



(11) **EP 2 245 205 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
13.07.2011 Bulletin 2011/28

(21) Numéro de dépôt: **08867577.2**

(22) Date de dépôt: **24.12.2008**

(51) Int Cl.:
C22C 47/06 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2008/068294

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/083573 (09.07.2009 Gazette 2009/28)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PIECE METALLIQUE RENFORCEE DE FIBRES CERAMIQUES**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KERAMIKFASERVERSTÄRKTEN METALLTEILS
PROCESS FOR MANUFACTURING A METAL PART REINFORCED WITH CERAMIC FIBRES

(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 0709172**

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

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

(72) Inventeurs:
• **MASSON, Richard**
F-78530 Buc (FR)
• **DUCOS, Dominique**
F-91600 Savigny Sur Orge (FR)

(74) Mandataire: **Bloch & Bonnetat**
23bis, rue de Turin
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 831 154 EP-A- 0 997 549
EP-A- 1 726 676 EP-A- 1 726 677
US-A1- 2006 166 027

EP 2 245 205 B1

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).

Description

[0001] La présente invention concerne la fabrication de pièces métalliques comportant des renforts internes formés de fibres céramiques, et comprenant l'incorporation d'un insert en matériau composite du type constitué de fibres céramiques dans une matrice métallique

[0002] Dans le but de réduire la masse des pièces métalliques tout en leur assurant une plus grande résistance notamment en traction ou en compression, il est connu d'incorporer 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 la compression largement supérieure à celle d'un métal comme le titane.

[0003] La fabrication de ces pièces passe par la formation préalable d'inserts à partir de fils céramiques à matrice métallique qui comprennent une fibre céramique enduite de métal. Ils sont désignés aussi fibres CMM ou fils enduits. Le métal procure l'élasticité et la souplesse nécessaires à leur manipulation.

[0004] 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 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 compression isostatique à chaud au cours de laquelle le couvercle est déformé et le bobinage est comprimé par le tenon.

[0005] La technique de compression isostatique à chaud consiste à disposer la pièce dans une enceinte où elle est soumise à une pression élevée de l'ordre de 1000 bars et une température également élevée, de l'ordre de 1000°C pendant quelques heures.

[0006] Au cours de ce traitement 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'un alliage métallique au sein duquel s'étendent annulairement les fibres céramiques. La pièce obtenue est ensuite usinée à la forme souhaitée.

[0007] Le procédé permet la fabrication de pièces aéronautiques axisymétriques telles que des disques de rotor ou des disques aubagés monoblocs mais aussi des arbres, des corps de vérin, des carters, etc.

[0008] L'usinage de la rainure dans le corps principal est difficile à réaliser notamment en raison des faibles rayons dans le fond de la rainure. Ce faible rayon est nécessaire pour permettre le logement de l'insert qui a une section rectangulaire. L'usinage du tenon correspondant dans le couvercle n'est pas aisé non plus à cause des angles non débouchants.

[0009] 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 compression 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.

[0010] Cependant lorsque les pièces à réaliser ne sont pas axisymétriques mais sont longues, avec une forme ovale ou bien avec des portions rectilignes, un ajustement précis sur des longueurs importantes est difficile à obtenir. Cela est 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 et ne doivent pas permettre à une fibre de s'échapper.

[0011] 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.

[0012] Ainsi les techniques actuelles de fabrication permettent 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.

[0013] 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.

[0014] On parvient à cet objectif, conformément à l'invention, avec un procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel :

on usine, dans un corps métallique présentant une face supérieure, un logement pour un insert, on dispose un insert formé d'un faisceau de fibres à

matrice métallique dans le logement,
 on place un couvercle métallique sur le corps de façon à recouvrir l'insert,
 on soude le couvercle sur le corps métallique,
 on traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compression isostatique à chaud et
 on usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce,

caractérisé par le fait que l'insert est rectiligne, le logement forme une rainure rectiligne ouverte à chaque extrémité, ladite rainure étant comblée par une languette au moment de la fermeture par le couvercle.

