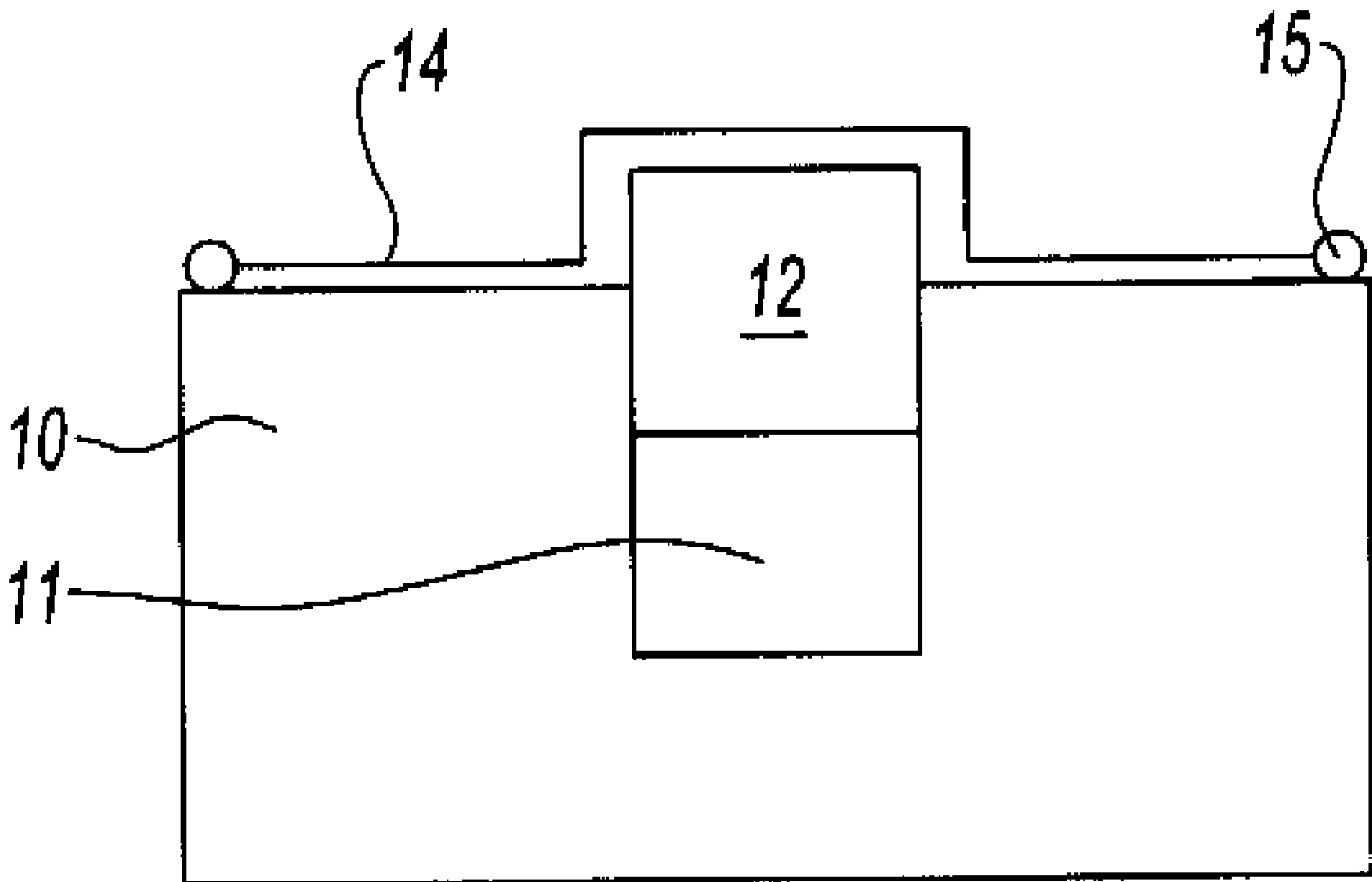




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2009/07/03  
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2010/01/07  
 (45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2016/09/20  
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2010/12/23  
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2009/051307  
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2010/001069  
 (30) **Priorité/Priority:** 2008/07/04 (FR0854590)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. C22C 47/04** (2006.01),  
**C22C 47/00** (2006.01), **C22C 47/20** (2006.01)  
 (72) **Inventeurs/Inventors:**  
DUNLEAVY, PATRICK, FR;  
MASSON, RICHARD, FR  
 (73) **Propriétaire/Owner:**  
MESSIER-BUGATTI-DOWTY, FR  
 (74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : PROCÉDE DE FABRICATION D'UNE PIÈCE MÉTALLIQUE RENFORCÉE DE FIBRES CÉRAMIQUES**  
 (54) **Title: METHOD FOR PRODUCING A METALLIC PART REINFORCED BY CERAMIC FIBRES**



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention porte sur un procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel : On usine, dans un corps métallique (10) présentant une face supérieure (10B), au moins un logement (10A) pour un insert, On dispose au moins un insert (11) formé des fibres céramiques dans une matrice métallique dans le logement, On recouvre l'insert d'un couvercle, On met sous vide l'espace interstitiel autour de l'insert et on ferme ledit espace sous vide de manière hermétique, On traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compaction isostatique à chaud et On usine ledit ensemble traité pour

**(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

obtenir ladite pièce. Le procédé est caractérisé par le fait que le couvercle comprend un élément (12) recouvrant l'insert (11) dans la rainure et étant en saillie par rapport à la face supérieure, et une feuille (14) recouvrant la face supérieure avec ledit élément (12). En particulier l'insert (11) est rectiligne, et le logement de l'insert dans le corps métallique forme une rainure rectiligne.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
7 janvier 2010 (07.01.2010)

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/001069 A3**

- (51) Classification internationale des brevets :  
C22C 47/04 (2006.01) C22C 47/20 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2009/051307
- (22) Date de dépôt international :  
3 juillet 2009 (03.07.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
0854590 4 juillet 2008 (04.07.2008) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
MESSIER-DOWTY SA [FR/FR]; Zone Aéronautique  
Louis Breguet, F-78140 Velizy Villacoublay (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
DUNLEAVY, Patrick [FR/FR]; 15 rue Jean-Jacques  
Rousseau, F-91120 Palaiseau (FR). MASSON, Richard  
[FR/FR]; 2 avenue Huguier, F-78530 Buc (FR).
- (74) Mandataires : DAVID, Daniel et al.; Bloch & Bonnetat,  
23bis, rue de Turin, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,  
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM,  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :  
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING A METALLIC PART REINFORCED BY CERAMIC FIBRES

