnes ni de moteur électrique pour déplacer verticalement sa membrure transversale.

Des applications de l'installation conforme à la présente invention sont décrites dans la suite :

I - Découpage de tôles métalliques pour une presse (découpage de flans) :

Comme représenté sur la figure 9, une bande CN 100 à deux dimensions est préparée sur la base des données théoriques calculées et une tôle métallique est découpée au moyen de la machine à laser 101. La tôle découpée est emboutie au moyen d'une presse 103, puis contrôlée au moyen d'un dispositif de contrôle 104. Si la ligne de coupe après emboutissage ou façonnage est considérée comme non appropriée, la bande CN à deux dimensions est corrigée et un autre panneau d'échantillon est réalisé au moyen de la machine à laser 101 et de la presse 103. Ces opérations sont répétées jusqu'à ce qu'on obtienne un panneau d'échantillon approprié. Quand ce panneau d'échantillon approprié est obtenu, on

prépare une bande CN pour réaliser une matrice de flan sur la base des données utilisées pour réaliser le panneau d'échantillon approprié. On réalise ensuite une matrice de flan au moyen de la machine CN.

5 **II - Confirmation et correction d'une ligne de coupe :**

Suivant la figure 10, une tôle métallique est emboutie au moyen d'une presse 106, coupée au moyen d'une machine à laser 107, munie de rebords ou de bords rabattus au moyen d'une autre presse 108 et contrôlée au  
10 moyen d'un dispositif de contrôle 109. Pour le rabattement des bords, une partie courbe emboutie 93 est dressée et repliée, de manière à former un rebord 94 représenté en trait interrompu sur la figure 11. La distance  
15 entre un point de cintrage 95 et une ligne de coupe 96 doit être telle que le rebord 94 formé par rabattement ait après la coupe une longueur voulue L comptée à partir du point de cintrage 95. Il n'est pas impossible de déterminer une telle ligne de coupe au moyen d'un programme obtenu par analyse théorique, mais il est difficile  
20 d'opérer ainsi en pratique.

Dans le cas d'un pliage en Z, comme représenté par les traits interrompus 97 sur la figure 12, obtenu en rabattant la partie située sensiblement au milieu de la courbe emboutie 93, la ligne de coupe 96 doit être  
25 telle qu'un rebord formé par rabattement ait la longueur voulue K. Il est cependant très difficile de déterminer la ligne de coupe 96.

Les dispositions prises de façon classique pour obtenir une ligne de coupe correcte consistent à modifier de façon répétée une matrice de coupe et à préparer  
30 des panneaux d'échantillon à la main. Cependant, ces dispositions prennent beaucoup de temps et sont très onéreuses. Ce problème peut être résolu par l'installation suivant la présente invention.

35 Conformément à la présente invention, une bande

CN 13 à deux dimensions est préparée sur la base de données calculées théoriquement, une ligne de coupe d'un panneau d'échantillon étant palpée au moyen de la tête de balayage 23, une bande CN 24 à trois dimensions étant  
5 préparée par le procédé de reproduction, le panneau d'échantillon étant coupé au moyen de la machine à laser, le panneau d'échantillon étant soumis à une opération suivante elle que formation de rebords ou rabattement, le panneau d'échantillon étant ensuite contrôlé.  
10 Lorsque le panneau d'échantillon ne franchit pas le contrôle avec succès, la bande CN à deux dimensions est corrigée et les opérations mentionnées précédemment sont répétées. Lorsque le panneau d'échantillon a franchi le contrôle avec succès, une bande CN pour la réalisation  
15 d'une matrice est préparée sur la base des données de la bande CN à trois dimensions utilisée pour le dernier panneau d'échantillon. Une matrice de coupe est alors réalisée au moyen de la bande C.

Il y a lieu de noter qu'il est possible de pondérer les valeurs palpées en plus ou en moins au moyen  
20 de la calculatrice et d'effectuer la coupe au laser sur la base de la bande CN pondérée.

### III - Réalisation de gabarits pour profilés métalliques et de coquilles de contrôle d'appareils :

25 Il est possible d'effectuer la coupe au laser de gabarits pour profilés métalliques et de coquilles de contrôle d'appareils pour des pièces à trois dimensions au moyen de bandes CN à deux dimensions.