[0015] L'invention repose sur la constatation que l'usinage d'une rainure rectiligne traversant tout le corps du conteneur est beaucoup plus simple à maîtriser qu'une rainure non débouchante. La solution de l'invention présente un intérêt particulier avec la mise en place de deux inserts, de forme allongée, agencés selon deux branches rectilignes 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'arondi 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.

[0016] Dans la pratique le couvercle comprend une plaque et une ou plusieurs languettes solidaires de la plaque. Plus particulièrement la plaque et la ou les languettes sont obtenues par usinage d'une même plaque épaisse. Selon une variante, la ou les languettes et la plaque forment des pièces séparées.

[0017] De préférence, on usine un chanfrein sur le bord supérieur de la rainure formant le logement de l'insert. Ce chanfrein permet le tassement progressif de la languette sur l'insert et d'obtenir une déformée progressive, c'est-à-dire sans discontinuité.

[0018] L'invention est particulièrement avantageuse quand l'insert est à section transversale polygonale, notamment rectangulaire. Elle peut être aussi ovale ou circulaire. L'insert est soit formé de fibres enduites de métal assemblées en faisceau soit formé de fibres céramiques dans une seule matrice métallique.

[0019] On décrit maintenant 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 ;

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 métalli-

que usiné conformément à l'invention ;

La figure 4 montre en perspective des languettes associées à une plaque pour former le couvercle fermant le corps métallique de la figure 3 ;

La figure 5 montre en perspective éclatée les différents composants avant leur assemblage.

[0020] 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'une 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 portions 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. On note que la rainure dans le conteneur et le tenon sur le couvercle doivent parfaitement s'assembler pour éviter que les fibres, qui ont un très faible diamètre, 0,25 mm ne puissent s'échapper lors de la compaction isostatique à chaud. 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. Le conteneur est visible sur la figure 1b; il est en partie arraché pour montrer les inserts. Le conteneur est ensuite disposé dans une enceinte pour subir un traitement de compression 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 compression 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 de la matrice d'occuper les vides entre les fils enduits constituant l'insert. Le volume de l'insert diminue d'environ 23%. Le tenon est ainsi 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 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 rectilignes en barreaux. Dans ce dernier cas les éléments rectilignes sont incorporés dans le

conteneur après avoir été auparavant compactés.

[0021] La solution de l'invention permet d'obtenir de telles pièces de façon plus économique.

[0022] En se reportant aux figures 3, 4 et 5, on voit un corps métallique 10 de forme allongée avec par rapport à la figure une face supérieure 10A et une face inférieure 10B. On a usiné sur chacune des deux faces deux rainures rectilignes 10A1, 10A2 et 10B1, 10B2. Les rainures traversent le corps 10 dans le sens de la longueur et débouchent dans les deux faces 10C et 10D d'extrémité. La longueur des rainures est égale à celle L du corps 10. Elles servent de logement à des inserts rectilignes 11, formés de faisceaux de fibres céramiques enduites et de longueur 1 inférieure à L. Le bord supérieur 10A1', 10A2', 10B1' et 10B2' de la partie de la rainure formant logement des inserts est chanfreiné. Une languette 14 recouvre chaque insert 11 disposé dans son logement. La languette 14 de même longueur L que le corps 10 comprend une découpe en hauteur de manière à former deux portions d'extrémité 14a et 14b ainsi qu'une portion centrale 14c de longueur 1. La plaque 12 vient recouvrir la face supérieure 10A respectivement inférieure 10B du corps 10. La hauteur de la languette est égale à la profondeur de la rainure qui doit être suffisante pour contenir l'insert 11.

[0023] La fabrication d'un exemple de pièce selon l'invention avec 4 inserts comprend ainsi les étapes suivantes :

On prépare un corps 10 métallique, en alliage de titane par exemple, avec une face plane supérieure et une face plane inférieure ;

On usine deux rainures rectilignes ouvertes 10A1, 10A2 respectivement 10B1 10B2 sur chacune des deux faces, supérieure et inférieure. Les rainures débouchent sur les faces d'extrémité du corps. Cette opération est relativement simple car on n'a à considérer que la profondeur et la largeur de la rainure. On usine deux zones centrales chanfreinées 10A1', 10A2' respectivement 10B1', 10B2' sur les faces libres des rainures, de longueur correspondant à celle des inserts.

