



(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 28431 B1** (51) Cl. internationale : **B29C 67/00**

(43) Date de publication :
01.02.2007

(21) N° Dépôt :
29243

(22) Date de Dépôt :
04.08.2006

(30) Données de Priorité :
06.02.2004 FR 0450221

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/FR2005/050068 04.02.2005

(71) Demandeur(s) :
MARSAC, NICOLAS, 145, Rue du Mont Cenis, F - 75018 PARIS (FR)

(72) Inventeur(s) :
MARSAC, Nicolas

(74) Mandataire :
CABINET CHARDY

(54) Titre : **PROCEDE ET MACHINE POUR REALISER DES OBJETS EN TROIS DIMENSIONS PAR DEPOT DE COUCHES SUCCESSIVES**

(57) Abrégé : Machine selon l'invention permettant de fabriquer plusieurs objets simultanément par un procédé 5 du type « prototypage rapide » par dépôt d'une succession de couches de fluide thermofusible. Elle comprend principalement une potence (20) portant deux plateaux (11) sur chacun desquels est fabriqué par dépôt un objet. Deux postes fixes de travail sont placés diamétralement opposés pour que la busette (12) de chacun de ces postes fixes puisse effectuer une opération de dépôt en même temps et que l'autre busette (12). Après chaque dépôt, une rotation de la potence, de 180°, est effectuée pour alterner les opérations de dépôt de deux matériaux différents. Application particulière au prototypage de modèles de joaillerie. Figure 2.

ABREGE DESCRIPTIF

Machine selon l'invention permettant de fabriquer plusieurs objets simultanément par un procédé du type « prototypage rapide » par dépôt d'une succession de couches de fluide thermofusible.

Elle comprend principalement une potence (20) portant deux plateaux (11) sur chacun desquels est fabriqué par dépôt un objet. Deux postes fixes de travail sont placés diamétralement opposés pour que la busette (12) de chacun de ces postes fixes puisse effectuer une opération de dépôt en même temps et que l'autre busette (12). Après chaque dépôt, une rotation de la potence, de 180°, est effectuée pour alterner les opérations de dépôt de deux matériaux différents.

Application particulière au prototypage de modèles de joaillerie.

Figure 2.

*DLA HUITIEME ET DERNIER FEUILLET
DUPLICATA CONFORME A L'ORIGINAL
RABAT, LA*

PROCEDE ET MACHINE POUR REALISER DES OBJETS
EN TROIS DIMENSIONS PAR DEPOT DE COUCHES SUCCESSIVES

DESCRIPTION

5

Domaine de l'invention

L'invention concerne le domaine de la réalisation d'objets en trois dimensions par dépôts de couches successives et plus précisément de modèles. En
10 conséquence, elle concerne également le domaine du « prototypage rapide ». Elle s'applique, entre autres, à la fabrication de modèles demandant une précision de construction importante, comme les modèles de
15 joaillerie, la lunetterie, la connectique, l'aéronautique.

Art antérieur et problème posé

20 Dans le cadre de la joaillerie, il est connu de réaliser des modèles en trois directions par des systèmes dits de « prototypage rapide ». Un de ces types de système est basé sur l'apport de matière thermofusible sur un plateau de travail, mobile selon
25 un axe vertical. Ce type de procédé consiste à déposer un grand nombre de couches successives, d'épaisseurs constantes, ou différentes, dont les aires successives correspondent à l'évolution, selon un axe vertical, de la forme du modèle à réaliser. Il est donc nécessaire
30 de définir un grand nombre de sections de l'objet à réaliser par un découpage successif de plans

parallèles, la distance entre chaque section correspondant à l'épaisseur d'une couche. Pour reconstituer l'objet ou le modèle, les sections sont empilées séquentiellement les unes sur les autres. On
5 note qu'il est également connu d'utiliser la conception assister par ordinateur ou les outils de numérisation pour mettre en œuvre un tel procédé.

Selon les procédés, les matériaux employés peuvent être des liquides thermodurcissables, comme des
10 résines liquides ou des matériaux thermofusibles, tels que les cires. On note qu'une opération de fraisage sur chaque couche déposée est réalisée, afin d'en calibrer l'épaisseur et d'en régulariser la surface supérieure. Une multitude de couches sont ainsi déposées sur la
15 couche précédente.

Dans le cadre de réalisations de modèles d'objets de formes très sophistiquées, il est connu, en joaillerie, de constituer un modèle au moyen d'un grand nombre de deux séries de couches successives
20 constituées chacune de matériaux différents. Un premier matériau est utilisé pour constituer la pièce définitive, un second pour constituer son support. Le matériau support est éliminé par dissolution dans un bain, une fois que le dépôt et la solification des
25 couches successives sont terminées.