Si aucune bande CN n'est préparée à l'avance,

- 30 1) la surface d'un modèle est palpée de manière à déterminer la section pour laquelle le gabarit doit être réalisé (à ce moment, les données X-Z ou Y-Z sont converties en données X-Y),
- 2) les données obtenues sont introduites dans une bande  
35 CN, avec un décalage correspondant au rayon du style

utilisé pour le balayage,

3) la coupe au laser est effectuée au moyen de la bande CN.

IV - Mesures de modèles et préparation automatique de bandes :

5

La surface d'un modèle est palpée et les données obtenues sont introduites dans une bande.

V - Usinage CN de prototypes :

10 Les prototypes sont usinés en surface, nivelés ou profilés au moyen de la broche à grande vitesse et des bandes CN à trois dimensions ou à deux dimensions sont préparées à l'avance.

VI - Réalisation de matrices de flancs stratifiées :

15 VII- Coupe et perçage d'un grand nombre de panneaux emboutis pour véhicules d'essais :

VIII - Mise au profil de styrène mousse pour le moulage suivant le procédé à moule plein :

20 Le styrène mousse pour le moulage suivant le procédé à moule plein est mise au profil avec la pondération voulue en utilisant la fonction de pondération de l'installation.

L'installation suivant la présente invention peut aussi être utilisée pour diverses autres applications.

25 Ainsi, conformément à la présente invention, la machine CN à trois dimensions est munie sur sa tête principale de têtes secondaires pour l'organe de balayage, la buse d'émission de faisceau laser, la broche à grande vitesse et des organes similaires. En outre, la calculatrice de la machine comporte un circuit de reproduction  
30 au moyen duquel un programme CN de profil à trois dimensions est établi à partir d'un programme CN de profil à deux dimensions. Le programme CN de profil à trois dimensions est, en ce qui concerne les directions de l'axe des X et de l'axe des Y, identique au programme CN initial  
35 de profil à deux dimensions. De plus, il correspond

de façon précise à la forme de la pièce en ce qui concerne la direction de l'axe des Z.

En conséquence, on peut usiner de façon très précise des pièces à trois dimensions telles que des matrices d'emboutissage et des matrices de découpage. Lorsque  
5 le programme CN de profil à trois dimensions est préparé en se basant sur une pièce, il est possible d'usiner la pièce immédiatement, sans la déplacer. On a donc un rendement très élevé.

RE V E N D I C A T I O N S

1°) Installation (10) de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction caractérisée en ce qu'elle comporte une machine (12) commandée  
5 suivant trois dimensions avec une tête principale (45) déplaçable dans les directions de l'axe des X, de l'axe des Y et de l'axe des Z, cette tête principale étant munie de trois têtes secondaires comprenant une tête à laser (21), une tête (22) à broche à grande vitesse et  
10 une tête de balayage (23), une unité laser (72) disposée à côté de la machine, des organes d'envoi de faisceau laser (77, 79, 80, 81, 82, 83) pour conduire un faisceau laser de l'unité laser (72) à une buse d'émission (56, 88) de faisceau laser appartenant à la tête à laser  
15 (21), une calculatrice (11) ayant une fonction de commande numérique calculée (CNC) pour commander la tête de balayage (23) sur la base d'une bande CN (13) à deux dimensions contenant des données relatives aux directions de l'axe des X et de l'axe des Y et une fonction  
20 de calcul de traitement et de commande (CTC) pour obtenir des données relatives à la direction de l'axe des Z en palpant une ligne sur une pièce à trois dimensions, pour préparer une bande CN (24) à trois dimensions sur la base de la bande CN à deux dimensions et  
25 des données obtenues par palpement et pour commander la tête à laser par un procédé de reproduction sur la base de la bande CN à trois dimensions.

2°) Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte :  
30 une fraiseuse-raboteuse (12) commandée suivant trois dimensions, une calculatrice (11) ayant une fonction de commande numérique calculée (CNC) pour commander la tête de balayage (23) de manière à palper une ligne d'une  
35 pièce sur la base de données CN à deux dimensions, et

une fonction de calcul de traitement et de commande (CTC) pour préparer des données CN à trois dimensions sur la base des données CN à deux dimensions et des données obtenues par palpage, et pour commander la tête à laser ou la tête à broche à grande vitesse sur la base des données CN à trois dimensions.

