



(11) **EP 2 310 547 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
21.03.2018 Bulletin 2018/12

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

(21) Numéro de dépôt: **09772750.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2009/051306

(22) Date de dépôt: **03.07.2009**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2010/001068 (07.01.2010 Gazette 2010/01)

(54) **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE PIÈCE MÉTALLIQUE COMPORTANT DES RENFORTS INTERNES FORMÉS DE FIBRES CÉRAMIQUES.**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES METALLTEILS MIT INTERNEN VERSTÄRKUNGEN AUS KERAMIKFASERN

METHOD FOR PRODUCING A METALLIC PART COMPRISING INNER REINFORCEMENTS CONSISTING OF 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 MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **04.07.2008 FR 0854589**

(43) Date de publication de la demande:
20.04.2011 Bulletin 2011/16

(73) Titulaire: **Safran Landing Systems**
78140 Vélizy-Villacoublay (FR)

(72) Inventeurs:
• **DUNLEAVY, Patrick**
F-91120 Palaiseau (FR)
• **MASSON, Richard**
F-78530 Buc (FR)

(74) Mandataire: **Gevers & Orès**
41 avenue de Friedland
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 1 726 677 US-A1- 2007 020 134

EP 2 310 547 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 obtenues à partir de l'incorporation d'un insert fibreux 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 et/ou en compression, il est connu d'incorporer de manière pertinente des fibres céramiques dans la masse. Il s'agit par exemple de fibres de carbure de silicium, SiC, qui présentent une résistance à la traction et à la compression largement supérieure à celle d'un métal comme le titane.

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

[0004] Un procédé connu de fabrication de telles pièces avec renfort tel que décrit dans la demande de brevet EP-A-1726677 comprend la réalisation d'un bobinage de fils enduits autour d'un mandrin. Le bobinage est ensuite incorporé dans un conteneur ou corps principal métallique dans lequel on a usiné au préalable une rainure formant le logement pour l'insert. La profondeur de la rainure est supérieure à la hauteur du bobinage. Un couvercle est placé sur le conteneur et soudé à sa périphérie. Le couvercle présente un tenon de forme complémentaire à celle de la rainure, et sa hauteur est adaptée à celle du bobinage placé dans la rainure de façon à venir combler la rainure. On procède ensuite à une étape de compaction isostatique à chaud au cours de laquelle le couvercle est déformé et le bobinage est comprimé par le tenon. La surface du conteneur le long du bord de la rainure est inclinée en forme de pan coupé pour assurer une déformation progressive du couvercle pendant la phase de compaction.

[0005] La technique de compaction 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 à 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 soudage diffusion, pour former un ensemble dense composé d'un alliage métallique au sein duquel s'étendent les fibres céramiques. La pièce obtenue est ensuite usinée à la forme souhaitée.

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

[0008] L'usinage de la rainure dans le corps principal est une opération difficile à réaliser notamment en raison des faibles rayons de raccordement dans le fond de la

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

[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 FR2919283. La demanderesse a également développé un procédé de fabrication d'un insert rectiligne. Il consiste à réaliser une ébauche d'insert en forme de bobine, à compacter celle-ci dans un conteneur par compaction isostatique à chaud puis à usiner les inserts rectilignes dans le conteneur compacté. Un tel procédé est décrit dans la demande de brevet FR2919284. Cependant lorsque les pièces à réaliser ne sont pas axisymétriques mais sont de forme oblongue, 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. Le couvercle doit s'assembler parfaitement dans la rainure afin de ne pas laisser échapper des fibres.

[0010] 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.

[0011] La demande de brevet FR2925895 au nom de la demanderesse précise que le logement de l'insert dans le corps métallique a la forme d'une encoche à section en L, le couvercle présentant une encoche interne à section en L et de forme complémentaire à celle du corps métallique avec ledit insert. En outre le couvercle est conformé extérieurement de façon que les efforts de pression s'exercent perpendiculairement aux faces de l'encoche. Le document US 2007/020134 A1 décrit un procédé selon lequel on recouvre l'insert d'un couvercle, cependant l'invention diffère de ce procédé en ce que le

couvercle comprend un élément en saillie et une feuille recouvrant la face supérieure du corps métallique avec ledit élément. 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.

