



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 525 947 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
12.04.2006 Bulletin 2006/15

(51) Int Cl.:
B24B 13/02 ^(2006.01) **B24B 13/015** ^(2006.01)
B24B 37/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **03292647.9**

(22) Date de dépôt: **23.10.2003**

(54) **Procédé de polissage de finition**

Verfahren zum abschliessenden Polieren

Method for finish-polishing

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI GB GR HU
IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(43) Date de publication de la demande:
27.04.2005 Bulletin 2005/17

(73) Titulaire: **SOCIETE EUROPEENNE DE SYSTEMES
OPTIQUES S.E.S.O.**
13792 Aix-en-Provence Cedex 3 (FR)

(72) Inventeur: **Fermé, Jean-Jacques**
13800 Velaux (FR)

(74) Mandataire: **Jacquard, Philippe Jean-Luc et al**
Cabinet ORES,
36,rue de St Pétersbourg
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
DE-A- 3 801 969 **FR-A- 2 843 711**
US-A1- 2002 102 925

EP 1 525 947 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention a pour objet un procédé de polissage de finition d'une surface à l'aide d'un élément de polissage et d'un abrasif.

[0002] Il est déjà connu de réaliser un polissage de finition d'une surface à l'aide d'un élément de polissage, par exemple un feutre, et d'un abrasif, par exemple de la silice colloïdale. La technique généralement utilisée consiste à coller le feutre sur un outil métallique en intercalant éventuellement un matériau souple par exemple de type mousse. Cette technique présente l'inconvénient de déformer la surface à polir, ce qui fait que les résultats obtenus ne sont pas optimaux.

[0003] Le document US-A-2002102925 divulgue un procédé de polissage de finition d'une surface à l'aide d'un élément de polissage et d'un support déformable. Dans une première étape, le support est mis en contact avec la surface à polir pour en épouser le contour, ensuite l'élément de polissage est interposé entre la surface du support durci et la surface à polir et mis en mouvement par rapport à ces deux surfaces de manière à effectuer un polissage de finition.

[0004] La présente invention a pour objet un procédé qui permette de remédier au moins en partie au problème précité.

[0005] L'invention concerne ainsi un procédé de polissage de finition d'une surface à l'aide d'un élément de polissage et d'un abrasif, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre :

- a) avant ledit polissage, le collage de l'élément de polissage sur un support en un matériau déformable de manière permanente et ;
- b) l'application d'une pression sur le support déformable une fois que l'élément de polissage est en contact avec la surface à polir de sorte que l'élément de polissage soit mis en forme pour épouser un contour de ladite surface,
- c) réaliser le polissage de finition à l'aide de l'élément de polissage ainsi mis en forme.

[0006] Ledit matériau est avantageusement déformable par fluage et/ou durcissable. Il peut s'agir par exemple de poix qui est chauffée à une température qui permet son fluage et qui, après b et avant c, est ensuite refroidie pour obtenir un durcissement, ou bien encore d'une colle qui se présente sous forme d'un gel et qui, après b, et avant c est durcie par exemple par polymérisation ou application d'un rayonnement notamment ultra-violet. Le matériau peut être également du plâtre..

[0007] L'élément de polissage peut être un feutre ou tout matériau de polissage convenant à un polissage de finition conduisant à de faibles rugosités (de l'ordre de 1Å à quelques Å par exemple). Le matériau de polissage est avantageusement porté par un support de polissage.

[0008] Le polissage de finition peut être en particulier réalisé à l'aide d'une machine assurant un déplacement

relatif de translation entre l'élément de polissage et la surface à polir selon deux directions perpendiculaires et éventuellement de rotation autour d'un axe parallèle à une desdites directions perpendiculaires. Le polissage de finition s'applique particulièrement bien au cas de surfaces ayant une génératrice, la surface étant disposée de manière telle que la direction de la génératrice soit parallèle à celle des deux directions précitées qui est parallèle à l'axe de rotation.

[0009] Le procédé s'applique notamment à des surfaces qui avant polissage de finition, ont été préalablement soumises à un pré-polissage (ou polissage dit grossier) et à un polissage proprement dit.