D'autre part et en référence à la figure 1, par le brevet européen EP 0 715 573, on connaît un appareil de réalisation de modèles en trois directions par formation séquentielle d'une multitude de couches
30 les unes sur les autres par dépôt de goutte de matériau de modelage. Cet appareil comprend :

- un plateau support 1 pour le modèle à fabriquer, mobile selon un axe vertical ;
- un premier chariot principal 3A mobile selon un axe longitudinal, supportant un chariot secondaire 3B mobile selon un axe transversal au précédent ;
- deux busettes 2 déposant l'une après l'autre, les gouttelettes des deux matériaux, solidaires du chariot secondaire 3B ;
- un troisième chariot « fou » 3C, mobile selon l'axe longitudinal du chariot principal 3A, ou est disposée la fraise 3D destinée à surfacer les couches réalisées, entraîné épisodiquement après chaque couche réalisée, grâce à l'intervention du chariot principal 3A ;
- des moyens de commande gérant les emplacements des ensembles mobiles selon les axes vertical, longitudinal, transversal, et la temporisation de l'éjection des gouttes de matériaux.

La fabrication des modèles, au moyen de ce type d'appareil, déposant les deux types de matériaux l'un après l'autre, est relativement longue, à savoir plusieurs heures, voire plusieurs jours. On éprouve donc le besoin d'accélérer la fabrication de ce type de modèle.

Le but de l'invention est donc proposer un procédé et une machine pouvant fabriquer des modèles plus rapidement.

Résumé de l'invention

A cet effet, un premier objet principal de l'invention est un procédé de réalisation d'objets en trois dimensions par formation d'un grand nombre de couches parallèles successives, selon une première direction, et constituée chacune de deux matériaux de modelage thermofusibles. Le procédé utilisant les deux étapes principales suivantes :

- une première étape consistant à alimenter en temporisant en un premier matériau de modelage au moins une première busette placée sur un premier poste fixe de travail et à la déplacer à la surface d'un plateau support selon des deuxième et troisième directions perpendiculaires à la première direction et selon un parcours déterminé, pour mettre des gouttes de matériau sur la surface support ; et

- une deuxième étape consistant à effectuer la même opération avec au moins une deuxième busette placée sur un deuxième poste fixe de travail et alimentée en un deuxième matériau selon un autre parcours déterminé, ce cycle étant renouvelé un nombre suffisant de fois, avec des parcours déterminés en fonction de l'objet, afin de construire l'objet.

Selon l'invention, la surface support étant constitué de $2.N$ plateaux sur chacun desquels le processus est mis en œuvre, on déplace chacun des $2.N$ plateaux alternativement sous un nombre N de postes fixes de travail disposant chacun d'au moins une

première busette pour effectuer la première étape, puis sous un même nombre de N de postes fixes de travail disposant chacun d'au moins une deuxième busette pour effectuer la deuxième étape, afin de réaliser
5 simultanément $2.N$ dépôts de matériau sur les $2.N$ plateaux, chaque plateau restant dissocié de l'autre quant à sa mobilité selon une direction verticale.

De préférence, un fraisage de surfaçage de la couche déposée est effectué toutes les deux opérations
10 sous un poste fixe de fraisage avec au moins une fraise montée tournante autour d'un axe fixe perpendiculaire à la première direction.

Un deuxième objet principal de l'invention est donc une machine pour réaliser des objets en trois
15 dimensions par formation d'un grand nombre de couches parallèles successives selon une première direction, et constituées chacune de deux matériaux de modelage, sur une surface support et au moyen de deux busettes alimentées, chacune avec un matériau différent à des
20 postes fixes de travail, et mobile par rapport à un chariot principal selon un deuxième direction perpendiculaire à la première direction, le chariot principal étant mobile par rapport au poste de dépôt fixe selon une troisième direction perpendiculaire à la
25 première direction, cette machine mettant en œuvre les étapes du procédé ci-dessus mentionné.

Selon l'invention, on utilise $2.N$ postes fixe de travail, la surface support est constituée de $2.N$ plateaux sur chacun desquels le processus est mis en
30 œuvre simultanément, les $2.N$ plateaux étant déplacés en même temps alternativement sous un nombre N de premiers

postes fixes de travail portant chacun au moins une première busette, au moyen du chariot secondaire, mobile pour mettre en œuvre la première étape et sous un même nombre N de deuxièmes postes fixes de travail portant chacun une au moins deuxième busette au moyen d'un chariot secondaire mobile, pour mettre en œuvre la deuxième étape, afin de réaliser simultanément 2.N objets.

De préférence, on utilise également un nombre N de postes fixes de fraisage de surfacage, placés entre deux postes fixes de travail adjacents, une fois sur deux.

La réalisation principale de l'invention prévoit que la surface support est montée tournante autour d'un axe principal parallèle à la première direction, les 2.N plateaux étant espacés angulairement les uns par rapport aux autres d'un pas angulaire de π/N , les 2.N postes fixes de travail étant placés également décalés angulairement de π/N .

Une réalisation particulière de la machine selon l'invention prévoit que $N = 1$, le pas angulaire étant de 180° , le poste fixe de fraisage étant décalé de 90° par rapport aux postes fixes de travail.

