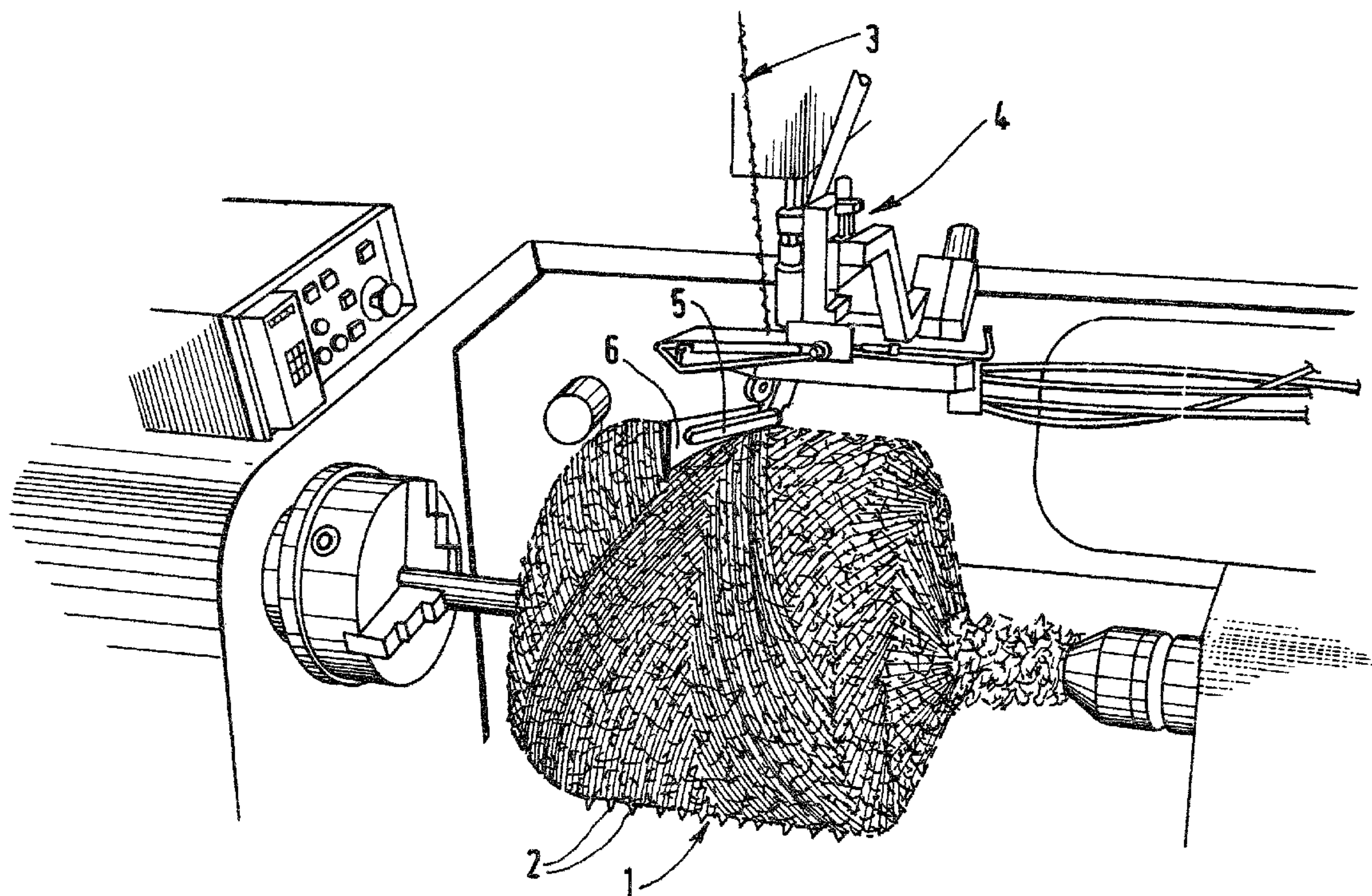




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1991/08/14  
 (41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1992/02/15  
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2004/02/10  
 (30) Priorité/Priority: 1990/08/14 (90 10322) FR