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE PIÈCE MÉTALLIQUE RENFORCÉE DE FIBRES CÉRAMIQUES

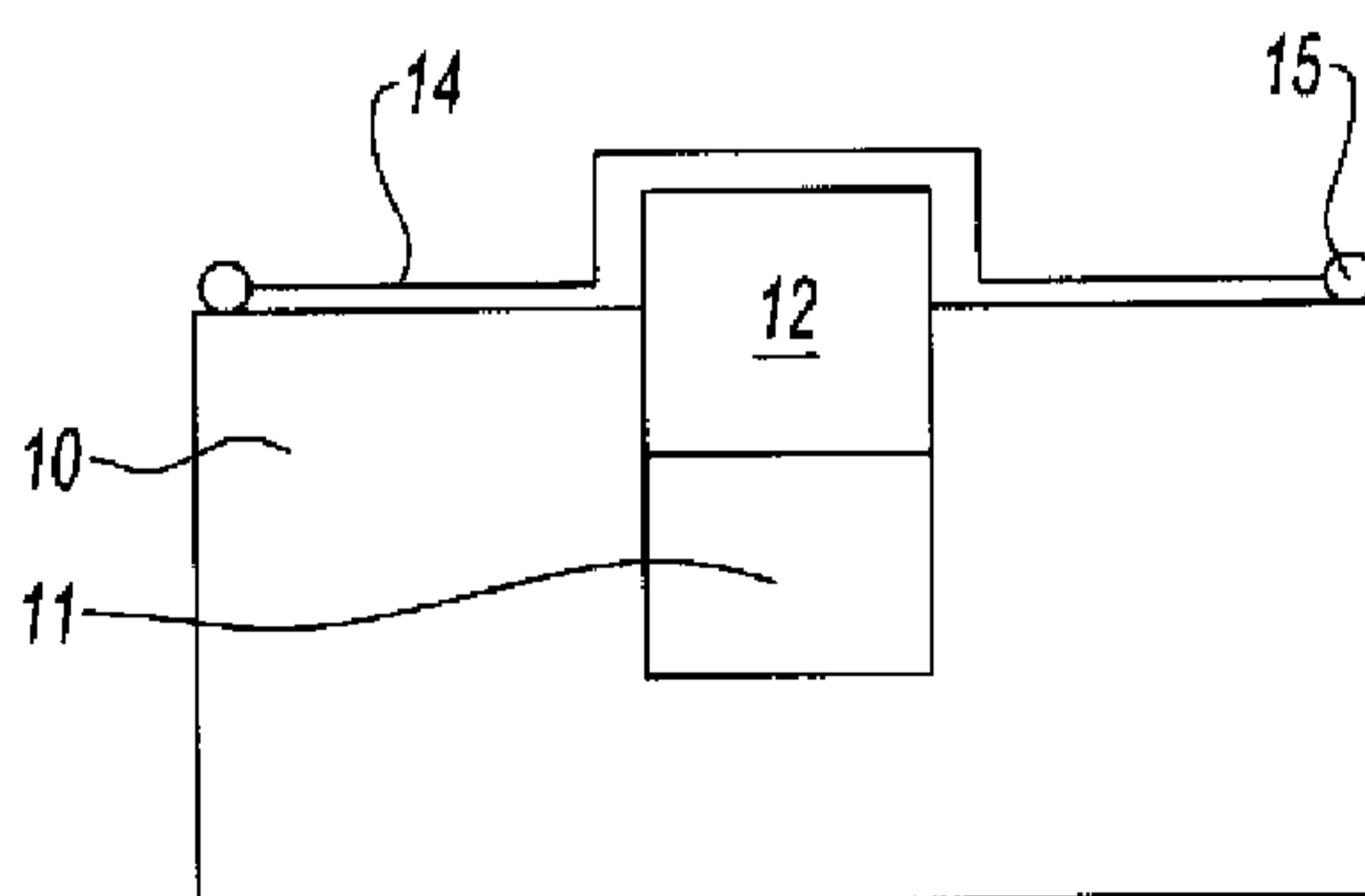


Fig. 5

(57) Abstract : The invention relates to a method for producing a metallic part reinforced by ceramic fibres, according to which: at least one recess (10A) for an insert is machined in a metallic body (10) having an upper surface (10B); at least one insert (11) consisting of ceramic fibres in a metallic matrix is arranged in the recess; the insert is covered with a cover; the gap around the insert is placed under a vacuum and hermetically sealed; the entire metallic body with the cover is treated by hot isostatic compaction; and said treated assembly is machined to produce said part. The method is characterised in that the cover comprises an element (12) covering the insert (11) in the groove and projecting past the upper surface, and a film (14) covering the upper surface with said element (12). Especially the insert (11) is rectilinear, and the recess of the insert in the metallic body forms a rectilinear groove.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2010/001069 A3

**WO 2010/001069 A3** 

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

**(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :**

11 mars 2010

---

L'invention porte sur un procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel : On usine, dans un corps métallique (10) présentant une face supérieure (10B), au moins un logement (10A) pour un insert, On dispose au moins un insert (11) formé des fibres céramiques dans une matrice métallique dans le logement, On recouvre l'insert d'un couvercle, On met sous vide l'espace interstitiel autour de l'insert et on ferme ledit espace sous vide de manière hermétique, On traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compaction isostatique à chaud et On usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce. Le procédé est caractérisé par le fait que le couvercle comprend un élément (12) recouvrant l'insert (11) dans la rainure et étant en saillie par rapport à la face supérieure, et une feuille (14) recouvrant la face supérieure avec ledit élément (12). En particulier l'insert (11) est rectiligne, et le logement de l'insert dans le corps métallique forme une rainure rectiligne.

## **Procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques**

La présente invention concerne la fabrication de pièces métalliques comportant des renforts internes formés de fibres céramiques et obtenues à partir de l'incorporation d'un insert fibreux dans une matrice métallique.

Dans le but de réduire la masse des pièces métalliques tout en leur assurant une plus grande résistance notamment en traction et/ou en compression, il est connu d'incorporer de manière pertinente des fibres céramiques dans la masse. Il s'agit par exemple de fibres de carbure de silicium, SiC, qui présentent une résistance à la traction et à la compression largement supérieure à celle d'un métal comme le titane.

La fabrication de ces pièces passe par la formation préalable d'inserts à partir de fils céramiques enduits de métal. Ils sont désignés aussi fibres CMM ou fils enduits. Le métal procure notamment l'élasticité et la souplesse nécessaires à leur manipulation.