Dans cette dernière réalisation, la surface support est avantageusement portée par une potence montée tournante autour de l'axe principal et portant les deux plateaux opposés.

On complète ce montage avantageusement par l'utilisation d'un codeur angulaire placé à la base de la potence.

L'entraînement en rotation de cette potence peut s'effectuer avantageusement par un moteur électrique et un système d'entraînement à roue/vis sans fin.

5 L'entraînement des chariots principaux et secondaires se fait avantageusement avec des moteurs linéaires.

Liste des figures

10

L'invention et ses différentes réalisations et avantages seront mieux décrites au moyen de la description suivante, accompagnée de plusieurs figures représentant respectivement :

- 15 - figure 1, un appareil de réalisation d'un modèle en trois directions selon l'art antérieur ;
- figure 2, en vue cavalière, une réalisation préférentielle de la machine selon
- 20 l'invention ;
- figures 3A, 3B et 3C, trois vues différentes de la réalisation de la figure 2 ;
- figure 4, une variante de cette même
- 25 réalisation ; et
- figure 5, un schéma relatif à une réalisation évolutive de la machine selon l'invention.

30

Description détaillée de deux réalisations de l'invention

5 En référence à la figure 2, une réalisation préférentielle de la machine selon l'invention prévoit que, sur un bâti 10 de la machine, deux plateaux 11 de travail soient montés. Ces derniers le sont de manière pivotante autour d'un axe principal A vertical, de
10 manière à pouvoir tourner autour de celui-ci et aller se positionner alternativement sous deux postes de travail symbolisés par les deux groupes d'outillage représentés.

 De façon plus précise, une potence 20, constituant une structure porteuse, est montée pivotante autour de l'axe principal A.

 Un encodeur 21 se trouve en dessous de la potence 20, de manière à pouvoir contrôler la rotation de celle-ci autour de l'axe principal A. Cette potence
20 20 supporte deux supports 12 portant eux-mêmes chacun un plateau 11 de travail. Les deux supports 12 sont montés mobiles en translation verticale, parallèles à l'axe principal A au moyen de deux vis mères 17 respectives et entraînées chacune par un moteur 16. Ce
25 mouvement permet une descente progressive de chacun des plateaux 11 après le dépôt d'une couche, lors du processus de fabrication de chaque objet.

 Sur chacun de ces plateaux 11, un objet doit donc être construit par dépôt de nombreuses couches
30 successives de deux matériaux thermofusibles, au moyen de deux busettes 12 placées chacune sur un poste de

dépôt fixe et diamétralement opposés l'un par rapport à l'autre.

Ces derniers sont constitués d'une paire de rails 18 parallèles sur lesquels est monté mobile, en translation horizontale, un chariot principal 14. Les mouvements de ce dernier suivent donc une deuxième direction perpendiculaire à la première direction symbolisée par l'axe principal A qui est vertical. Sur chacun des chariots principaux 14 est monté mobile en translation un chariot secondaire 13 portant une busette 12. Chaque chariot secondaire 13 est donc mobile en translation horizontale selon une troisième direction perpendiculaire à la deuxième direction schématisée par les chariots principaux 14. Les trois directions de déplacement évoquées sont matérialisées sur les figures 2, 3A, 3B et 3C par trois axes orthogonaux Ox, Oy et Oz. Les chariots respectifs 13 et 14 peuvent être entraînés par l'intermédiaire de systèmes mécaniques conventionnel du type poulie courroie, moteurs pas à pas, mais dans le cas de figure présenté, ils sont entraînés de façon directe grâce à des moteurs linéaires 19A, supprimant de fait les éventuelles erreurs de positionnement lié à l'usure des composants des systèmes de transmissions mécaniques conventionnels. Les déplacements sont contrôlés du fait de l'utilisation de moteur linéaire par des encodeurs linéaires.

Il est ainsi facile de comprendre que chaque busette 12 peut être déplacée sur une surface parallèle à son plateau 11 respectif qui se trouve en dessous d'elle, selon les deuxième et troisième directions, de

manière à pouvoir quadriller toute l'aire que
représente son plateau 11 correspondant. Une seule
busette 12 a été représentée, mais plusieurs busettes
12 peuvent être montées sur un chariot secondaire 13
5 constituant une tête d'impression.

Selon le procédé de l'invention, on peut
ainsi construire simultanément sur chacun des plateaux
11 un objet tel qu'un modèle, au moyen des deux
busettes 12 déposant chacune simultanément une couche
10 de matériau thermofusible, tel que de la cire. Une des
deux busettes 12 dépose un premier matériau, par
exemple une cire, destiné à constituer un modèle final,
tandis que l'autre busette 12 dépose un deuxième
matériau, en l'occurrence une autre cire, destinée à
15 constituer un support du premier matériau, lors de la
construction complète du modèle.

