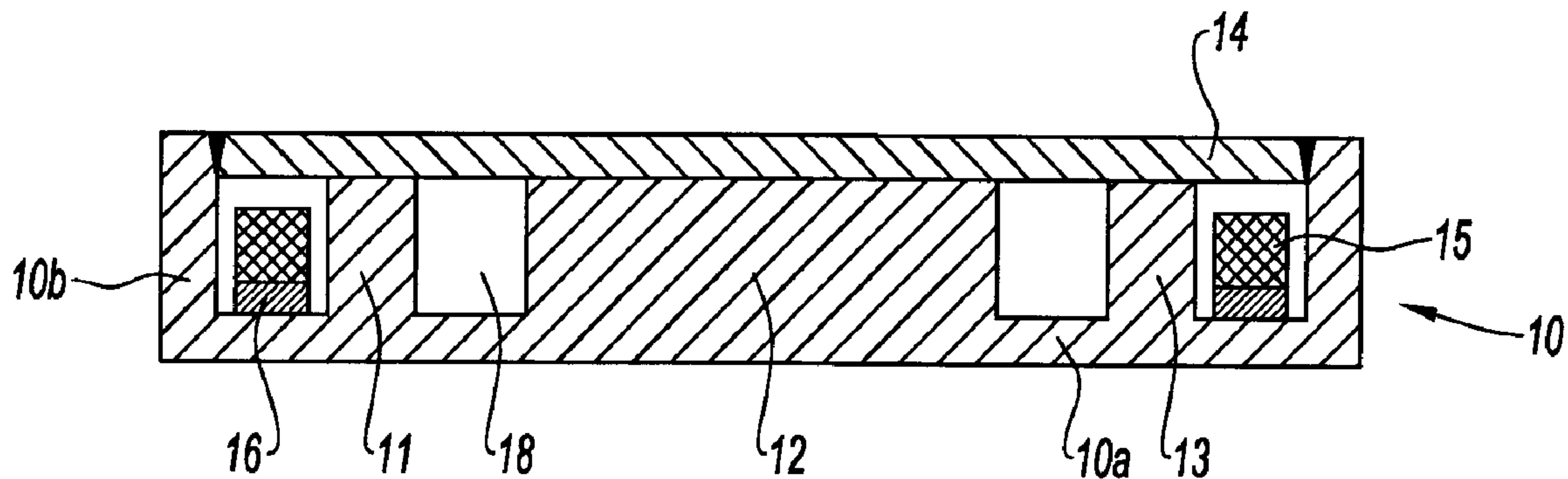




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2008/12/24
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2009/07/09
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2016/12/20
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2010/06/21
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2008/068292
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2009/083571
(30) **Priorité/Priority:** 2007/12/28 (FR0709173)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** **C22C 47/04** (2006.01),
B22F 3/15 (2006.01), **C22C 47/06** (2006.01),
C22C 47/14 (2006.01), **C22C 47/20** (2006.01)
(72) **Inventeur/Inventor:**
MASSON, RICHARD, FR
(73) **Propriétaire/Owner:**
MESSIER-BUGATTI-DOWTY, FR
(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : PROCÉDE DE FABRICATION DE PIÉCES AVEC INSERT EN MATERIAU COMPOSITE A MATRICE METALLIQUE**
(54) **Title: METHOD FOR MAKING PARTS WITH AN INSERT MADE OF A METAL-MATRIX COMPOSITE MATERIAL**



(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention porte sur un procédé de fabrication d'une pièce métallique comportant un renfort (15) de fibres céramiques. Le procédé comprend les étapes suivantes :- formation d'au moins un insert (15) de forme annulaire par assemblage en faisceau de fibres céramiques enduites de métal, - incorporation de l'insert dans un moule (10) métallique creux de telle façon que l'insert soit espacé des parois (10a, 10b) du moule, - remplissage du moule avec une poudre métallique, - mise sous vide et fermeture du moule, - compression isostatique à chaud de l'ensemble, à une température et une pression suffisantes pour lier les particules de poudre entre elles et lier les fibres de l'insert entre elles, - élimination du moule et usinage le cas échéant à la forme souhaité.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
9 juillet 2009 (09.07.2009)(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/083571 A1(51) Classification internationale des brevets :
C22C 47/04 (2006.01) C22C 47/20 (2006.01)
C22C 47/14 (2006.01) B22F 3/15 (2006.01)
C22C 47/06 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/068292(22) Date de dépôt international :
24 décembre 2008 (24.12.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0709173 28 décembre 2007 (28.12.2007) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
MESSIER-DOWTY SA [FR/FR]; Zone aéronautique,
F-78140 Velizy Villacoublay (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MASSON,
Richard [FR/FR]; 2 avenue Huguier, F-78530 Buc (FR).(74) Mandataires : DAVID, Daniel etc.; Bloch & Gevers,
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,
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, 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.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING PARTS WITH AN INSERT MADE OF A METAL-MATRIX COMPOSITE MATERIAL