3°) Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que la machine (12) commandée suivant trois dimensions comporte une table (41) disposée sur un bâti (40) de manière à se déplacer en direction longitudinale dans un sens et dans l'autre (suivant la direction de l'axe des X), deux colonnes verticales (42) disposées d'un côté et de l'autre de la table (41), une membrure transversale (44) disposée entre les parties supérieures des colonnes, une vis transversale (50) disposée horizontalement à l'intérieur de la membrure transversale, la tête principale (45) étant montée solidairement sur la membrure transversale de manière à être déplacée transversalement (dans la direction de l'axe des Y) par la vis transversale, cette tête principale étant munie sur sa surface frontale de trois têtes secondaires (21, 22, 23), chacune d'elles pouvant être déplacée verticalement (dans la direction de l'axe des Z).

4°) Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction selon la revendication 3, caractérisée en ce que la machine commandée suivant trois dimensions est munie à l'une des extrémités du bâti, d'un servo-moteur DC (15) (à commande directe) affecté à l'axe des X pour déplacer la table (41) en direction longitudinale, à l'une des extrémités de la membrure transversale d'un servo-moteur DC (16) affecté à l'axe des Y pour déplacer la tête principale transversalement et, à la partie supérieure de la tête

principale, d'un servo-moteur DC (17) affecté à l'axe des Z.

5°) Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction selon la revendication 3, caractérisée en ce que la machine (12) commandée suivant trois dimensions comporte en outre des consoles (74) fixées sur les parties frontales des colonnes (42), une passerelle (75) étant montée entre les parties supérieures de ces consoles, cette passerelle portant les organes d'envoi de faisceau laser.

6°) Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction selon la revendication 5, caractérisée en ce que les organes d'envoi de faisceau laser comprennent un premier tube télescopique de protection (77) disposé dans la direction de l'axe des Z d'un côté de la machine commandée suivant trois directions, un deuxième tube télescopique de protection (79) suspendu à la passerelle (75) dans la direction de l'axe des Y, un troisième tube télescopique de protection (80) s'étendant dans la direction de l'axe des Z à partir de l'extrémité du deuxième tube télescopique de protection (79) jusqu'à la buse d'émission de faisceau laser (56, 88), une première unité optique (81) disposée à l'intersection d'un amplificateur de faisceau (73) de l'unité laser et du premier tube télescopique de protection, cette première unité optique comportant un réflecteur, une seconde unité optique (82) disposée à l'intersection du premier tube télescopique de protection et du second tube télescopique de protection, et une troisième unité optique (83) disposée à l'intersection du deuxième tube télescopique de protection et du troisième tube télescopique de protection.

7°) Installation de coupe par laser à trois dimensions suivant un procédé de reproduction selon la revendication 4, caractérisée en ce que la machine (12)

commandée suivant trois dimensions est en outre munie à sa partie supérieure d'une traverse (43) avec un moteur électrique (48) pour déplacer la membrure transversale (44) verticalement.