[0010] Après le polissage proprement dit qui peut être réalisé notamment par toute technique connue, la surface présente une rugosité comprise par exemple entre 3Å et 15Å, alors après polissage de finition, la rugosité peut être comprise entre 1Å et 5Å, et plus particulièrement entre 1Å et 3Å pour des surfaces en verre, en silice, en silicium et en céramique (voire entre 1Å et 2Å pour des surfaces en verre ou en silice) et entre 3Å et 5Å pour une surface en nickel revêtant une surface métallique.

[0011] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description ci-après, donnée à titre d'exemple non limitatif, en liaison avec les dessins dans lesquels :

- les figures 1a et 1b illustrent en coupe la mise en oeuvre du procédé de polissage de finition selon l'invention,
- la figure 2 représente une machine assurant le polissage de finition d'une surface dans le cadre de la présente invention et les figures 3a et 3b d'une part et 4a et 4b d'autre part illustrent deux modes de mise en oeuvre de la machine.

[0012] L'invention se rapporte au polissage de finition de surfaces à basse rugosité (notamment des miroirs) dont la forme est par exemple rectangulaire. Il repose sur l'utilisation de machines de polissage ayant une cinématique à 2 axes linéaires perpendiculaires.

[0013] Les formes générées sur des surfaces peuvent être des plans, des sphères, des cylindres suivant leur grande dimension (cylindre méridional) ou leur petite dimension (cylindre sagittal), des miroirs à profil méridional elliptique ou parabolique, des miroirs paraboliques ou elliptiques représentant un morceau d'un miroir de révolution.

[0014] Une des applications de ces surfaces est la réalisation de miroirs utilisés pour mettre en forme et focaliser les faisceaux de lumière X émis par les sources de lumière de type synchrotron ou laser à électrons libres.

[0015] Les différentes étapes sont par exemple :

1. Ebauche : cette étape est conventionnelle pour le travail des matériaux de type verre ou céramique ou silicium et elle consiste à mettre en forme le support sur lequel sera réalisée la surface à basse rugosité.

Pour cela on utilise des fraiseuses ou des centres d'usinage équipés d'outils spécifiques au travail de ces matériaux. Ces outils sont constitués habituellement d'un laiton sur lequel sont déposées de fines particules de diamant fixées sur l'outil par un liant. Ces opérations se font sous arrosage d'eau ou d'autres liquides en fonction des matériaux usinés. La mise en forme de la surface est aussi réalisée par cette technique.

2. Doucissage : on utilise pour cela des outils ayant la forme de plans ou de cylindre ou d'un profil complémentaire de la surface à polir.

Les dimensions de ces outils sont proches de celle de la surface à polir. Ces outils peuvent être obtenus par un usinage traditionnel en mécanique. La matière utilisée peut être de l'aluminium, du laiton, et dans certains cas des morceaux de verre recollés sur un support mécanique.

On procède à l'aide d'une machine de polissage ayant une cinématique à 2 axes linéaires, à la mise en forme relative de l'outil et de la surface à polir. Pour cela, on applique la surface à doucir sur l'outil et on induit un mouvement relatif entre la surface et l'outil parallèle à la grande longueur de la surface et un mouvement perpendiculaire pour la largeur.

Soit l'outil soit la surface sont fixes et la pièce complémentaire est mobile et entraînée par les deux mouvements de translation. Alternativement l'outil est entraîné selon un mouvement de translation et la surface est entraînée selon le mouvement de translation perpendiculaire. De plus soit l'outil, soit la surface est libre de rotuler autour d'un axe parallèle à la grande longueur.

L'opération de rodage utilise des abrasifs classiques de doucissage et l'on fait décroître la taille du grain jusqu'à obtenir une surface ayant l'aspect d'un douci fin.

Durant toute cette phase, l'outil est retouché jusqu'à ce que l'on obtienne sur la surface à polir la forme géométrique finale à quelques microns près.

3. Pré-polissage à la poix ou au feutre de polissage grossier et un abrasif de polissage classique tel que l'oxyde de cérium en utilisant la machine décrite précédemment. Le mouvement suivant la longueur (direction X) a une amplitude comprise par exemple entre 5 et 200 mm, et suivant la largeur (direction Y), il a une amplitude comprise par exemple entre 1 et 100 mm.