(51) Cl.Int.<sup>5</sup>/Int.Cl.<sup>5</sup> F02K 1/82, B29C 67/14, F02K 9/97  
 (72) Inventeurs/Inventors:  
 FERRIER, CHRISTIANE, FR;  
 VERNOTTE, JEAN-MARIE, FR  
 (73) Propriétaire/Owner:  
 AEROSPATIALE SOCIETE NATIONALE  
 INDUSTRIELLE, FR  
 (74) Agent: OGILVY RENAULT

(54) Titre : DISPOSITIF DE PROTECTION THERMIQUE DE LA PAROI INTERNE D'UNE STRUCTURE CREUSE  
 SOUMISE A UN ECOULEMENT ABLATIF ET SON PROCEDE DE FABRICATION  
 (54) Title: THERMAL PROTECTION DEVICE FOR THE INSIDE SURFACE OF A HOLLOW STRUCTURE TO BE  
 EXPOSED TO ABLATION AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF



(57) Abrégé/Abstract:

Le dispositif de protection thermique est obtenu par bobinage de fils réfractaires à bouclettes (3) et de picots d'armement radial et de renforcement également en fibres réfractaires avantageusement torsadées. Les bouclettes et les picots ont une orientation et/ou un pas prédéterminés par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse. Application à la réalisation de la virole d'une chambre de moteur statoréacteur.

Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif et son procédé de fabrication.

ABREGE DESCRIPTIF

-----

Le dispositif de protection thermique est obtenu par bobinage de fils réfractaires à bouclettes (3) et de picots d'armement radial et de renforcement également en fibres réfractaires avantageusement torsadées. Les bouclettes et les picots ont une orientation et/ou un pas prédéterminés par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse.

Application à la réalisation de la virole d'une chambre de moteur statoréacteur.

Figure 1

L'invention se rapporte à un dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse telle que la virole d'une chambre de moteur statoréacteur, soumise à un écoulement ablatif de gaz corrosifs, à grande vitesse et haute température.

Dans l'état actuel de la technique, les couches de protection thermiques de telles structures sont constituées de composites à liants organiques, organo-métalliques ou minéraux, capables d'inclure des renforts du type poudres, fibres, tissus organiques ou minéraux. Sous l'action des gaz chauds, le matériau ablatable subit le phénomène de pyrolyse. La pyrolyse s'accompagne d'une dégradation de la chaîne carbonée ou organo-silicique du liant qui rend la scorie fragile et cassante dans la masse. Pour pallier cette fragilisation, la couche de protection thermique est couramment armée, suivant des techniques diverses.

Il est en effet connu que, pour un matériau ablatable de ce type, soumis à l'érosion des gaz chauds et aux vibrations, l'ablation est réduite lorsque le matériau est armé. L'armature noyée dans le matériau isolant peut être métallique ou non, tissée ou fibreuse.

Le brevet FR-A-2.569.237 décrit un tel dispositif armé de protection thermique, et le processus de fabrication correspondant, pour la protection thermique de parois longées par des veines d'écoulement de gaz, telles que les chambres de moteurs statoréacteurs.

L'intérêt de ce brevet antérieur a été de permettre l'élaboration d'une couche de protection souple, par exemple en silicone, renforcée en particulier par une armature orientée par rapport à l'écoulement des gaz, qui confère une bonne tenue à l'ablation et aux arrachements provoqués par les vibrations dues au fonctionnement du moteur.

Pour améliorer la tenue mécanique d'une structure après pyrolyse du liant, il est nécessaire de renforcer la protection thermique de telle manière qu'après pyrolyse de la matrice dans toute l'épaisseur de ladite protection, le



matériau résiduel obtenu constitue une chemise isolante, non fissurée ni fissurable, protégeant la structure externe pendant le fonctionnement du moteur.