[0012] 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.

[0013] On parvient à réaliser cet objectif selon l'invention par un procédé de fabrication d'une pièce métallique renforcée de fibres céramiques, selon lequel :

- on usine, dans un corps métallique présentant une face supérieure, au moins un logement pour un insert,
- on dispose au moins un insert formé des fibres céramiques enduites de métal dans le logement,
- on recouvre l'insert d'un couvercle,
- on met sous vide l'espace interstitiel autour de l'insert et on ferme ledit espace sous vide de manière hermétique,
- on traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compaction isostatique à chaud et
- on usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce.

[0014] Le procédé est caractérisé par le fait que l'insert est rectiligne, et le logement de l'insert dans le corps métallique présente une rainure de forme correspondante, le couvercle étant dimensionné de façon à permettre sa mise en place sur l'insert avec jeu dans le logement, après avoir été rétréci par refroidissement, et à exercer un ajustement serré dans la rainure par dilatation de manière à fermer hermétiquement ledit espace.

[0015] Par exemple le couvercle est refroidi au moyen d'un gaz liquide, tel que l'azote liquide, réduisant ses dimensions.

[0016] En assurant un contact serré entre le couvercle et les parois de la rainure, on ménage une étanchéité qui permet de simplifier la forme de la rainure.

[0017] Selon un mode de réalisation, la rainure comprend une première partie de logement de l'insert et au moins une deuxième partie en prolongement de la première partie, le couvercle étant en forme de pavé comprenant une branche centrale recouvrant l'insert et un prolongement de forme correspondant à la deuxième partie de la rainure. Le couvercle forme ainsi un pavé métallique de géométrie simple et facilement réalisable.

[0018] De préférence, le couvercle comprend une zone de déformation progressive entre la branche centrale et le prolongement. Cette zone de déformation progres-

sive évite la fissuration du couvercle au moment de l'étape de compaction.

[0019] L'insert est à section transversale polygonale, notamment rectangulaire, ovale ou circulaire.

5 **[0020]** De préférence l'insert est formé de fibres enduites de métal assemblées en faisceau, ce qui réduit les opérations de préparation.

[0021] 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.

10 **[0022]** On décrit maintenant un mode de réalisation non limitatif de l'invention, plus en détail, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

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

15 La figure 2 montre un exemple de pièce obtenue après usinage d'un conteneur incorporant des inserts ;

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

20 La figure 4 montre en perspective et par transparence, l'insert et le couvercle en forme de pavé en place dans le bloc métallique, l'ensemble étant prêt pour le traitement de compaction isostatique à chaud ;

La figure 5 montre en coupe une variante de réalisation de l'invention.

25 **[0023]** Sur la figure 1, extraite de la demande de brevet FR2919283, on voit un conteneur 1 avec un corps principal 4 de forme allongée, destiné à former une bielle d'un train d'atterrissage par exemple. On a usiné une rainure 41 sur chacune des deux faces du corps 4. Cette rainure permet le logement d'un insert 3 qui comprend deux portions rectilignes parallèles ou non entre elles réunies aux extrémités par une portion en arc de cercle. Les inserts sont du type à fibres céramiques enduites de métal tel que le titane. Les rainures et les inserts sont de formes complémentaires de manière à ce que l'insert soit ajusté sans jeu dans la rainure ou avec un jeu minimal. Deux couvercles 5 sont pourvus d'une partie en saillie formant tenon 51 et viennent recouvrir les faces du corps 4. Le tenon vient en appui sur l'insert logé dans la rainure

et colmate cette dernière. On soude, par exemple par faisceau d'électron, le couvercle 5 au corps 4 en assurant le vide à l'intérieur du conteneur. Cet assemblage a pour but d'éviter que les fibres, qui ont un très faible diamètre, de l'ordre de 0,25 mm, ne puissent se déplacer ou s'échapper lors de la compaction isostatique à chaud. 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 compaction isostatique à chaud. La coupe transversale du conteneur de la figure 1c montre que les bords 42 de la rainure 41 sont chanfreinés de manière à ménager un jeu avec la partie du couvercle 5 adjacente au tenon 51.