Un procédé connu de fabrication de telles pièces avec renfort comprend la réalisation d'un bobinage de fils enduits autour d'un mandrin. Le bobinage est ensuite incorporé dans un conteneur ou corps principal métallique dans lequel on a usiné au préalable une rainure formant le logement pour l'insert. La profondeur de la rainure est supérieure à la hauteur du bobinage. Un couvercle est placé sur le conteneur et soudé à sa périphérie. Le couvercle présente un tenon de forme complémentaire à celle de la rainure, et sa hauteur est adaptée à celle du bobinage placé dans la rainure de façon à venir combler la rainure. On procède ensuite à une étape de compaction isostatique à chaud au cours de laquelle le couvercle est déformé et le bobinage est comprimé par le tenon. La surface du conteneur le long du bord de la rainure est inclinée en forme de pan coupé

pour assurer une déformation progressive du couvercle pendant la phase de compaction.

La technique de compaction isostatique à chaud consiste à disposer la pièce à traiter dans une enceinte où elle est soumise à une pression élevée, de l'ordre de 1000 bars, et à une température également élevée, de l'ordre de 1000°C, pendant quelques heures.

Au cours de ce traitement les gaines métalliques des fils enduits se soudent entre elles et avec les parois de la rainure, par soudage diffusion, pour former un ensemble dense composé d'un alliage métallique au sein duquel s'étendent les fibres céramiques. La pièce obtenue est ensuite usinée à la forme souhaitée.

Le procédé permet la fabrication de pièces aéronautiques axisymétriques, telles que des disques de rotor ou des disques aubagés monoblocs mais aussi non axisymétriques, telles que des bielles, des arbres, des corps de vérin, des carters.

L'usinage de la rainure dans le corps principal est une opération difficile à réaliser notamment en raison des faibles rayons de raccordement dans le fond de la rainure entre la surface du fond et les parois latérales. Ce faible rayon de raccordement est nécessaire pour permettre le logement avec un jeu aussi faible que possible, de l'insert qui a une section rectangulaire et qui est formé de fils de faibles rayons. L'usinage du tenon correspondant dans le couvercle n'est pas aisé non plus à cause des angles non débouchant et du fait qu'il doit avoir une forme parfaitement complémentaire à la rainure.

La demanderesse a développé un procédé de fabrication de pièces de forme allongée et incorporant un insert avec des parties rectilignes contribuant à la transmission des efforts de traction et/ou de compression

unidirectionnels. Ce procédé est décrit dans la demande de brevet FR07/05453 du 26 juillet 2007. La demanderesse a également développé un procédé de fabrication d'un insert rectiligne. Il consiste à réaliser une ébauche d'insert en forme de bobine, à compacter celle-ci dans un conteneur par compaction isostatique à chaud puis à usiner les inserts rectilignes dans le conteneur compacté. Un tel procédé est décrit dans la demande de brevet FR 07/05454 du 26 juillet 2007.

Cependant lorsque les pièces à réaliser ne sont pas axisymétriques mais sont de forme oblongue, ovale ou bien avec des portions rectilignes, un ajustement précis sur des longueurs importantes est difficile à obtenir. Cela est rendu encore plus difficile pour des inserts formés de fils enduits très rigides, en raison des fibres céramiques qui obligent la réalisation de logements dans lequel ils s'adaptent parfaitement. Le couvercle doit s'assembler parfaitement dans la rainure afin de ne pas laisser échapper des fibres.

Au lieu de fabriquer l'insert séparément puis de le transférer dans la rainure du corps principal, le brevet FR 2886290 au nom de Snecma propose de réaliser, selon une variante, le bobinage directement sur le corps principal. Au lieu d'une rainure on ménage deux épaulements dans celui-ci. Le premier présente une surface d'appui pour le bobinage direct d'un fil enduit. Cette surface est parallèle à la direction de bobinage. Lorsque le bobinage est achevé, on reconstitue la rainure en plaçant une pièce sur le corps principal qui est de forme complémentaire à celle d'un second épaulement formant un gradin par rapport au premier épaulement. Puis on dispose le couvercle avec le tenon sur l'insert que l'on vient de bobiner et on procède au compactage de l'ensemble. Cette solution ne résout que partiellement le problème de fabrication car l'assemblage reste complexe.

La demande de brevet FR0709171 au nom de la demanderesse précise que le logement de l'insert dans le corps métallique a la forme d'une encoche à section en L, le couvercle présentant une encoche interne à section en L et de forme complémentaire à celle du corps métallique avec ledit insert. En outre le couvercle est conformé extérieurement de façon que les efforts de pression s'exercent perpendiculairement aux faces de l'encoche.

Ainsi les techniques actuelles de fabrication permettent-elles de créer des pièces métalliques comportant un ou plusieurs renforts en composites à matrice métallique à partir de bobinage de fibres enduites et d'un conteneur – corps et couvercle. Ces structures sont performantes mais ont un coût de fabrication élevé. En particulier l'usinage du corps principal du conteneur avec son couvercle représente une fraction importante du coût total des pièces.

La demanderesse s'est fixé comme objectif d'améliorer le procédé de fabrication de pièces de forme allongée dans le sens d'une simplification des étapes de la gamme et d'une réduction des coûts.

On parvient à réaliser cet objectif selon l'invention par un procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel :

- on usine, dans un corps métallique présentant une face supérieure, au moins un logement pour un insert,
- on dispose au moins un insert formé des fibres céramiques enduites de métal dans le logement,
- on recouvre l'insert d'un couvercle,
- on met sous vide l'espace interstitiel autour de l'insert et on ferme ledit espace sous vide de manière hermétique,

- on traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compaction isostatique à chaud et

- on usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce.

Le procédé est caractérisé par le fait que le couvercle comprend un élément recouvrant l'insert dans la rainure et étant en saillie par rapport à la face supérieure du corps métallique, et une feuille recouvrant la face supérieure avec ledit élément.

En divisant le couvercle en un élément recouvrant l'insert dans la rainure et en une feuille séparée dudit élément, on simplifie nettement la fabrication de cette pièce. La fonction de l'élément recouvrant l'insert dans la rainure est d'agir comme un piston et la feuille de permettre la fermeture hermétique de l'ensemble. En outre, en assurant que ledit élément soit en saillie pour permettre un rattrapage de la réduction de volume résultant de la densification de l'insert pendant la phase de compaction isostatique à chaud, on simplifie l'usinage de la rainure du corps métallique.