5 L'une des façons avantageuses de structurer une matrice est de réaliser des structurations en trois dimensions par technique de bobinage de fil dans le sens radial et dépose de fil dans le sens longitudinal sur un mandrin muni de picots. La matrice est habituellement amenée par injection de résine non chargée liquide, dans les  
10 mailles de la structure ainsi préparée.

Cette technique présente cependant l'inconvénient de figer le diamètre de la protection thermique, puisqu'elle utilise des fils circonférenciels incapables de se déformer lors de la mise en pression de la chambre, en particulier  
15 initialement lors du fonctionnement de l'accélérateur intégré dans la chambre, tandis que la structure métallique se déformera, ce qui induira la rupture de la protection thermique par ces fils circonférentiels et des risques de rupture de la liaison collée.

20 L'invention propose par conséquent un dispositif de protection thermique collé sur la structure, qui présente l'avantage d'être souple et capable d'allongement, lui permettant ainsi de suivre la déformation propre à la structure lors de la mise en pression de la chambre.

25 Un objet de la présente invention consiste en un dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, formé d'une structuration en trois dimensions et d'un liant, lequel  
30 dispositif étant constitué d'une armature fibreuse obtenue par bobinage de fibres ou fils réfractaires à bouclettes et par des picots d'armement radial et de renforcement également en fibres réfractaires avantageusement torsadées, les bouclettes et les picots ayant une orientation et/ou un  
35 pas prédéterminés par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse. Les picots sont plantés sur un mandrin selon une trajectoire en forme de spirale

ménageant des couloirs hélicoïdaux pour le bobinage du fil selon l'angle recherché, et selon un pas d'implantation qui détermine la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots.

5           Avantageusement le fil est déposé en même temps qu'une résine d'imprégnation, au fond des couloirs hélicoïdaux à l'aide d'une buse orientable en toutes directions, ajustant le guidage et la tension du fil, des ailettes de protection et de guidage complémentaire du fil  
10 encadrant la buse, et s'étendant au dessus du mandrin.

Un autre objet de l'invention consiste en un procédé de fabrication d'un dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de  
15 vibrations, procédé selon lequel :

- on bobine des fibres ou fils réfractaires à bouclettes sur un mandrin au fond de couloirs hélicoïdaux ménagés par des picots plantés en spirale sur ledit mandrin

20 - on dépose une résine d'imprégnation au fond des couloirs, en même temps que les fils

- on polymérise sous pression à la température adaptée au système de résine, l'ensemble pré-imprégné

- et on ramène la protection thermique obtenue à l'épaisseur voulue par usinage interne et externe.

25           L'invention sera décrite maintenant en référence à  
/ la figure unique qui représente en perspective un dispositif de bobinage d'une protection thermique. On voit sur la figure un mandrin mousse 1 sur lequel sont plantés des petits picots 2 selon une trajectoire en forme de spirale  
30 ménageant des couloirs hélicoïdaux. Le pas axial de la spirale et le pas d'implantation des picots définissent, pour un diamètre donné, l'angle que l'on veut faire suivre au bobinage de l'armature et la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots.

35           Sur le mandrin à picots sont déposés des fibres ou un fil à bouclettes 3 au moyen d'une machine à bobiner 4 munie d'une commande numérique qui permet de respecter les



paramètres de bobinage imposés par l'implantation des picots. Le fil est déposé, en même temps que la résine d'imprégnation par un distributeur dit "à passette" constitué d'une buse orientable 5 susceptible de pivoter dans toutes directions sous l'action de vérins non représentés. La buse distribue le fil dans la direction recherchée, des ailettes de protection 6 disposées de chaque côté et qui encadrent ladite buse et débordent au dessus du mandrin, ayant pour fonction complémentaire de guider le fil dans les couloirs délimités par les rangées de picot 2.

