

(19)



(11)

EP 3 036 057 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

19.07.2017 Bulletin 2017/29

(51) Int Cl.:

B22F 5/00 ^(2006.01) **B22F 5/04** ^(2006.01)
C22C 47/06 ^(2006.01) **C22C 49/06** ^(2006.01)
C22C 49/08 ^(2006.01) **C22C 49/11** ^(2006.01)
B29C 70/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14786966.3**

(22) Date de dépôt: **19.08.2014**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2014/052100

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2015/025107 (26.02.2015 Gazette 2015/08)

(54) **INSERT DE RENFORT COMPOSITE ET PROCEDE DE FABRICATION**

VERBUNDVERSTÄRKUNGSEINSATZ UND HERSTELLUNGSVERFAHREN

COMPOSITE REINFORCEMENT INSERT AND MANUFACTURING METHOD

(84) Etats contractants désignés:

**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **21.08.2013 FR 1358105**

(43) Date de publication de la demande:

29.06.2016 Bulletin 2016/26

(73) Titulaire: **SNECMA**

75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **KLEIN, Gilles Charles Casimir**
95540 Méry Sur Oise (FR)
- **SANCHEZ, Germain Marcel**
91080 Courcouronnes (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Camus Lebkiri**

25 rue de Maubeuge
75009 Paris (FR)

(56) Documents cités:

EP-A1- 0 931 846 EP-A1- 1 995 342
FR-A1- 2 684 578 FR-A1- 2 962 483

EP 3 036 057 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

DOMAINE TECHNIQUE

- 5 **[0001]** La présente invention concerne un insert de renfort, de préférence pour pièce de turbomachine, ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel insert de renfort.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEUR

- 10 **[0002]** Dans le domaine de l'aéronautique notamment, un objectif constant est l'optimisation de la résistance des pièces pour une masse et un encombrement minimaux. Ainsi certaines pièces peuvent désormais comporter un insert de renfort en matériau composite à matrice métallique. Un tel matériau composite comporte généralement une matrice d'alliage métallique, par exemple d'alliage de titane Ti, de nickel Ni ou en aluminium Al, dans laquelle s'étendent des fibres, par exemple des fibres céramiques de carbure de silicium SiC. De telles fibres présentent une résistance en
- 15 traction bien supérieure à celle du titane (typiquement, 4000 MPa contre 1000 MPa) et une rigidité typiquement trois fois plus élevée. Ce sont donc les fibres qui reprennent les efforts, la matrice d'alliage métallique assurant le transfert de charges entre les fibres, une fonction de liant avec le reste de la pièce, ainsi qu'une fonction de protection et de séparation des fibres, qui ne doivent pas entrer en contact les unes avec les autres. En outre, les fibres céramiques sont résistantes, mais fragiles et doivent nécessairement être protégées par du métal.

- 20 **[0003]** Ces matériaux composites peuvent être utilisés dans la fabrication de disques, d'arbres, de corps de vérins, de carters, d'entretoises, comme renforts de pièces monolithiques telles des aubes, etc. Ils peuvent également trouver application dans d'autres domaines où un champ de forces volumiques s'applique à une pièce, par exemple une enveloppe de pression telle un canon ou un réservoir de fluide sous pression.

- 25 **[0004]** Afin d'obtenir un tel insert de renfort en matériau composite, on forme préalablement des fils dits "fils enduits", comprenant une armature formée d'une fibre de céramique, enduite d'une gaine métallique. Le revêtement de métal donne au fil une plus grande raideur mais une meilleure ténacité, utile pour sa manipulation.

- [0005]** Dans l'art antérieur, l'enduction des fibres de carbure de silicium (SiC) est le plus souvent réalisée par un procédé de dépôt physique en phase gazeuse type EBPVC (Electron beam physical vapor deposition). Toutefois, ce procédé est peu rentable en terme de rendement. En outre, le procédé d'enduction est long, puisque la vitesse de dépôt
- 30 est de l'ordre du mètre par minute.

