(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 925 896**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **07 09172**

(51) Int Cl[8] : ***C 04 B 35/71*** *(2006.01), C 04 B 35/565, C 22 C 47/06, 1/10, B 21 F 15/02, B 23 P 15/00, F 16 C 7/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 28.12.07.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 03.07.09 Bulletin 09/27.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *MESSIER DOWTY SA Société anonyme* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** MASSON RICHARD et DUCOS DOMINIQUE.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** CABINET BLOCH & GEVERS.

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

(57) L'invention prote 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 (10A, 10B), un logement pour un insert,

on dispose un insert (11) formé d'un faisceau de fibres à matrice métallique dans le logement,

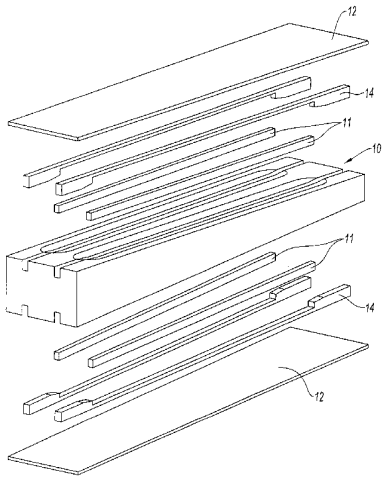
on place un couvercle métallique (12) sur le corps de façon à recouvrir l'insert (11),

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.

le procédé est 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).



FR 2 925 896 - A1

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 comprenant l'incorporation d'un insert en matériau composite du type constitué de fibres céramiques 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 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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 a cause des angles non débouchants.

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.

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 par permettre à une fibre de s'échapper.

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.

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.

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 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.

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'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.

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.

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.

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.

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 métallique 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.

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.

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

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 l 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 l. 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.

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' 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.

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.

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.