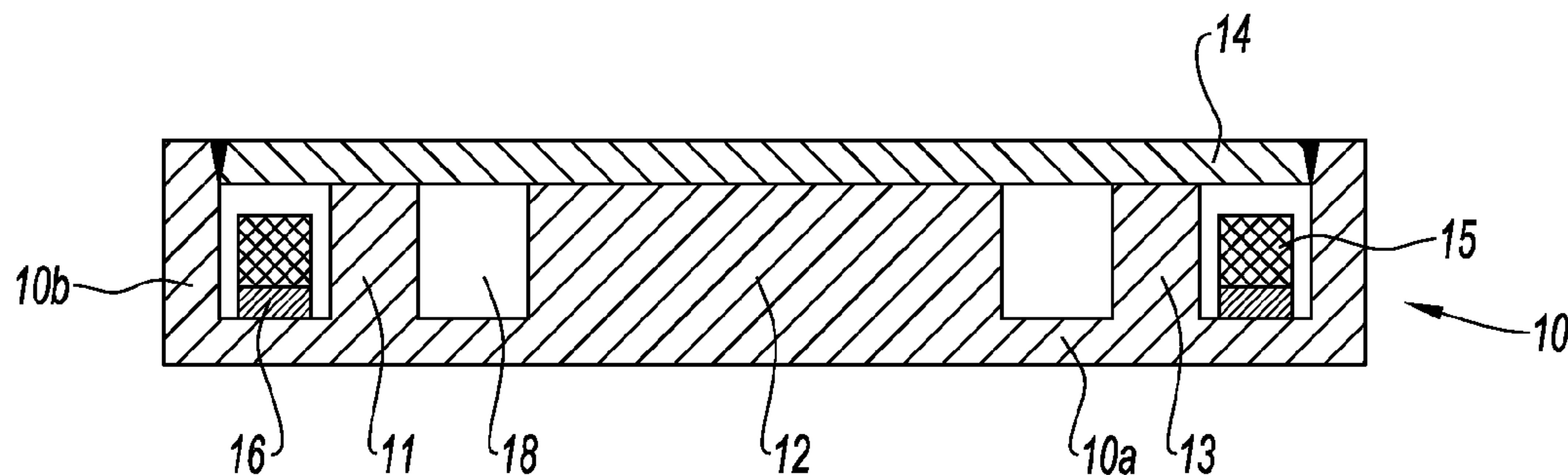
(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES AVEC INSERT EN MATERIAU COMPOSITE A MATRICE METAL-
LIQUE

Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for making a metal part that comprises a reinforcement (15) made of ceramic fibres. The method comprises the following steps: forming at least one annular-shaped insert (15) by assembling a bundle of metal-coated fibres; placing the insert into a hollow metal mould (10) such that the insert is spaced between the walls (10a, 10b) of the mould; filling the mould with a metal powder; generating vacuum in the mould and closing the same; hot isostatic compressing the assembly at a temperature and under a pressure sufficient for binding the powder particles between them and for binding the insert fibres between them; removing the mould and optionally machining to the desired shape.

(57) Abrégé : La présente invention porte sur un procédé de fabrication d'une pièce métallique comportant un renfort (15) de fibres céramiques. Le procédé comprend les étapes suivantes : - formation d'au moins un insert (15) de forme annulaire par assemblage en faisceau de fibres céramiques enduites de métal, - incorporation de l'insert dans un moule (10) métallique creux de telle façon que l'insert soit espacé des parois (10a, 10b) du moule, - remplissage du moule avec une poudre métallique, - mise sous vide et fermeture du moule, - compression isostatique à chaud de l'ensemble, à une température

[Suite sur la page suivante]



WO 2009/083571 A1

WO 2009/083571 A1

(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), eurasién (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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

Procédé de fabrication de pièces avec insert en matériau composite à matrice métallique

5 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.

10 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
15 supérieure au métal. La matrice métallique assure une fonction de liant avec la pièce ainsi que de protection et d'isolation des fibres.

20 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
25 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
30 composé d'alliage métallique au sein duquel s'étendent annulairement les fibres céramiques. La pièce obtenue est ensuite usinée à la forme souhaitée.

35 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
40 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.

5

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
10 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.

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

Le procédé conforme à l'invention de fabrication d'une pièce métallique comportant un renfort de fibres céramiques comprend les étapes suivantes :

20 formation d'un insert par assemblage de fibres céramiques enduites de métal,

préparation d'un moule métallique creux dont le volume intérieur correspond à l'enveloppe de la pièce à réaliser

incorporation de l'insert dans le moule métallique de telle façon que l'insert soit espacé des parois du moule,

25 remplissage du moule avec une poudre métallique,

fermeture du moule par un couvercle avec mise sous vide de l'enceinte et soudage du couvercle au moule,

compression isostatique à chaud de l'ensemble, à une température et une pression suffisantes permettant de déformer l'enveloppe du moule,

30 compacter la poudre et les fibres, lier les particules de poudre et les fibres,

élimination du moule et usinage le cas échéant à la forme souhaitée.

En mettant en œuvre la technologie des poudres selon une technique de compression isostatique à chaud, on peut réaliser directement des pièces
35 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.

40

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.

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.

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.

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 œuvre de l'invention.

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.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention 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.

5 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.

10 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.

15 La figure 9 représente la pièce obtenue dans un moule du type de celui des figures 2, 3, 4 et 5, vue en transparence.

20 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.