4. Polissage proprement dit avec correction itérative de la forme jusqu'à obtenir les spécifications d'écart par rapport à la forme théorique. Le matériau de polissage est de la poix qui est coulée sur l'outil puis mise en forme avec la surface à polir par chauffage. Des dégarnis de la poix sont effectués localement là où des bosses ont été mesurées. L'abrasif utilisé

est par exemple de l'oxyde de cérium. Les pressions de polissage sont comprises entre 5 et 100 grammes par centimètre carré. Ce polissage est terminé lorsque la surface à polir a la bonne forme et qu'il n'y a plus de points ou de défauts correspondant aux étapes précédentes. La rugosité à ce stade est comprise entre 3 et 15 Å pour des zones carré d'analyse de 1 à 1000 microns de largeur.

5. La finition super polie est faite en utilisant un abrasif de type silice colloïdale associé à un feutre.

Cette opération, si elle est réalisée de manière classique, déforme généralement la surface à polir.

Selon l'invention, on colle directement le feutre sur la poix et on met à profit son fluage pour mettre en forme la surface du feutre de façon à ce qu'elle soit complémentaire de la surface à polir. La mise en forme est effectuée en chauffant la poix, l'outil ou le substrat de la surface à polir, le moule étant la surface à polir elle-même. Ce chauffage est réalisé à une température de l'ordre de 60°C à laquelle la poix a une viscosité suffisante pour se déformer en fluant sans couler. Les mouvements et les pressions appliqués sont similaires à celles mises en oeuvre lors du polissage proprement dit (étape 4 ci-dessus), c'est-à-dire entre 5 et 100 g/cm².

L'état de l'art normalement connu pour cette phase est de coller le feutre sur un outil métallique en intercalant éventuellement un matériau souple de type par exemple mousse. L'avantage du procédé selon l'invention est de disposer d'un outil dur (poix à la température de 20°C) ayant un contour qui épouse la forme de la surface à polir. A ce stade, la rugosité obtenue est généralement comprise entre 1 et 2 Å sur les matières de type verre et silice. Elle est généralement comprise entre 1 Å et 3 Å sur le silicium et les céramiques, et entre 3 Å et 5 Å sur les surfaces métalliques revêtues de nickel.

[0016] Selon la figure 1a, qui concerne le cas d'une pièce optique 1 à polir qui est un cylindre ou un tore, l'élément de polissage 2 (d'épaisseur par exemple entre 0,1 mm et 2 mm) est collé sur de la poix 3 qui est solidaire d'un support 4 par exemple cylindrique qui sert d'outil de polissage. L'élément de polissage 2 peut être un matériau poreux tel qu'un feutre, notamment une mousse de polyuréthane microcellulaire de la Société RHODES (Bierkeek - Belgique) ou un matériau synthétique poreux (« Finishing Pad ») de la Société -RODEL, ou des supports (ou « drops -») de polissage de la Société BUEHLER. Après chauffage de la poix jusqu'à lui conférer une viscosité lui permettant de fluier sans couler (par exemple en la chauffant à une température de l'ordre de 60°C), on appuie l'outil 4 sur une surface à polir 6 de la pièce optique 1 avec une pression suffisante pour que la déformation par fluage de la poix permette au feutre 2 en contact avec la surface 6 d'épouser localement la forme de la surface 6. Le feutre 2 qui peut être en un ou

plusieurs morceaux a de préférence une surface 5 égale, à plus ou moins 20% à celle de la surface 6.

[0017] La pression P appliquée lors du polissage de finition est de l'ordre de 5 à 100 grammes/cm².

[0018] La figure 1b illustre le procédé dans le cas d'une surface plane ou d'un miroir ayant une génératrice G dans le plan de coupe.

[0019] La figure 2 représente une machine utilisable pour la mise en oeuvre du procédé de polissage de finition, ainsi que pour les étapes précédentes de doucissage, de pré-polissage et de polissage proprement dit.

[0020] Elle présente deux barres de coulissement parallèles 11 et 12 le long de laquelle peuvent se translater dans une première direction X deux coulisseaux 14 et 15 reliés par une barre d'attelage 16. Chacun des coulisseaux porte un bras 17 et 18 s'étendant par exemple dans une direction Y perpendiculaire à la direction X, avec un réglage en hauteur 17', 18' selon Z (perpendiculaire à X et Y).

