(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 464 829 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
**15.07.2020 Bulletin 2020/29**

(21) Numéro de dépôt: **17729177.0**

(22) Date de dépôt: **18.05.2017**

(51) Int Cl.:
***F01D 11/12*** *(2006.01)* ***F01D 21/04*** *(2006.01)*
***F01D 25/24*** *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
**PCT/FR2017/051203**

(87) Numéro de publication internationale:
**WO 2017/203135 (30.11.2017 Gazette 2017/48)**

# (54) PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN CARTER À REVÊTEMENT ABRADABLE DE TURBOMACHINE

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES TURBINENMOTORGEHÄUSES MIT ABRIEBFESTER BESCHICHTUNG

METHOD FOR MANUFACTURING A TURBINE ENGINE CASING WITH ABRADABLE COATING

(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: **24.05.2016 FR 1654605**

(43) Date de publication de la demande:
**10.04.2019 Bulletin 2019/15**

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines**
**75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
- **TECHER, Marc-Emmanuel, Jean, François**
  **77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR)**
- **FABRE, Hubert, Jean, Marie**
  **77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR)**
- **SIX, Pauline, Nathalie**
  **77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR)**

(74) Mandataire: **Gevers & Orès**
**Immeuble le Palatin 2**
**3 Cours du Triangle**
**CS 80165**
**92939 Paris La Défense Cedex (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A2-2013/007937** **FR-A1- 2 922 950**

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).

EP 3 464 829 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

## Description

**[0001]** L'invention se rapporte notamment à un procédé de fabrication d'un panneau de support de matériau abradable pour un carter de turbomachine.

**[0002]** Les turbomachines aéronautiques sont principalement constituées par au moins un compresseur, dans lequel l'air aspiré dans l'entrée d'air de la turbomachine est comprimé vers une chambre de combustion dans laquelle le carburant injecté est brûlé, puis transmis à au moins une turbine dans laquelle les gaz brûlés sont détendus pour entraîner le compresseur solidaire en rotation de la turbine, et enfin évacué par un dispositif d'éjection. Les compresseurs et les turbines aéronautiques sont constitués d'ailettes, ou aubes, qui sont mues en rotation à l'intérieur d'un carter qui assure l'étanchéité de la veine d'air avec l'extérieur du moteur.

**[0003]** Par exemple, le carter est constitué d'une succession d'anneaux avec lequel les aubes ménagent un jeu de fonctionnement. Ce jeu doit être suffisant pour qu'aucun frottement ne vienne freiner la rotation des pièces mobiles mais il doit être contrôlé pour éviter qu'une quantité importante de gaz ne soit détournée des surfaces actives des aubages. Afin d'assurer un rendement aussi élevé que possible, il est donc important de maîtriser ce jeu.

**[0004]** En effet, il est connu que le jeu existant entre les extrémités des aubes mobiles et le carter formant la paroi interne de la veine d'écoulement de l'air dégrade le rendement du moteur de la turbomachine. Dans le cas d'un carter de compresseur en particulier, ce jeu peut notablement modifier et dégrader le fonctionnement du compresseur jusqu'à l'apparition d'un phénomène de « pompage », qui résulte du décrochage du flux d'air de la surface des aubes. Le contrôle de la circulation de l'air en bout des aubes constitue ainsi un enjeu primordial pour obtenir à la fois un bon rendement aérodynamique du compresseur ou de la turbine et, dans le cas particulier d'un compresseur, pour avoir une marge suffisante contre le phénomène de pompage.

**[0005]** De façon connue, afin de contrôler ce jeu, le carter porte un revêtement annulaire en matériau abradable. Ce revêtement s'étend autour et à faible distance radiale des aubes, qui peuvent, en fonctionnement, frotter contre le matériau abradable et l'user par frottement. Ceci permet d'optimiser les jeux radiaux entre les aubes et le carter qui les entoure et donc de limiter les fuites de gaz aux sommets ou extrémités radialement externes des aubes.

**[0006]** Le carter peut être réalisé sous la forme d'un anneau monobloc, ou d'une succession de secteurs d'anneaux, et il en va de même pour le matériau abradable qui peut être réalisé sous la forme d'une cartouche annulaire ou d'une succession de secteurs angulaires de cartouches.

**[0007]** Il est connu de déposer la matériau abradable directement sur un élément rigide, comme c'est le cas dans le document FR-2.922.950-A1 qui enseigne le dépôt d'un matériau abradable directement sur une virole interne d'un redresseur en contact tournant avec un rotor.

**[0008]** Toutefois, le matériau abradable n'est de préférence pas fixé directement sur le carter. En effet, le carter reçoit un panneau de support constitué d'un bloc de matériau en nid d'abeilles recouvert par une peau rigide, qui assure le support de la ou des cartouches de matériau abradable.

## ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

**[0009]** Selon l'état de la technique antérieure du document US-2014/150262-A1, il est connu de réaliser le carter à partir de couches d'un matériau fibreux qui subissent une injection de résine qui est alors polymérisée directement sur un bloc de matériau en nid d'abeilles

**[0010]** Selon l'état de la technique antérieure, lorsque le matériau est destiné à être rapporté sur un carter existant, il est connu de réaliser le carter à revêtement abradable selon trois étapes principales successives de fabrication du panneau de support, d'usinage du panneau de support, et de collage du panneau de support sur le carter.

**[0011]** Au cours d'une première étape de fabrication du panneau de support, on recouvre un bloc de matériau en nid d'abeilles avec une préforme de peau en matériau composite imprégné, par exemple une préforme réalisée en fibres de carbone imprégnées par une résine époxy. La préforme comporte une paroi et des rebords définissant des chants, et à cet effet, lors de la couverture du bloc de matériau en nid d'abeilles par la préforme, un matériau intumescent est interposé entre les bords du bloc et les chants de la préforme. Puis, l'ensemble, conformé sensiblement sous la forme d'un demi-sandwich, est soumis à une simple cuisson au cours d'une deuxième étape de manière à former un panneau de support brut.

**[0012]** La surface interne du carter ne correspond pas nécessairement à son profil théorique. En particulier, dans le cas d'un carter réalisé en matériau composite, on a constaté que la face interne du carter après fabrication ne présentait pas nécessairement une section parfaitement circulaire mais pouvait présenter une ovalisation de sa section. En outre, la face interne du carter peut présenter d'éventuels défauts de surface.

**[0013]** Il est donc nécessaire de procéder à un usinage de la face externe du panneau de support de manière qu'il épouse au mieux la face interne du carter afin de minimiser les déformations que le panneau de support pourrait subir, car ces déformations auraient pour conséquence de modifier la position requise pour la cartouche de matériau abradable que le panneau de support doit recevoir.

**[0014]** Pour ce faire, au cours d'une troisième étape, on mesure la face interne du carter de manière à en déduire un profil tridimensionnel que la face externe du panneau de support doit épouser. Puis, au cours d'une quatrième étape, on place le panneau de support dans un

outillage approprié permettant de le contraindre selon une position analogue à celle qu'il doit occuper une fois monté dans le carter.

**[0015]** Au cours d'une cinquième étape, on usine alors la face externe du panneau de support selon un profil tridimensionnel correspondant à celui de la face interne du carter. Ces étapes constituent les étapes de fabrication du panneau de support, et constituent à ce titre une première phase de fabrication du carter à revêtement abradable. Puis, au cours d'une deuxième phase de fabrication du carter à revêtement abradable, on colle le panneau de support sur le carter et le matériau abradable sur le panneau de support.

**[0016]** Cette conception présente l'inconvénient de nécessiter une opération de mesure de la face interne du carter avec des tolérances très élevées car le moindre défaut de forme de la face interne du panneau de carter a des conséquences sur le positionnement du panneau de support après sa fixation.

**[0017]** Par ailleurs, l'opération d'usinage est de surcroît très contraignante de par les outillages qui sont mis en oeuvre pour sa réalisation. En effet, une fois cuit, le panneau de support se trouve considérablement rigidifié, cette rigidité étant assurée principalement par la peau en matériau composite. La mise sous contrainte du panneau de support dans l'outillage afin de le contraindre dans la position qu'il doit occuper une fois monté dans le carter implique un outillage capable de conférer les déformations appropriées tout en assurant un maintien élevé du panneau de support. Cet outillage est donc par conséquent complexe et coûteux.

**[0018]** Par ailleurs, pour obtenir une adhérence satisfaisante de la peau en matériau composite sur le bloc de matériau en nid d'abeilles, il est nécessaire de réaliser la cuisson de l'ensemble en demi-sandwich dans une enceinte autoclave. Par conséquent, la fabrication en série de tels supports de cartouches de matériau abradable implique une gestion rigoureuse des temps d'utilisation des enceintes autoclaves, ce qui complique la production de ces panneaux.

**[0019]** Enfin, l'insertion d'un matériau intumescent entre les bords du bloc de matériau en nid d'abeille et les chants de la peau en matériau composite présente des risques de déformation du panneau de support. En effet, l'expansion de l'intumescent a un impact direct sur la qualité des chants. Les panneaux de support produits selon l'état actuel de la technique comportent notamment des cratères, porosités, et délaminages au niveau des chants, ce qui nécessite quasi-systématiquement une retouche des chants pour obtenir le panneau de support définitif.

**[0020]** Pour remédier à ces inconvénients il est souhaitable de permettre la fabrication du panneau de support en utilisant des moyens de cuisson conventionnels et de permettre l'usinage du bloc de matériau en nid d'abeilles avec un outillage réduit et selon des tolérances inférieures.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

**[0021]** L'invention a donc pour but de simplifier les opérations de préparation du panneau de support brut et son usinage en vue de l'adapter à la surface interne du carter.