35 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.

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

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

10 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.

15 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.

20 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
25 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
30 une portion rectiligne qui est compactée puis découpée en segments rectilignes.

35 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
40 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.

5 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.

10

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'inconel 625 ou encore un acier inoxydable. Il s'agit d'un alliage sous une forme granulométrique propre à être utilisée

15

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.

20

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.

25

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.

30

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

35

constituant la matrice de l'insert est le même que celui constituant la poudre. Il peut en être distinct cependant.

40

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

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.

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

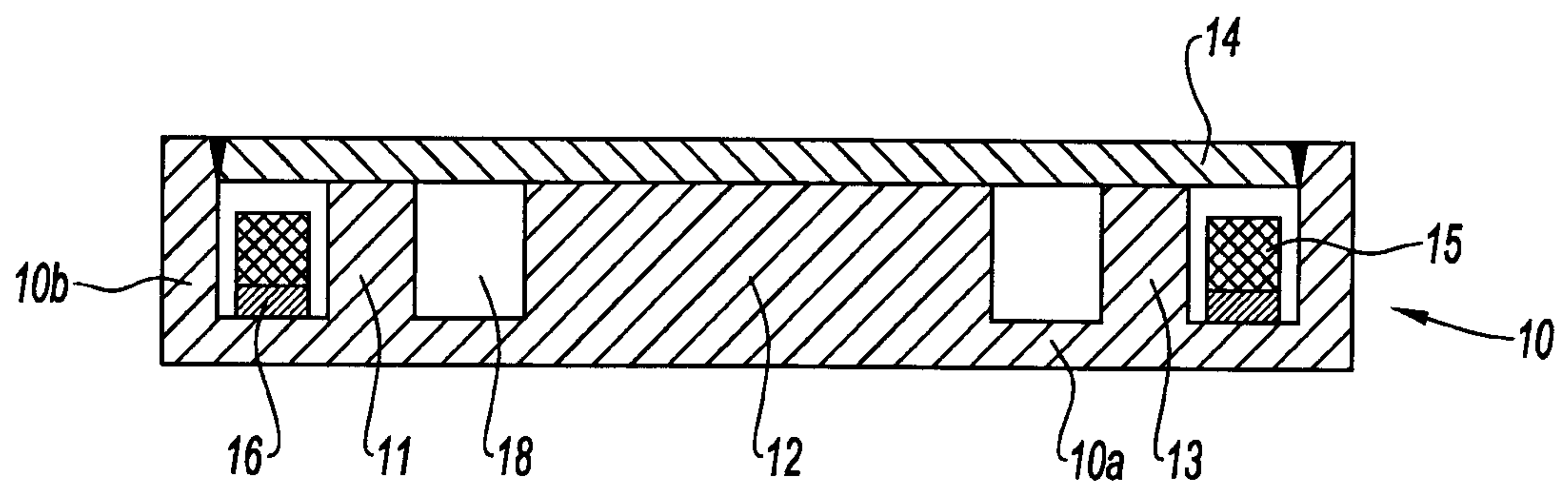
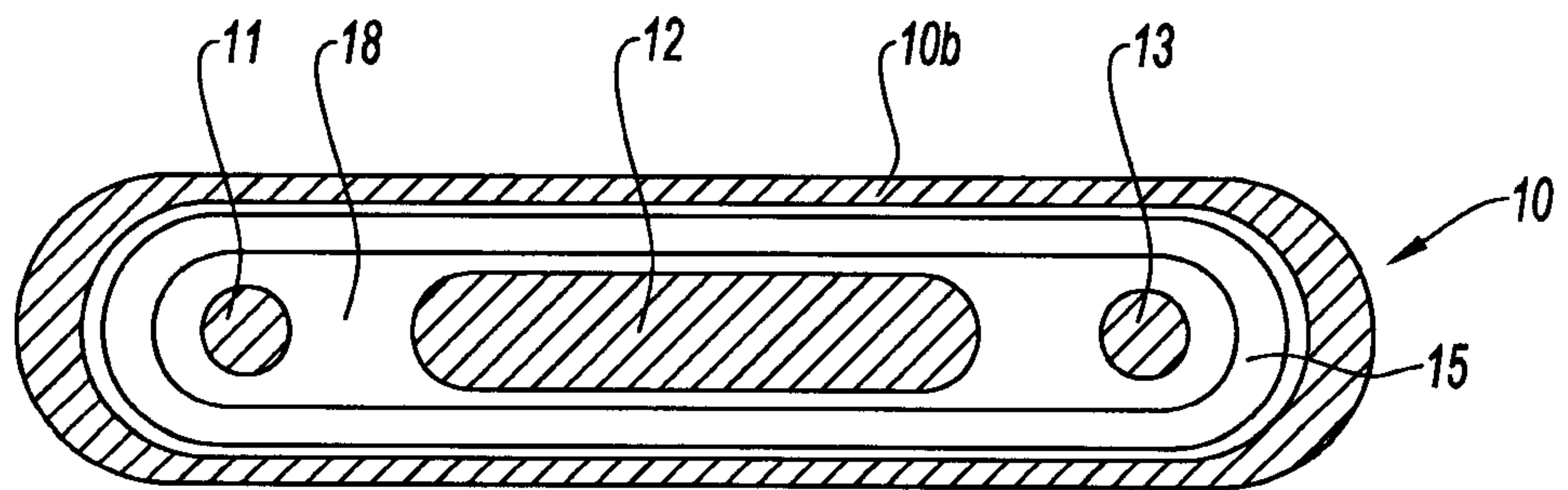
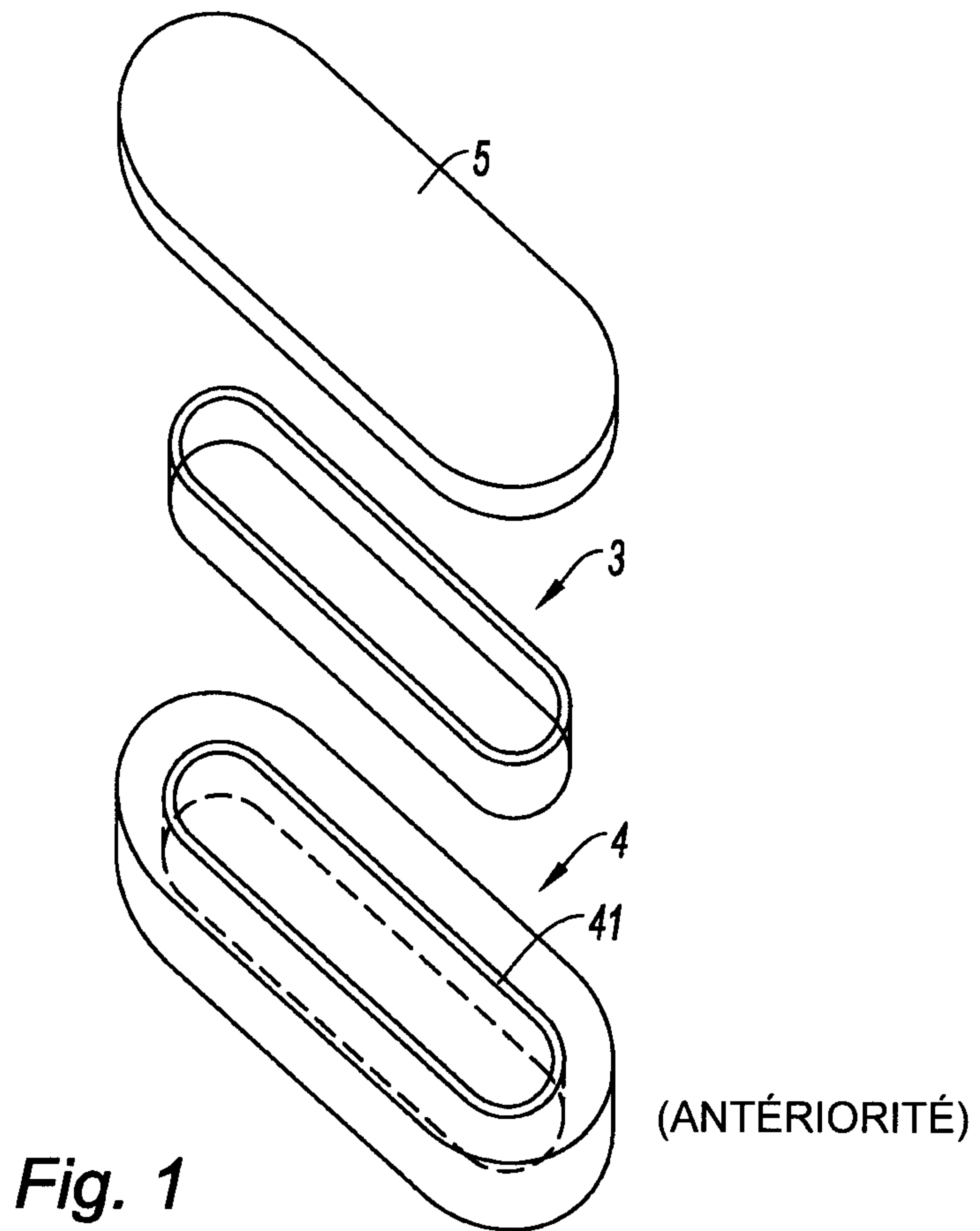
Dans l'exemple de la figure 5, les plots 51, 52, 53 du moule 50 s'étendent seulement en partie sur la hauteur de la cavité du moule. On obtient une pièce 50' avec des parties allégées 51' 52' 53' mais pas d'ouverture traversante comme on le voit sur la figure 6. L'insert est visible par transparence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