[0021] Chacun des bras présente un logement 19 et 20 permettant de recevoir un axe de rotation 21 et 22 d'un porte-pièce 23 portant la pièce 1

[0022] dont la surface 6 doit être soumise au polissage de finition. L'outil 4 est disposé sur un support 25 solidaire d'une table 27 présentant des moyens de translation de l'outil 4 et donc du feutre 2 dans la direction Y perpendiculaire à la direction X. Ces moyens de translation sont par exemple des glissières 26.

[0023] Les vitesses de polissage dans chacune des directions X et Y peuvent être choisies par exemple entre 0,05 m/s et 0,5 m/s.

[0024] Les figures 3a et 3b d'une part et 4a et 4b d'autre part illustrent deux modes de mise en oeuvre du polissage de finition (après durcissement du support en matériau déformable par exemple de la poix ou de la colle). Le déplacement selon X (par exemple entre 5 et 200 mm) permet un polissage parallèle à la direction des génératrices de la surface, alors que le mouvement de translation selon Y (par exemple entre 1 et 100 mm) et la rotation selon l'axe (21, 22) permet à la surface 6 à polir de suivre en tournant l'élément de polissage 2 au fur et à mesure du déplacement selon Y. Ainsi, la combinaison de ces trois mouvements (translation X, translation Y et rotation) permet d'assurer le polissage de la surface sur son contour et sur toute sa longueur.

[0025] Selon les figures 3a et 3b, la pièce 1 de section cylindrique ou plane est portée par le porte-pièce 23 et l'outil 4 est solidaire du support 25. Selon les figures 4a et 4b, la pièce 1 cylindrique ou plane est solidaire du support 25 et c'est l'outil 4 qui est porté par le porte-pièce 23.

[0026] Le procédé s'applique également à des surfaces ne présentant pas de génératrice. La mise en forme de l'élément 2 améliore les performances par rapport à la surface ayant la génératrice la plus proche.

Revendications

1. Procédé de polissage de finition d'une surface (6) à l'aide d'un élément de polissage (2) et d'un abrasif, **caractérisé en ce qu'il met en oeuvre :**

a) avant ledit polissage, le collage de l'élément de polissage (2) sur un support (3, 4) en un matériau déformable de manière permanente et ;
b) l'application d'une pression sur le support (3, 4) déformable une fois que l'élément de polissage (2) est en contact avec la surface (6) à polir de sorte que l'élément de polissage (2) soit mis en forme pour épouser un contour de ladite surface (6).

c) réalisation du polissage de finition à l'aide de l'élément de polissage (2) ainsi mis en forme.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit matériau (3) est déformable par fluage et/ou durcissable.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ledit matériau (3) est de la poix qui est chauffée à une température permettant son fluage et qui après mise en forme de l'élément de polissage (2) est ensuite refroidie pour obtenir un durcissement.

4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ledit matériau (3) est une colle de type gel qui après mise en forme de l'élément de polissage (2) est durcie par exemple par polymérisation ou application d'un rayonnement, notamment ultra-violet.

5. Procédé selon la revendication 2 **caractérisé en ce que** le matériau (3) est du plâtre.

6. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de polissage (2) est un feutre.

7. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit matériau déformable (3) est porté par un support de polissage (4).

8. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le polissage de finition est réalisé à l'aide d'une machine comportant un dispositif de déplacement assurant un mouvement relatif entre l'élément de polissage (2) et la surface (6) à polir selon deux directions (X, Y) perpendiculaires.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de déplacement est agencé pour produire également un mouvement de rotation relatif autour d'un axe (21, 22) parallèle à l'une desdites deux directions perpendiculaires.