On met en place les inserts 11 dans les rainures au niveau des zones chanfreinées. Conformément à une première réalisation les inserts sont formés d'un faisceau assemblé de fibres rectilignes enduites. Conformément à un deuxième mode de réalisation préféré les inserts sont préfabriqués selon la méthode décrite dans la demande de brevet FR 07/05454. Les inserts dans ce cas forment des barreaux avec des fibres céramiques dans une matrice métallique. Ce sont des éléments rectilignes déjà compactés par compression isostatique à chaud.

On met en place les languettes 14 sur les inserts 11 avec la portion centrale 14c le long de l'insert et les portions d'extrémité 14a et 14b en bout de l'insert 11. On place les plaques et on les soude sous vide sur les faces du corps 10.

On introduit les conteneurs ainsi préparés dans une enceinte à compression isostatique à chaud.

On chauffe et on met en compression pour une compaction du conteneur.

L'ébauche obtenue est prête pour être usinée.

On obtient par exemple la pièce de la figure 2.

[0024] Au lieu de rapporter séparément les languettes 14 et la plaque 12, on peut réaliser ces deux parties en un seule pièce par usinage des languettes dans une plaque épaisse. Le résultat obtenu est le même a priori.

[0025] Le procédé de l'invention permet ainsi de réaliser toute pièce de forme allongée incorporant un ou plusieurs inserts rectilignes.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel on usine, dans un corps métallique (10) présentant une face supérieure (10A, 10B), au moins un logement pour un insert, on dispose au moins un insert (11) formé d'un faisceau de fibres à matrice métallique dans le logement, on place un couvercle métallique (12) sur le corps de façon à recouvrir l'insert (11), on soude le couvercle (12) sur le corps métallique (10), on traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compression isostatique à chaud et on usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce, **caractérisé par le fait que** l'insert (11) est rectiligne, et le logement forme une rainure rectiligne (10A1, 10A2, 10B1, 10B2) qui se prolonge au-delà de l'insert et est ouverte à chaque extrémité, ladite rainure étant comblée par une languette (14) au moment de la fermeture par le couvercle (12).
2. Procédé selon la revendication précédente selon lequel la languette (14) est solidaire d'une plaque (12) formant le couvercle.
3. Procédé selon la revendication précédente selon lequel la languette est solidaire de la plaque et est obtenue par usinage d'une plaque épaisse pour former le couvercle.
4. Procédé selon la revendication 1 dont la languette (14) est séparée de la plaque (12) du couvercle.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel, on usine un chanfrein (10A1', 10A2', 10B1', 10B2') sur le bord supérieur de la rainure (10A1, 10A2, 10B1, 10B2) formant le logement de l'insert (11).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel l'insert est à section transversale polygonale, notamment rectangulaire, ovale ou circulaire.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dont l'insert est formé de fibres enduites de métal assemblées en faisceau.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 selon lequel l'insert est formé de fibres céramiques dans une matrice métallique.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel on dispose au moins un deuxième insert dans le corps métallique.

Claims

1. A process for manufacturing a metal part reinforced with ceramic fibers, in which:
- at least one housing for an insert is machined in a metal body (10) having an upper face (10A, 10B);
 - at least one insert (11) formed from a bundle of fibers having a metal matrix is placed in the housing;
 - a metal cover (12) is positioned on the body so as to cover the insert (11);
 - the cover (12) is welded onto the metal body (10);
 - the assembly, namely the metal body with the cover, is treated by hot isostatic pressing; and
 - said treated assembly is machined in order to obtain said part,
- characterized in that** the insert (11) is straight and the housing forms a straight slot (10A1, 10A2, 10B1, 10B2) which extends beyond the insert and is open at each end, said slot being filled by a tongue (14) at the moment of closure by the cover (12).
2. The process as claimed in the preceding claim, in which the tongue (14) is integral with a plate (12) forming the cover.
3. The process as claimed in the preceding claim, in which the tongue is integral with the plate and is obtained by machining a thick plate in order to form the cover.
4. The process as claimed in claim 1, the tongue (14) of which is separate from the plate (12) of the cover.
5. The process as claimed in one of the preceding claims, in which a bevel (10A1', 10A2', 10B1', 10B2')