Une tension est appliquée sur le fil, de façon connue en soi, pour bien faire pénétrer le fil en même temps que la résine d'imprégnation, et assurer un bon compactage entre les couches successives. Pour améliorer encore ce compactage, les couloirs sont remplis pas à pas en déposant par exemple à l'aller au moins une demi-couche par millimètre, l'autre demi-couche étant déposée pendant le retour de la bobineuse.

Le fil à bouclettes 3 qui constitue un des éléments de base de la structure, a été choisi avec soin. Il est constitué de plusieurs mèches dont les principales assurent la tenue mécanique de la mèche bobinée, et les autres constituent la boucle. Il contient au moins une matière appartenant au groupe constitué par le carbone, la silice, le carbure de silicium, le verre, le kevlar, l'alumine ou un alumino-silicate. Les boucles des fils à bouclettes de deux couches superposées peuvent s'enchevêtrer, et participent à la bonne tenue à l'ablation de la structure en jouant le rôle de renfort radial. C'est dire l'intérêt d'obtenir la densité de bouclettes la mieux appropriée pour répondre à ces exigences.

De même le diamètre des boucles, et la densité du fil dans la boucle ont un effet sur l'aptitude du fil à pénétrer au fond du couloir constitué par les picots. Des boucles de faible diamètre ou trop denses en fil, empêcheraient aux couches successives de s'insérer les unes dans les autres au fond du couloir.

La résine d'imprégnation mentionnée plus haut est déposée sous le fil sous forme d'un ruban continu. Sa composition est ajustée de telle façon que le mélange soit suffisamment thixotrope pour ne pas couler. De plus, sa durée de vie en pot doit être ajustée pour permettre de réaliser le dispositif. Le liant est une résine thermodurcissable organique ou semi-organique ou minérale telle que phénolique, furannique, polyimide, polystyrylpyridine, silicone ou silicate, ou encore il est une résine à caractère élastomère telle une silicone. Il peut aussi être chargé de matière telle que poudre de carbure de silicium, de silice, de nitrure de silicium.

Quand aux picots qui sont d'autres constituants importants de la nouvelle protection recherchée, ils forment une armature radiale avantageusement constituée de fibres de carbures de silicium imprégnées phénoliques et ils complètent l'armement et le renforcement de la structure. Ils peuvent renfermer aussi une matière d'un même groupe que ceux indiqués pour le fil à bouclettes. Le torsadage des fibres améliore par ailleurs l'efficacité des picots.

Enfin, après enroulement, le dispositif est polymérisé sous pression et après polymérisation, la protection thermique obtenue est ramenée à l'épaisseur voulue par usinage interne et externe.

Ce procédé de mise en oeuvre garantit l'obtention d'une protection thermique structurée en trois dimensions, conservant ses possibilités d'allongement grâce à l'angle de bobinage, et ayant une tenue améliorée à l'ablation grâce à l'utilisation du fil à bouclettes spécialement étudié.

Pour illustrer un dispositif de protection selon l'invention, on donne ci-après un premier exemple de réalisation :

- Le bobinage est effectué sur un mandrin d'un diamètre de 100 mm

- Le pas des picots est de 2,5 mm en circonférenciel et 5 mm en axial, ce qui représente une densité de 7,37 picots /cm<sup>2</sup>



- Le fil utilisé possède 160 bouclettes d'un diamètre de 4 mm, par mètre. Il est constitué d'une mèche d'âme de 500 fils, d'un fil bouclette de 500 brins et d'un fil de liaison de 250 brins. La tension appliquée est de 1,5 kg pour un angle moyen de bobinage de 45°.

Selon un second exemple de réalisation :

- le bobinage est effectué sur un mandrin d'un diamètre de 330 mm

- le pas des picots est tel que leur densité est de 7,24 picots /cm<sup>2</sup>

- le fil utilisé est constitué de deux mèches d'âme à 500 filaments, d'un fil bouclettes à 250 filaments et d'un fil de liaison à 250 filaments. Le nombre des bouclettes au mètre est de 160. Le diamètre des bouclettes est de 8 mm. La tension appliquée est de 5 kg pour un angle moyen de bobinage de 60°.