10. Procédé selon une des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la surface (6) présente une génératrice dont la direction est parallèle à l'une des dites deux directions perpendiculaires.
11. Procédé **caractérisé en ce que** la surface (6) sur laquelle le polissage de finition est réalisé a été préalablement soumise à :
- un pré-polissage ou polissage grossier
 - un polissage.
12. Procédé selon la revendication 11 **caractérisé en ce qu'**après polissage, la surface (6) présente une rugosité entre 3 Å et 15 Å et après polissage de finition, une rugosité entre 1 Å et 5 Å.
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** ladite rugosité après polissage de finition est comprise entre 1 Å et 3 Å pour les surfaces (6) en verre, en silice, en silicium et en céramique, et entre 3 Å et 5 Å pour une surface (6) en nickel revêtant une surface métallique.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feinpolieren einer Oberfläche (6) mit Hilfe eines Polierelementes (2) und eines Abrasivs, **dadurch gekennzeichnet, daß** es anwendet:
- a) vor dem Polieren das Aufkleben des Polierelementes (2) auf einen Träger (3, 4) aus einem permanent verformbaren Material, und;
 - b) Anwenden eines Druckes auf den verformbaren Träger (3, 4), sobald sich das Polierelement (2) in Anlage an der zu polierenden Oberfläche (6) befindet, wodurch das Polierelement (2) so geformt wird, daß es sich an eine Kontur der Oberfläche (6) anpaßt,
 - c) Durchführen des Feinpolierens mit Hilfe des auf diese Weise geformten Polierelementes (2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material (3) durch Fließen verformbar und/oder aushärtbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material (3) Pech ist, das auf eine Temperatur erwärmt wird, die sein Fließen ermöglicht, und das nach dem Formen des Polierelementes (2) anschließend abgekühlt wird, um eine Aushärtung zu erzielen.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material (3) ein Klebstoff vom Gel-Typ ist, das nach dem Formen des Polierelementes (2) beispielsweise durch Polymerisieren
- oder durch Anwenden einer Strahlung, insbesondere Ultraviolett-Strahlung, ausgehärtet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Material (3) Gips ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Polierelement (2) ein Filz ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das verformbare Material (3) von einem Polierträger (4) getragen ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Feinpolieren mit Hilfe einer Maschine durchgeführt wird, die eine Bewegungsvorrichtung aufweist, welche eine Relativbewegung zwischen dem Polierelement (2) und der zu polierenden Oberfläche (6) in zwei zueinander senkrechten Richtungen (X, Y) ausführt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bewegungsvorrichtung dazu ausgelegt ist, des weiteren eine Relativedrehbewegung um eine Achse (21, 22) zu erzeugen, die zu einer der beiden zueinander senkrechten Richtungen parallel ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberfläche (6) eine Generatrix aufweist, deren Richtung zu einer der beiden zueinander senkrechten Richtungen parallel ist.
11. Verfahren, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberfläche (6), an der das Feinpolieren vorgenommen wird, vorausgehend
- einem Vorpolieren oder Grobpolieren
 - einem Polieren
- unterzogen wurde
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberfläche (6) nach dem Polieren eine Rauigkeit von zwischen 3 Å und 15 Å aufweist, und nach dem Feinpolieren eine Rauigkeit von zwischen 1 Å und 5 Å aufweist
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rauigkeit nach dem Feinpolieren bei Oberflächen (6) aus Glas, aus Silica, aus Silizium und aus Keramik zwischen 1 Å und 3 Å liegt, und bei einer Oberfläche (6) aus Nickel, die eine metallische Oberfläche bedeckt, zwischen 3 Å und 5 Å liegt.