- [0006]** L'art antérieur propose également de réaliser l'enduction des fibres de SiC par un procédé d'enduction directe de la fibre de SiC dans un bain de métal en fusion lévitation. Un tel procédé d'enduction est par exemple décrit dans le document EP0931846. Ce document propose de maintenir le métal liquide en lévitation dans un creuset adapté, de manière à supprimer au moins partiellement le contact avec les parois de ce dernier, à une température appropriée. La
- 35 lévitation est obtenue grâce à des moyens électromagnétiques entourant le creuset. La fibre de céramique, maintenue tendue par des moyens de préemption, est tirée au travers du bain de métal. La vitesse de passage de la fibre dans le bain métallique est fixée en fonction de l'épaisseur de métal désirée sur la fibre. Ce procédé est plus rapide que le précédent, mais il produit une fibre décentrée. En outre, il ne permet pas de régler facilement le rapport entre le pourcentage de fibre de SiC et le pourcentage de matrice métallique. En outre, des déstabilisations peuvent apparaître dans
- 40 les inserts fabriqués selon ce procédé.

EXPOSE DE L'INVENTION

- 45 **[0007]** L'invention vise à remédier aux inconvénients de l'état de la technique en proposant un insert de renfort selon la revendication 1 qui présente une solidité renforcée et dont la composition peut être choisie.

[0008] Pour ce faire, est proposé selon un premier aspect de l'invention, un insert de renfort composite, de préférence pour turbomachine, comportant :

- un toron formé par une fibre centrale en matériau céramique entourée par des brins en alliage métallique enroulés en hélice autour de la fibre centrale,
 - une couche de renfort métallique recouvrant le toron.
- 50

[0009] On appelle « toron » un assemblage dont les brins ou fibres sont arrangés en couches concentriques autour d'un brin ou fibre centrale.

- 55 **[0010]** Ainsi, contrairement aux inserts de renfort de l'art antérieur dans lesquels la couche de renfort est déposée directement sur la fibre centrale, l'invention propose d'enrouler au préalable des fibres en alliage métallique autour de la fibre centrale, puis d'enduire l'ensemble obtenu avec une couche de renfort métallique. L'insert de renfort ainsi obtenu présente une solidité améliorée. Il présente en outre l'avantage d'avoir une fibre centrale centrée par rapport à la partie

métallique qui l'entoure. En outre, un tel insert de renfort est particulièrement avantageux car il est possible de choisir le rapport entre le pourcentage de matériau céramique et le pourcentage d'alliage métallique facilement.

[0011] L'insert de renfort selon l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-après prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

[0012] Selon différents modes de réalisation, le toron peut comporter N brins en alliage métallique avec N supérieur ou égal à 6. N est de préférence égal à 7, 19 ou 37. Le diamètre des brins métalliques et leur nombre N sont déterminés pour que l'insert présente un nombre Vf choisi. Le nombre Vf correspond au rapport surfacique entre la fibre céramique et les brins en alliage métalliques qui l'entourent. Lorsque le toron comporte 6 brins en alliage métallique, ces brins sont de préférence disposés de façon à former une seule couche autour de la fibre centrale. Vf est alors égal à 1/7 soit 14,3%. Lorsque des constructions avec Vf inférieur à 14% sont choisies, le toron comporte des brins en nombre au delà de 18 ou 19 autour de la fibre centrale et ces brins sont de préférence disposés de façon à former plusieurs couches concentriques autour de la fibre centrale.

[0013] La fibre centrale est de préférence réalisée en carbure de silicium, qui présente de bonnes propriétés mécaniques.

[0014] Avantageusement, les brins sont réalisés dans un alliage métallique à base de titane, de nickel ou d'aluminium de façon à ce que l'insert de renfort présente un bon ratio résistance mécanique/poids.

[0015] La couche de renfort métallique est de préférence réalisée dans un même matériau métallique de base que l'alliage métallique formant les brins.

[0016] Un deuxième aspect de l'invention concerne également un procédé de réalisation d'un insert de renfort selon la revendication 7, destiné de préférence à une turbomachine, à partir d'une fibre centrale en céramique, le procédé comportant les étapes suivantes :

- (a) Toronnage de brins en alliage métallique autour de la fibre centrale de façon à former un toron;
- (c) Enduction du toron d'une couche protectrice métallique.

