(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 245 204 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
06.06.2012 Bulletin 2012/23

(21) Numéro de dépôt: **08867160.7**

(22) Date de dépôt: **24.12.2008**

(51) Int Cl.:
C22C 47/04 *(2006.01)* ***C22C 47/14*** *(2006.01)*
C22C 47/06 *(2006.01)* ***C22C 47/20*** *(2006.01)*
B22F 3/15 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2008/068292

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/083571 (09.07.2009 Gazette 2009/28)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES AVEC INSERT EN MATERIAU COMPOSITE A MATRICE METALLIQUE**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON TEILEN MIT EINEM EINSATZ AUS EINEM METALLMATRIXVERBUNDMATERIAL

METHOD FOR MAKING PARTS WITH AN INSERT MADE OF A METAL-MATRIX COMPOSITE MATERIAL

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **28.12.2007 FR 0709173**

(43) Date de publication de la demande:
03.11.2010 Bulletin 2010/44

(73) Titulaire: **Messier-Bugatti-Dowty**
78140 Velizy Villacoublay (FR)

(72) Inventeur: **MASSON, Richard**
F-78530 Buc (FR)

(74) Mandataire: **Gevers France**
23bis, rue de Turin
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 997 549 **DE-C1- 4 335 557**
GB-A- 2 280 909

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 245 204 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce métallique présentant un renfort en matériau composite à matrice métallique du type fibres céramiques dans une matrice métallique.

[0002] Dans le domaine aéronautique notamment on cherche à réaliser des pièces présentant des propriétés mécaniques optimales pour une masse aussi faible que possible. Dans ce but on incorpore dans certaines pièces un insert en matériau composite à matrice métallique. Ce matériau comprend des fibres céramiques, de carbure de silicium par exemple, noyées dans une matrice métallique, telle qu'un alliage de titane. Les fibres céramiques présentent la propriété d'une très grande résistance à la traction et en compression supérieure au métal. La matrice métallique assure une fonction de liant avec la pièce ainsi que de protection et d'isolation des fibres.

[0003] Un procédé connu de fabrication de telles pièces avec renfort comprend la réalisation d'un bobinage de fil enduit 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 un logement. 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 compression isostatique à chaud au cours de laquelle le bobinage est compacté par le tenon. Les gaines métalliques des fils enduits se soudent entre elles et avec les parois de la rainure par diffusion pour former un ensemble dense composé d'alliage métallique au sein duquel s'étendent annulairement les fibres céramiques. La pièce obtenue est ensuite usinée à la forme souhaitée.

[0004] Dans le but de simplifier la fabrication d'une telle pièce, et 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 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.

[0005] Les techniques de fabrication rapportées ci-dessus impliquent un usinage précis des logements et après réalisation de l'ébauche de pièce avec mise en compression de l'insert et soudage des éléments entre eux, une opération d'usinage pour obtenir la pièce. Ces opérations impliquent ainsi non seulement un usinage d'une quantité de matière importante mais encore des usinages délicats à mener. Pour ces raisons le coût de fabrication de ce type de pièce est important et il est souhaitable de le réduire autant que possible.

[0006] La présente invention vise donc à améliorer la fabrication d'une pièce avec un renfort de ce type de façon à en réduire le coût.

[0007] Le Les étapes du procédé conforme à l'invention sont énoncées dans la revendication 1.

[0008] En mettant en oeuvre la technologie des poudres selon une technique de compression isostatique à chaud, on peut réaliser directement des pièces: présentant à la fois une grande précision dimensionnelle, de hautes performances mécaniques, ainsi qu'une excellente homogénéité métallurgique. En outre la géométrie de la pièce issue du procédé peut être choisie de façon à ce qu'elle soit au plus près de la pièce définitive, ne nécessitant pas ou peu d'opération d'usinage.

[0009] Le procédé permet l'emploi d'un ou plusieurs inserts de formes variées selon la forme de la pièce et le renfort souhaité. Chaque insert peut ainsi être de forme annulaire. Il peut être plus particulièrement axisymétrique ou bien présenter au moins une portion rectiligne. Lorsque l'insert est rectiligne, sous la forme d'un segment rectiligne, il a été de préférence formé à partir de fils enduits soumis ensemble à un traitement de compression isostatique à chaud.