**[0022]** Dans ce but, l'invention propose un procédé de fabrication d'au moins un panneau de support d'une cartouche de matériau abradable pour un carter de turbomachine, ledit panneau comportant au moins un bloc de matériau, notamment en nid d'abeilles, et une peau rigide recouvrant ledit bloc à l'exception d'une face externe libre configurée pour être fixée à une face interne du carter, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une étape d'usinage de la face externe du bloc de matériau selon un profil en trois dimensions configuré pour épouser celui de la face interne du carter, puis
- une étape de fixation du bloc usiné à la peau rigide.

**[0023]** Cette nouvelle organisation des étapes du procédé de fabrication de l'élément de support permet, du fait de la réalisation de l'étape d'usinage du matériau préalablement à son insertion dans la peau rigide, de simplifier cette étape d'usinage puisqu'elle peut être réalisée sans l'obligation de disposer d'un outillage spécifique nécessaire pour contraindre l'élément de support selon la forme qu'il occupera dans le carter. Par ailleurs, la fixation du bloc de matériau dans la peau rigide permet d'éviter l'emploi d'un matériau intumescent et par conséquent élimine les défauts que celui-ci était susceptible, dans l'état antérieur de la technique, de provoquer au niveau de ces chants.

**[0024]** Selon d'autres caractéristiques du procédé de fabrication de l'élément de support :

- au cours de l'étape d'usinage on usine la face externe du bloc jusqu'à une épaisseur déterminée et préalablement à l'étape de fixation, on choisit une peau rigide comportant une paroi et des rebords définissant des chants de hauteur déterminée inférieure à l'épaisseur déterminée du bloc,
- au cours de l'étape de fixation, on colle la paroi de la peau en matériau composite sur une face interne du bloc et les chants sur les bords dudit bloc,
- le procédé comporte une étape préalable de fabrication de la peau par cuisson d'un matériau composite imprégné,
- le procédé comporte une étape préalable de mesure de dimensions d'une face interne du carter pour déterminer le profil en trois dimensions de ladite face interne.

**[0025]** L'invention propose aussi un panneau de support d'au moins une cartouche de matériau abradable pour une turbomachine, ledit panneau comportant au moins un bloc d'un matériau, notamment en nid d'abeilles, qui comporte une face externe configurée

pour être collée à une face interne d'un carter de turbomachine et qui est recouvert d'une peau rigide, ladite peau rigide comportant une paroi recouvrant une face interne du bloc et des rebords définissant des chants en regard de bords latéraux dudit bloc, caractérisé en ce que la face externe du bloc est usinée et en ce que la peau rigide est fixée au bloc par l'intermédiaire d'un film de colle, ledit film de colle étant intercalé entre la paroi de la peau et la face interne du bloc et entre les chants de la peau et les bords latéraux dudit bloc.

**[0026]** Selon d'autres caractéristiques du panneau :

- une extrémité libre des chants est agencée en retrait de la face externe du bloc,
- la peau est un matériau composite imprégné cuit.

**[0027]** L'invention propose également un procédé de fabrication d'un carter à revêtement abradable de turbomachine, comportant un carter de turbomachine revêtu d'un panneau de support du type décrit précédemment recevant une cartouche de matériau abradable, caractérisé en ce qu'il comporte successivement une première phase au cours de laquelle on met en œuvre les étapes du procédé de fabrication d'un panneau de support tel que décrit précédemment pour obtenir au moins un panneau de support, une deuxième phase au cours de laquelle on colle ledit panneau de support sur la face interne du carter, et une phase au cours de laquelle on colle une cartouche en matériau abradable sur ledit panneau de support.

**[0028]** Selon une autre caractéristique du procédé de fabrication du carter à revêtement abradable, la deuxième phase dudit procédé intervient simultanément avec l'étape de collage du procédé de fabrication du panneau de support,

**[0029]** L'invention concerne enfin une turbomachine comportant au moins un carter à revêtement abradable obtenu par le procédé précédemment décrit.

**[0030]** L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe d'un carter à revêtement abradable de turbomachine selon un état antérieur de la technique;
- les figures 2A et 2B sont des vues schématiques représentant une partie des étapes d'un procédé de fabrication d'un panneau de support selon un état antérieur de la technique ;
- la figure 3 est une vue schématique représentant une phase finale d'un procédé de fabrication du carter à revêtement abradable de la figure 1 ;
- la figure 4 est un organigramme représentant les phases d'un procédé de fabrication du carter à revêtement abradable de la figure 1 ;
- la figure 5 est une vue schématique en coupe d'un carter à revêtement abradable selon l'invention ;
- la figure 6A et 6B sont des vues schématiques représentant une partie des étapes d'un procédé de fabrication d'un panneau de support selon l'invention ;
- la figure 7 est une vue schématique représentant une phase finale d'un procédé de fabrication du carter à revêtement abradable de la figure 5.
- la figure 8 est un organigramme représentant les phases d'un procédé de fabrication du carter à revêtement abradable de la figure 5.

**[0031]** Dans la description qui va suivre, des chiffres de référence identiques désignent des pièces identiques ou ayant des fonctions similaires.

**[0032]** Dans la suite de la présente description, les orientations « internes» et « externes» sont définies par référence à un axe de rotation des rotors d'une turbomachine, les orientations « externes » étant tournées à l'opposé dudit axe, et les orientations « internes » étant tournées vers ledit axe.