Pour les deux exemples précédents on obtient une protection thermique, après polymérisation et usinage, qui donne de bons résultats aux essais de tenue à l'ablation et aux vibrations.

Ainsi la protection obtenue est adaptée à résister à une température de 2000°C en milieu oxydant pendant au moins 30 minutes. Elle peut aussi résister plusieurs dizaines de minutes à des vibrations haute-fréquence de l'ordre de 1000 à 2500 Hertz. Enfin pour obtenir des bons résultats, on notera que le taux de structuration doit atteindre au moins 20 % en poids du dispositif.



1. Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, formé d'une structuration en trois dimensions et d'un liant et comportant des picots d'armement radial et de renforcement, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une armature fibreuse obtenue par bobinage de fibres ou fils réfractaires à bouclettes et par lesdits picots qui sont également en fibres réfractaires avantageusement torsadées, en ce que les bouclettes ont au moins un d'une orientation et d'un pas qui est prédéterminé par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse, et en ce que les picots sont plantés sur un mandrin selon une trajectoire en forme de spirale ménageant des couloirs hélicoïdaux pour le bobinage du fil selon l'angle recherché, et selon un pas d'implantation qui détermine la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots, les fils étant déposés en même temps qu'une résine d'imprégnation, au fond des couloirs hélicoïdaux à l'aide d'une buse orientable en toutes directions, ajustant le guidage et la tension des fils.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que des ailettes de protection et de guidage complémentaire des fils encadrent la buse, et s'étendent au dessus du mandrin.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fils à bouclettes et les picots contiennent au moins une matière appartenant au groupe constitué par le carbone, la silice, le carbure de silicium, le verre, le kevlar, l'alumine ou un alumino silicate.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le liant est chargé de matière

appartenant au moins à l'une des familles poudres de carbure de silicium, poudres de silice, poudres de nitrure de silicium, fibres de carbure de silicium, fibres de carbone, fibres de silice.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les picots sont constitués de fibres de carbure de silicium imprégnées phénoliques.

6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la densité des picots est d'au moins 7 picots par  $\text{cm}^2$ .

7. Procédé de fabrication d'un dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations caractérisé en ce qu'il consiste:

- à bobiner des fibres ou fils réfractaires à bouclettes sur un mandrin au fond des couloirs hélicoïdaux ménagés par des picots plantés en spirale sur ledit mandrin;

- à déposer une résine d'imprégnation au fond des couloirs, en même temps que les fils;

- à polymériser sous pression à la température adaptée au système de résine, l'ensemble pré-imprégné;

- et à ramener la protection thermique obtenue à l'épaisseur voulue par usinage interne et externe.

8. Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, formé d'une structuration en trois dimensions et d'un liant et comportant des picots d'armement radial et de renforcement, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une



armature fibreuse obtenue par bobinage de fibres ou fils réfractaires à bouclettes et par lesdits picots qui sont également en fibres réfractaires avantageusement torsadées, en ce que les bouclettes ont au moins un d'une orientation et d'un pas qui est prédéterminé par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse, et en ce que les picots sont plantés sur un mandrin selon une trajectoire en forme de spirale ménageant des couloirs hélicoïdaux pour le bobinage du fil selon l'angle recherché, et selon un pas d'implantation qui détermine la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots, les fils à bouclettes et les picots contenant au moins une matière appartenant au groupe constitué par le carbone, la silice, le carbure de silicium, le verre, le kevlar, l'alumine ou un alumino silicate.

9. Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, formé d'une structuration en trois dimensions et d'un liant et comportant des picots d'armement radial et de renforcement, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une armature fibreuse obtenue par bobinage de fibres ou fils réfractaires à bouclettes et par lesdits picots qui sont également en fibres réfractaires avantageusement torsadées, en ce que les bouclettes ont au moins un d'une orientation et d'un pas qui est prédéterminé par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse, et en ce que les picots sont plantés sur un mandrin selon une trajectoire en forme de spirale ménageant des couloirs hélicoïdaux pour le bobinage du fil selon l'angle recherché, et selon un pas d'implantation qui détermine la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots, le liant étant chargé de matière appartenant au moins à l'une des familles poudres de carbure de silicium, poudres de silice, poudres de

nitruine de silicium, fibres de carbure de silicium, fibres de carbone, fibres de silice.

10. Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, formé d'une structuration en trois dimensions et d'un liant et comportant des picots d'armement radial et de renforcement, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une armature fibreuse obtenue par bobinage de fibres ou fils réfractaires à bouclettes et par lesdits picots qui sont également en fibres réfractaires avantageusement torsadées, en ce que les bouclettes ont au moins un d'une orientation et d'un pas qui est prédéterminé par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse, et en ce que les picots sont plantés sur un mandrin selon une trajectoire en forme de spirale ménageant des couloirs hélicoïdaux pour le bobinage du fil selon l'angle recherché, et selon un pas d'implantation qui détermine la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots, les picots étant constitués de fibres de carbure de silicium imprégnées phénoliques.

11. Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, formé d'une structuration en trois dimensions et d'un liant et comportant des picots d'armement radial et de renforcement, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une armature fibreuse obtenue par bobinage de fibres ou fils réfractaires à bouclettes et par lesdits picots qui sont également en fibres réfractaires avantageusement torsadées, en ce que les bouclettes ont au moins un d'une orientation et d'un pas qui est prédéterminé par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse, et en ce que les picots sont plantés sur un mandrin selon une trajectoire en forme de spirale ménageant des



couloirs hélicoïdaux pour le bobinage du fil selon l'angle recherché, et selon un pas d'implantation qui détermine la densité des renforts radiaux que constituent lesdits picots, la densité des picots étant d'au moins 7 picots par  $\text{cm}^2$ .

12. Dispositif de protection thermique de la paroi interne d'une structure creuse soumise à un écoulement ablatif à haute température en présence de vibrations, le dispositif comprenant une structuration en trois dimensions et un liant, la structuration en trois dimensions comportant une armature fibreuse obtenue par bobinage de picots de renforcement de fibres réfractaires et de fils réfractaires ayant des bouclettes, lesdits picots de renforcement se prolongeant de façon radiale dans la structuration en trois dimensions et suivant une forme d'enroulement hélicoïdal avec des espaces entre des picots de renforcement adjacents qui ménagent des couloirs hélicoïdaux, les picots de renforcement ayant une ou plusieurs d'une orientation et d'un pas prédéterminés par rapport au sens de l'écoulement ablatif dans la structure creuse, et les fils réfractaires étant dans les couloirs hélicoïdaux afin de fournir ladite armature.

13. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel des ailettes complémentaires de protection et de guidage du fil déposé en même temps qu'une résine d'imprégnation, au fond des couloirs hélicoïdaux forment une buse conçue pour être orientée en toutes directions et s'étendant au dessus du mandrin.

14. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel les fils à bouclettes et les picots contiennent au moins une matière appartenant au groupe constitué par le carbone, la silice, le carbure de silicium, le verre, les