L'insert peut être de forme allongée par exemple de forme annulaire oblongue avec une ou des portions rectilignes. De préférence l'insert est rectiligne, par exemple il a la forme d'un bloc rectiligne, et le logement de l'insert dans le corps métallique présente une rainure rectiligne de forme correspondante. L'élément recouvrant l'insert dans la rainure est alors en forme de pavé.

Selon un mode de réalisation dans le cas où l'insert a la forme d'un bloc rectiligne, la rainure présente une première partie de logement de l'insert et au moins une deuxième partie en prolongement de la première partie, l'élément en forme de pavé comprenant une branche centrale recouvrant l'insert et un prolongement de forme correspondant à la

deuxième partie de la rainure. Cet élément du couvercle forme ainsi un pavé métallique de géométrie simple et facilement réalisable.

De préférence, l'élément en forme de pavé comprend une zone de déformation progressive entre la branche centrale et le prolongement. Cette zone de déformation progressive évite la fissuration du couvercle au moment de l'étape de compaction.

L'insert est à section transversale polygonale, notamment rectangulaire, ovale ou circulaire.

De préférence l'insert est formé de fibres enduites de métal assemblées en faisceau, ce qui réduit les opérations de préparation.

Avantageusement l'espace entourant l'insert est fermé hermétiquement par un cordon de soudure entre la feuille de métal et le corps métallique.

La solution de l'invention présente un intérêt particulier avec la mise en place, par exemple de deux inserts par face, de forme allongée notamment rectiligne, agencés selon deux branches parallèles ou non. Selon la technique antérieure, pour obtenir deux renforts internes longitudinaux, on réalise au préalable un insert de forme annulaire avec deux branches rectilignes reliées entre elles par deux parties en arc de cercle. Ensuite on usine le logement en fonction de la forme précise de l'insert. Ajuster la forme du logement à celle de l'insert s'est révélé être une opération très délicate et onéreuse. Ainsi en supprimant l'arrondi on rend l'usinage et la mise en place plus simples sans sacrifier à la résistance de la pièce au final puisque les fibres travaillent essentiellement selon leur direction longitudinale dans la section centrale de la pièce.

On décrit maintenant un mode de réalisation non limitatif de l'invention, plus en détail, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 montre les différentes étapes 1a, 1b, 1c, 1d de fabrication d'une pièce de forme allongée selon l'art antérieur connu du présent déposant ;

5 - la figure 2 montre un exemple de pièce obtenue après usinage d'un conteneur incorporant des inserts ;

- la figure 3 montre en perspective un corps métallique avec une rainure usinée conformément à l'invention et la mise en place de l'insert et du pavé formant une partie du couvercle ;

10 - la figure 4 montre en perspective et par transparence, le corps métallique rainuré, l'insert fibreux et le pavé du couvercle en place ;

- la figure 5 montre en coupe le pavé et la feuille formant ensemble le couvercle sur l'insert et le corps métallique.

Sur la figure 1, extraite de la demande de brevet FR 07/05453, on voit un conteneur 1 avec un corps principal 4 de forme allongée, destiné à former une bielle d'un train d'atterrissage par exemple. On a usiné une rainure 41 sur chacune des deux faces du corps 4. Cette rainure permet le logement d'un insert 3 qui comprend deux portions rectilignes parallèles ou non entre elles réunies aux extrémités par une portion en arc de cercle. Les inserts sont du type à fibres céramiques enduites de métal tel que le titane. Les rainures et les inserts sont de formes complémentaires de manière à ce que l'insert soit ajusté sans jeu dans la rainure ou avec un jeu minimal. Deux couvercles 5 sont pourvus d'une partie en saillie formant tenon 51 et viennent recouvrir les faces du corps 4. Le tenon vient en appui sur l'insert logé dans la rainure et colmate cette dernière. On soude, par exemple par faisceau d'électron, le couvercle 5 au corps 4 en assurant le vide à l'intérieur du conteneur.

Cet assemblage a pour but d'éviter que les fibres, qui ont un très faible diamètre, de l'ordre de 0,25 mm, ne puissent se déplacer ou s'échapper lors de la compaction isostatique à chaud et de permettre la compaction. Le conteneur est visible sur la figure 1b ; il est en partie  
5 arraché pour montrer les inserts. Le conteneur est ensuite disposé dans une enceinte pour subir un traitement de compaction isostatique à chaud. La coupe transversale du conteneur de la figure 1c montre que les bords 42 de la rainure 41 sont chanfreinés de manière à ménager un jeu avec la partie du couvercle 5 adjacente au tenon 51. Lors de l'opération de compaction  
10 isostatique à chaud, la pression est exercée selon la direction perpendiculaire à la surface du couvercle générant l'affaissement des couvercles. La pression et la chaleur, de l'ordre de 1000°C et 1000 bars permettent au métal d'occuper les vides entre les fils enduits constituant l'insert. Le volume de l'insert diminue d'environ 23%. Le tenon est ainsi  
15 déplacé vers le bas et le jeu de part et d'autre du tenon est absorbé. À la fin du processus, le métal a fusionné et le conteneur s'est compacté; la pièce est ainsi renforcée par les fils emprisonnés dans la masse. La figure 1d représente l'ébauche de pièce obtenue avec deux inserts visibles en transparence. L'ébauche est ensuite usinée de manière à obtenir la pièce 8  
20 représentée sur la figure 2. Cette pièce 8 présente des évidements 81 entre les branches 82. Les fibres céramiques sont incorporées dans les branches 82 qui assurent la transmission des efforts en traction et compression. Les inserts utilisés sont de forme annulaire mais comme cela l'a été décrit dans la demande de brevet FR 07/05454 ils peuvent être formés d'éléments  
25 rectilignes en barreaux. Dans ce dernier cas les éléments rectilignes sont incorporés dans le conteneur après avoir été auparavant compactés.

La solution de l'invention permet d'obtenir de telles pièces de façon plus économique.