[0017] Un tel procédé est simple et rapide, et il permet d'obtenir des inserts de renforts dont la composition peut être choisie. En outre, la fibre céramique de l'insert ainsi réalisé est centrée.

[0018] Le procédé peut également comporter une étape (b) de fixation des brins par des points de soudure. Cette étape peut être réalisée par laser ou par faisceau d'électrons. Toutefois, cette étape de fixation n'est pas indispensable si le toron a une tenue mécanique sans foisonnement des brins.

[0019] L'étape d'enduction comporte de préférence une étape de passage du toron dans un bain de métal liquide en fusion lévitation.

[0020] Le métal liquide en fusion lévitation comporte de préférence une charge de même matériau que le matériau de base des brins.

[0021] Le procédé peut également comporter, entre les étapes (b) et (c), une étape de revêtement du toron par une couche protectrice contre l'oxydation. Cette couche protectrice est particulièrement utile lorsque l'alliage métallique des brins est sensible à l'oxydation. C'est par exemple le cas lorsque les brins sont réalisés dans un alliage d'aluminium. On peut alors recouvrir le toron d'une couche protectrice, qui est de préférence une nanocouche de cuivre. Cette couche protectrice disparaît lors du passage du toron dans le bain de métal liquide.

[0022] Un autre aspect de l'invention concerne également une pièce métallique pour turbomachine comportant un insert selon le premier aspect de l'invention ou réalisée selon un procédé selon le deuxième aspect de l'invention.

[0023] L'invention concerne également un procédé de réalisation d'une pièce métallique pour turbomachine comportant les étapes suivantes :

- Mise en place par trancanage d'un insert de renfort selon le premier aspect de l'invention ou obtenu par un procédé selon le deuxième aspect de l'invention autour de la pièce de turbomachine ;
- Compaction de la pièce de turbomachine par compression isostatique à chaud.

BREVES DESCRIPTION DES FIGURES

[0024] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description détaillée qui suit, en référence aux figures annexées, qui illustrent :

- La figure 1, une vue en coupe d'une fibre en céramique ;
- La figure 2, une vue en coupe d'une fibre en céramique entourée par des brins en alliage métallique ;
- La figure 3, une vue en perspective de trois torons ;
- La figure 4, un toron recouvert d'une couche de renfort ;
- La figure 5 donne l'évolution du rapport le rayon des brins métalliques et celui de la fibre, ainsi que le Vf obtenu en

fonction du nombre de brins pour des constructions monocouche.

[0025] Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés par des signes de références identiques sur l'ensemble des figures.

DESCRIPTION DETAILLEE D'AU MOINS UN MODE DE REALISATION

[0026] Un procédé de réalisation d'un insert de renfort selon un mode de réalisation de l'invention est décrit en référence aux figures 1 à 4. L'insert de renfort est réalisé à partir d'une fibre centrale 1 en céramique. Cette fibre centrale 1 est réalisée en carbure de silicium.

[0027] Le procédé comporte une première étape (a) de réalisation d'un toron en enroulant des brins 2 en alliage métallique autour de la fibre centrale 1. Les brins sont de préférence réalisés dans un alliage métallique à base de titane, de nickel ou d'aluminium. Les brins sont enroulés autour de la fibre centrale de façon hélicoïdale de façon à ce qu'ils forment une hélice autour de la fibre centrale. En fonction du rapport Vf, le toron peut comporter plus ou moins de brins 2. Le nombre Vf est défini comme le rapport surfacique entre la fibre centrale et les brins métalliques. Par exemple, une fibre centrale 1 de 140 µm de diamètre présente une section de 15400 µm². Un toron de 10 brins de 70 µm de diamètre présente 10 sections de 3850 µm² soit 38500 µm². Soit une surface totale de 38500 + 15400 = 53900 µm². Le rapport surfacique Vf est donc égal à 15400 x 53900 x100 = 29 %.