FIG. 1

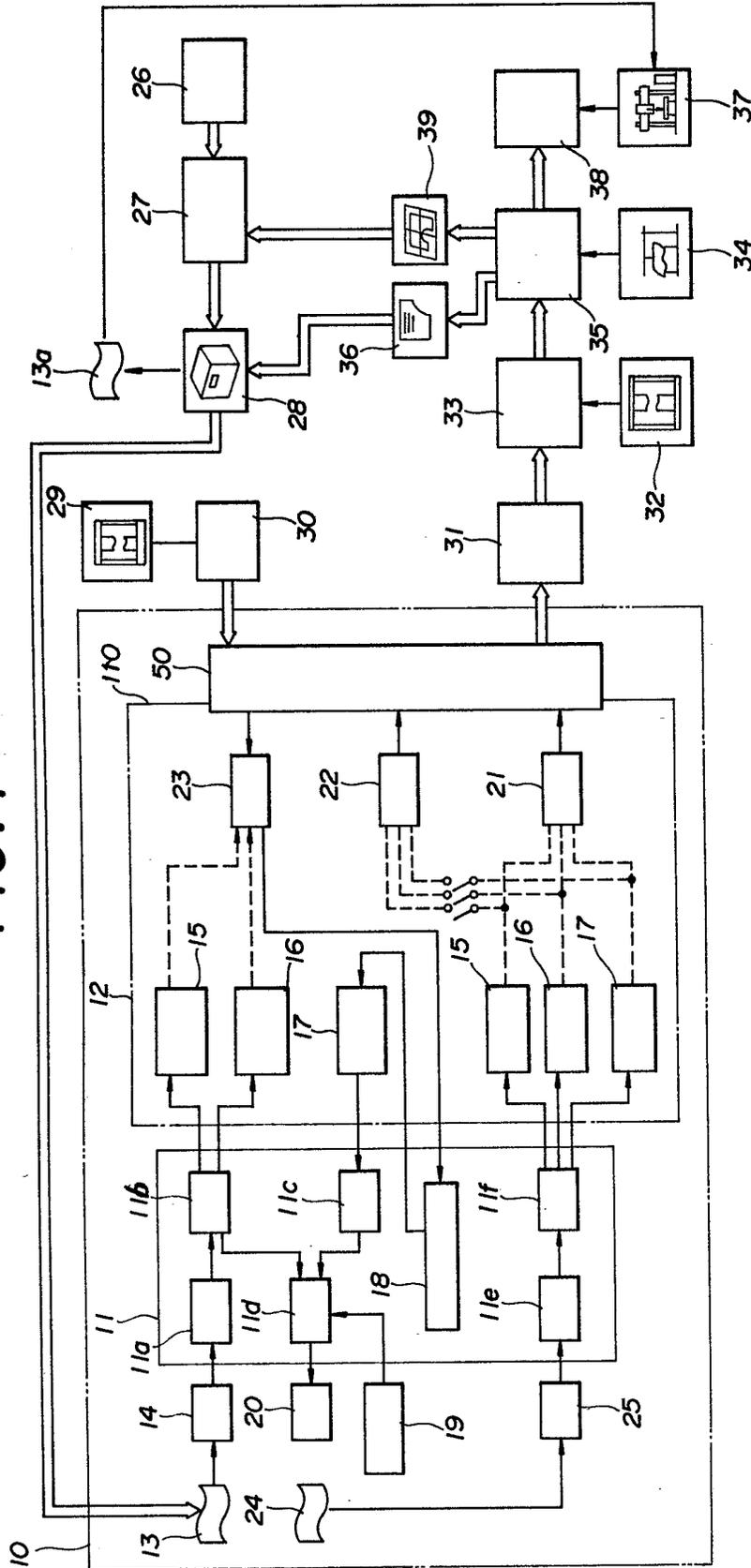


FIG. 2