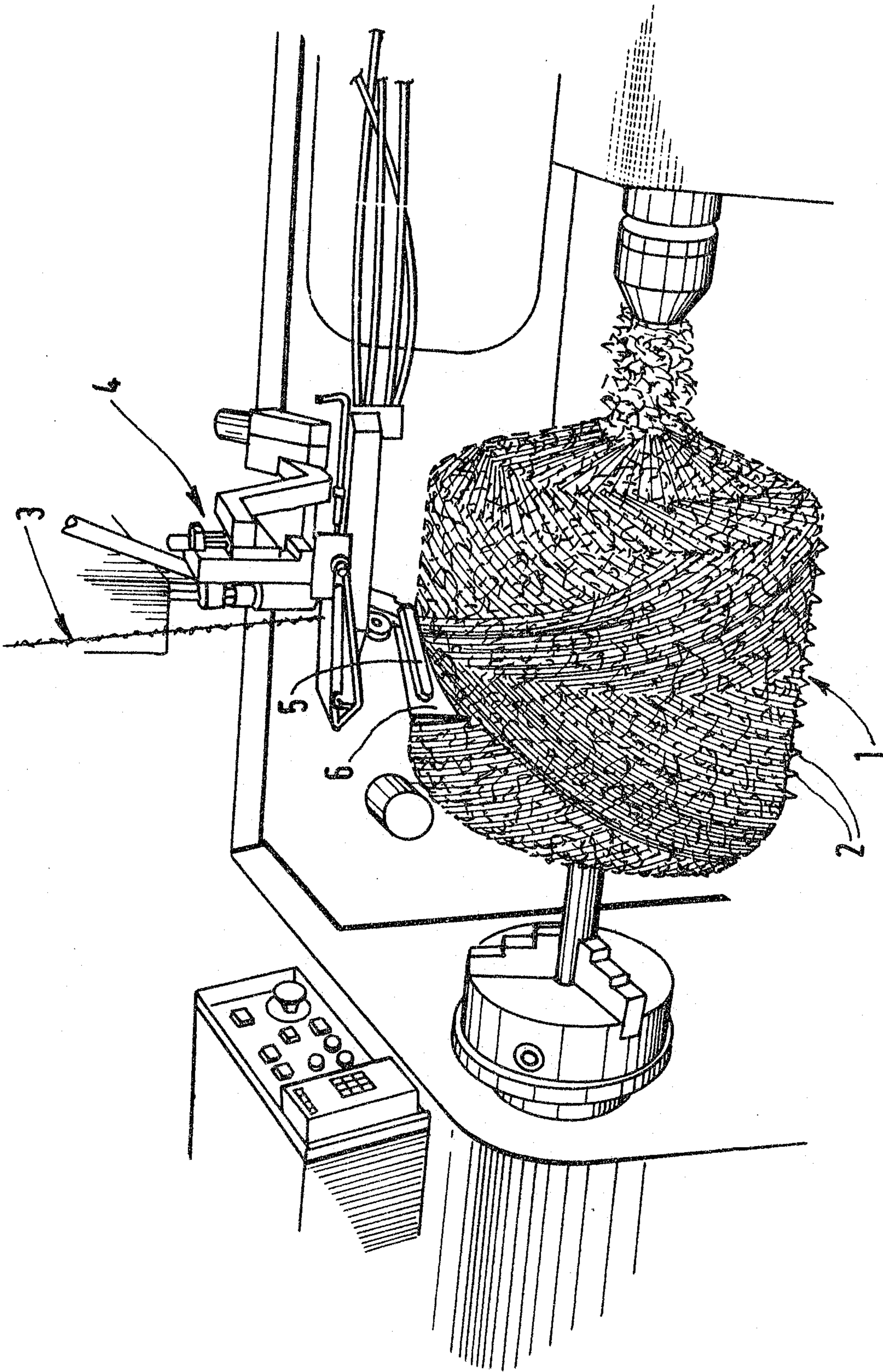
fibres de polyamides aromatiques (i.e. kevlar), l'alumine ou un alumino silicate.

15. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel le liant contient au moins une matière appartenant au groupe constitué par la poudre de carbure de silicium, la poudre de nitrure de silicium, la fibre de carbure de silicium, la fibre de carbone, et la fibre de silice.

16. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel les picots sont constitués de fibres de carbure de silicium imprégnées phénoliques.

17. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel la densité des picots est d'au moins 7 picots par  $\text{cm}^2$ .





PATENT AGENTS

*Swabeys Ogilvy Renault*