En se reportant sur la figure 3, on voit un corps métallique 10 de forme allongée avec, par rapport à la figure, une face supérieure 10B. On a usiné une rainure rectiligne 10A dont le fond est plat et les parois perpendiculaires au fond ; la surface de raccordement entre le fond et les parois présente un faible rayon de courbure pour permettre un ajustement de l'insert avec un jeu aussi faible que possible. La rainure comporte une partie centrale 10A1 et deux parties d'extrémité 10A2 et 10A3 dans le prolongement longitudinal de celle ci. Les parties d'extrémité sont arrondies. La rainure sert de logement à un insert en forme de bloc rectiligne 11, formé d'un assemblage de fibres céramiques enduites et de longueur l inférieure ou égale à la longueur de la partie centrale 10A1 de la rainure. L'insert forme un faisceau de fibres s'ajustant dans la partie centrale 10A1 de la rainure. Un élément en forme de pavé 12 recouvre l'insert 11 disposé dans le logement que constitue la rainure. L'élément en forme de pavé 12 a la même forme et les mêmes dimensions, au jeu près, permettant sa mise en place dans la rainure sur l'insert, lorsqu'il est vu de dessus que la rainure 10A. Il comprend une partie centrale 12A1 recouvrant l'insert et deux parties d'extrémité, 12A2 et 12A3 dans le prolongement longitudinal de la partie centrale de part et d'autre de cette dernière.

L'épaisseur des deux parties d'extrémité correspond à l'épaisseur de la partie centrale plus celle de l'insert placé dans la rainure et est légèrement supérieure à la profondeur de la rainure. L'élément 12 s'appuie sur le fond de la rainure par les deux parties d'extrémité 12A2 et 12A3. On observe que les parties d'extrémité présentent chacun un pan coupé 12A2' et 12A3' ménageant un espace avec le fond de la rainure du côté de l'insert.

L'élément en forme de pavé est en saillie par rapport à la surface 10B. Une feuille métallique 14, le même métal que celui du corps métallique, un alliage de titane notamment, est posée sur la face supérieure du corps métallique et soudée en périphérie pour assurer le vide et permettre la compaction isostatique à chaud. La feuille est conformée de façon à s'adapter à la forme de l'élément 12 en saillie. Elle comporte ainsi une cavité 14' dont la forme correspond à la partie en saillie de l'élément en forme de pavé 12.

La fabrication d'un exemple de pièce selon l'invention avec insert comprend ainsi les étapes suivantes :

- on prépare un corps 10 métallique, en alliage de titane par exemple, avec au moins une face plane supérieure ;

- on usine au moins une rainure rectiligne ouverte 10A sur une face 10B, supérieure ou inférieure. Cette opération est relativement simple car on n'a qu'à considérer la profondeur et la largeur de la rainure.

- on met en place dans la rainure l'insert 11 formé d'un faisceau assemblé de fibres rectilignes enduites.

- on met en place l'élément en forme de pavé 12. Les dimensions de l'élément en forme de pavé et de la rainure sont déterminées de façon à ce que le pavé 12 puisse être placé aisément dans la rainure.

Après avoir mis en place l'élément en forme de pavé 12 sur l'insert qui, comme on le voit sur la figure 4, fait saillie par rapport à la face 10B, et la feuille 14 qui a été conformée avec sa cavité 14' pour venir s'adapter sur l'élément en forme de pavé, on met l'ensemble sous vide.

Le dessus de l'élément en forme de pavé 12 est en saillie par rapport à la surface du corps métallique. On soude la feuille sur tout le pourtour en

formant un cordon de soudure 15, pour assurer l'étanchéité et le maintien du vide à l'intérieur de la rainure.

On introduit le conteneur ainsi préparé dans une enceinte permettant de réaliser la compaction isostatique à chaud.

5 On chauffe l'ensemble et on le soumet à une pression élevée pour compacter le conteneur. Le traitement conduit à une réduction de volume et une densification de l'insert. La partie centrale de l'élément en forme de pavé agit comme un piston et descend dans la rainure. La zone de transition formée par les pans coupés 12A2' et 12A3' permet à l'élément 12 de se  
10 déformer sans que les efforts de cisaillement conduisent à une fissuration du pavé.

L'ébauche obtenue est prête pour être usinée.

On obtient après usinage, par exemple, la pièce de la figure 2 dans la mesure où l'on a mis en place le nombre d'inserts correspondant.

15 On a représenté un mode de réalisation de l'invention avec l'usinage d'une rainure, pour loger un insert rectiligne, qui est fermée longitudinalement. Cependant on ne sort pas du cadre de l'invention en réalisant une ou des rainures débouchant longitudinalement.

20 En outre l'insert peut avoir toute forme adaptée pour l'application au renforcement interne d'une pièce métallique. La forme peut être oblongue, en forme d'anneau avec deux portions rectilignes reliées par des portions arrondies. L'élément recouvrant l'insert dans la rainure a la même forme que l'insert dans la mesure où il doit venir s'adapter sur l'insert et boucher la rainure.

25 Le procédé de l'invention permet ainsi de réaliser toute pièce de forme allongée incorporant en particulier un ou plusieurs inserts rectilignes.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel :
  - 5 - on usine, dans un corps métallique (10) présentant une face supérieure (10B), au moins un logement (10A) pour un insert,
  - on dispose au moins un insert (11) formé des fibres céramiques enduites de métal dans le logement,
  - on recouvre l'insert d'un couvercle,
  - 10 - on met sous vide l'espace interstitiel autour de l'insert et on ferme ledit espace sous vide de manière hermétique,
  - on traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compaction isostatique à chaud, et
  - on usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce,
  - 15 caractérisé par le fait que le couvercle comprend un élément (12) recouvrant l'insert (11) dans la rainure et étant en saillie par rapport à la face supérieure, et une feuille (14) recouvrant la face supérieure du corps métallique avec ledit élément (12).
2. Procédé selon la revendication 1 dont l'insert (11) est de forme allongée, et le logement de l'insert dans le corps métallique présente une rainure de forme correspondante.  
20
3. Procédé selon la revendication 1, dont l'insert est de forme rectiligne et l'élément recouvrant l'insert dans la rainure est en forme de pavé.
4. Procédé selon la revendication 3, dont la rainure (10A) présente une première partie (10A1) de logement de l'insert et au moins une deuxième partie (10A2, 10A3) en prolongement de la première partie (10A1), l'élément en forme de pavé (12) comprenant une branche centrale (12A1) recouvrant l'insert et un prolongement (12A2, 12A3) de forme correspondant à la deuxième partie (10A2, 10A3) de la rainure (10A).  
25

5. Procédé selon la revendication 4 dont l'élément en forme de pavé (12) comprend une zone de déformation progressive (12A2', 12A3') entre la branche centrale (12A1) et le prolongement (12A2, 12A3).
- 5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dont l'insert (11) est à section transversale polygonale ou bien à section ovale ou circulaire.
7. Procédé selon la revendication 6 dans lequel la section transversale polygonale est rectangulaire.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 dont l'insert est formé de fibres enduites de métal assemblées en faisceau.
- 10 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dont ledit espace est fermé hermétiquement par un cordon de soudure (15) entre la feuille de métal et le corps métallique.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 selon lequel on dispose au moins un deuxième insert dans le corps métallique.