[0024] Lors de l'opération de compaction 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.

[0025] 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 FR2919284 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.

[0026] La solution de l'invention permet d'obtenir de telles pièces de façon plus économique.

[0027] En se reportant sur la figure 3, on voit un corps métallique 10 de forme allongée avec par rapport à la figure une face supérieure 10B. On a usiné une rainure rectiligne 10A dont le fond est plat et les parois perpendiculaires au fond ; la surface de raccordement entre le fond et les parois présente un faible rayon de courbure pour permettre un ajustement de l'insert avec un jeu aussi faible que possible. La rainure comporte une partie centrale 10A1 et deux parties d'extrémité 10A2 et 10A3 dans le prolongement longitudinal de celle-ci. Les parties d'extrémité sont arrondies. La rainure sert de logement à un insert rectiligne 11, formé d'un assemblage de fibres céramiques enduites et de longueur 1 inférieure ou égale à la longueur de la partie centrale 10A1 de la rainure. L'insert forme un faisceau s'ajustant dans la partie centrale 10A1 de la rainure.

[0028] Un couvercle 12 recouvre l'insert 11 disposé dans son logement. Le couvercle 12 a la même forme et

les mêmes dimensions, au jeu près permettant sa mise en place dans la rainure, lorsqu'il est vu de dessus que la rainure 10A. Il forme un pavé avec une partie centrale 12A1 recouvrant l'insert et deux parties d'extrémité, 12A2 et 12A3 dans le prolongement longitudinal de la partie centrale de part et d'autre de cette dernière. L'épaisseur des deux parties d'extrémité correspond à l'épaisseur de la partie centrale plus celle de l'insert placé dans la rainure et est légèrement supérieure à la profondeur de la rainure. Le couvercle 12 s'appuie sur le fond de la rainure par les deux parties d'extrémité 12A2 et 12A3. On observe que les parties d'extrémité présentent chacune un pan coupé 12A2' et 12A3' ménageant un espace avec le fond de la rainure du côté de l'insert.

[0029] La fabrication d'un exemple de pièce selon l'invention avec insert comprend ainsi les étapes suivantes :

- on prépare un corps 10 métallique, en alliage de titane par exemple, avec au moins une face plane supérieure ;
- on usine au moins une rainure rectiligne ouverte 10A sur une face, supérieure ou inférieure. Cette opération est relativement simple car on n'a qu'à considérer la profondeur et la largeur de la rainure.
- on met en place l'insert 11, dans la rainure, formé d'un faisceau assemblé de fibres rectilignes enduites.
- on met en place le couvercle en forme de pavé 12 après avoir abaissé sa température suffisamment pour qu'il ait rétréci. Un moyen simple est de le mettre au contact d'azote liquide. Les dimensions du couvercle en forme de pavé et de la rainure sont déterminées de façon à ce que le couvercle puisse être placé aisément dans la rainure après avoir été refroidi. En se dilatant, le couvercle vient s'appuyer contre les parois latérales supprimant tout jeu.

[0030] Après avoir mis en place le couvercle en forme de pavé on met l'ensemble sous vide. Le vide est créé et la température du couvercle est élevée de telle manière que lorsque l'espace entourant l'insert est sous vide le couvercle est dilaté et forme un joint étanche sur le pourtour du couvercle.

[0031] Le dessus du couvercle est en saillie par rapport à la surface du corps métallique.

[0032] On introduit le conteneur ainsi préparé dans une enceinte permettant la compaction isostatique à chaud.