[0028] Le toron comporte généralement N brins avec N supérieur ou égal à 6. Les brins 2 sont agencés en couche(s) concentriques(s) autour de la fibre centrale 1. On peut également faire varier le diamètre de la fibre centrale 1 et le diamètre des brins 2 en fonction du rapport Vf voulu entre le pourcentage de fibre en carbure de silicium par rapport au pourcentage de matière du toron. Les relations de dimensionnement sont :

$$\sin(180^\circ/N) = R2/(R1+R2) \quad Vf=R1^2/(R1^2+N*R2^2)$$

Avec :

R1 rayon de la fibre céramique, R2 rayon du brin métallique

N nombre de brins métalliques

[0029] L'évolution du nombre Vf en fonction du nombre de brins dans le cas d'un toronnage monocouche est représenté sur la figure 5, ainsi que l'évolution du rapport R2/R1 en fonction du nombre de brins en périphérie.

[0030] Par exemple, une fibre de carbure de silicium de 140 µm de diamètre entourée par 7 brins de 107 µm de diamètre et enduite d'une couche protectrice de 3 µm, donne un pourcentage de fibre de carbure de silicium SiC de 20%.

[0031] Lors de l'opération de toronnage des brins d'alliage métallique autour de la fibre centrale 1, il est impératif de faire circuler la fibre centrale sans générer de rayons de courbure inférieure à 20 mm pour ne pas endommager la fibre centrale. Pour cela, les poulies utilisées pour enrouler la fibre centrale lors de l'opération de toronnage doivent être suffisamment grandes pour ne pas générer de rayons de courbure dans la fibre centrale inférieurs à 20 mm.

[0032] Si le toron présente des phénomènes de foisonnement autour de la fibre centrale, il est possible de réaliser de façon régulière des petits spots de soudure des brins en ligne avec la toronneuse. Une technique par soudage laser ou faisceaux d'électrons peut être utilisée

[0033] Par ailleurs, lorsque les brins 2 sont réalisés dans des alliages métalliques sensibles à l'oxydation, le procédé peut comporter une étape (c) de revêtement du toron par une couche protectrice. Par exemple, lorsque l'alliage métallique utilisé pour les brins 2 est à base d'aluminium, la couche protectrice peut être une nanocouche de cuivre. Cette couche protectrice disparaît lors de l'étape suivante.

[0034] En effet, le procédé comporte ensuite une étape (c) d'enduction du toron par une couche de renfort 3 métallique. Pour cela, le toron est passé au travers d'un bain de métal liquide en fusion lévitation d'une charge de même matériau que les brins placés en hélice autour de la fibre centrale 1. Ainsi, lorsque les brins 2 sont réalisés dans un alliage à base de titane, la charge du bain de métal liquide comporte de préférence du titane. De même, lorsque les brins 2 sont réalisés dans un alliage métallique à base d'aluminium, la charge comporte de préférence de l'aluminium. Des procédés d'enduction du toron à l'aide d'un bain de métal liquide sont connus de l'art antérieur. De tels procédés sont par exemple décrits dans les documents EP 0 931 846 ou EP 1 995 342. Lors de l'étape d'enduction, les brins 2 ne sont pas refondus en totalité. A l'issue de cette étape (c) d'enduction, le toron est enduit d'une couche de renfort 3 métallique. Cette couche de renfort 3 est continue.

[0035] Le procédé comporte ensuite une étape de solidification de l'insert de renfort, au cours de laquelle l'insert de renfort devient rigide.

[0036] On obtient ainsi un insert de renfort selon un mode de réalisation de l'invention comportant :

- Un toron comportant :

- Une fibre centrale 1 en céramique ;
- Des brins 2 en alliage métallique entourant la fibre centrale 1 de façon à former une hélice autour de la fibre centrale ;

- Une couche de renfort 3 en alliage métallique recouvrant le toron.

[0037] L'insert de renfort ainsi obtenu est facile à fabriquer, très résistant. En outre, sa composition peut aisément être modifiée.