1 / 2

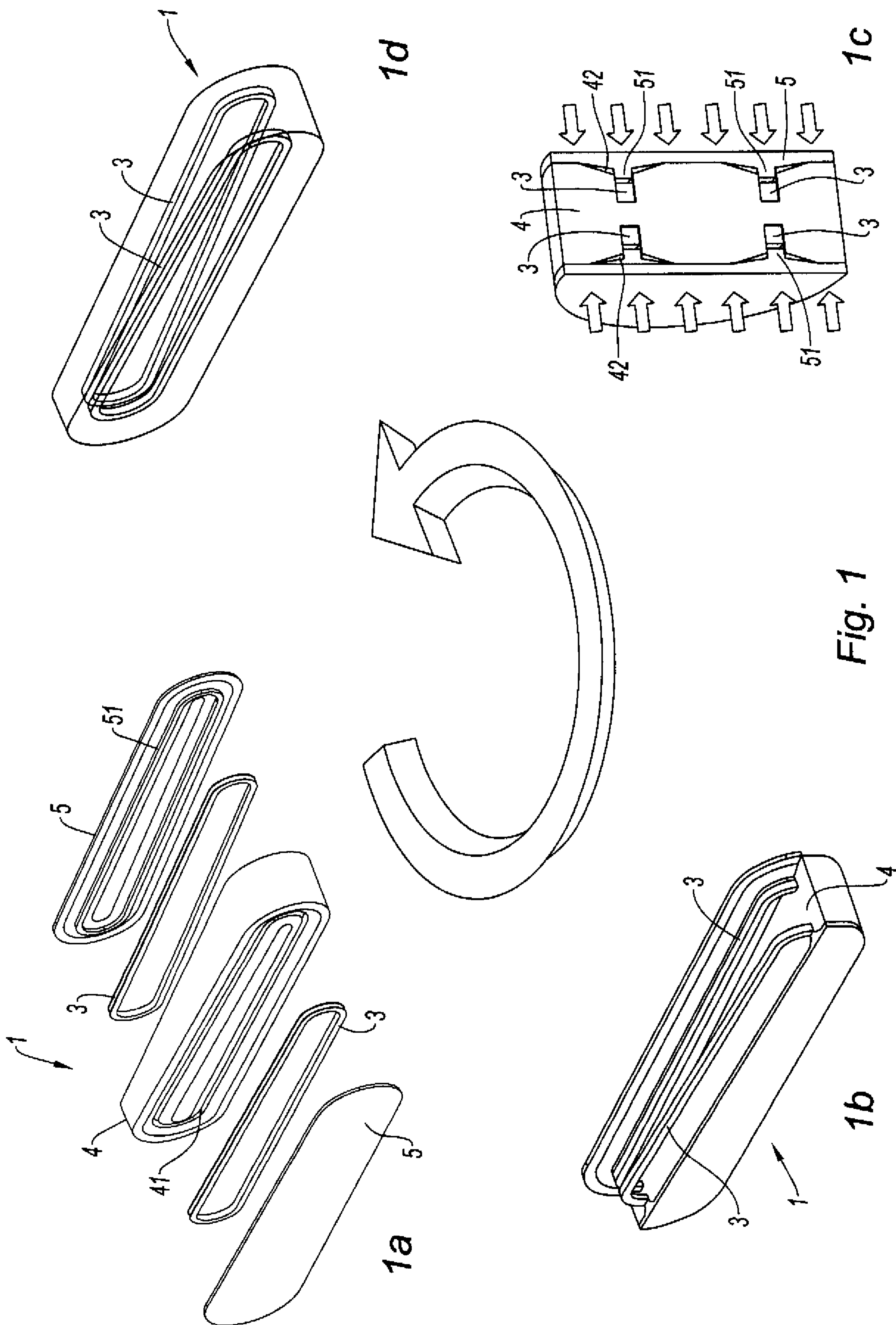


Fig. 1

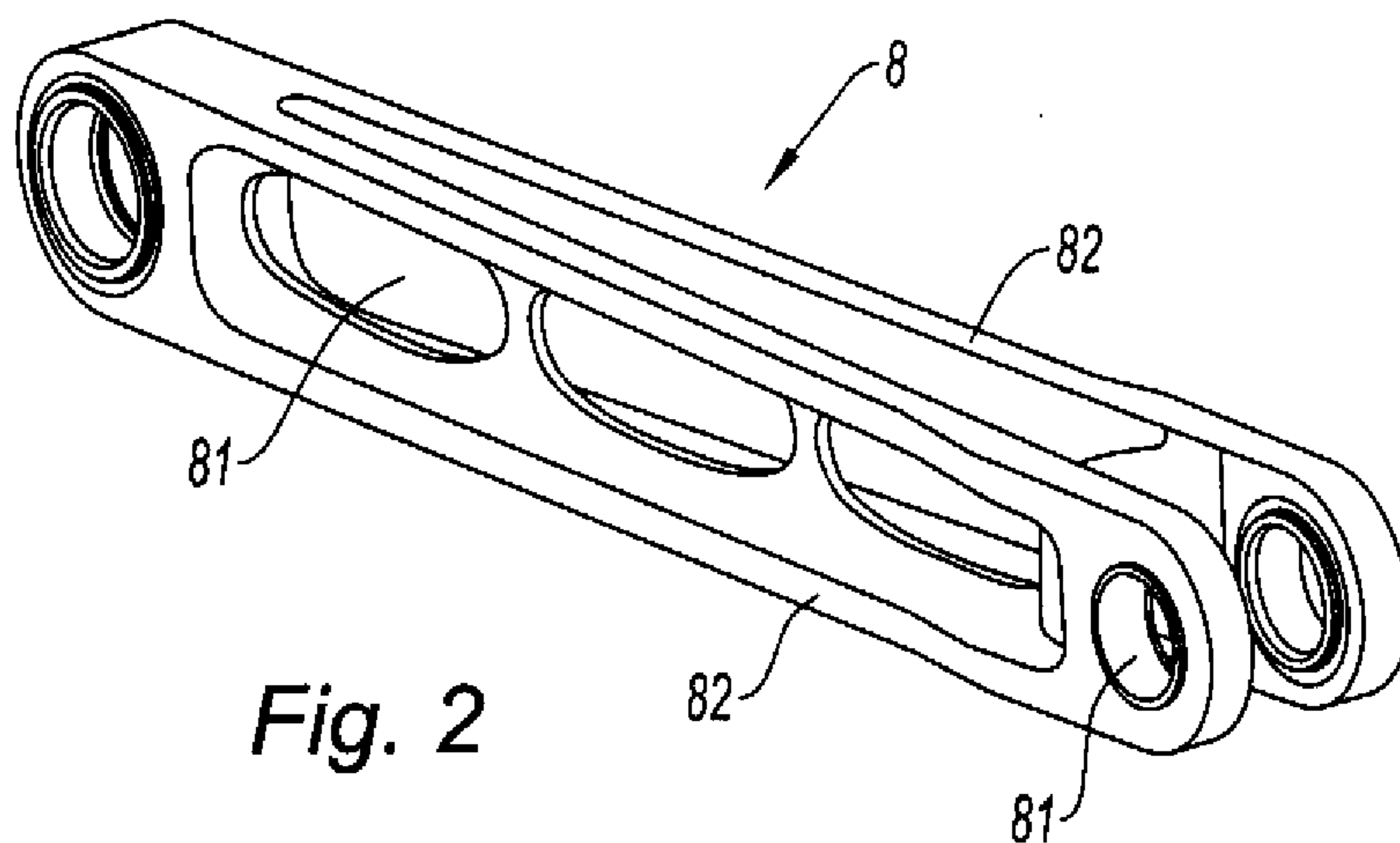