[0033] On chauffe et on met en compression pour une compaction du conteneur. Lorsque l'insert est formé d'un faisceau de fibres enduites, le traitement conduit à une réduction de volume et une densification de l'insert. La partie centrale du couvercle descend dans la rainure à la manière d'un piston. La zone de transition formée par les pans coupés 12A2' et 12A3' permet au couvercle de se déformer sans que les efforts de cisaillement conduisent à une fissuration du couvercle.

[0034] L'ébauche obtenue est prête pour être usinée.

[0035] On obtient après usinage, par exemple, la pièce

de la figure 2 dans la mesure où l'on a mis en place le nombre d'inserts correspondant.

[0036] Selon une variante, voir la figure 5, on dispose, en plus, sur le couvercle en forme de pavé 12 une feuille 14 que l'on soude à la périphérie du corps métallique avec un cordon 15 afin d'améliorer l'étanchéité. La feuille, comme on le voit sur la figure, comprend un logement 14' permettant son ajustement au couvercle dont une partie est saillante et correspond sensiblement à la réduction de volume attendue de l'insert pendant l'opération de compaction.

[0037] On a représenté un mode de réalisation de l'invention avec l'usinage d'une rainure pour loger l'insert qui est fermé longitudinalement. Cependant on ne sort pas du cadre de l'invention en réalisant une ou des rainures débouchant longitudinalement.

[0038] 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 comportant des renforts internes formés de fibres céramiques, selon lequel :

- on usine, dans un corps métallique (10) présentant une face supérieure (10b), au moins un logement pour un insert,
- on dispose au moins un insert (11) formé des fibres céramiques dans une matrice métallique dans le logement,
- on recouvre l'insert d'un couvercle (12),
- on met sous vide l'espace interstitiel autour de l'insert et on ferme ledit espace de manière hermétique,
- on traite l'ensemble du corps métallique avec couvercle par compaction isostatique à chaud et
- on usine ledit ensemble traité pour obtenir ladite pièce, **caractérisé par le fait que** l'insert (11) est rectiligne, et le logement de l'insert dans le corps métallique forme une rainure rectiligne (10A) correspondante, on refroidit le couvercle avant qu'il soit disposé dans le logement, le couvercle (12) étant dimensionné de façon à permettre sa mise en place sur l'insert (11) avec jeu dans le logement après avoir été rétréci par refroidissement et à exercer un ajustement serré par dilatation dans la rainure de manière à fermer ledit espace.

2. Procédé selon la revendication précédente selon lequel on refroidit le couvercle (12) au moyen d'un gaz liquide, tel que l'azote liquide.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel la rainure (10A) comprend une première

partie (10A1) de logement de l'insert et au moins une deuxième partie (10A2, 10A3) en prolongement de la première partie, le couvercle (12) étant en forme de pavé et comprenant une branche centrale (12A1) recouvrant l'insert et un prolongement (12A2, 12A3) de forme correspondant à la deuxième partie (10A2, 10A3) de la rainure (10A).

4. Procédé selon la revendication précédente dont le couvercle en forme de pavé comprend une zone de déformation progressive (12A2' et 12A3') entre la branche centrale et le prolongement.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel l'insert (11) est à section transversale polygonale, notamment rectangulaire, ou bien à section transversale ovale ou circulaire.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dont l'insert (11) est formé de fibres enduites de métal assemblées en faisceau.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dont ledit espace est fermé hermétiquement par un cordon de soudure (13).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel on dispose une feuille (14) sur le couvercle en forme de pavé, que l'on soude sur le corps (10).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes selon lequel on dispose au moins un deuxième insert dans le corps métallique.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Metallteils, das innere Verstärkungen umfasst, die aus keramischen Fasern gebildet sind, wobei:

- man in einem Metallkörper (10), der eine Oberseite (10B) präsentiert, mindestens ein Gehäuse für einen Einsatz bearbeitet,
- man mindestens einen Einsatz (11), der aus den keramischen Fasern gebildet wird, in einer Metallmatrix im Gehäuse anordnet,
- man den Einsatz mit einer Abdeckung (12) abdeckt,
- man den Zwischenraum um den Einsatz unter Vakuum setzt und man diesen Raum hermetisch verschließt,
- man den gesamten Metallkörper mit Abdeckung durch isostatisches Heißverdichten behandelt und
- man die behandelte Einheit bearbeitet, um das Teil zu erhalten, **dadurch gekennzeichnet ist,**