[0038] L'insert de renfort ainsi obtenu peut ensuite être utilisé pour renforcer des pièces, notamment dans le domaine de l'aéronautique. Pour cela, l'insert de renfort peut ensuite être mis en forme par trancanage autour d'une pièce pour turbomachine, et notamment autour d'un carter ou d'un disque de turbomachine. L'insert de renfort est mis en place dans la pièce à renforcer. L'ensemble obtenu peut ensuite être compacté par compression isostatique à chaud. De manière à obtenir une pièce composite totalement compacte.

Revendications

1. Insert de renfort composite comportant :

- un toron formé par une fibre centrale (1) en matériau céramique entourée par des brins (2) en alliage métallique enroulés en hélice autour de la fibre centrale (1),
- une couche de renfort (3) métallique recouvrant le toron.

2. Insert de renfort selon la revendication précédente, dans lequel le toron comporte N brins (2) avec N supérieur ou égal à 6, N étant de préférence égal à 7, 19 ou 37 brins (2).

3. Insert de renfort selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la fibre centrale (1) est réalisée en carbure de silicium.

4. Insert de renfort selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les brins (2) sont réalisés dans un alliage à base de titane, de nickel ou d'aluminium.

5. Insert de renfort selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche de renfort (3) est réalisée dans le même matériau que le matériau de base des brins (2).

6. Pièce de turbomachine renforcée par un insert de renfort selon l'une des revendications précédentes.

7. Procédé de fabrication d'un insert de renfort composite à partir d'une fibre centrale (1) en céramique, le procédé comportant les étapes suivantes :

- (a) Toronage de brins (2) en alliage métallique autour de la fibre centrale de façon à former un toron;
- (c) Enduction du toron par une couche de renfort (3) métallique.

8. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'étape d'enduction comporte une étape de passage du toron au travers d'un bain de métal liquide en fusion lévitation, le métal liquide en fusion lévitation comportant une charge de même matériau que le matériau de base des brins.

9. Procédé selon l'une des revendications 7 à 8, comportant en outre une étape (b) de fixation des brins par des points de soudure.

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, comportant en outre, entre les étapes (a) et (c), une étape de revêtement du toron par une couche protectrice contre l'oxydation.

Patentansprüche

1. Verbundverstärkungseinsatz, umfassend:

- eine Litze, die durch eine zentrale Faser (1) aus Keramikmaterial geformt ist, die durch Filamente (2) aus spiralförmig eingerollter Metalllegierung umgeben ist;
- eine die Litze abdeckende metallische Verstärkungsschicht (3).

2. Verstärkungseinsatz gemäß dem voranstehenden Anspruch, bei dem die Litze N Filamente (2) umfasst, wobei N größer als oder gleich 6 ist, wobei N bevorzugt gleich 7, 19 oder 37 Fasern (2) ist.

3. Verstärkungseinsatz gemäß irgendeinem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die zentrale Faser (1) aus Siliziumkarbid realisiert ist.

4. Verstärkungsfaser gemäß irgendeinem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die Fasern (2) aus einer Legierung auf Titan-, Nickel- oder Aluminiumbasis realisiert sind.

5. Verstärkungsfaser gemäß einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Verstärkungsschicht (3) aus demselben Material realisiert ist wie das Basismaterial der Fasern (2).

6. Turbomaschinenteil, das durch einen Verstärkungseinsatz gemäß irgendeinem der voranstehenden Ansprüche verstärkt ist.

7. Herstellungsverfahren eines Verbundverstärkungseinsatzes ausgehend von einer zentralen Faser (1) aus Keramik, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst

- (a) Verlitzen von Fasern (2) aus Metalllegierung rund um die zentrale Faser derart, dass eine Litze gebildet wird;
- (c) Beschichtung der Litze durch eine metallische Verstärkungsschicht.

8. Verfahren gemäß dem voranstehenden Anspruch, bei dem der Beschichtungsschritt einen Übergangsschritt der Litze durch ein flüssiges Metallbad im Schwebeschmelzen umfasst, wobei das flüssige Metall im Schwebeschmelzen eine Charge desselben Materials umfasst wie das Basismaterial der Fasern.

9. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 7 bis 8, umfassend darüber hinaus einen Befestigungsschritt (b) der Fasern durch Schweißpunkte.

10. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 7 bis 9, umfassend darüber hinaus zwischen den Schritten (a) und (c) einen Beschichtungsschritt der Litze durch eine Schutzschicht gegen die Oxidation.

Claims

1. A composite reinforcement insert including:

- a strand formed by a centre fibre (1) of ceramic material surrounded by filaments (2) of metal alloy helically wound around the centre fibre (1),
- a metal reinforcement layer (3) covering the strand.

2. The reinforcement insert according to the preceding claim, wherein the strand includes N filaments (2) with N higher than or equal to 6, N being preferably equal to 7, 19 or 37 filaments (2).

3. The reinforcement insert according to one of the preceding claims, wherein the centre fibre (1) is made of silicon carbide.

4. The reinforcement insert according to one of the preceding claims, wherein the filaments (2) are made of a titanium, nickel or aluminium-based alloy.

5. The reinforcement insert according to one of the preceding claims, wherein the reinforcement layer (3) is made of

the same material as the base material of the filaments (2).

6. A turbomachine piece reinforced by a reinforcement insert according to one of the preceding claims.

5 7. A method for manufacturing a composite reinforcement insert from a centre fibre (1) of ceramics, the method including the following steps of:

- (a) stranding filaments (2) of metal alloy around the centre fibre so as to form a strand;
- (c) coating the strand with a metal reinforcement layer (3)

10 8. The method according to the preceding claim, wherein the coating step includes a step of passing the strand through a levitation molten liquid metal bath, the levitation molten liquid metal including a load of the same material as the base material of the filaments.

15 9. The method according to one of claims 7 and 8, further including a step (b) of attaching the strands by welding points.

10. The method according to one of claims 7 to 9, further including, between steps (a) and (c), a step of coating the strand with an oxidation protective layer.