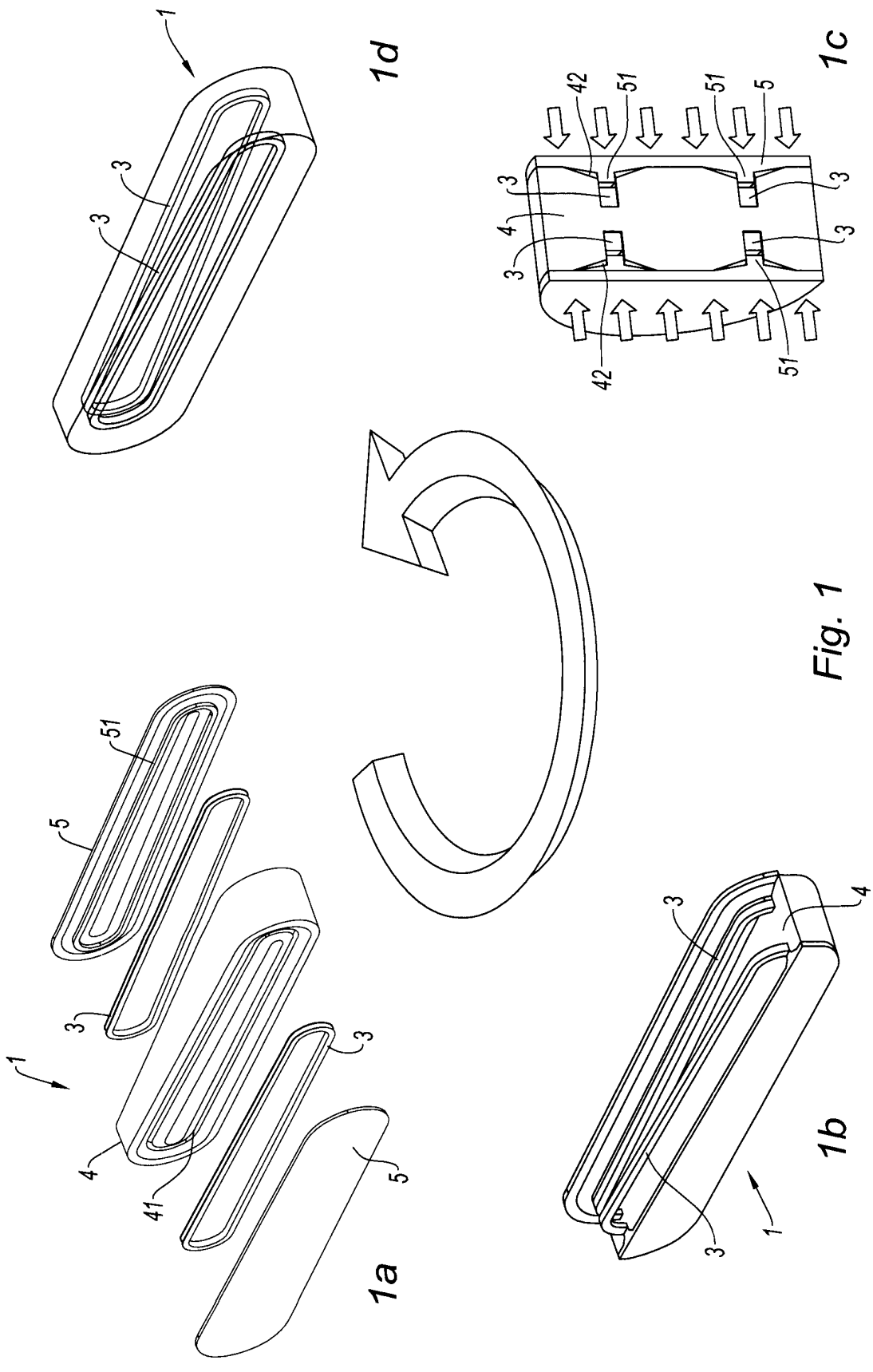


Fig. 1

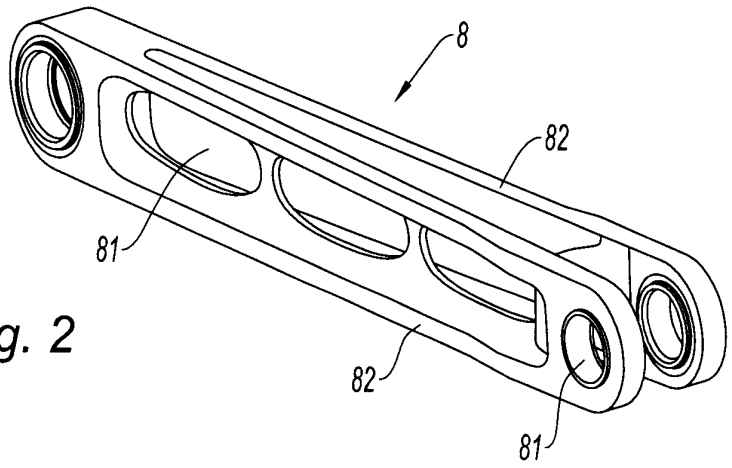


Fig. 2

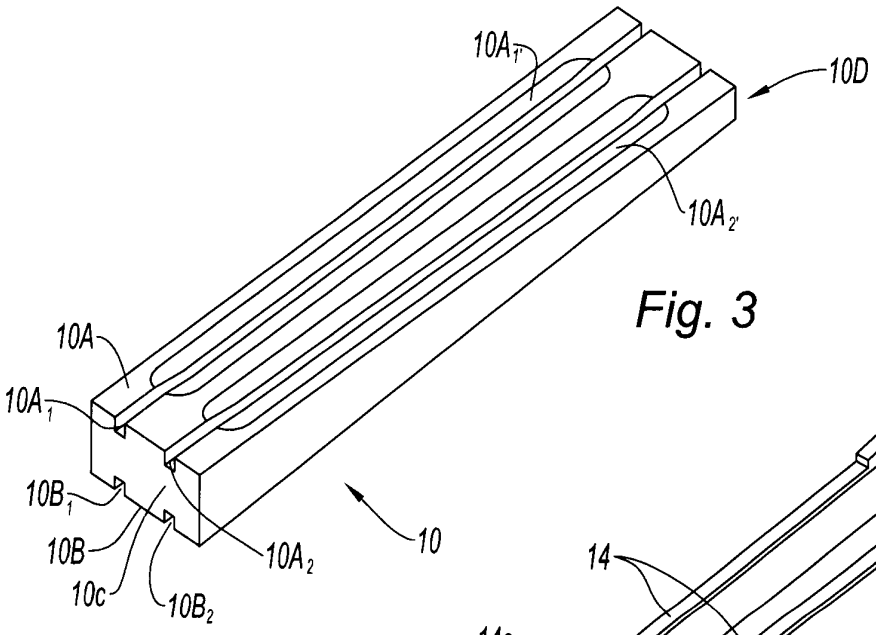


Fig. 3

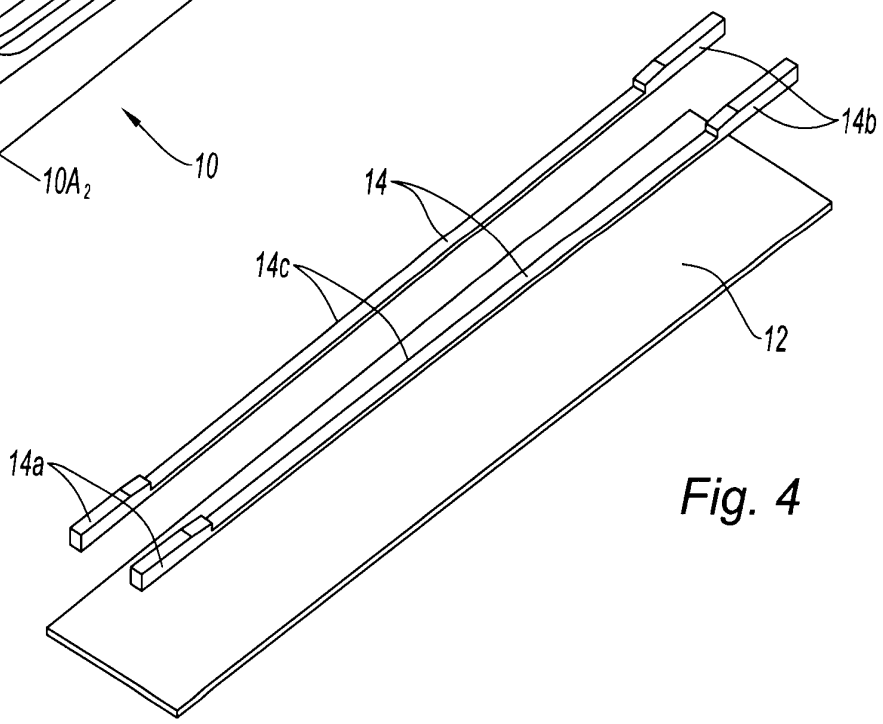


Fig. 4

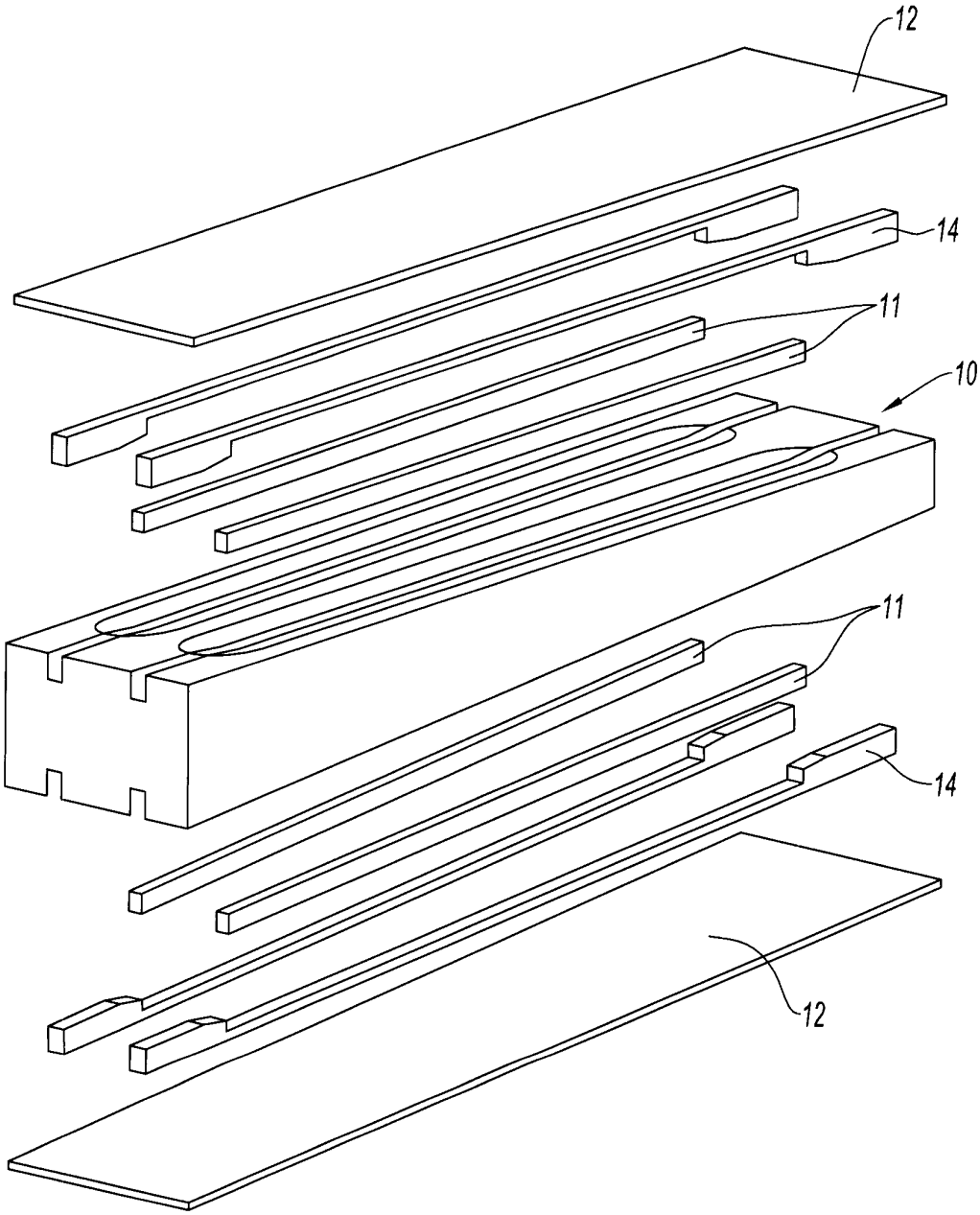


Fig. 5

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

2925896

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 702290
FR 0709172

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 997 549 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 3 mai 2000 (2000-05-03) * colonne 4, alinéa 14 - colonne 6, alinéa 21; figures 1-6 *	1	C04B35/71 C04B35/565 C22C47/06 C22C1/10 B21F15/02 B23P15/00 F16C7/00
A	US 2006/166027 A1 (AMUSIN BORIS [US] ET AL) 27 juillet 2006 (2006-07-27) * page 2, alinéa 28 * * page 3, alinéa 37 * * figures 1,2,5 *		