**[0033]** On a représenté aux figures 1 et 5 un carter à revêtement abradable 10 pour une turbomachine.

**[0034]** De manière connue, un tel carter à revêtement abradable 10 comporte un carter 12 nu qui est revêtu d'un panneau de support 14 qui est lui-même revêtu d'une cartouche 16 en matériau abradable.

**[0035]** Le panneau de support 14 comporte au moins un bloc 18 de matériau en nid d'abeilles, connu généralement sous la dénomination de « Nida », et une peau 20 rigide qui recouvre le bloc 18 et qui est destinée à recevoir la cartouche 16 en matériau abradable.

**[0036]** Ainsi, le panneau de support 14 est conformé sous la forme d'un demi-sandwich qui est fixé à une face interne 13 du carter 12 par l'intermédiaire d'un film de colle 22.

**[0037]** La cartouche de matériau abradable 16 est fixée à l'élément de support 14 par collage, et en particulier, par cuisson du matériau abradable. La cuisson du matériau abradable assure sa cohésion avec le panneau de support 14.

**[0038]** La figure 1 illustre plus particulièrement un carter à revêtement abradable 10 réalisé conformément à un état antérieur de la technique. Ce carter à revêtement abradable 10 comporte en particulier un panneau de support 14 qui est réalisé selon un procédé qui a été représenté aux figures 2A et 2B en correspondances des étapes de la figure 4.

**[0039]** Selon ce procédé, au cours d'une première étape ET1 qui a été représentée à la figure 2A, on insère un bloc 18 de matériau en nid d'abeilles dans une préforme 26 de peau réalisée en matériau composite imprégné, par exemple une préforme 26 réalisée en fibres de carbone tissées et imprégnées par une résine époxy. La préforme 26 comporte une paroi 28 et des rebords définissant des chants 30. Lors de l'insertion du bloc 18 de matériau en nid d'abeilles dans la préforme, un matériau intumescent 32 est interposé entre des bords 34 du bloc

18 de matériau en nid d'abeilles et les chants 30 de la préforme 26.

**[0040]** L'ensemble, conformé sensiblement sous la forme d'un demi-sandwich, est soumis à une simple cuisson au cours d'une deuxième étape ET2 de de manière à former un panneau de support brut.

**[0041]** A l'issue de cette étape ET2, la préforme 26 de peau en matériau composite est devenue une peau 20 rigide telle que représentée à la figure 2B. Le bloc 18 de matériau en nid d'abeilles, le matériau intumescent 32, et la peau 20 sont adhérisés les uns aux autres suite à la cuisson du matériau composite.

**[0042]** Par ailleurs, la surface interne 13 du carter 12 précédemment représenté à la figure 1 ne correspond pas nécessairement à son profil théorique. En particulier, dans le cas d'un carter 12 de révolution réalisé en matériau composite, on a constaté que la face interne 13 du carter 12 après fabrication pouvait ne pas présenter une section parfaitement circulaire mais plutôt une section ovalisée inadaptée pour recevoir une roue de compresseur ou de turbine de la turbomachine (non représentée). En outre, la face interne 13 du carter 12 peut présenter d'éventuels défauts de surface.

**[0043]** Dans la mesure où la peau 20 est rigide et où sa forme générale ne doit plus être modifiée car elle doit présenter une épaisseur minimale lui permettant de supporter la cartouche de matériau abradable 16, il est donc nécessaire de procéder à un usinage d'une face externe 36 du panneau de support 14 de manière qu'elle épouse la face interne 13 du carter 12 afin de minimiser les déformations que le panneau de support 14 pourrait subir par rapport à son profil théorique. En effet, de telles déformations auraient pour conséquence de modifier la position requise pour le panneau de support 14, et par conséquent pour la cartouche de matériau abradable 16 que le panneau de support 14 doit recevoir.

**[0044]** Pour ce faire, comme l'illustre la figure 4, au cours d'une troisième étape ET3 (non représentée), on mesure la face interne 13 du carter 12 de manière à en déduire un profil tridimensionnel que la face externe 36 du panneau de support 14 doit épouser. Puis, au cours d'une quatrième étape ET4, on place le panneau 14 de support dans un outillage approprié (non visible) qui permet de contraindre le panneau 14 selon une position analogue à celle qu'il doit occuper une fois monté dans le carter 12.

**[0045]** Par exemple, cette contrainte peut consister, lorsque le panneau 14 présente une forme annulaire, en une contrainte radiale s'exerçant suivant toute la périphérie de la face externe 36 du panneau 14 ou, lorsque le panneau 14 présente une forme de secteur angulaire comme représenté aux figures 2A et 2B, en une contrainte exercée radialement sur la périphérie de la face externe 36 et tangentiellement sur les chants 30 du panneau 14, car le panneau 14 est destiné à être agencé entre deux panneaux 14 du même type qui exercent par conséquent sur lui des efforts tangentiels au niveau de ces deux chants 30.