20

25

30

35

40

45

50

55

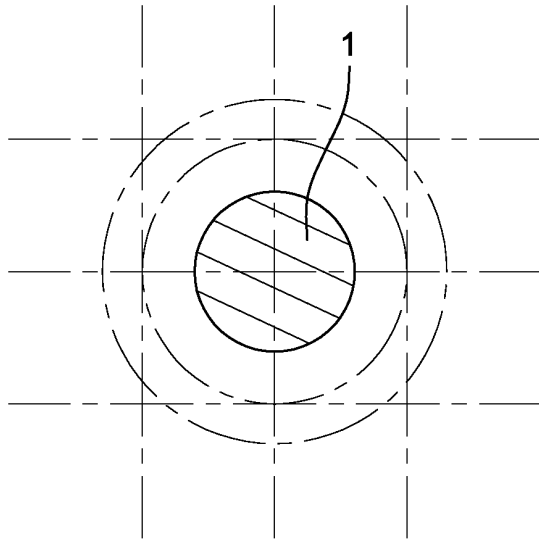


Fig. 1

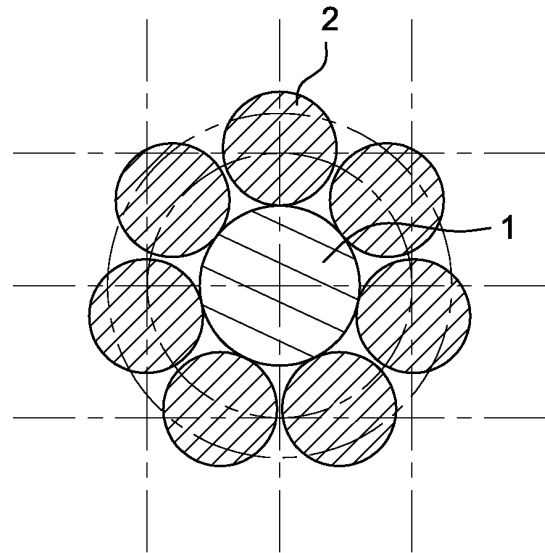


Fig. 2

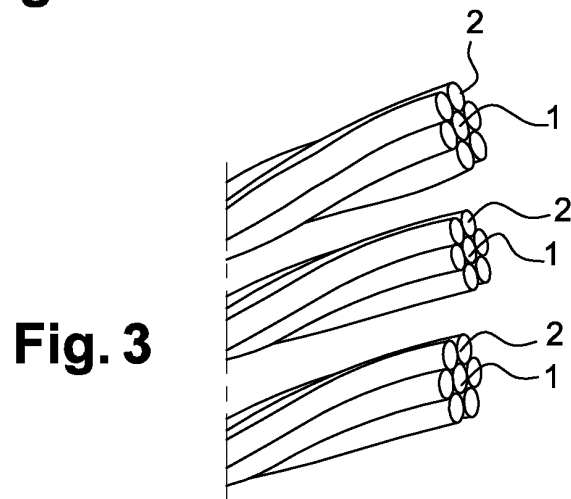


Fig. 3

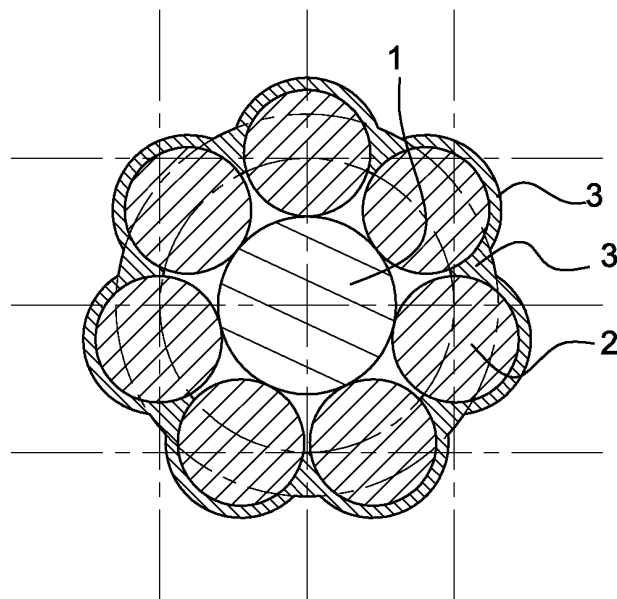
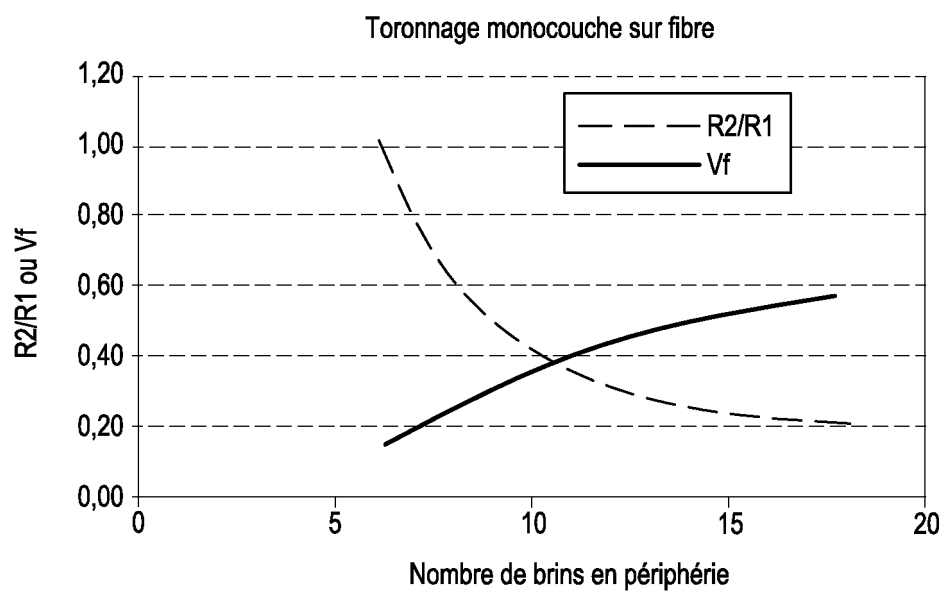


Fig. 4

**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

- EP 0931846 A [0006] [0034]
- EP 1995342 A [0034]