[0010] Lorsqu'on dispose au moins deux inserts dans le moule; ceux-ci peuvent se superposer. La disposition est fonction de la structure de la pièce à fabriquer et des propriétés mécaniques attendues.

[0011] Afin de limiter les opérations d'usinage sur l'ébauche obtenue, on ménage des plots à l'intérieur du moule qui réduisent le volume à remplir par la poudre métallique dans les zones où la matière sera éliminée par usinage. Ces plots délimitent des cavités dans ladite pièce métallique entre les zones renforcées: par les fibres céramiques.

[0012] On connaît le brevet EP 1.669.144 qui porte sur la fabrication d'un article métallique, tel qu'une aube de soufflante creuse avec un renfort interne par la métallurgie des poudres également. Cependant le procédé passe par la réalisation d'une préforme: puis la mise en forme de cette dernière pour réaliser l'article creux. Un tel procédé ne convient pas à la mise en oeuvre de l'invention.

[0013] On connaît le document GB 2.280.909 qui porte sur la fabrication d'une pièce métallique comportant des renforts de fibres céramiques. On enroule les fibres enduites de métal sur un support. L'ensemble est recouvert d'une feuille et le tout est soumis à une compression isostatique à chaud. Cependant une telle technique ne permet pas la fabrication de pièces à partir d'un moule creux dans lequel on dispose un insert préfabriqué. Les deux documents EP 997.549 et DE 4.335.557 ne divulguent pas non plus la formation d'un insert à partir d'une pluralité de fibres.

[0014] D'autres caractéristiques et avantages, de l'in-

vention ressortiront de la lecture de la description qui suit en référence aux dessins annexés sur lesquels

La figure 1 représente un conteneur de l'art antérieur pour la réalisation d'une pièce de forme allongée et avec un insert en matériau composite à matrice céramique,
La figure 2 représente vu de dessus un moule pour la réalisation de pièces conformément à l'invention sans son couvercle.
La figure 3 représente vu de côté en coupe longitudinale le moule de la figure 2.
La figure 4 représente vu de côté en coupe longitudinale un autre mode de support de l'insert dans le moule.
La figure 5 représente vu de côté en coupe longitudinale une variante de moule pour l'obtention d'une pièce possédant plus de matière.
La figure 6 représente la pièce obtenue dans un moule du type de la figure 5 vue en transparence et avec une partie arrachée.
La figure 7 représente vu de côté en coupe longitudinale une autre variante de moule pour l'obtention d'une pièce symétrique.
La figure 8 représente la pièce obtenue dans un moule du type de la figure 7, vue en transparence et avec une partie arrachée.
La figure 9 représente la pièce obtenue dans un moule du type de celui des figures 2, 3, 4 et 5, vue en transparence.

[0015] En se reportant à la figure 1, on a représenté un conteneur 4 de l'art antérieur, de forme allongée, pour la réalisation d'une pièce avec insert en matériau composite à matrice métallique. Une rainure 41 a été usinée dans le conteneur de façon à recevoir un insert 3. La rainure et l'insert sont de forme complémentaire de manière à ce que l'insert soit ajusté sans jeu dans la rainure. Un couvercle 5 vient recouvrir l'ensemble et comporte une surface en saillie non visible sur la figure pour former un appui sur l'insert dans la rainure. L'ensemble est mis sous vide, le couvercle est soudé par faisceau d'électrons par exemple. Ensuite l'ensemble est placé dans une enceinte appropriée où l'on procède à sa compression isostatique à chaud en le soumettant à une pression et une température élevées (1000°C et 1000 bars). Les techniques de fabrication avec un insert comprenant au moins une portion rectiligne sont décrites dans les demandes de brevet FR 07/05453 et FR 07/05454 du 26 juillet 2007 au nom de la demanderesse.

[0016] L'ébauche ainsi réalisée est ensuite usinée pour obtenir la forme voulue. Comme cela est montré dans les demandes de brevet ci-dessus on peut obtenir des pièces présentant des formes complexes comme des éléments d'atterrisseurs d'aéronef.