Ainsi, on dépose sur un premier plateau 11
une partie d'une couche avec de la cire modèle, tandis
que sur l'autre plateau 11 une autre partie de la
20 couche est déposée avec de la cire support. Lorsque
chaque couche est terminée, on procède alors à
l'échange des plateaux 11 par rapport aux busettes 12,
au moyen d'une rotation de la potence 20.

Il est utile de procéder à un surfaçage des
25 couches de matériau déposé par l'une des deux buses. A
cet effet, un poste de fraisage de surfaçage est prévu
sur le bâti 10. En effet, une fraise 25 est montée
tournante sur un axe fixe horizontalement par rapport
au bâti. Sa longueur est égale au côté radial de chaque
30 plateau 11, de manière à pouvoir fraiser une aire
équivalente à la totalité de l'aire de chaque plateau

11, lors de la rotation de celui-ci autour de l'axe principal A. Cette fraise est montée à une hauteur réglée pour pouvoir fraiser chaque couche devant être fraisée après son dépôt. L'entraînement en rotation de la fraise 25 se fait par un simple moteur 26. Le sens de rotation de la potence 20 doit impliquer que le plateau 11 disposant du seul dépôt d'un des matériaux, circule à l'opposé de la fraise, et ne subit donc pas de fraisage, seul le plateau disposant des dépôts des deux matériaux subit un surfaçage.

La figure 3A est une vue de face de la machine représentée à la figure 2. On y retrouve les éléments principaux de la structure de cette dernière, à savoir le bâti 10, la potence 20 et les deux supports 12 qui sont montés sur celle-ci. Trois moteurs sont également représentés, à savoir le moteur 16 entraînant la vis mère 17 pour monter et descendre les supports 12, le moteur 22 d'entraînement du système roue/vis sans fin 23 de rotation de la potence et le moteur 26 entraînant la fraise 25.

La figure 3B est une vue de côté de cet ensemble. On y retrouve un support 12, le moteur 16 entraînant la vis mère 17 qui l'entraîne pour sa montée et descente, le moteur 22 d'entraînement de la potence 20 et le moteur 26 entraînant la fraise 25. On constate, sur cette figure 3B que cette fraise 25 a une longueur suffisante pour couvrir tout le côté radial d'un support 12.

La figure 3C est une vue de dessus de cet ensemble. Elle permet de bien montrer la position de la fraise 25 et du moteur 26 qui l'entraîne, par rapport à

la position des plateaux 11 en position de travail. Sur cette figure 3C, les postes fixes de travail sont schématisés par les deux busettes 12.

La figure 4 montre une variante de réalisation de cette machine en ce sens que, au lieu d'une seule fraise 25, comme représentée sur les figures précédentes, deux fraises 25A et 25B sont prévues. En effet, celles-ci sont positionnées l'une à côté de l'autre pour effectuer une opération de fraisage de surfaçage qui est alors prévue en deux passes de profondeur. En effet, on peut imaginer que la profondeur de passe prévue pour une opération de fraisage de surfaçage soit trop importante pour être effectuée avec une seule fraise, pour un matériau déterminé. Les deux fraises 25A et 25B sont alors positionnées à deux hauteurs différentes correspondant à la profondeur de passe effectuée par la première fraise. On note que le nombre de fraises n'est pas limité à deux comme sur l'exemple représenté sur cette figure 4.

En référence à la figure 5, le nombre de plateaux 11 peut être égal à un nombre pair supérieur à 2. En d'autres termes, le nombre de plateaux utilisés avec le principe selon l'invention est égal à $2.N$. Il est donc ainsi possible de fabriquer $2.N$ objets ou modèles en même temps. En effet, sur cette figure 5, six ($2.N$ avec $N = 3$) plateaux 11 ont été représentés décalés angulairement les uns par rapport aux autres de 60° (π/N avec $N = 3$). Conjointement, trois fraises 25 ont été placées décalées angulairement les unes par rapport aux autres de 120° , placées chacune entre deux

groupes de deux plateaux 11 adjacents. On conçoit ainsi que, de manière générale, après deux opérations de dépôt de couches successives sur deux postes fixes de travail, un fraisage de surfaçage puisse avoir lieu.

5 Les deux réalisations décrites dans cette description l'ont été sur la base d'une machine comportant une potence montée tournante et supportant 2.N de plateaux, le bâti de la machine comportant un nombre 2.N de postes fixes de travail. Or, il est
10 possible d'envisager que les plateaux 11 puissent être déplacés au moyen de dispositifs de transport sur un parcours fermé et continu, quelle que soit la forme du parcours.