is machined on the upper edge of the slot (10A1, 10A2, 10B1, 10B2) forming the housing for the insert (11).

- 5 6. The process as claimed in one of the preceding claims, in which the insert has a polygonal, especially rectangular, oval or circular, cross section.
7. The process as claimed in one of the preceding claims, the insert of which is formed from metal-coated fibers assembled into a bundle.
8. The process as claimed in one of claims 1 to 6, in which the insert is formed from ceramic fibers in a metal matrix.
9. The process as claimed in one of the preceding claims, in which at least a second insert is placed in the metal body.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Teils, das mit Keramikfasern verstärkt ist, wobei mindestens eine Aufnahme für ein Einlegeteil in einem Metallkörper (10), der eine Oberseite (10A, 10B) aufweist, ausgeführt wird, mindestens ein Einlegeteil (11), das aus einem Metallmatrix-Faserverbund geformt wird, in der Aufnahme angeordnet wird, eine metallische Abdeckung (12) auf dem Körper positioniert wird, um das Einlegeteil (11) zu bedecken, die Abdeckung (12) auf den Metallkörper (10) geschweißt wird, die Baugruppe bestehend aus Metallkörper mit Abdeckung durch heißisostatisches Pressen behandelt wird, und die Baugruppe ausgeführt wird, um das Teil zu erhalten, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Einlegeteil (11) geradlinig ist und die Aufnahme eine geradlinige Rille (10A1, 10A2, 10B1, 10B2) bildet, die sich über das Einlegeteil hinaus fortsetzt und an jedem Ende offen ist, wobei die Rille zum Zeitpunkt des Verschließens durch die Abdeckung (12) mit einer Lasche (14) geschlossen wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Lasche (14) fest mit einer Platte (12) verbunden ist, die den Deckel bildet.
3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Lasche fest mit der Platte verbunden ist und durch Ausführung einer dicken Platte erlangt wird, um die Abdeckung zu bilden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Lasche (14) und die Platte (12) der Abdeckung separate Teile

sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Fase (10A1', 10A2', 10B1', 10B2') an der Oberkante der Rille (10A1, 10A2, 10B1, 10B2), die die Aufnahme für das Einlegeteil (11) bildet, ausgeführt wird. 5
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Einlegeteil einen polygonalen Querschnitt, insbesondere einen rechteckigen, ovalen oder kreisförmigen, aufweist. 10
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Einlegeteil aus metallbeschichteten Fasern, die zu einem Bündel zusammengefasst sind, gebildet wird. 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Einlegeteil aus Keramikfasern in einer Metallmatrix gebildet wird. 20
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens ein zweites Einlegeteil im Metallkörper angeordnet wird. 25