[0017] La solution de l'invention permet d'obtenir de telles pièces de façon plus économique.

[0018] On prépare d'une part un moule en acier avec une forme creuse proche de celle de la pièce à fabriquer.

[0019] Les figures 2 et 3 montrent un tel moule 10 pour la réalisation d'une pièce de forme globalement allongée. Ce moule est creux avec un fond plan 10a et une paroi 10b d'épaisseur déterminée et de hauteur correspondant à l'épaisseur de la pièce finie. Il comporte des plots 11, 12 et 13 à l'intérieur de la cavité. Selon l'exemple de cette figure les plots sont à une hauteur qui leur permet de venir au contact d'un couvercle 14 fermant le moule. La hauteur peut cependant être moindre comme cela est représenté sur la figure 5.

[0020] On dispose dans le moule un insert 15. Cet insert comprend ici deux portions rectilignes entre deux portions en demi-cercle. Dans le cas de ce type d'insert, les parties rectilignes peuvent être parallèles ou non et les portions semi circulaires être de même diamètre ou non.

[0021] L'insert est réalisé, de façon non limitative, selon l'une des méthodes enseignées par le brevet FR 2886290. Cela comprend la structure des fils enduits, leur fabrication, la fabrication d'une nappe liée de fils enduits, la solidarisation de cette nappe soit sur le support métallique sur lequel elle est enroulée soit à la nappe de couche inférieure, le soudage de fils par laser ou par contact entre deux électrodes. Dans la mesure où l'insert comporte au moins une portion rectiligne il est plus particulièrement réalisé selon l'une des méthodes présentées dans les demandes de brevet FR 07/05453 ou FR 07/05454 du 26 juillet 2007 au nom de la demanderesse. Ainsi l'insert peut être obtenu à partir d'une pluralité de fils enduits comportant chacun une fibre céramique enrobée d'une gaine métallique avec une étape de bobinage autour d'une pièce de révolution, une partie du bobinage s'effectuant selon une direction rectiligne. Dans le cas où l'insert forme un segment rectiligne, il peut être obtenu à partir d'une ébauche d'insert avec une portion rectiligne qui est compactée puis découpée en segments rectilignes.

[0022] L'insert est positionné à l'intérieur de la cavité en étant espacé des parois du moule. Un moyen pour maintenir l'insert dans le moule consiste à disposer celui-ci sur un support 16 qui le cas échéant est de largeur correspondant à celle de l'insert et sur toute la longueur de ce dernier ou bien sur des pions répartis sous l'insert. Ce support est de préférence dans le même métal que la poudre.

[0023] Selon une variante le support peut consister en une pièce 16' à section en forme de L comme cela est représenté sur la figure 4. Dans ce cas, le support est avantageusement constitué du mandrin sur lequel le fil enduit a été bobiné pour constituer l'insert comme cela est décrit dans le brevet FR2886920, qui ne fait pas partie de cette invention.

[0024] On remplit le moule de poudre de métal 18. Dans ce type d'application le métal peut être un alliage de titane tel que l'alliage TA6V ou bien un alliage de nickel tel que l'inconnel 625 ou encore un acier inoxydable. Il s'agit d'un alliage sous une forme granulométrique pro-

pre à être utilisée dans la métallurgie des poudres.

[0025] La poudre peut être introduite dans le moule en partie avant la mise en place de l'insert, avec pré-compactage le cas échéant. Ensuite le moule est rempli.

[0026] On dispose le couvercle 14 sur le moule ainsi rempli et on procède à la mise sous vide de la cavité. L'enceinte est enfin fermée de manière étanche par soudage.

[0027] On place le moule ainsi préparé dans une enceinte à compression isostatique à chaud. L'enceinte permet ainsi de maintenir la pièce à une température de 1000°C et une pression de 1000 bars pendant plusieurs heures. Dans ces conditions le moule est déformé en raison de la réduction de volume entre 20 et 25% à la fois de l'insert et de la poudre.