- dass** der Einsatz (11) geradlinig ist, und das Gehäuse des Einsatzes im Metallkörper eine entsprechende geradlinige Nut (10A) bildet, man die Abdeckung abkühlt, bevor sie im Gehäuse angeordnet wird, die Abdeckung (12) so bemessen ist, um das Anbringen auf dem Einsatz (11) mit einem Spiel in dem Gehäuse zu ermöglichen, nachdem sie durch Abkühlung geschrumpft wurde, und um eine Pressanpassung durch Ausdehnung in der Nut auszuüben, um den Raum zu verschließen.
2. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei man die Abdeckung (12) mit einem Flüssiggas, wie zum Beispiel Flüssigstickstoff abkühlt.
 3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Nut (10A) einen ersten Gehäuseabschnitt (10A1) des Einsatzes und mindestens einen zweiten Abschnitt (10A2, 10A3) in Verlängerung des ersten Abschnitts umfasst, wobei die Abdeckung (12) in Form eines Pflastersteins ist und einen zentralen Ast (12A1) umfasst, der den Einsatz abdeckt, sowie eine Verlängerung (12A2, 12A3) mit einer dem zweiten Abschnitt (10A2, 10A3) der Nut (10A) entsprechenden Form.
 4. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die Abdeckung in Form eines Pflastersteins einen progressiven Deformationsbereich (12A2' und 12A3') zwischen dem zentralen Ast und der Verlängerung umfasst.
 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Einsatz (11) einen polygonalen, insbesondere rechteckigen Querschnitt oder aber einen ovalen oder runden Querschnitt hat.
 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Einsatz (11) aus mit Metall beschichteten Fasern gebildet wird, die als Bündel zusammengesetzt sind.
 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Zwischenraum durch eine Schweißnaht (13) hermetisch verschlossen wird.
 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei man eine Folie (14) auf die Abdeckung in Form eines Pflastersteins anordnet, die man auf den Körper (10) schweißt.
 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei man mindestens einen zweiten Einsatz im Metallkörper anordnet.

Claims

1. Method for manufacturing a metal part comprising internal reinforcements formed of ceramic fibres, wherein:
 - at least one housing for an insert is machined on a metal body (10) with an upper surface (10B),
 - there is at least one insert (11) formed of ceramic fibres in a metal matrix in the housing,
 - the insert is covered by a cover (12),
 - the interstitial space around the insert is placed under vacuum and the said space is hermetically sealed,
 - the assembly of the metal body with cover is treated with hot isostatic pressing, and
 - the said treated assembly is machined to obtain the said part, **characterised by** the fact that the insert (11) is rectangular, and the housing of the insert on the metal body forms a corresponding rectangular groove (10A), the cover is cooled before it is placed on the housing, the cover (12) being formed in such a way as to allow it to be placed on the insert (11) with play in the housing after having been shrunk by cooling and to exert an interference fit by dilation in the groove in such a way as to seal the said space.
2. Method according to the preceding claim, wherein the cover (12) is cooled by means of a liquid gas, such as liquid nitrogen.
3. Method according to any one of the preceding claims, wherein the groove (10A) comprises a first housing part (10A1) of the insert and at least one second part (10A2, 10A3) extending from the first part, the cover (12) being in the form of a slab and comprising a central branch (12A1) covering the insert and an extension (12A2, 12A3) formed correspondingly to the second part (10A2, 10A3) of the groove (10A).
4. Method according to the preceding claim, of which the cover in the form of a slab comprises a progressive deformation area (12A2' and 12A3') between the central branch and the extension.
5. Method according to any one of the preceding claims, wherein the insert (11) is polygonal in cross-section, in particular rectangular, or even oval or circular in cross-section.
6. Method according to any one of the preceding claims, of which the insert (11) is formed of metal-coated fibres assembled in a bundle.
7. Method according to any one of the preceding

claims, of which the said space is hermetically sealed by a weld seam (13).