On conçoit ainsi facilement que, au moyen de
15 la machine et du procédé selon l'invention, il est possible de fabriquer dans un temps équivalent au temps de fabrication d'un objet avec d'une machine de l'art antérieur, telle que décrite en regard de la figure 1, un nombre 2.N d'objets, simultanément.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'objets en trois directions par formation d'un grand nombre de couches parallèles successives selon une première dimension et constituées chacune de deux matériaux de modelage thermofusibles, le procédé utilisant les deux étapes principales suivantes :

- une première étape consistant à alimenter en temporisant en un premier matériau de modelage une première busette (12) placée sur un premier poste fixe de travail et à la déplacer par rapport à la surface support selon des deuxième et troisième directions perpendiculaires à la première direction et selon un parcours déterminé, pour déposer des gouttes de matériau sur la surface support ;

- une deuxième étape consistant à effectuer la même opération avec une deuxième busette placée sur un deuxième poste fixe de travail et alimentée en un deuxième matériau et déplacée selon un parcours déterminé,

ce cycle étant renouvelé à un nombre suffisant de fois, avec des parcours déterminés, en fonction de l'objet, afin de construire l'objet,

caractérisé en ce que le nombre de postes fixes de travail est $2.N$, la surface support est constituée de $2.N$ plateaux (11) sur chacun desquels le processus est mis en œuvre, on déplace chacun des deux $2.N$ plateaux (11) alternativement sous au moins une des N premières busettes (12) pour effectuer la première étape, puis sous au moins une des N deuxièmes busettes (12) pour

effectuer la deuxième étape, afin de réaliser simultanément 2.N dépôts de matériau sur les 2.N plateaux (11).

5 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un fraisage de surfaçage de la dernière couche déposée est effectuée toutes les deux opérations sous un poste fixe de fraisage avec au moins une fraise (25, 25A, 25B) montée tournante autour d'un axe fixe perpendiculaire à la première direction.

10 3. Machine pour réaliser des modèles en trois dimensions par formation d'un grand nombre de couches parallèles successives selon une première direction et constituées chacune de deux matériaux de modelage sur une surface support au moyen d'au moins deux busettes
15 (12) alimentées chacune par un des deux matériaux sur des postes fixes de travail, et mobile par rapport à un chariot principal (14) selon une deuxième direction perpendiculaire à la première direction, le chariot principal (14) étant mobile par rapport au poste de
20 dépôt fixe selon une troisième direction perpendiculaire à la première direction, cette machine mettant en œuvre les étapes du procédé selon la revendication 1,

caractérisée en ce que la surface support est
25 constituée de 2.N plateaux (11) sur chacun desquels le processus est mis en œuvre simultanément, les 2.N plateaux (11) étant déplacés en même temps, alternativement sous un nombre N de premiers postes de dépôt fixe portant chacun une première busette (12), au
30 moyen d'un chariot secondaire (13) mobile pour mettre en œuvre la première étape et sous un même nombre N de

deuxièmes postes de dépôt fixe portant chacun une deuxième busette (12) au moyen d'un chariot secondaire mobile, pour mettre en œuvre la deuxième étape, afin de réaliser simultanément 2.N objets.

5 4. Machine selon la revendication 3, caractérisée en ce qu'elle comprend un nombre N de postes fixes de fraisage de surfaçage, placés entre deux postes fixe de dépôt adjacents, une fois sur deux.

10 5. Machine selon la revendication 3, caractérisée en ce que la surface support est montée tournante autour d'un axe principal (A) parallèle à la première direction, les 2.N plateaux (11) étant espacés angulairement les uns par rapport aux autres, d'un pas angulaire de π/N , les 2.N postes de dépôt étant placés
15 également angulairement de π/N .

20 6. Machine selon la revendication 5, caractérisée en ce que le nombre N est égal à 1, le pas angulaire est égal à 180° , le poste fixe de fraisage étant décalé de 90° par rapport aux deux postes fixes de travail.

25 7. Machine selon la revendication 6, caractérisée en ce que la surface support est portée par une potence (20) montée tournante autour de l'axe principal (A) et portant les deux plateaux (11) qui sont opposés.

 8. Machine selon la revendication 7, caractérisée en ce qu'il comprend un codeur angulaire (21) placé à la base de la potence (20).

30 9. Machine selon la revendication 8, caractérisée en ce que l'entraînement de la potence

(20) est effectué par un moteur (22) et un système d'entraînement à roue/vis sans fin (23).

10. Machine selon la revendication 3, caractérisée en ce que les chariots principaux (13) et
5 secondaires (14) sont entraînés par des moteurs linéaires.