[0028] Après cette opération, la poudre est complètement densifiée et il ne reste aucune porosité. Toutes les parties en contact sont soudées par soudure diffusion. Les fils enduits sont soudés entre eux formant une matrice à l'intérieur de laquelle sont contenues les fibres céramiques. Le métal constituant la matrice de l'insert est le même que celui constituant la poudre. Il peut en être distinct cependant.

[0029] Le moule est ensuite retiré par dissolution sélective acide ou mécaniquement. Le cas échéant on usine la pièce pour obtenir la forme souhaitée.

[0030] Ce procédé permet de varier la réalisation des pièces. Dans l'exemple ci-dessus les plots s'étendent sur toute la hauteur de la cavité du moule. On a utilisé un minimum de matière. On obtient une pièce 20, telle que celle représentée à la figure 9 avec des ouvertures 21, 22, et 23 traversantes. L'insert 15 intégré dans la masse est visible par transparence.

[0031] On a représenté sur la figure 9 un exemple de pièce qu'il est ainsi possible de réaliser en mettant en oeuvre l'invention. Son coût d'obtention est réduit d'environ 30% par rapport à une technique mettant en oeuvre l'usinage après compression à chaud.

[0032] Dans l'exemple de la figure 5, les plots 51, 52, 53 du moule 50 s'étendent seulement en partie sur la hauteur de la cavité du moule. On obtient une pièce 50' avec des parties allégées 51' 52' 53' mais pas d'ouverture traversante comme on le voit sur la figure 6. L'insert est visible par transparence sur la figure

[0033] Dans l'exemple de la figure 7 on utilise une moule 70 et son couvercle 71 associé qui présentent des plots symétriques 72, 73 par rapport à une paroi 74 médiane. Le moulage 70' de la figure 8 est symétrique.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce métallique (20 ; 50' ; 70') renforcée par des fibres céramiques comprenant les étapes successives suivantes :

   - formation d'au moins un insert (15) par assemblage en faisceau de fibres céramiques enduites de métal,
   - incorporation de l'insert (15) dans un moule (10; 50; 70) métallique creux de telle façon que l'insert (15) soit disposé dans la cavité en étant espacé des parois (10a, 10b) du moule,
   - remplissage du moule (10 ; 50 ; 70) avec une poudre métallique (18),
   - mise en place d'un couvercle fermant le moule,
   - mise sous vide de l'enceinte et fermeture de manière étanche par soudage du moule (10 ; 50 ; 70),
   - compression isostatique à chaud de l'ensemble, à une température et une pression suffisantes pour lier les particules de poudre et les fibres enduites de l'insert (15),
   - élimination du moule (10; 50; 70) et usinage le cas échéant à la forme souhaité.

2. Procédé selon la revendication précédente dont l'insert (15) est de forme annulaire, notamment de forme axisymétrique.

3. Procédé selon la revendication 1 dont l'insert (15) présente au moins une portion rectiligne.

4. Procédé selon la revendication 1 dont l'insert (15) est rectiligne et a été formé à partir de fils enduits soumis ensemble à un traitement de compression isostatique à chaud.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel on dispose l'insert (15) dans le moule (10) par l'intermédiaire d'un support (16, 16')

6. Procédé selon la revendication précédente dont le support (16') est le mandrin de bobinage de l'insert.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel on dispose au moins deux inserts dans le moule.

8. Procédé selon la revendication précédente selon lequel on dispose les deux inserts de manière à ce qu'ils soient superposés.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel on ménage des plots (11, 12, 13 ; 51, 52,53 ; 72, 73) dans le moule (10, 50 70), les plots délimitant les cavités dans ladite pièce métallique entre les zones renforcées par les fibres céramiques.

Claims

1. Method for manufacturing a metal part (20; 50'; 70') which is reinforced by ceramic fibres, comprising the following successive steps:

- formation of at least one insert (15) by assembling metal-coated ceramic fibres into a bundle;
- introduction of the insert (15) into a hollow metal mould (10; 50; 70) in such a way that the insert (15) is arranged inside the cavity at a distance from the walls (10a, 10b) of the mould;
- filling of the mould (10; 50; 70) with a metal powder (18);
- positioning of a lid which closes the mould;
- creation of a vacuum inside the chamber and tight closure of the mould (10; 50; 70) by welding;
- hot isostatic pressing of the assembly at a temperature and a pressure that are sufficient to bond the powder particles and the coated fibres of the insert (15);
- removal of the mould (10; 50; 70) and optionally machining to the desired shape.