**[0046]** Il sera compris que d'autres contraintes peuvent être exercées pour contraindre le panneau 14 à sa position montée dans le carter 12, sans limitation de l'invention.

**[0047]** Puis, au cours d'une cinquième étape ET5 qui a été représentée à la figure 2B, on usine alors la face externe 36 du panneau de support 14 selon un profil tridimensionnel correspondant à celui de la face interne 13 du carter 12, par exemple à l'aide d'une fraise deux tailles 37.

**[0048]** Les première à cinquième étapes ET1 à ET5 du procédé de fabrication du panneau de support 14, comprenant en particulier les étapes ET1 et ET5 qui ont été représentées aux figures 2A et 2B, constituent une première phase P1 du procédé de fabrication du carter à revêtement abradable. Puis, au cours d'une deuxième phase P2 représentée à la figure 4 et illustrée à la figure 3, on colle le panneau de support 14 sur la face interne 13 du carter et enfin au cours d'une phase P3, on réalise le collage de la cartouche 16 de matériau abradable sur le panneau de support 14

**[0049]** Ces procédés présentent plusieurs inconvénients.

**[0050]** En premier lieu, ils imposent, au cours de l'étape ET3, une opération de mesure de la face interne 13 du carter 12 avec des tolérances très élevées, car, comme le panneau de support 14 est rendu rigide à la fin de l'étape de cuisson ET2 de la peau 20, le moindre défaut de forme de la face interne 13 du panneau de carter 12 entraîne un défaut de positionnement du panneau de support 14 après sa fixation sur le carter 12.

**[0051]** En particulier, comme l'illustre la figure 1, les extrémités externes 38 des chants 30 étant directement au contact de la face interne 13 du carter 12, tout défaut de cette face interne 13 entraîne un défaut de positionnement de la paroi 28 du panneau de support 14, et par conséquent de la cartouche 16 de matériau abradable.

**[0052]** En deuxième lieu, l'opération d'usinage de l'étape ET5 est de surcroît très contraignante à mettre en œuvre de par la nature des outillages qu'elle implique. Comme on l'a vu, une fois cuit, le panneau de support 14 se trouve considérablement raidi par la peau 20 en matériau composite. La mise sous contrainte du panneau de support 14 dans l'outillage afin de le contraindre dans la position qu'il doit occuper une fois monté dans le carter implique un outillage capable de conférer les déformations appropriées du panneau 14 tout en assurant un maintien pour qu'il ne s'échappe pas dudit outillage élevé du panneau de support.

**[0053]** En troisième lieu la deuxième étape de cuisson est elle aussi problématique. En effet, comme la liaison du bloc 18 à la peau 20 est réalisée par la cuisson du panneau de support 14 dans son intégralité, il est nécessaire de réaliser la cuisson de cet ensemble en demi-sandwich dans une enceinte autoclave. Par conséquent, la fabrication en série de tels supports 14 de cartouches de matériau abradable implique une gestion rigoureuse des temps d'utilisation et d'occupation des enceintes

autoclaves ce qui complique la gestion des flux de production.

**[0054]** En dernier lieu, l'insertion du matériau intumescent 32 entre les bords du bloc de matériau en nid d'abeille et les chants de la peau en matériau composite augmente les risques de déformation du panneau 14 de support. En effet, l'expansion de l'intumescent peut produire des cratères, porosités, et délaminages au niveau des chants 30, ce qui nécessite quasi-systématiquement une retouche des chants 30 pour obtenir le panneau de support 14 définitif.

**[0055]** On remédie à cet inconvénient en proposant un procédé de fabrication du panneau de support 14 et un procédé de fabrication du carter à revêtement abradable 10 qui permettent avantageusement la fabrication du panneau de support 14 en utilisant des moyens de cuisson conventionnels et permettant l'usinage du bloc 18 de matériau en nid d'abeilles avec un outillage réduit et selon des tolérances inférieures.

**[0056]** Conformément à l'invention, comme l'illustrent les figures 6A, 6B et 7, le procédé comporte successivement au moins une étape ET5' d'usinage de la face externe 36 du bloc 18 de matériau en nid d'abeilles selon un profil en trois dimensions configuré pour épouser celui d'une face interne du carter, puis une étape ET6' de collage du bloc 18 usiné à la peau 20 rigide.

**[0057]** La mise en œuvre de ce procédé peut supposer la fourniture d'une peau 20 rigide qui peut être déjà formée, et par exemple faire partie d'un stock de peaux 20 à disposition de l'opérateur en charge de la fabrication, ou en variante, d'une peau qui est formée au moment de la mise en œuvre du procédé. On va à présent décrire un mode de réalisation préférée du procédé, étant entendu que ce mode de réalisation n'est, dans son organisation, pas limitatif de l'invention, du moment que le procédé comporte au moins l'étape d'usinage de la face externe 36 du bloc 18 et l'étape de collage du bloc 18 usiné à la peau 20 rigide.