30

35

40

45

50

55

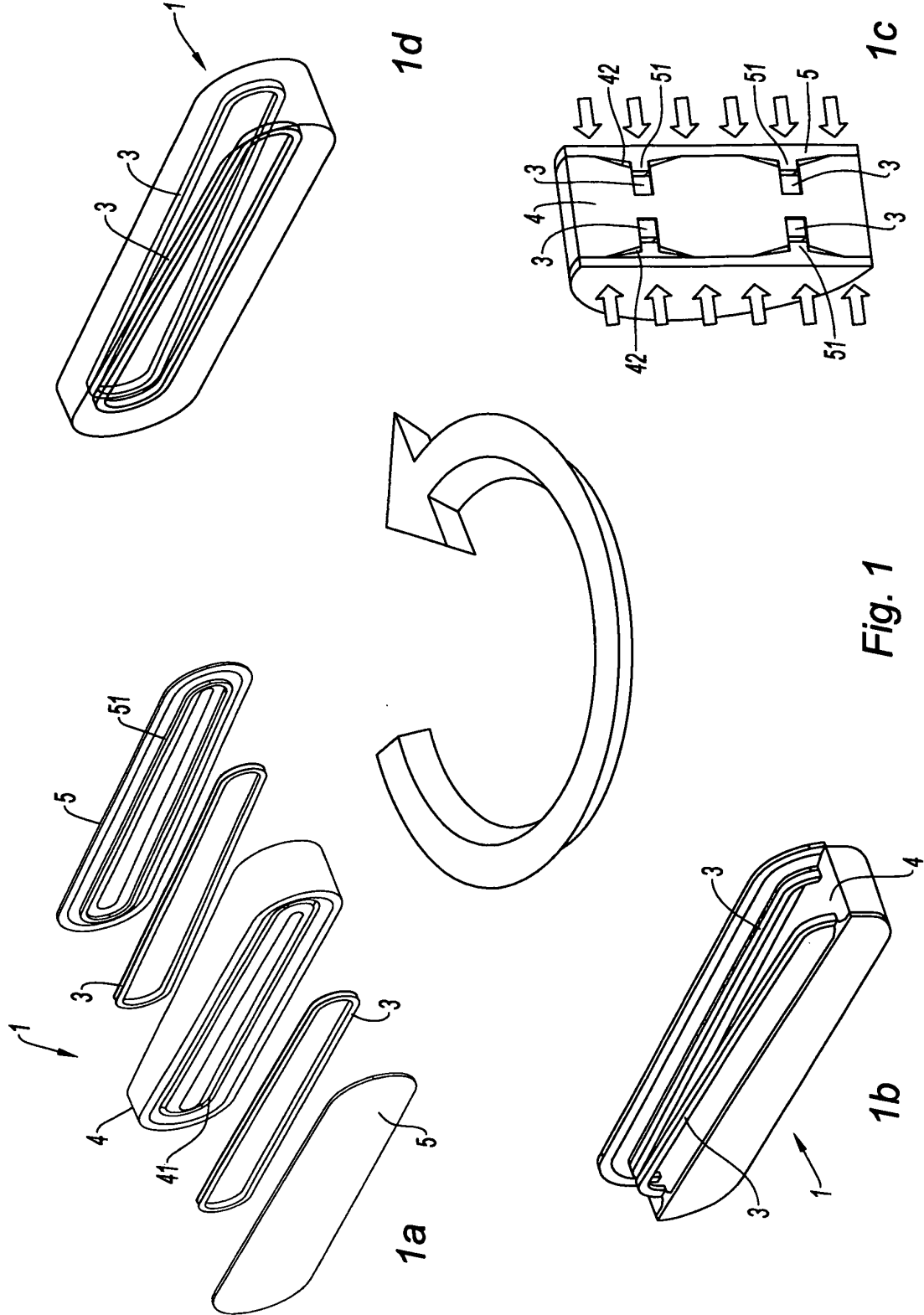


Fig. 1

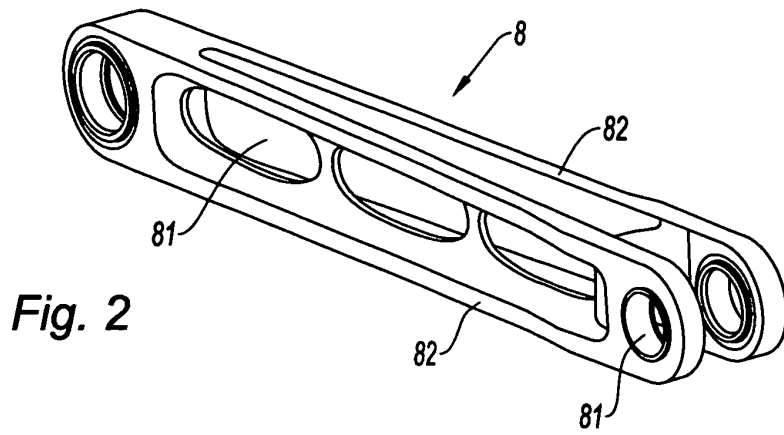


Fig. 2