Fig. 2

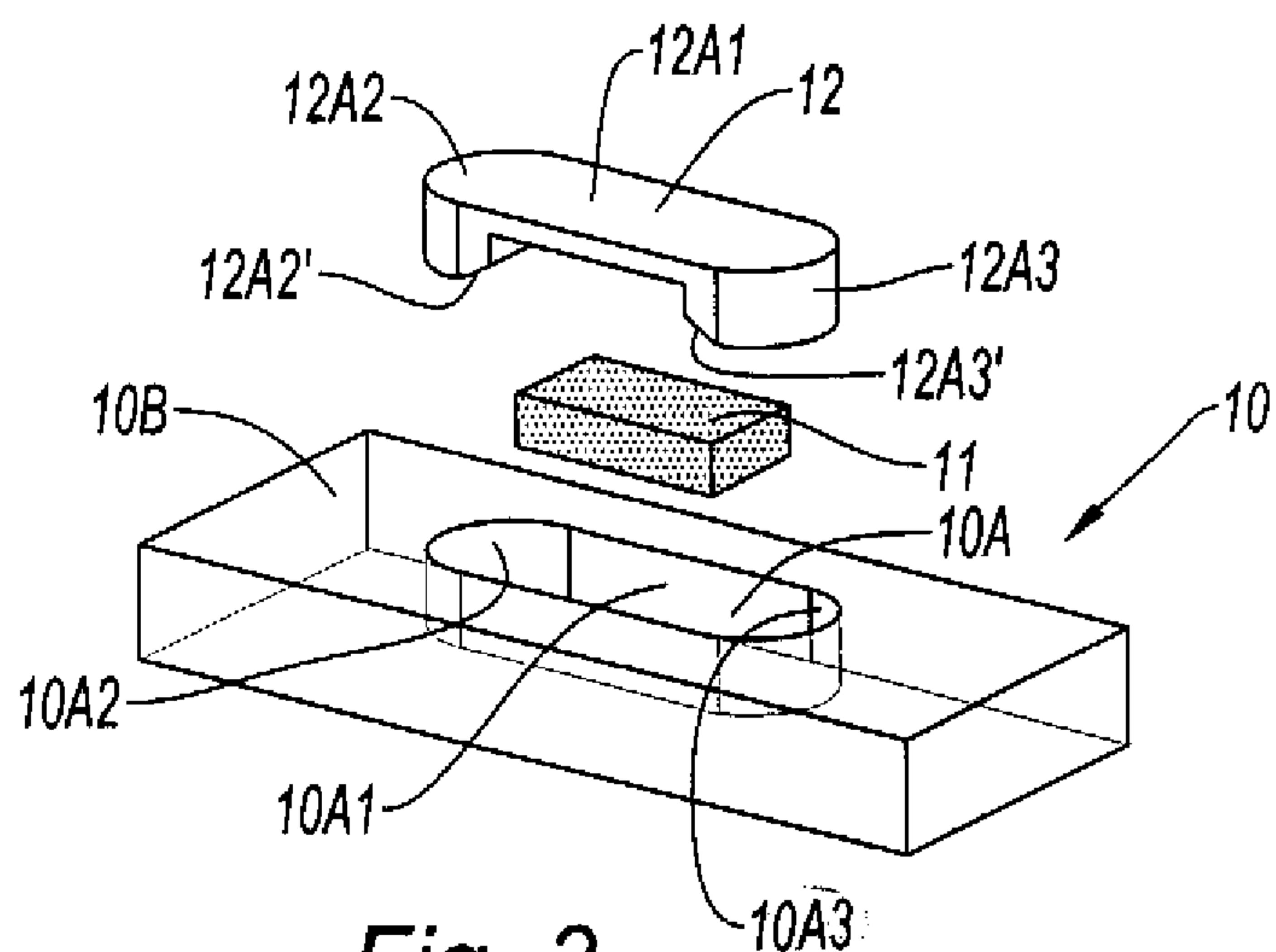


Fig. 3