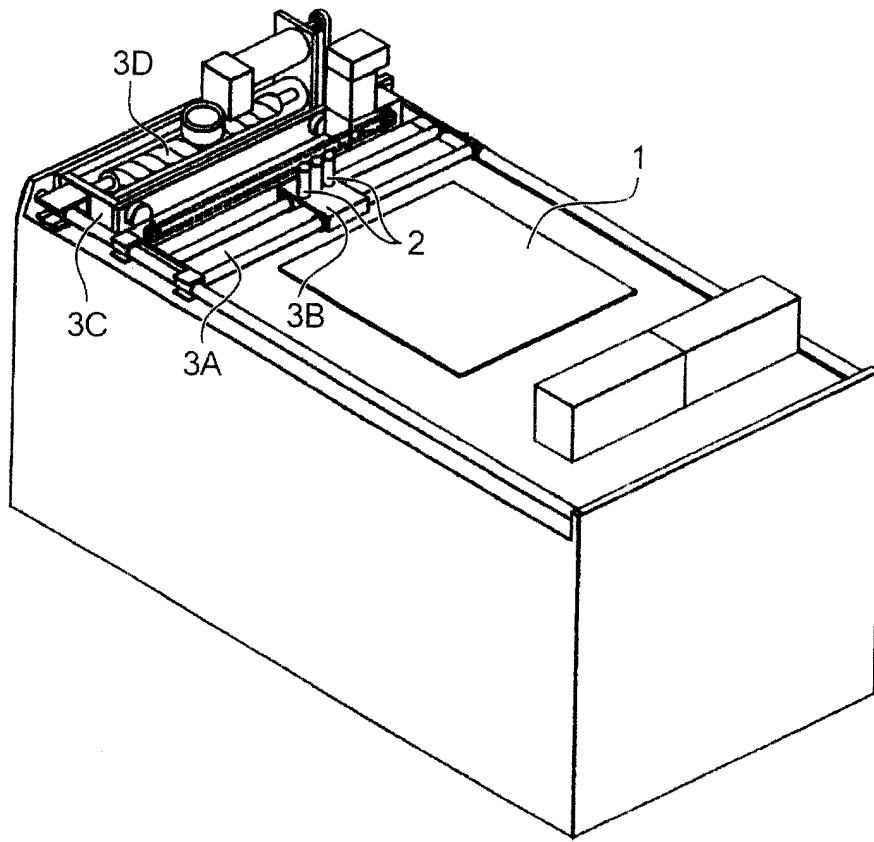


FIG. 1

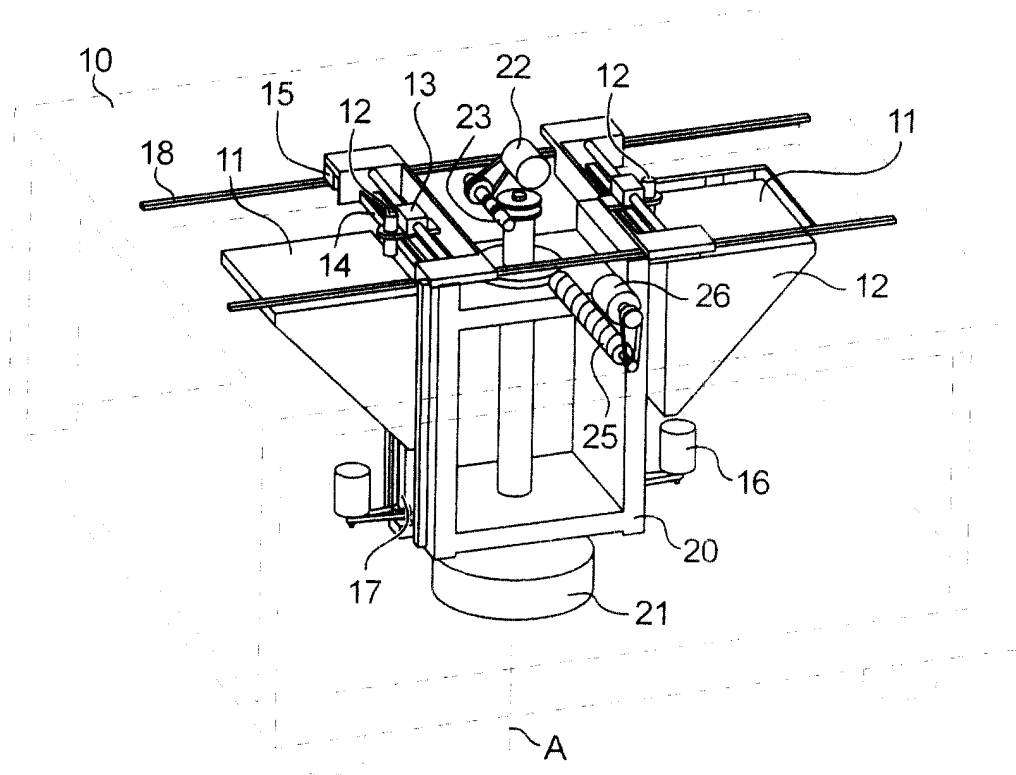


FIG. 2