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 comportant au moins un renfort de fibres céramiques comprenant les étapes suivantes :
 - formation d'au moins un insert par assemblage en faisceau de fibres céramiques enduites de métal,
 - incorporation de l'insert dans un moule métallique creux de telle façon que l'insert soit espacé des parois du moule,
 - remplissage du moule avec une poudre métallique,
 - mise sous vide et fermeture du moule,
 - 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,
 - élimination du moule et usinage le cas échéant à la forme souhaité.
2. Procédé selon la revendication 1 dont l'insert est de forme annulaire.
3. Procédé selon la revendication 2 dont l'insert est de forme axisymétrique.
4. Procédé selon la revendication 1 dont l'insert présente au moins une portion rectiligne.
5. Procédé selon la revendication 1 dont l'insert est rectiligne et a été formé à partir de fils enduits soumis ensemble à un traitement de compression isostatique à chaud.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 selon lequel on dispose l'insert dans le moule par l'intermédiaire d'un support.
7. Procédé selon la revendication 6 dont le support est le mandrin de bobinage de l'insert.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 selon lequel on dispose au moins deux inserts dans le moule.
9. Procédé selon la revendication 8 selon lequel on dispose les deux inserts de manière à ce qu'ils soient superposés.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 selon lequel on ménage des plots dans le moule, les plots délimitant les cavités dans ladite pièce métallique entre les zones renforcées par les fibres céramiques.