Claims

1. A method of finishing polishing a surface (6) using a polishing element (2) and an abrasive, the method being **characterized in that** it implements the following steps:
 - a) prior to said polishing, sticking the polishing element (2) in permanent manner on a support (3, 4) of deformable material;
 - b) applying pressure on the deformable support (3, 4) once the polishing element (2) is in contact with the surface (6) to be polished so that the polishing element (2) is shaped to match an outline of said surface (6); and
 - c) performing finishing polishing using the polishing element (2) shaped in this way.
2. A method according to claim 1, **characterized in that** said material (3) is deformable in creep and/or is hardenable.
3. A method according to claim 2, **characterized in that** said material (3) is pitch which is heated to a temperature enabling it to creep and which, once the polishing element (2) has been shaped, is sufficiently cooled in order to harden it.
4. A method according to claim 2, **characterized in that** said material (3) is an adhesive of the gel type which, once the polishing element (2) has been shaped, is hardened, e.g. by being polymerized or by applying radiation, in particular ultraviolet radiation.
5. A method according to claim 2, **characterized in that** the material (3) is plaster.
6. A method according to any preceding claim, **characterized in that** the polishing element (2) is a felt.
7. A method according to any preceding claim, **characterized in that** said deformable material (3) is carried by a polishing support (4).
8. A method according to any preceding claim, **characterized in that** the finishing polishing operation is performed using a machine comprising a displacement device for imparting relative movement between the polishing element (2) and the surface (6) to be polished along two mutually perpendicular directions (X, Y).
9. A method according to claim 8, **characterized in that** the displacement device is arranged also to produce relative rotary movement about an axis (21, 22) parallel to one of said two perpendicular directions.
10. A method according to claim 8 or claim 9, **characterized in that** the surface (6) presents a generator line of direction parallel to one of said two perpendicular directions.
11. A method, **characterized in that** the surface (6) on which the finishing polishing is performed has previously been subjected to:
 - pre-polishing or coarse polishing; and
 - polishing.
12. A method according to claim 11, **characterized in that** after polishing, the surface (6) presents roughness lying in the range 3 Å to 15 Å, and after finishing polishing it presents roughness in the range 1 Å to 5 Å.
13. A method according to claim 12, **characterized in that** said roughness after finishing polishing lies in the range 1 Å to 3 Å for surfaces (6) of glass, silica, silicon, or ceramic, and in the range 3 Å to 5 Å for a nickel coating on a metal surface.