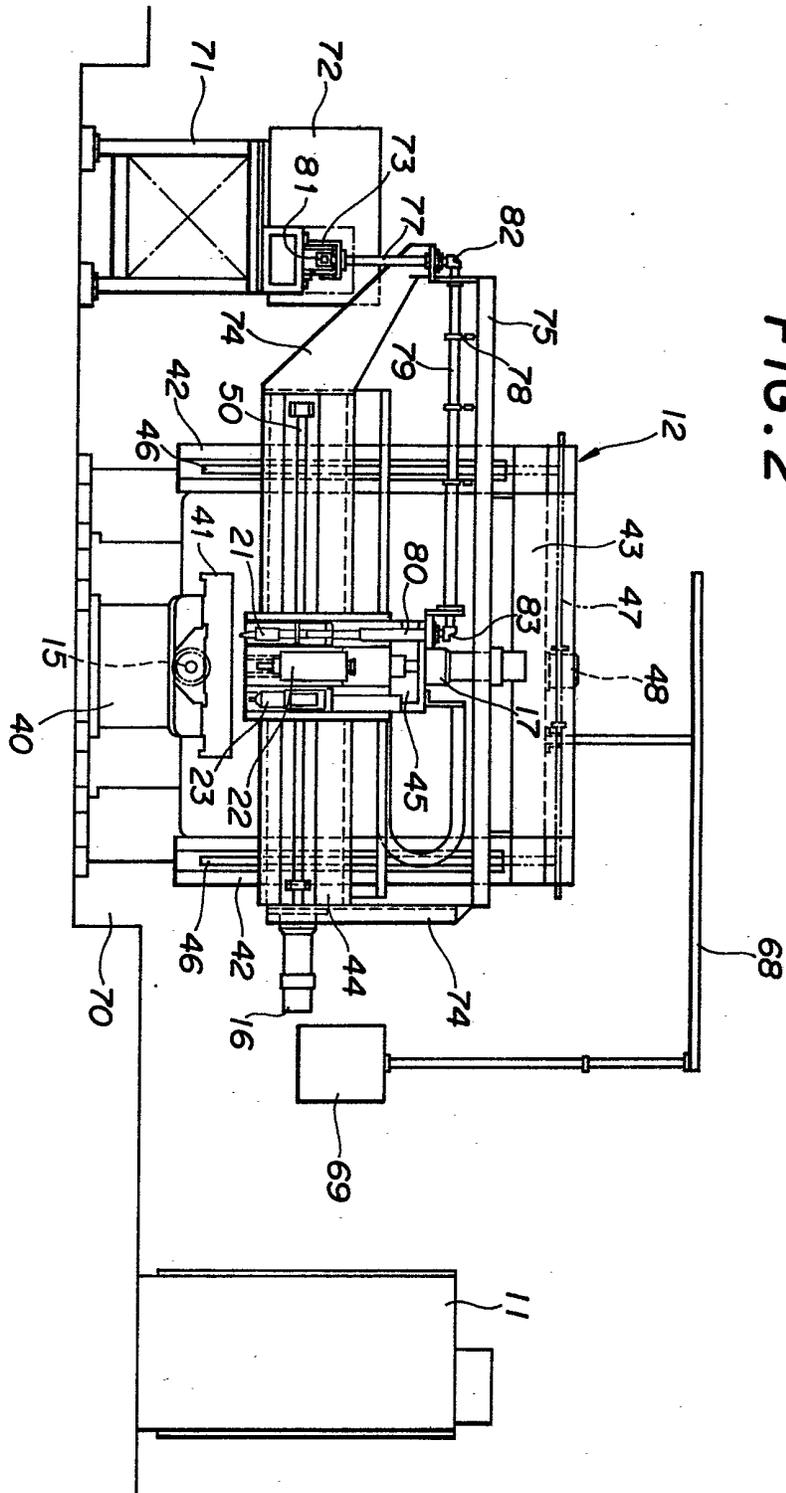
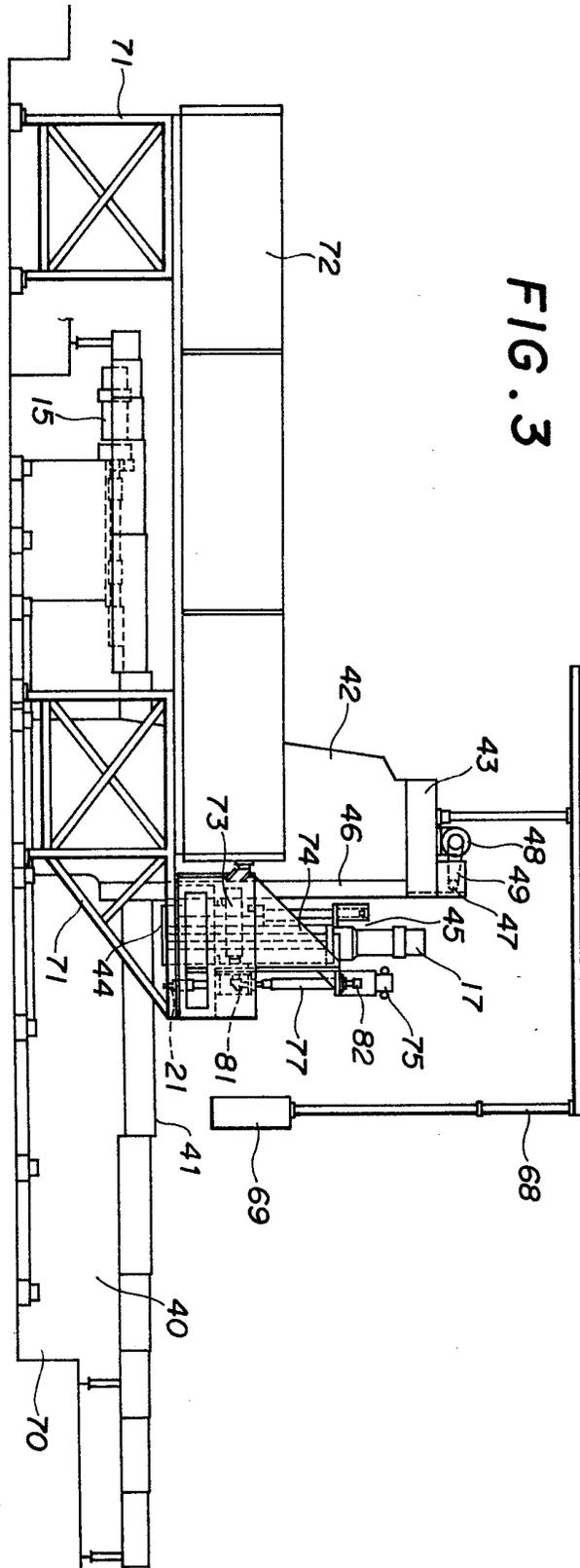