1 / 3



2 / 3

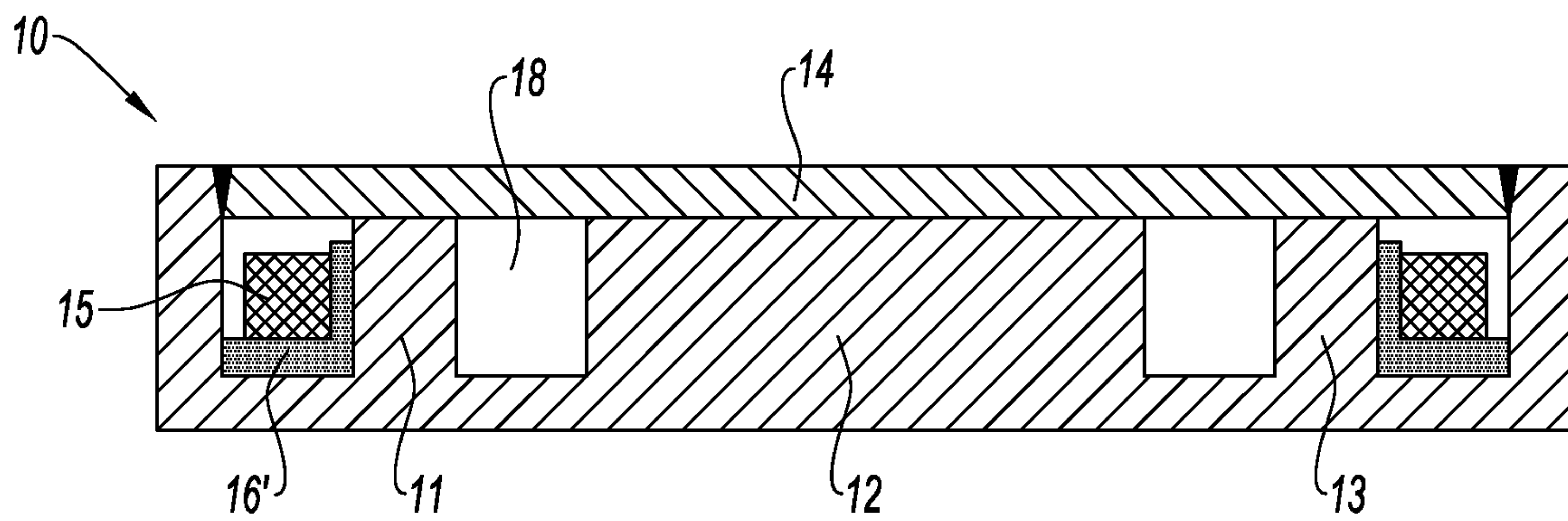


Fig. 4

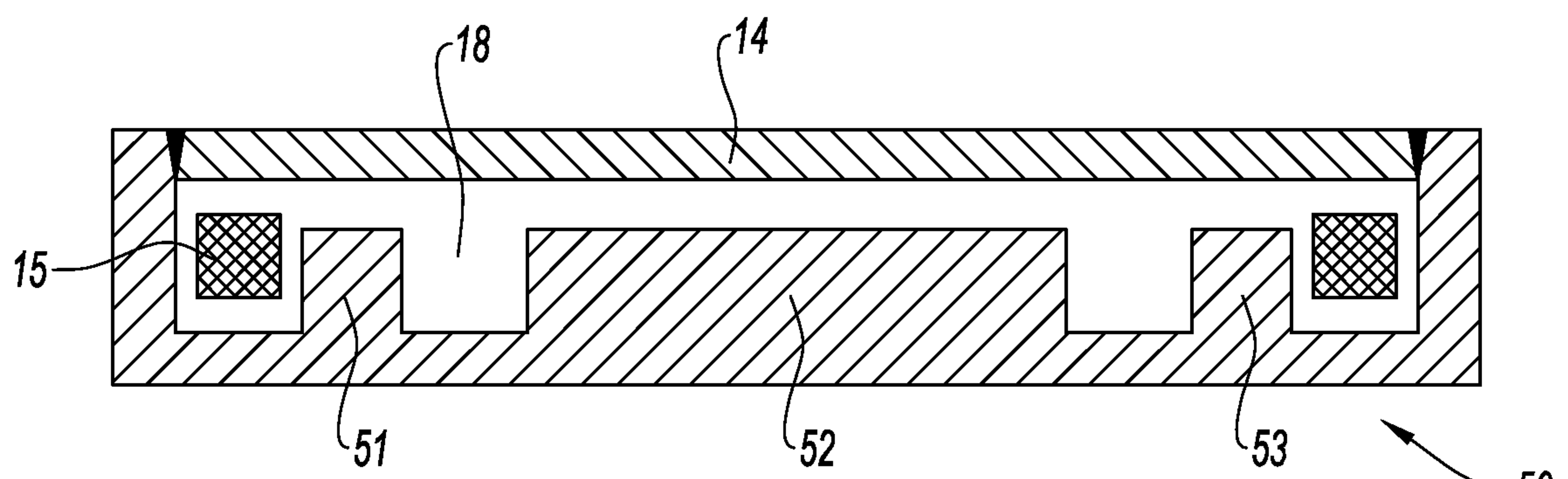