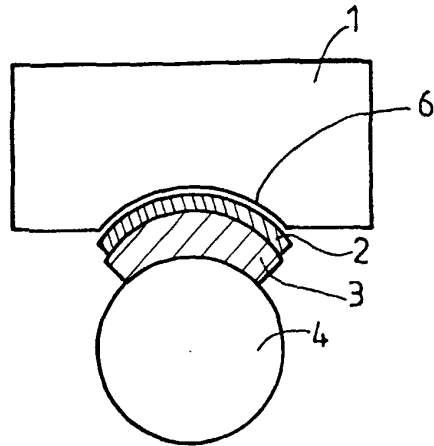


FIG. 1A

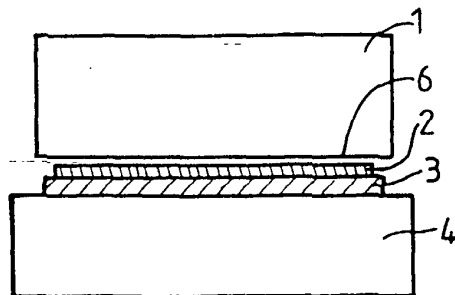


FIG. 1B

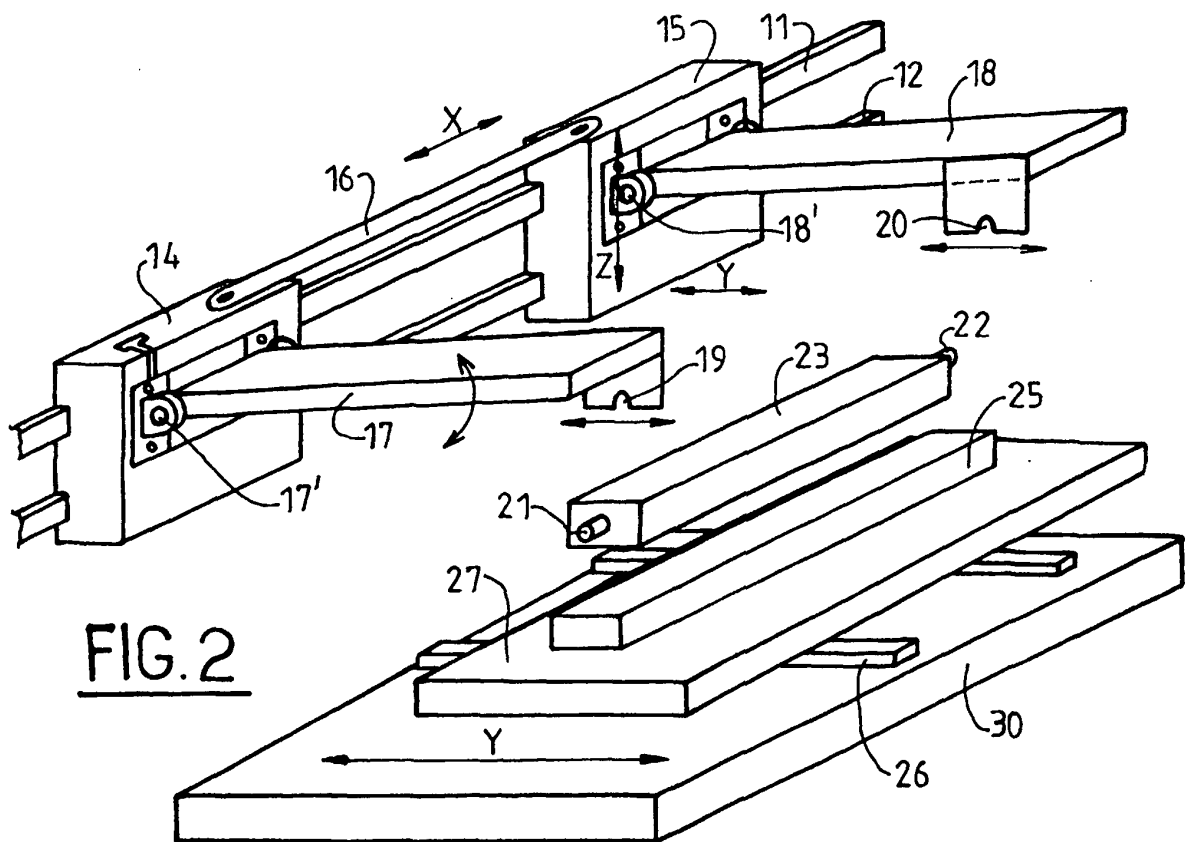


FIG. 2

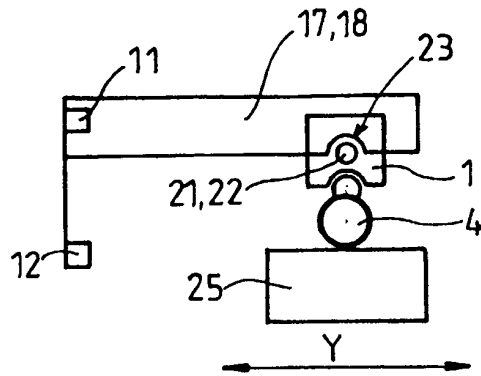


FIG. 3A

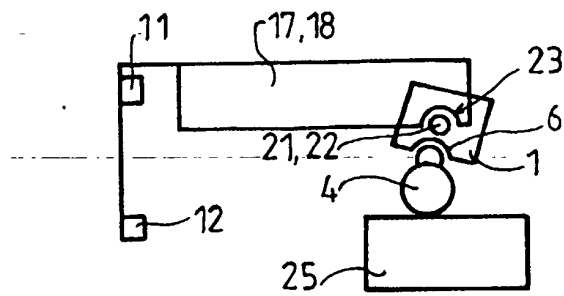


FIG. 3B

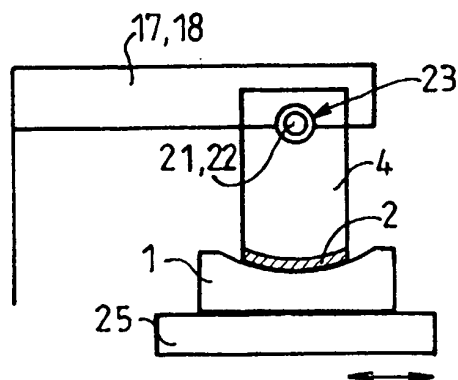


FIG. 4A

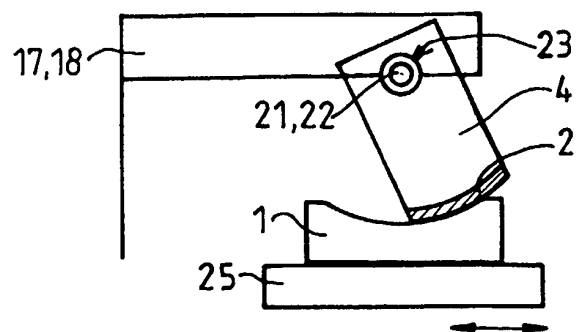


FIG. 4B