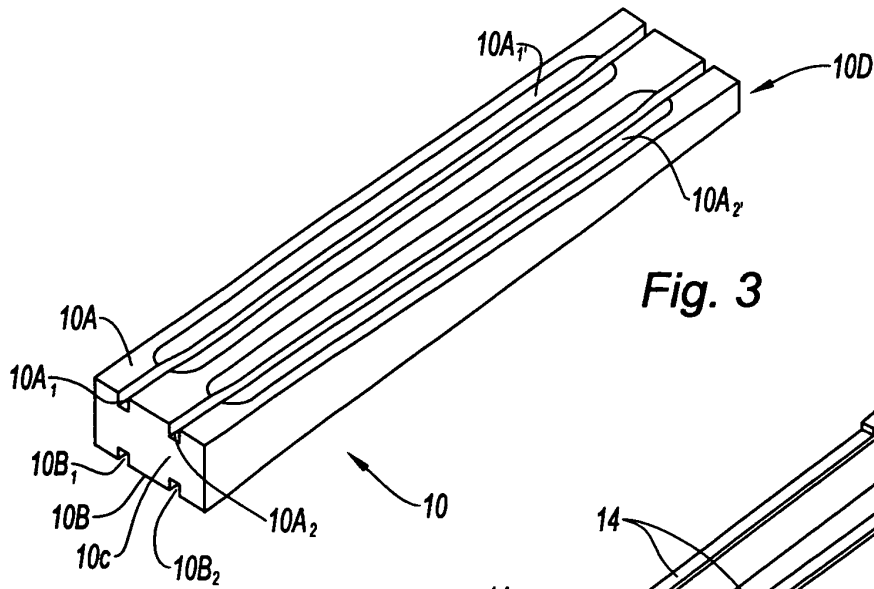


Fig. 3

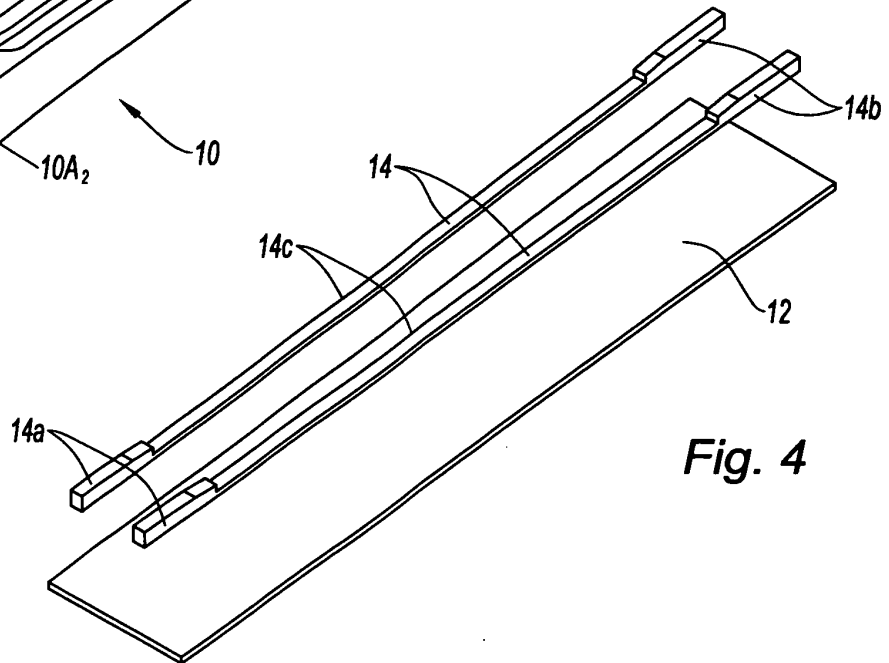


Fig. 4

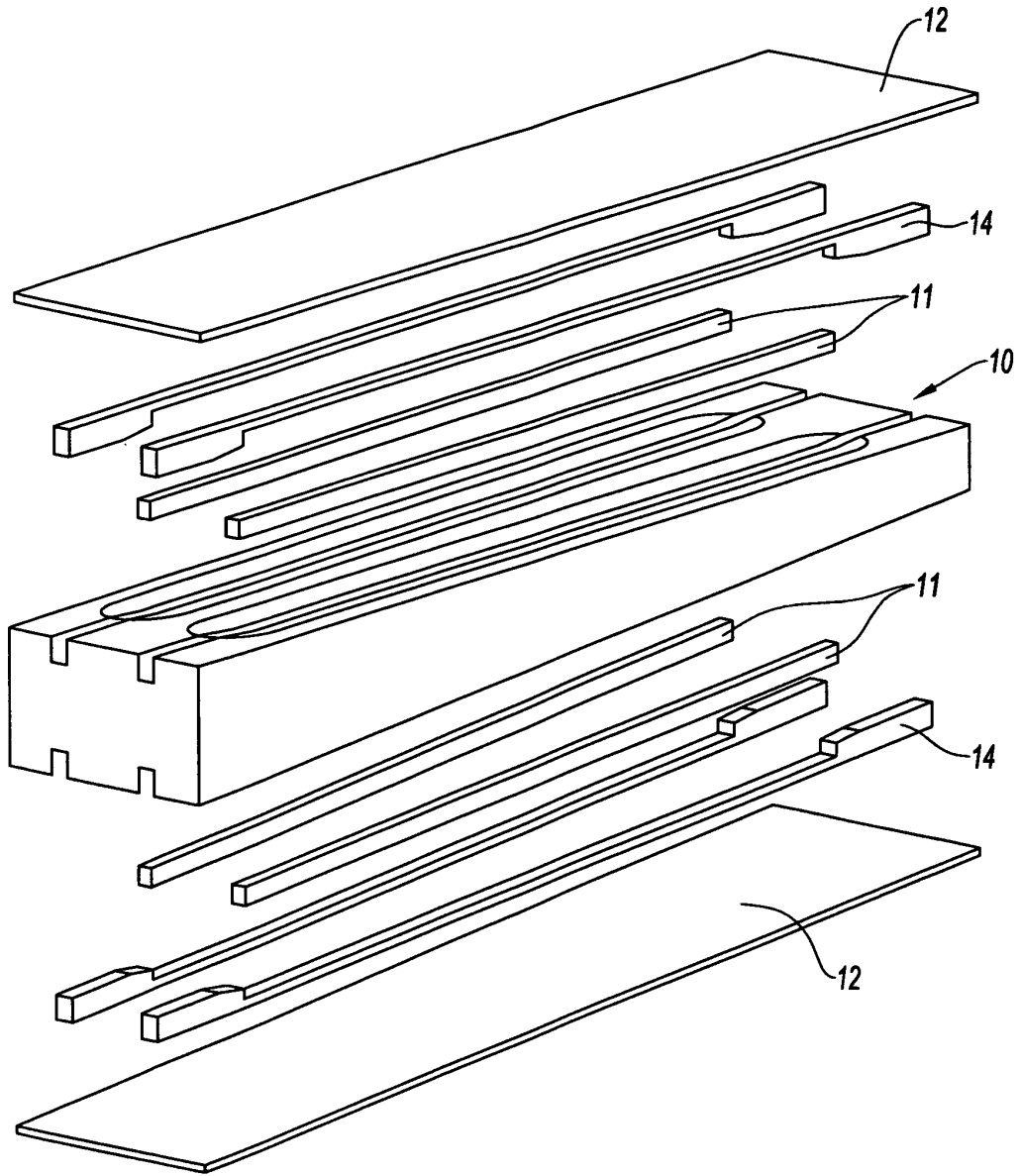


Fig. 5

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 0705453 [0009] [0020]
- FR 0705454 [0009] [0020] [0023]
- FR 2886290 [0011]