FIG. 3



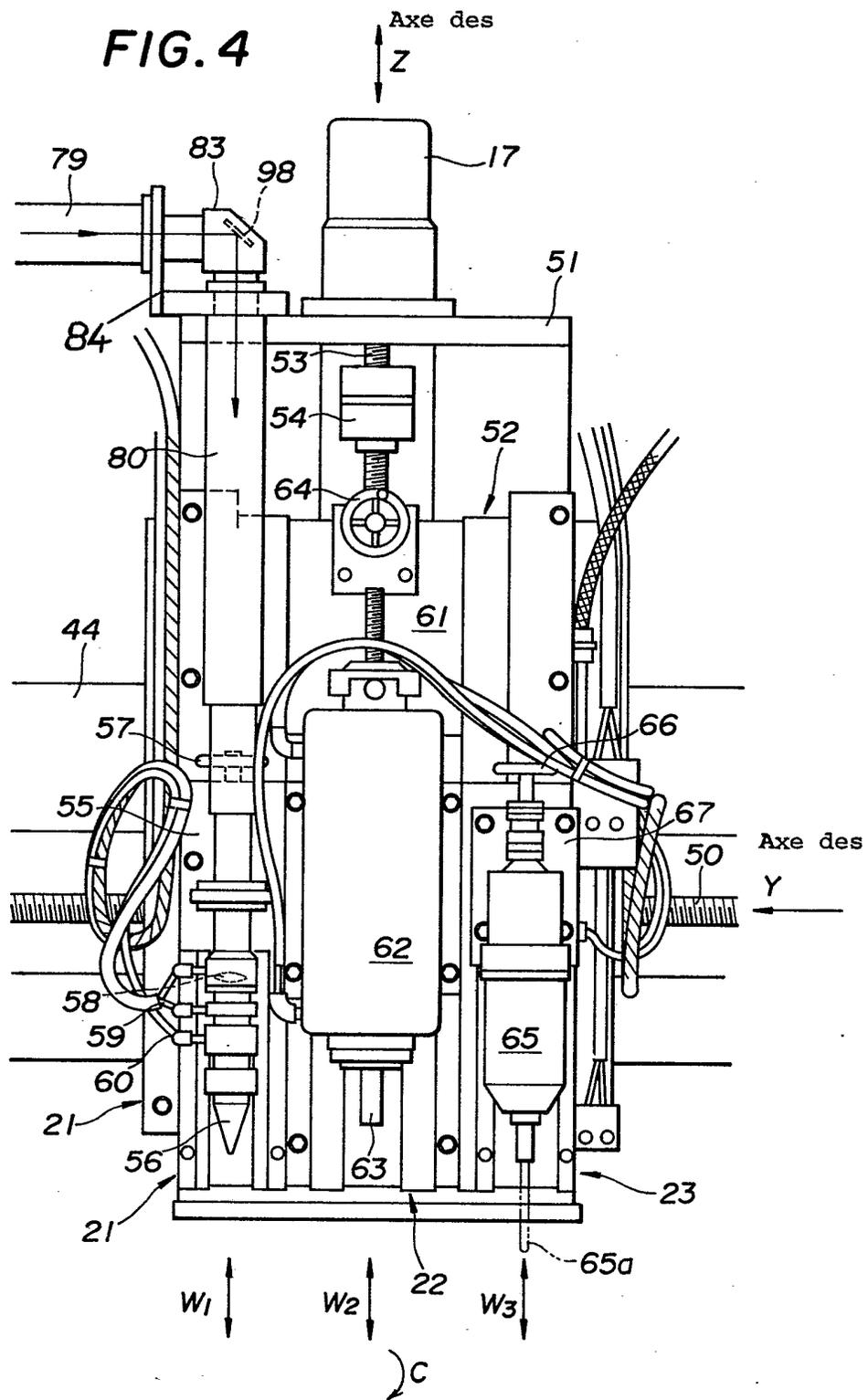