2. Method according to the preceding claim, wherein the insert (15) is annular in shape, in particular axisymmetric in shape.

3. Method according to claim 1, wherein the insert (15) has at least one straight portion.

4. Method according to claim 1, wherein the insert (15) is straight and formed from coated threads jointly subjected to a hot isostatic pressing treatment.

5. Method according to any one of the preceding claims, wherein the insert (15) is arranged inside the mould (10) by means of a support (16, 16').

6. Method according to the preceding claim, wherein the support (16) is the mandrel for winding the insert.

7. Method according to any one of the preceding claims, wherein at least two inserts are arranged inside the mould.

8. Method according to the preceding claim, wherein the two inserts are arranged in such a way that they are superposed.

9. Method according to any one of the preceding claims, wherein projections (11, 12, 13; 51, 52, 53; 72, 73) are provided inside the mould (10, 50, 70), the projections defining the cavities in said metal part between the zones reinforced by the ceramic fibres.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mit Keramikfasern verstärkten Metallteils (20; 50'; 70'), das folgende aufeinanderfolgende Schritte umfasst:

- Formen mindestens eines Einsatzes (15) durch Zusammenfügen von metallbeschichteten Keramikfasern zu einem Bündel,
- Einbringen des Einsatzes (15) in eine Metallform (10; 50; 70) auf eine solche Weise, dass der Einsatz (15) in dem Hohlraum mit einem Abstand zu den Wänden (10a, 10b) der Form angeordnet ist,
- Füllen der Form (10; 50; 70) mit einem Metallpulver (18),
- Platzieren eines Deckels, der die Form verschließt,
- Evakuieren des Raums und dichtes Verschließen der Form (10; 50; 70) durch Schweißen,
- isostatisches Heißpressen der Einheit bei einer Temperatur und einem Druck, die ausreichen, um die Pulverpartikel und die beschichteten Fasern des Einsatzes (15) zu verbinden,
- Entfernen der Form (10; 50; 70) und gegebenenfalls Verarbeitung zur gewünschten Form.

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Einsatz (15) ringförmig, insbesondere achsensymmetrisch ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Einsatz (15) mindestens einen geraden Abschnitt aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Einsatz (15) gerade ist und aus beschichteten Drähten geformt wurde, die gemeinsam isostatisch heißgepresst wurden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Einsatz (15) mittels eines Trägers (16, 16') in der Form (10) angeordnet wird.

6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Träger (16') der Wickeldorn des Einsatzes ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei Einsätze in der Form angeordnet werden.

8. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die beiden Einsätze so angeordnet werden, dass sie übereinanderliegen.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der Form (10, 50, 70) Erhebungen (11, 12, 13; 51, 52, 53; 72, 73) vorgesehen werden, wobei die Erhebungen die Hohlräume in dem Metallteil zwischen den Bereichen, die mit Keramikfasern verstärkt sind, begrenzen.