Fig. 5

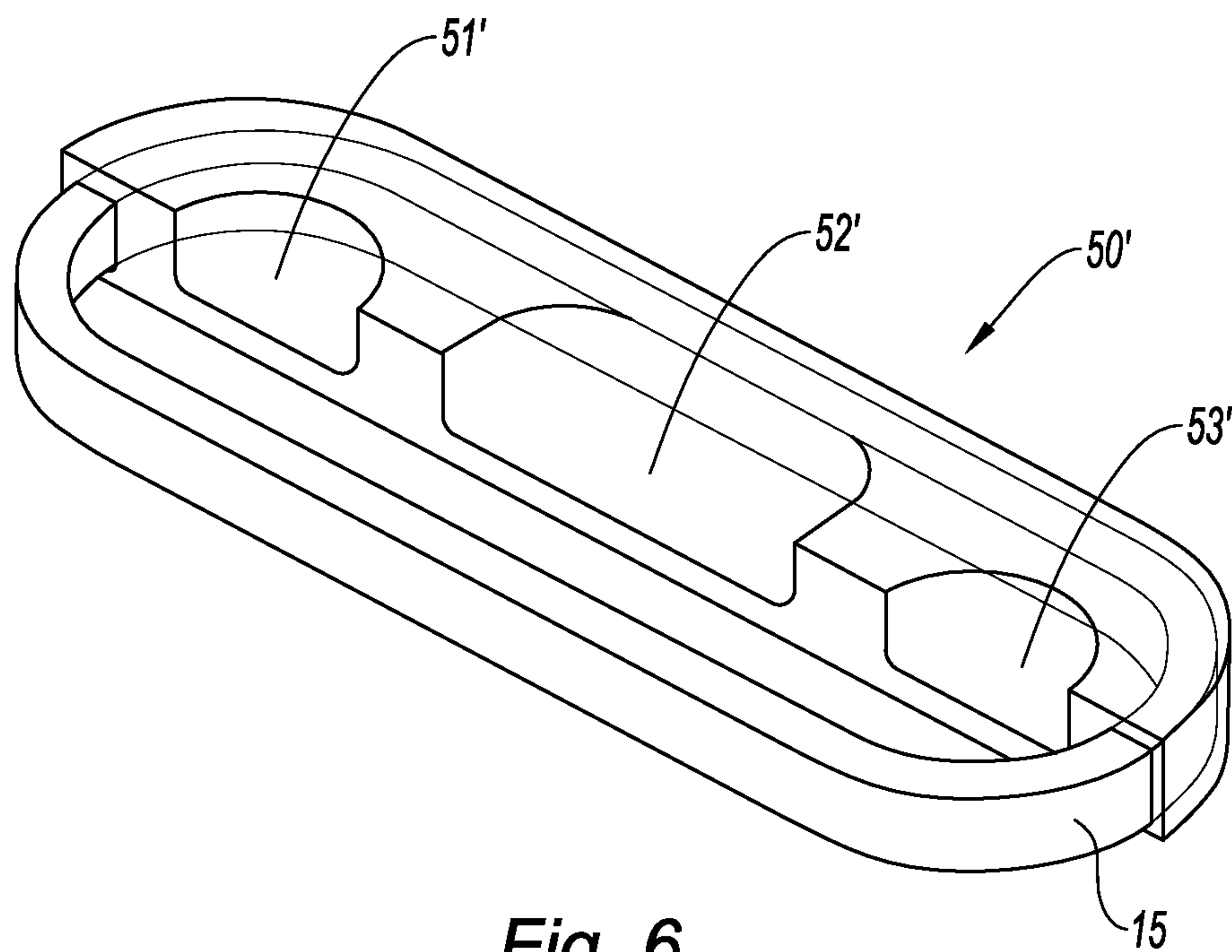
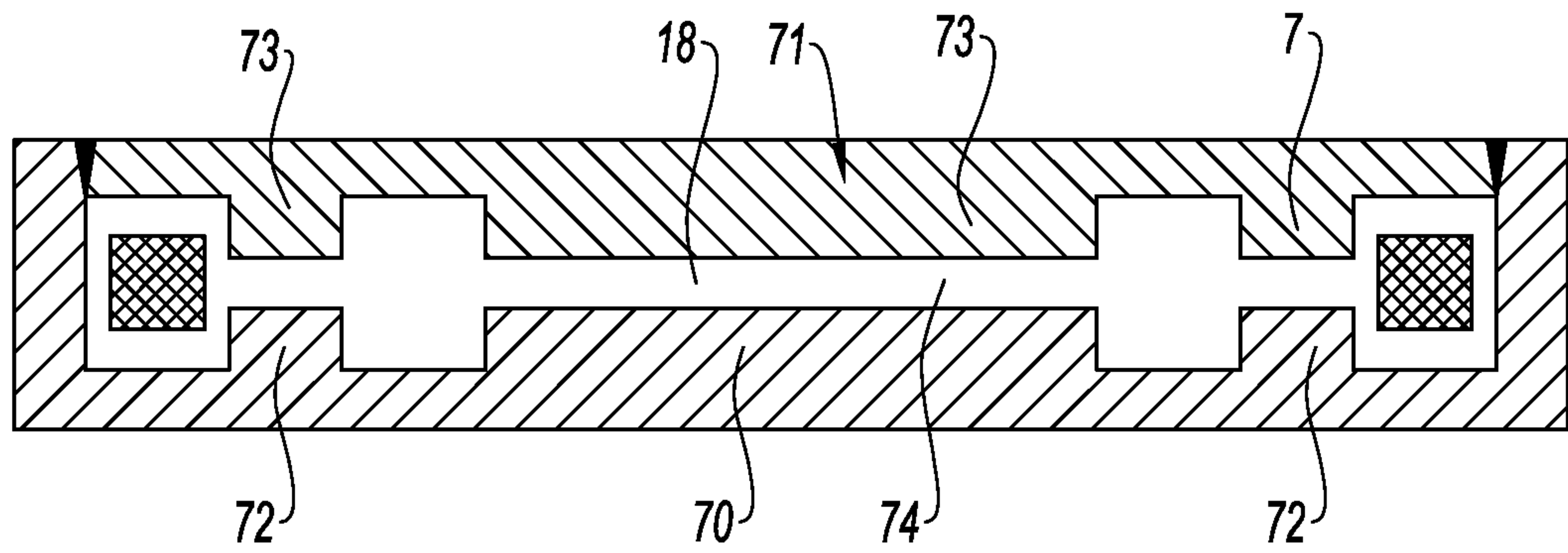