**[0058]** Comme l'illustre la figure 8, le procédé de fabrication du panneau de support 14 selon l'invention comporte de préférence une première étape ET1', au cours de laquelle on fabrique la peau 20 en matériau composite par cuisson d'un matériau composite imprégné, par exemple un tissu de fibres de carbone imprégné de résine époxy. On obtient alors une peau 20, de préférence rigide, comportant une paroi 28 et des chants 30, comme représenté à la figure 6A. La peau 20 est configurée pour laisser libre sur le bloc 18 une face externe 36 configurée pour être fixée à une face interne 13 du carter 12 telle que représentée à la figure 5.

**[0059]** Ensuite, ou parallèlement, car ces opérations peuvent être menées simultanément, le procédé comporte une étape ET2' de découpe du bloc 18 de matériau en nid d'abeilles selon des dimensions propres à s'adapter à celles de la paroi 28 de la peau 20, le but de cette opération étant bien évidemment de garantir que le bloc 18 puisse être recouvert par la peau 20.

**[0060]** Ensuite ou parallèlement, car ces opérations peuvent être menées simultanément, le procédé comporte de préférence une troisième étape ET3' de mesure de la face interne 13 du carter 12 pour déterminer le profil en trois dimensions de ladite face interne 13. Cette troisième étape ET3' du procédé n'est pas limitative de l'invention mais elle permet toutefois de caractériser de manière très exacte le profil de la face interne 13 afin d'en mesurer précisément tous les défauts.

**[0061]** Puis, au cours d'une quatrième étape ET4', on met en position le bloc 18 sur un outillage (non visible) apte à lui conférer une position correspondant à la position définitive qu'il est destiné à occuper dans le panneau 14 monté dans le carter 12.

**[0062]** Avantageusement, comme le bloc 18 n'est pas rigidifié par la peau 20 rigide, l'outillage utilisé ne nécessite pas de précontraindre le bloc 18 pour obtenir la position définitive qu'il est destiné à occuper dans le panneau 14 monté dans le carter 12. Cette configuration permet d'utiliser un outillage plus simple.

**[0063]** Puis, on réalise au moins une étape ET5' d'usinage de la face externe 36 du bloc 18 en matériau en nid d'abeilles selon un profil en trois dimensions configuré pour épouser celui de la face interne 13 du carter 12, comme représenté à la figure 6B.

**[0064]** Par rapport au procédé tel que décrit précédemment en référence à l'état de la technique, ce procédé permet avantageusement d'usiner un bloc 18 de matériau en nid d'abeilles qui est plus souple que précédemment, car il n'est pas rigidifié par la peau rigide 20. De ce fait, l'usinage peut-être avantageusement réalisé comme précédemment avec une fraise deux tailles 37, mais il n'est pas nécessaire de disposer d'un outillage permettant de contraindre et de maintenir de manière précise le bloc 18 de matériau en nid d'abeilles, car celui-ci n'est pas rigidifié par la peau 20 et est donc plus flexible.

**[0065]** Puis, comme l'illustre la figure 7, au cours d'une étape ET6' de collage, on fixe le bloc de matériau en nid d'abeilles 18 préalablement usiné à la peau 20 par l'intermédiaire d'un film de colle 40.

**[0066]** De préférence, on colle par l'intermédiaire du film de colle 40 une face externe 27 de la paroi 28 de la peau en matériau composite 20 sur une face interne 42 du bloc 18 de matériau en nid d'abeilles et les chants 30 sur les bords 34 dudit bloc 18 de matériau en nid d'abeilles.

**[0067]** Avantageusement, dans le mode de réalisation préféré du procédé de fabrication de l'élément de support 14, le bloc 18 de matériau en nid d'abeilles est usiné au cours de l'étape ET5' selon une épaisseur E1, représentée à la figure 6B.

**[0068]** Au cours de la première étape ET1', on fabrique ou on choisit une peau rigide 20 comportant des rebords définissant des chants 30 de hauteur H déterminée, comme représenté à la figure 6A. La hauteur H des chants 30 est prévue pour être inférieure à la hauteur E1 du bloc 18.

**[0069]** Cette configuration est particulièrement avantageuse. En effet, le panneau de support 14 obtenu pré-

sente des chants 30 dont l'extrémité libre est donc susceptible d'être agencée en retrait du plan de la face externe 36 du bloc 18.

**[0070]** Cette configuration permet de garantir que, lorsque le bloc 18 de matériau en nid d'abeilles est assemblé avec la peau rigide 20, les extrémités externes 38 des chants 30 ne viennent pas toucher la face interne 13 du carter 12, comme représenté par le repère de détail et la flèche associée représentés à la figure 7. Ainsi, tout défaut résiduel de la face interne 13 du carter 12 n'est pas transmis par la peau rigide 20 à sa paroi 28, et n'a pas de conséquences sur le positionnement de sa paroi 28.

**[0071]** De plus, cette configuration permet l'utilisation d'une peau composite standard 20 dont les chants 30 ne nécessitent aucun usinage. Un simple choix de la peau composite dans un stock de peux composites de différentes hauteurs permet de trouver celle dont la hauteur H peut être adaptée au bloc 18 sans que la hauteur de ses chants 30 n'excède la hauteur E1 du bloc 18.