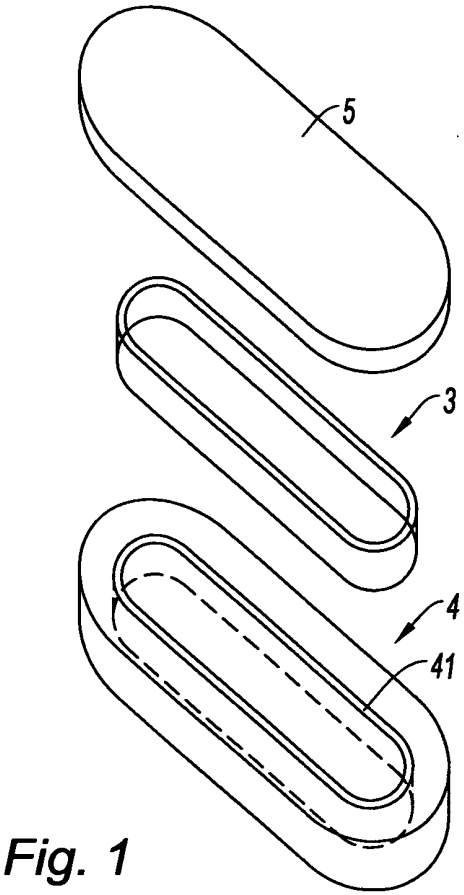


Fig. 1

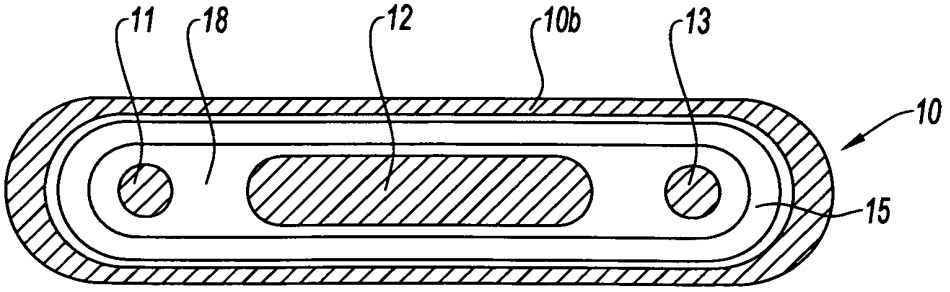


Fig. 2

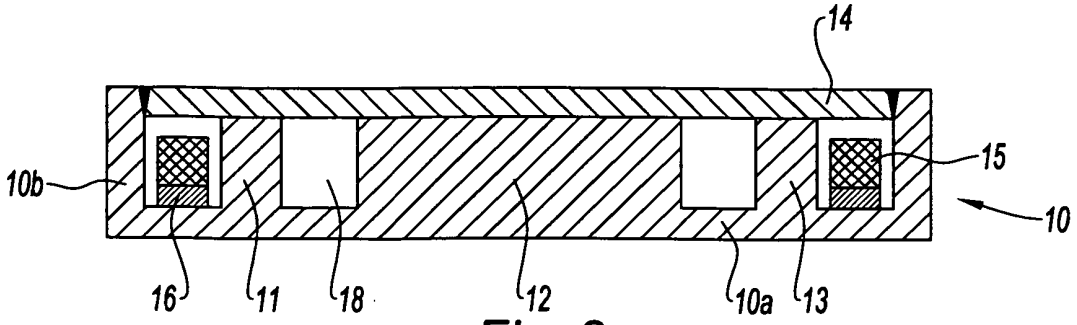


Fig. 3

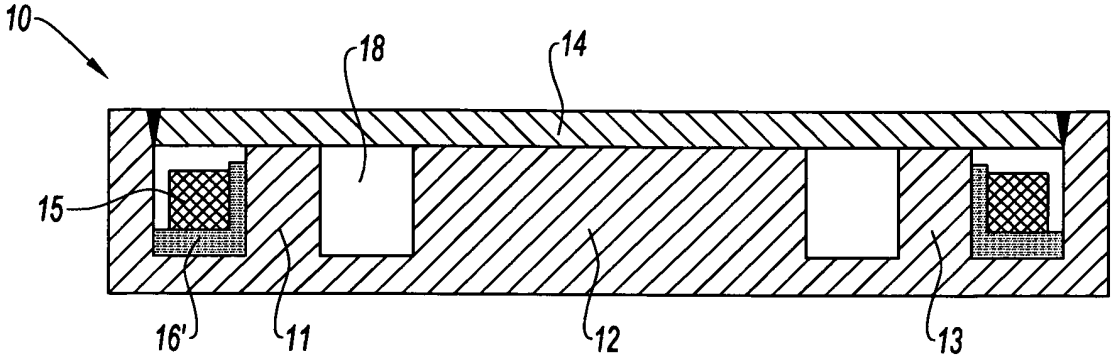


Fig. 4

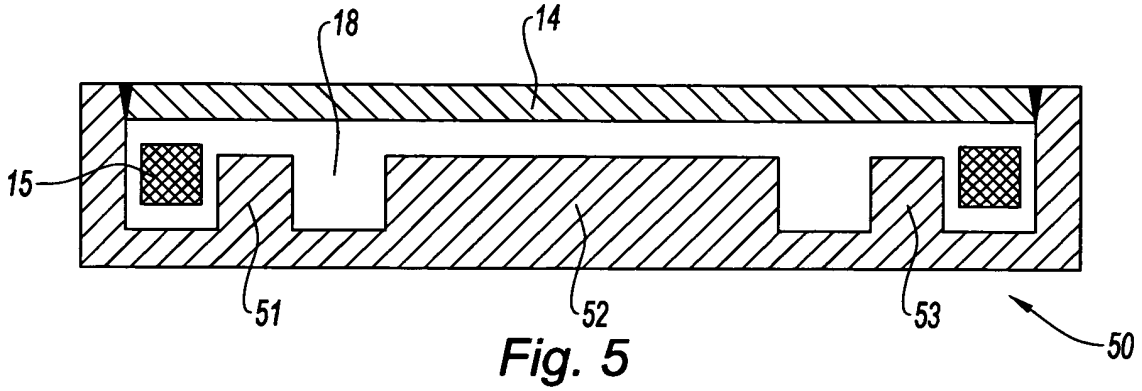