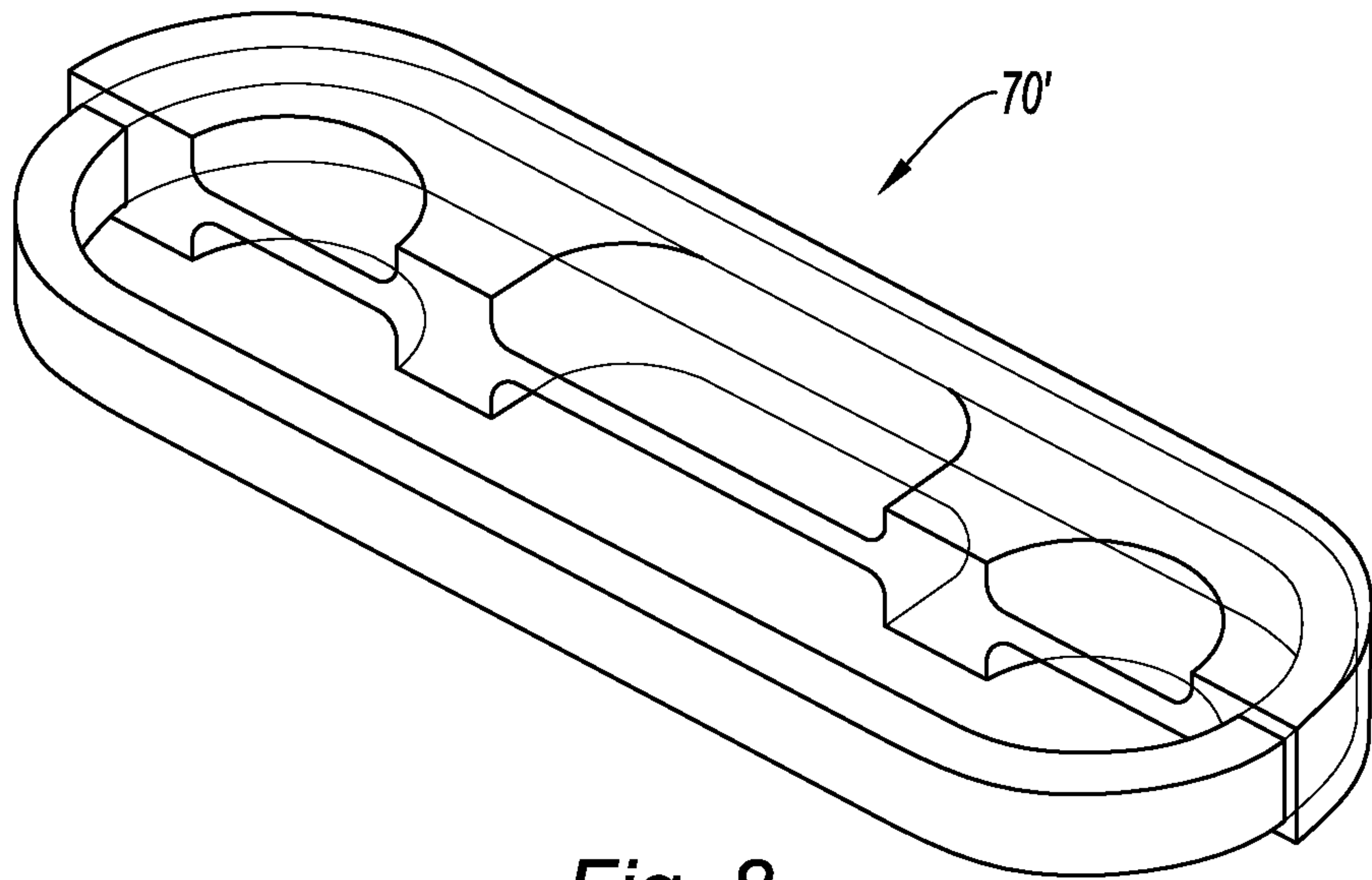
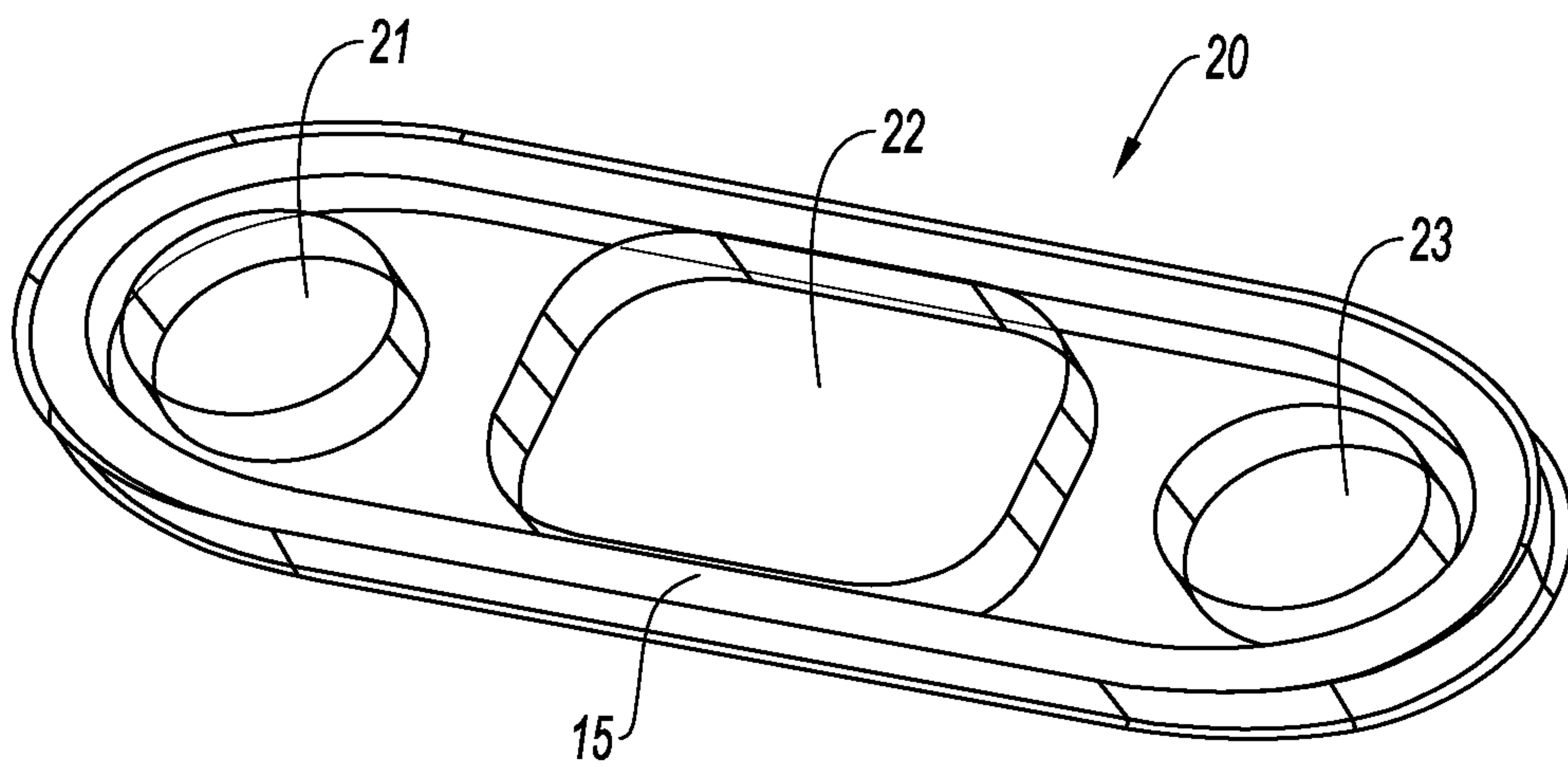


Fig. 6

3 / 3

*Fig. 7**Fig. 8**Fig. 9*