**[0072]** Les première à cinquième étapes ET1' à ET6' du procédé de fabrication du panneau de support 14 selon l'invention, comprenant en particulier les étapes ET1' et ET5' qui ont été représentées aux figures 6A et 6B, constituent une première phase P1' du procédé de fabrication du carter à revêtement abradable 10. Enfin, au cours d'une deuxième phase P2' du procédé de fabrication du carter à revêtement abradable 10 qui a été représentée à la figure 8 et illustrée à la figure 7, on colle le panneau de support 14 sur la face interne 13 du carter et au cours d'une troisième phase P3' on réalise le collage la cartouche 16 de matériau abradable sur le panneau de support 14.

**[0073]** Avantageusement, comme l'illustre la variante du procédé en traits pointillés de la figure 8, la sixième étape ET6' de fabrication du panneau de support 14 peut coïncider avec la deuxième phase P2' du procédé de fabrication du carter à revêtement abradable 10, dans la mesure où le collage du bloc 18 dans la peau 20 peut être réalisé en une seule opération en même temps que celui de la face externe 36 du bloc 18 sur la face interne 13 du carter 12. Le regroupement des opérations de collage permet donc d'éviter l'ajout d'une étape supplémentaire au procédé, qui conserve le même nombre d'étapes que les procédés selon l'état de la technique, tout en en évitant ses inconvénients et sans nécessiter de cuissons indépendantes pour la fixation de la peau 20 au bloc 18 et pour la fixation du bloc 20 au carter 12.

**[0074]** L'invention trouve particulièrement à s'appliquer à un panneau 14 de support destiné à équiper un carter à revêtement abradable 10 d'une turbomachine, qu'il s'agisse d'un carter à revêtement abradable 10 destiné à une veine de compresseur ou de turbine de ladite turbomachine.

**Revendications**

1. Procédé de fabrication d'un panneau de support (14) d'au moins une cartouche (16) de matériau abradable pour un carter de turbomachine, ledit panneau (14) comportant au moins un bloc (18) de matériau et une peau rigide (20) recouvrant ledit bloc à l'exception d'une face externe libre (36) configurée pour être fixée à une face interne (13) du carter (12), **caractérisé en ce qu'**il comporte :

   - une étape d'usinage (ET5') de la face externe (36) du bloc (18) de matériau selon un profil en trois dimensions configuré pour épouser celui de la face interne (13) du carter (12), puis
   - une étape de fixation (ET6') du bloc (18) usiné à la peau rigide (20).

2. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** au cours de l'étape d'usinage (ET5'), on usine la face externe du bloc (18) jusqu'à une épaisseur (E2) déterminée, et **en ce que**, préalablement à l'étape de fixation (ET6'), on choisit une peau rigide (20) comportant une paroi (28) et des rebords définissant des chants (30) de hauteur (H) déterminée inférieure à ladite épaisseur (E2) déterminée du bloc (18).

3. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que**, au cours de l'étape de fixation (ET6'), on colle la paroi (28) de la peau (20) sur une face interne (42) du bloc (18) et les chants (30) sur les bords (34) dudit bloc (18).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comporte une étape préalable (ET1') de fabrication de la peau (20) par cuisson d'un matériau composite imprégné.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comporte une étape (ET3') préalable de mesure de dimensions d'une face interne (13) du carter (12) pour déterminer le profil en trois dimensions de ladite face interne.

6. Panneau (14) de support d'au moins une cartouche (16) de matériau abradable (16) pour une turbomachine, ledit panneau (14) comportant au moins un bloc (18) de matériau qui comporte une face externe (36) configurée pour être collée à une face interne (13) d'un carter de turbomachine et qui est recouvert d'une peau rigide (20), ladite peau rigide comportant une paroi (28) recouvrant une face interne (42) du bloc (18) et des rebords définissant des chants (30) en regard de bords (34) latéraux dudit bloc (18), **caractérisé en ce que** la face externe (36) du bloc (18) est usinée et **en ce que** la peau rigide (20) est fixée au bloc (18) par l'intermédiaire d'un film de colle

(24), ledit film de colle (24) étant intercalé entre la paroi (28) de la peau (20) et la face interne (42) du bloc (18) et entre les chants de la peau (30) et les bords latéraux (34) dudit bloc (18).

**7.** Panneau de support (14) selon l'une des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce qu'**une extrémité libre (38) des chants (30) est agencée en retrait de la face externe (36) du bloc (18).

**8.** Panneau (10) de support selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la peau (20) est en matériau composite imprégné cuit.

**9.** Procédé de fabrication d'un carter à revêtement abradable (14) de turbomachine, comportant un carter (12) de turbomachine revêtu d'un panneau de support (14) selon les revendications 6 à 8 recevant une cartouche (16) de matériau abradable, **caractérisé en ce qu'**il comporte successivement une première phase (P1') au cours de laquelle on met en œuvre les étapes (ET5', ET6') du procédé de fabrication d'un panneau de support selon l'une des revendications 1 à 5 pour obtenir au moins un panneau de support (14), une deuxième phase (P2') au cours de laquelle on colle ledit panneau (14) de support sur la face interne (13) du carter (12), et une troisième phase (P3') au cours de laquelle on colle une cartouche (16) en matériau abradable sur ledit panneau de support (14).