8. Method according to any one of the preceding claims, wherein a sheet (14) is arranged on the cover in the form of a slab, which is welded to the body (10). 5
9. Method according to any one of the preceding claims, wherein at least one second insert is arranged on the metal body. 10

15

20

25

30

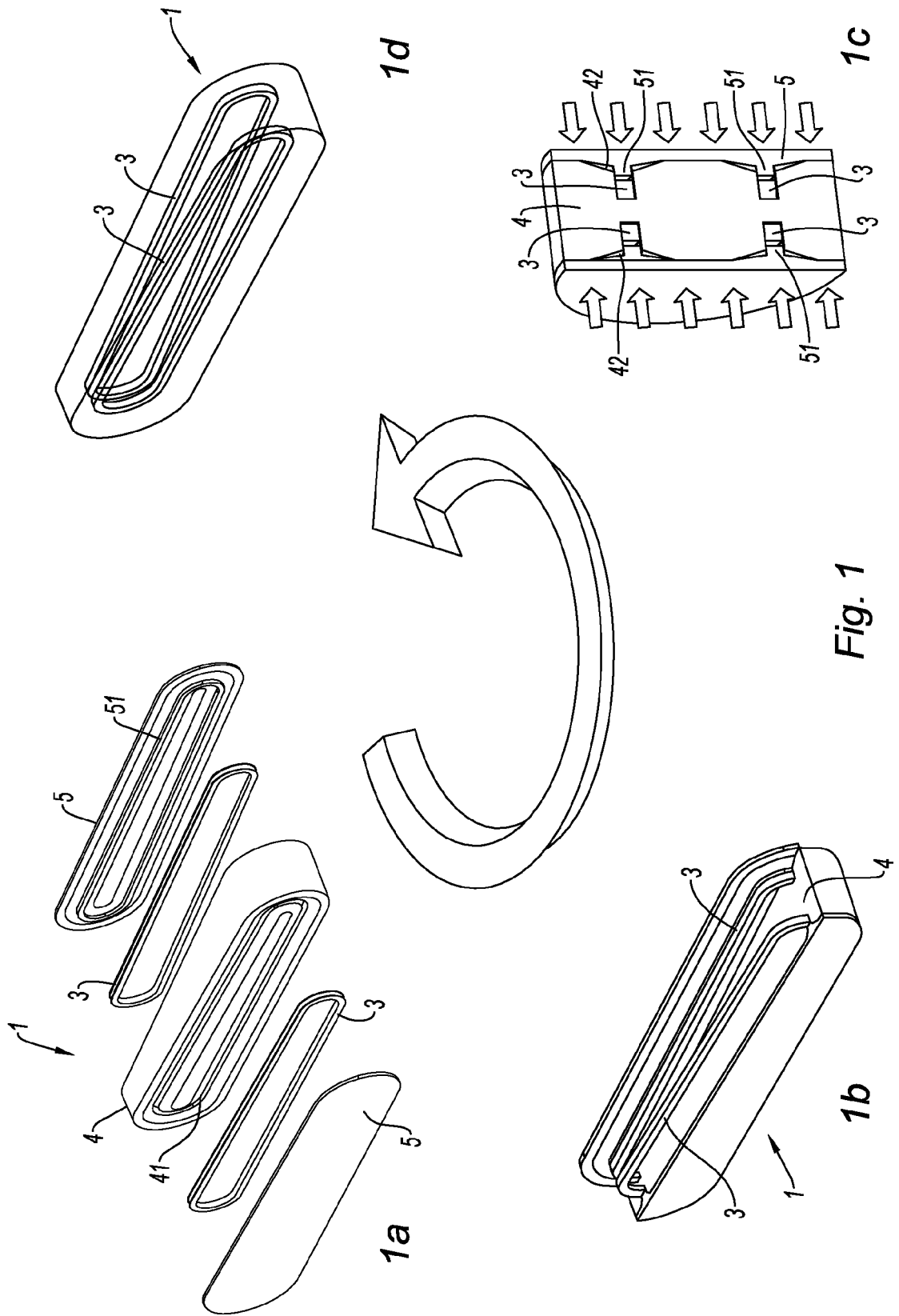
35

40

45

50

55