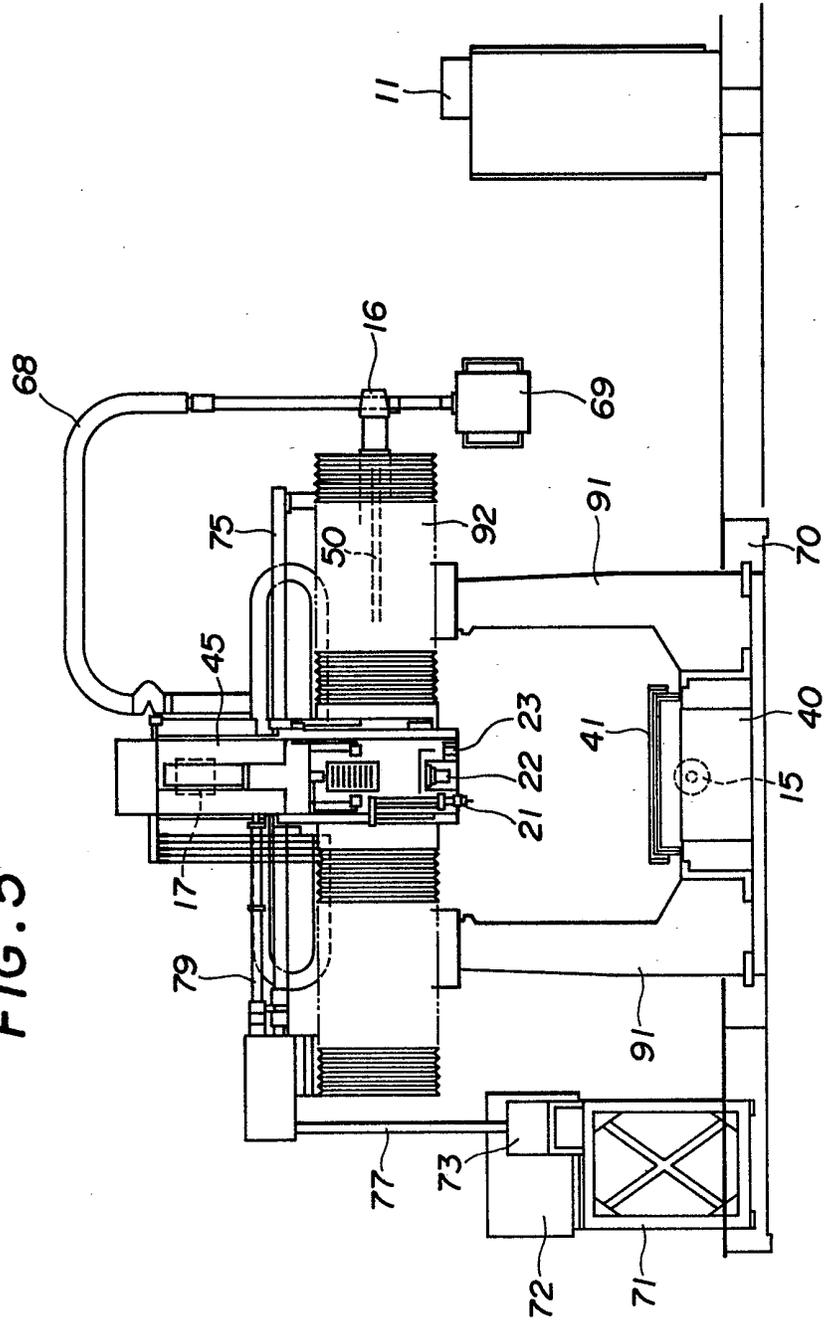