Fig. 5

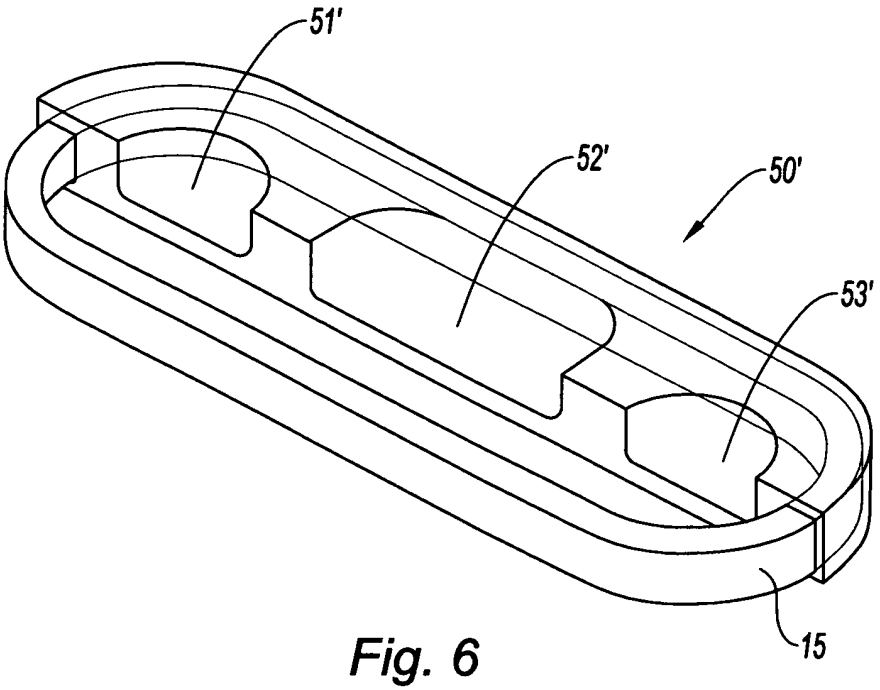


Fig. 6

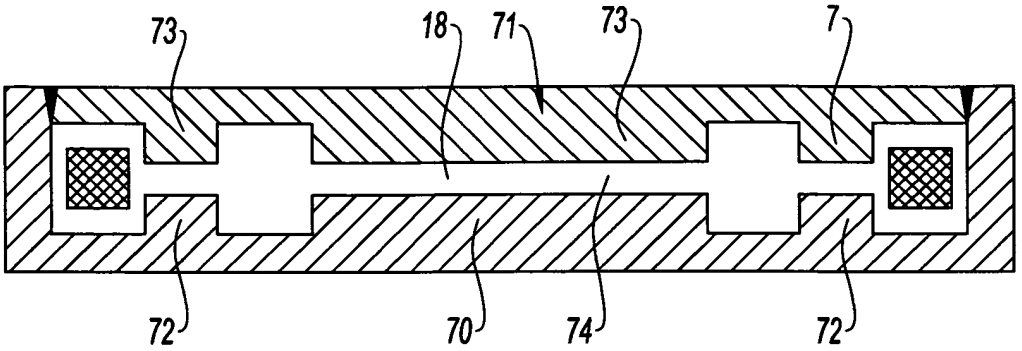


Fig. 7

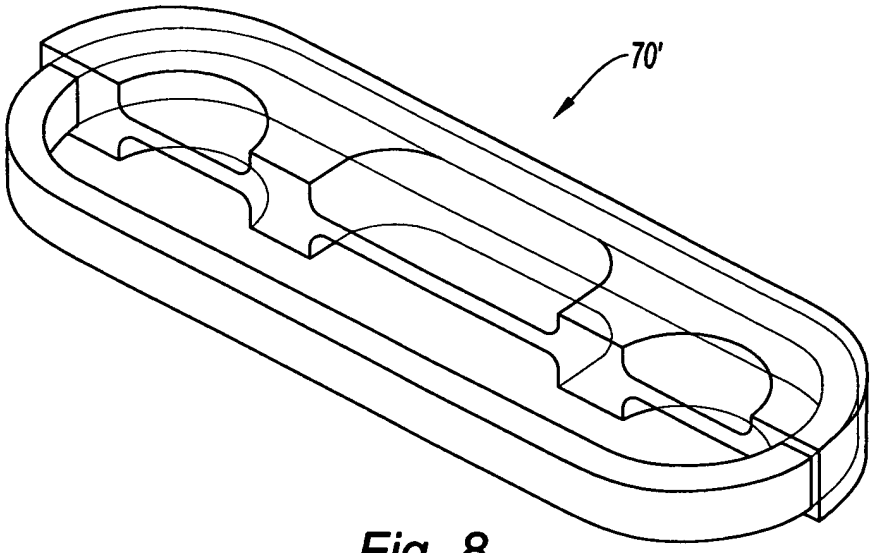


Fig. 8

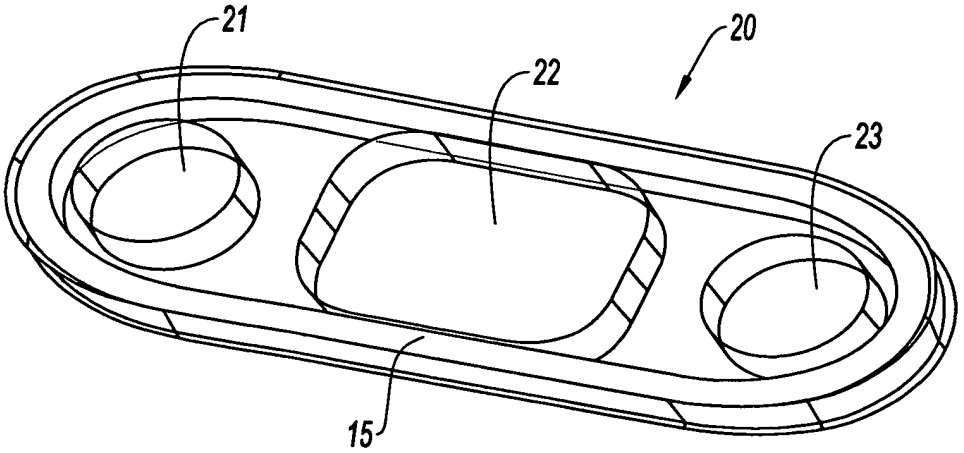


Fig. 9

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2886290 **[0004] [0021]**
- EP 1669144 A **[0012]**
- GB 2280909 A **[0013]**
- EP 997549 A **[0013]**
- DE 4335557 **[0013]**
- FR 0705453 **[0015] [0021]**
- FR 0705454 **[0015] [0021]**
- FR 2886920 **[0023]**