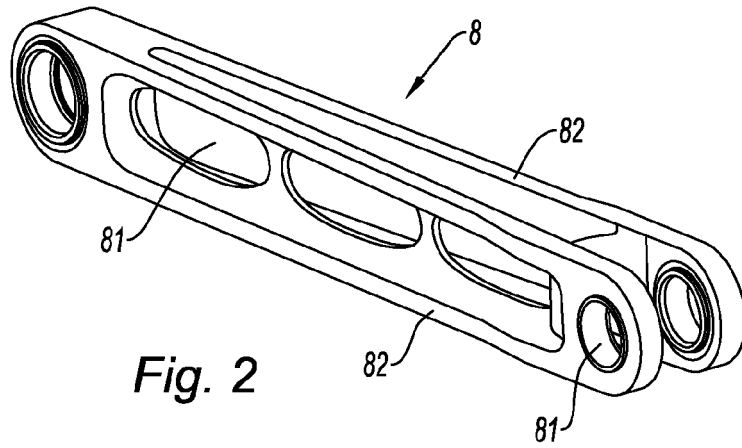


Fig. 2

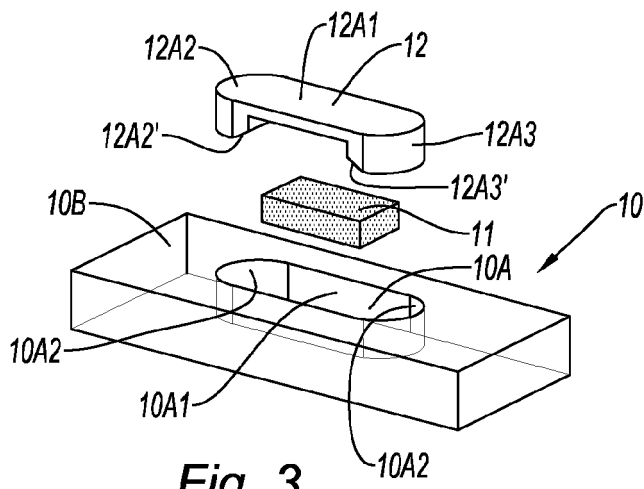


Fig. 3

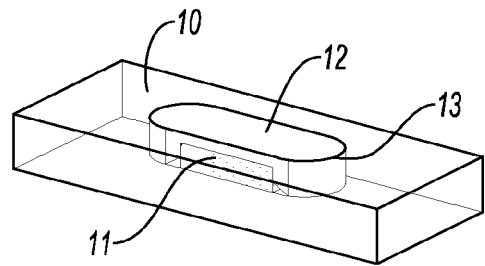


Fig. 4

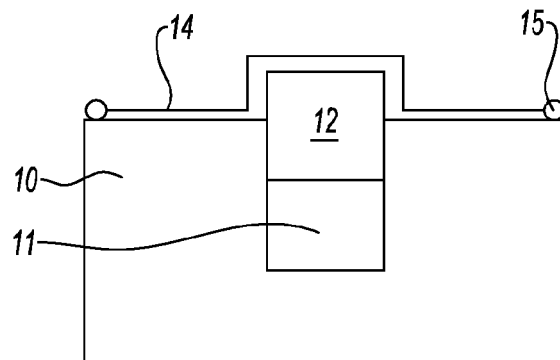


Fig. 5

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

- EP 1726677 A [0004]
- FR 2919283 [0009] [0023]
- FR 2919284 [0009] [0025]
- FR 2886290 [0010]
- FR 2925895 [0011]
- US 2007020134 A1 [0011]