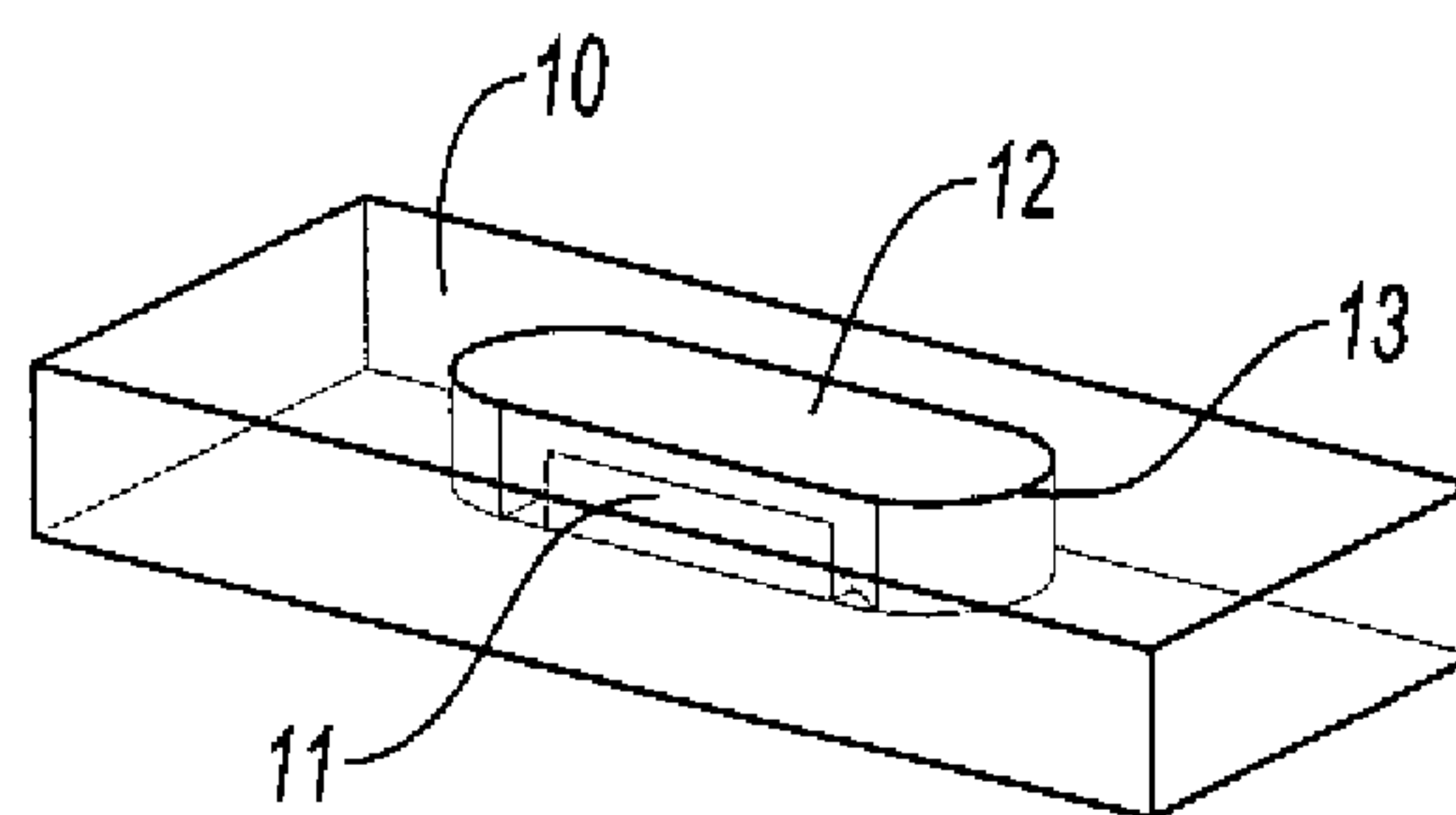


Fig. 4

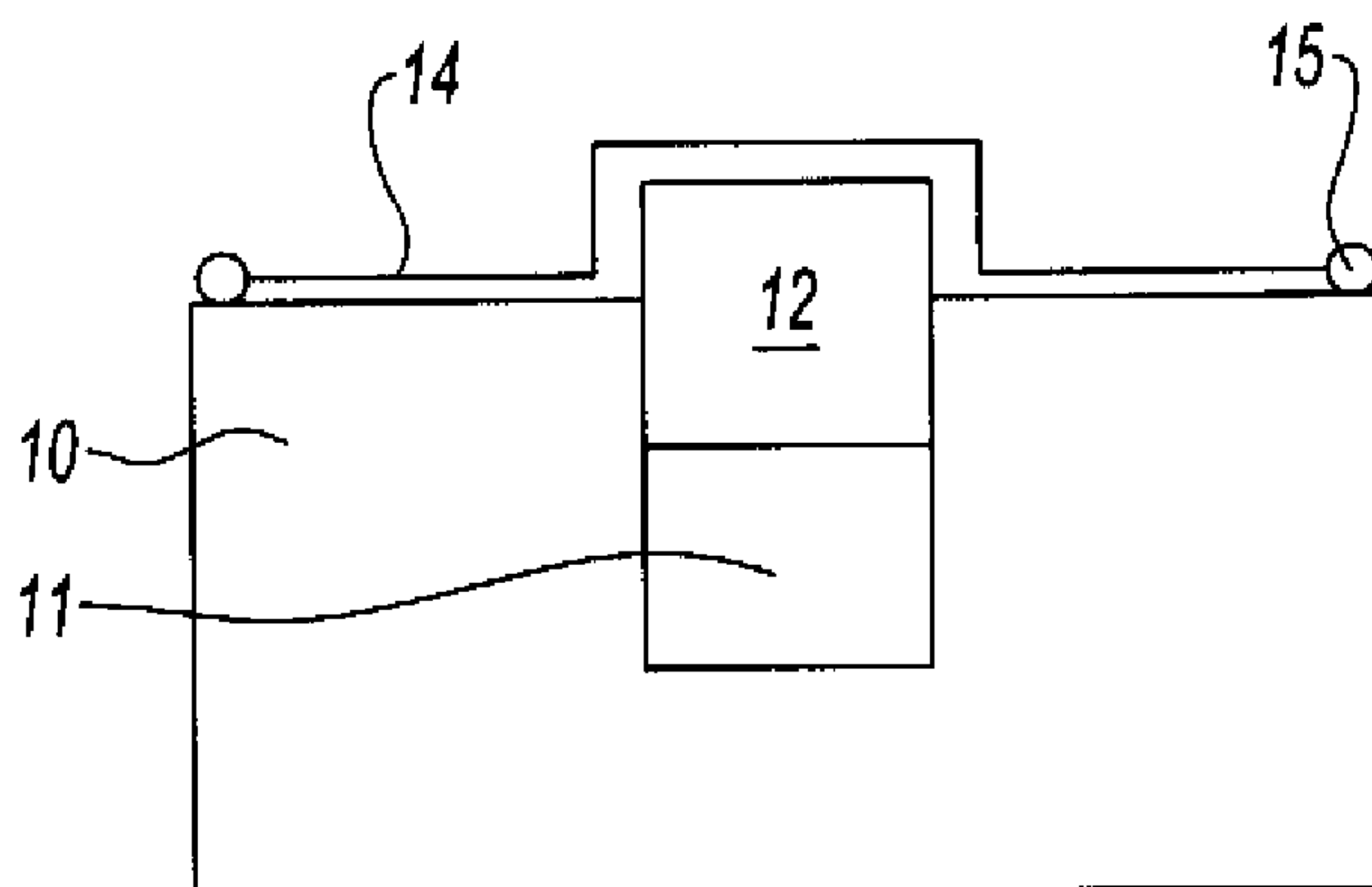


Fig. 5