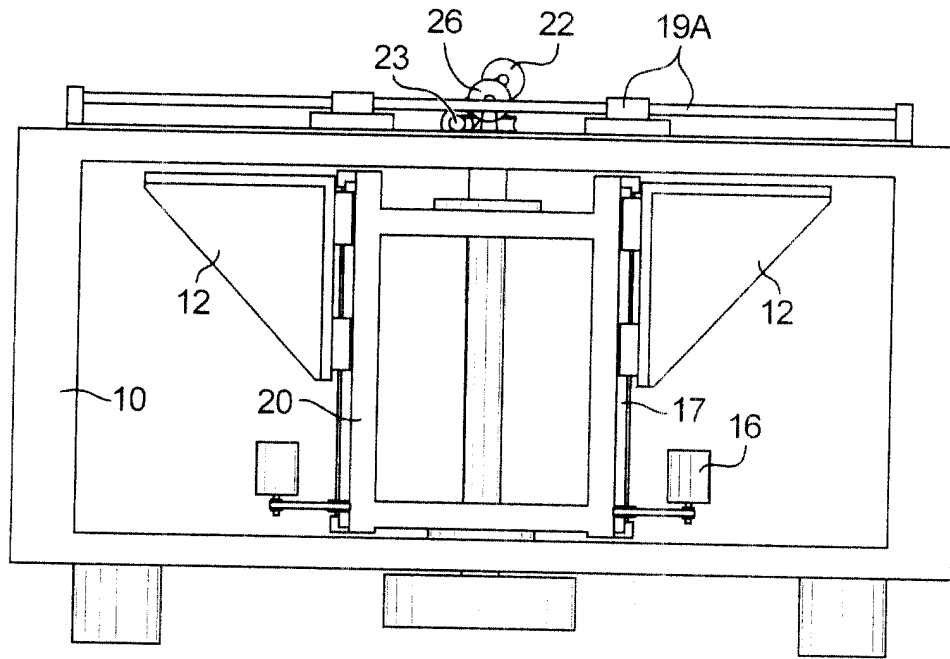


FIG. 3A

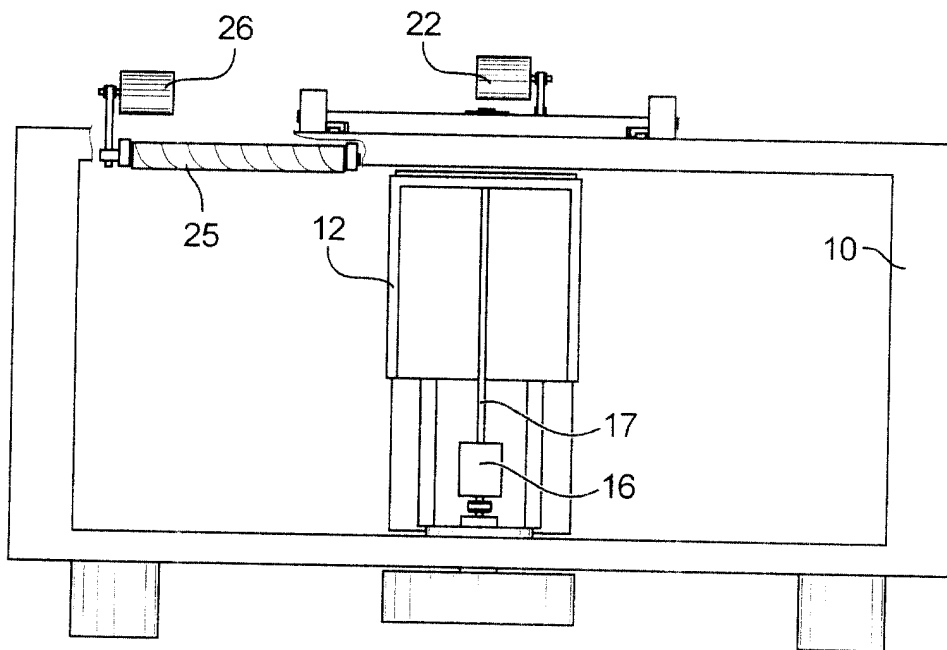


FIG. 3B

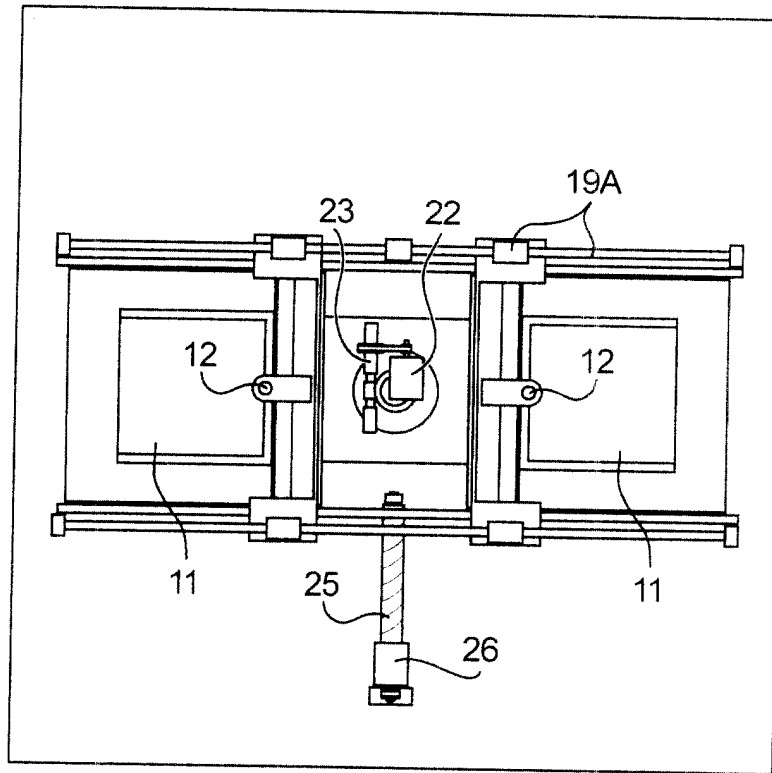