A	EP 1 726 676 A (SNECMA [FR]) 29 novembre 2006 (2006-11-29) * colonne 2, alinéa 7-10 * * colonne 9, alinéa 41 - colonne 11, alinéa 53; figures 6-8 * * colonne 11, alinéa 55 - colonne 12, alinéa 58; figures 9-11 *	1	
A	EP 1 726 677 A (SNECMA [FR]) 29 novembre 2006 (2006-11-29) * colonne 10, alinéa 44 - colonne 11, alinéa 54; figures 6-8 * * colonne 12, alinéa 56-59; figures 9-11 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C22C B23P C23C
A	EP 0 831 154 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 25 mars 1998 (1998-03-25) * colonne 4, ligne 6 - colonne 8, ligne 32; figures 4-6 *	1	

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
17 décembre 2008	Joffreau, P

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

.....

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0709172 FA 702290

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17-12-2008
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0997549	A	03-05-2000	AUCUN		
US 2006166027	A1	27-07-2006	AUCUN		
EP 1726676	A	29-11-2006	CA	2547858 A1	27-11-2006
			CN	1931463 A	21-03-2007
			FR	2886291 A1	01-12-2006
			JP	2007046151 A	22-02-2007
			US	2006269746 A1	30-11-2006
EP 1726677	A	29-11-2006	CA	2548607 A1	27-11-2006
			CN	1868627 A	29-11-2006
			FR	2886290 A1	01-12-2006
			JP	2006328538 A	07-12-2006
			US	2007051455 A1	08-03-2007
EP 0831154	A	25-03-1998	DE	69705907 D1	06-09-2001
			DE	69705907 T2	15-11-2001
			US	5946801 A	07-09-1999

EPO FORM P0465