FIG. 5



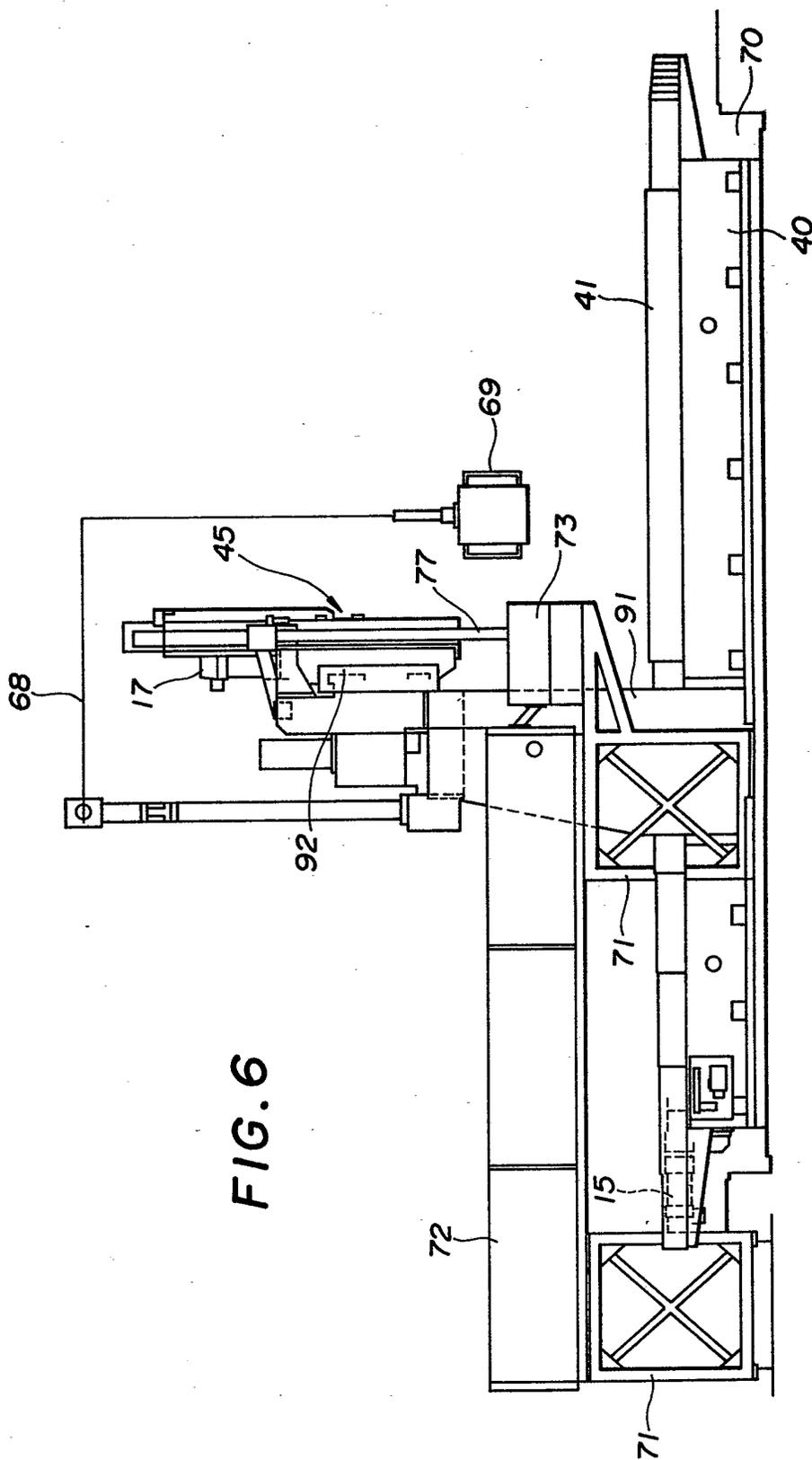


FIG. 6

FIG. 7

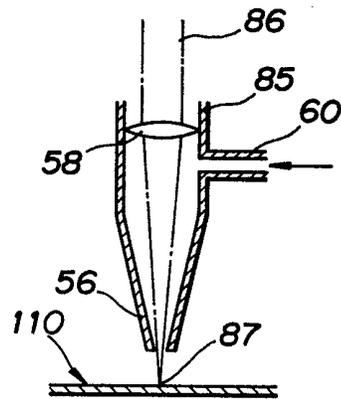


FIG. 8