FIG. 3C

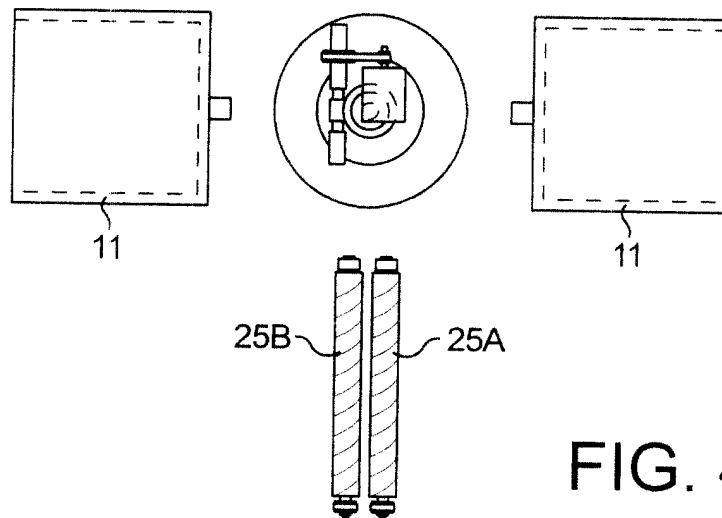


FIG. 4

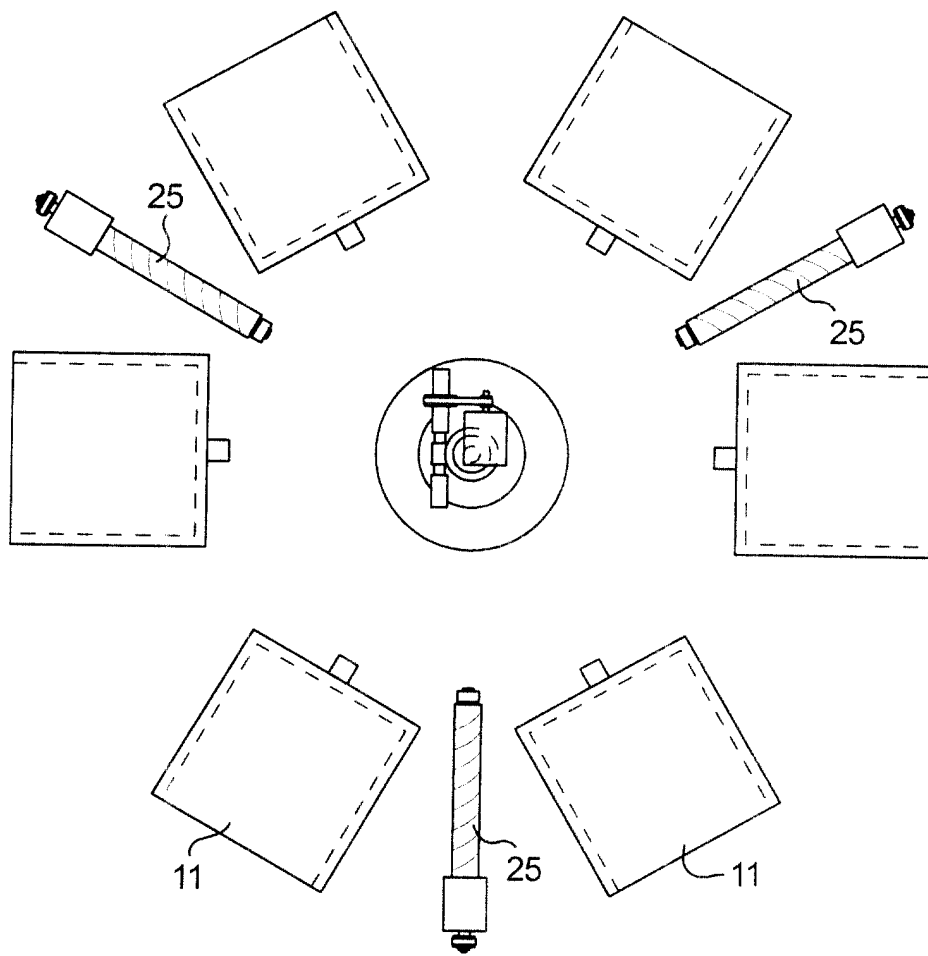


FIG. 5