**10.** Procédé de fabrication d'un carter à revêtement abradable (14) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la deuxième phase (P2') dudit procédé intervient simultanément avec l'étape de collage (ET6') du procédé de fabrication du panneau (14) de support.

**11.** Turbomachine comportant au moins un panneau de support (14) selon l'une des revendications 6 à 8 obtenu par le procédé selon l'une des revendications 1 à 5.

**Patentansprüche**

**1.** Verfahren zur Herstellung einer Stützplatte (14) mindestens einer Kartusche (16) aus abriebfestem Material für ein Turbinenmotorgehäuse, wobei die Platte (14) mindestens einen Materialblock (18) und eine feste Hülle (20) umfasst, die den Block mit Ausnahme einer freien äußeren Fläche (36) bedeckt, die konfiguriert ist, um an einer inneren Fläche (13) des Gehäuses (12) befestigt zu sein, **dadurch gekennzeichnet, dass** es umfasst:

- einen Schritt zur Bearbeitung (ET5') der äußeren Fläche (36) des Materialblocks (18) gemäß einem dreidimensionalen Profil, das konfiguriert ist, um sich an jenes der inneren Fläche (13) des Gehäuses (12) anzupassen, dann
- einen Schritt zum Befestigen (ET6') des bearbeiteten Blocks (18) an der festen Hülle (20).

**2.** Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Schritt des Bearbeitens (ET5') die äußere Fläche des Blocks (18) bis zu einer bestimmten Dicke (E2) bearbeitet wird, und dadurch, dass vor dem Schritt des Befestigens (ET6') eine feste Hülle (20) ausgewählt wird, die eine Wand (28) und Ränder umfasst, die Schmalseiten (30) einer bestimmten Höhe (H) definieren, die kleiner ist als die bestimmte Dicke (E2) des Blocks (18).

**3.** Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Schritt des Befestigens (ET6') die Wand (28) der Hülle (20) auf eine innere Fläche (42) des Blocks (18) und die Schmalseiten (30) an die Ränder (34) des Blocks (18) geklebt werden.

**4.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen vorangehenden Schritt des Herstellens (ET1') der Hülle (20) durch Brennen eines imprägnierten Verbundmaterials umfasst.

**5.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen vorangehenden Schritt des Messens (ET3') von Ausmaßen einer inneren Fläche (13) des Gehäuses (12) umfasst, um das dreidimensionale Profil der inneren Fläche zu bestimmen.

**6.** Stützplatte (14) mindestens einer Kartusche (16) aus abriebfestem Material (16) für einen Turbinenmotor, wobei die Platte (14) mindestens einen Materialblock (18) umfasst, der eine äußere Fläche (36) umfasst, die konfiguriert ist, um an einer inneren Fläche (13) eines Turbinenmotorgehäuses geklebt zu sein und die von einer festen Hülle (20) bedeckt ist, wobei die feste Hülle eine Wand (28), die eine innere Fläche (42) des Blocks (18) bedeckt, und Ränder umfasst, die Schmalseiten (30) gegenüber den seitlichen Außenrändern (34) des Blocks (18) definieren,
**dadurch gekennzeichnet, dass** die äußere Fläche (36) des Blocks (18) bearbeitet wird und dadurch, dass die feste Hülle (20) mittels eines Klebefilms (24) am Block (18) befestigt ist, wobei der Klebefilm (24) zwischen der Wand (28) der Hülle (20) und der inneren Fläche (42) des Blocks (18) und zwischen den Schmalseiten der Hülle (30) und den seitlichen Außenrändern (34) des Blocks (18) eingefügt ist.

**7.** Stützplatte (14) nach einem der Ansprüche 6 oder

7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein freies Ende (38) der Schmalseiten (30) zurückgesetzt zur äußeren Fläche (36) des Blocks (18) angeordnet ist.

**8.** Stützplatte (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hülle (20) aus gebranntem imprägniertem Verbundmaterial ist.

**9.** Verfahren zur Herstellung eines Gehäuses mit abriebfester Beschichtung (14) eines Turbinenmotors, umfassend ein Gehäuse (12) eines Turbinenmotors, das mit einer Stützplatte (14) nach den Ansprüchen 6 bis 8 ausgekleidet ist, die eine Kartusche (16) aus abriebfestem Material aufnimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** es nacheinander eine erste Phase (P1'), im Laufe derer die Schritte (ET5', ET6') des Verfahrens zur Herstellung einer Stützplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 5 umgesetzt werden, um mindestens eine Stützplatte (14) zu erhalten, eine zweite Phase (P2'), im Laufe derer die Stützplatte (14) auf die innere Fläche (13) des Gehäuses (12) geklebt wird, und eine dritte Phase (P3') umfasst, im Laufe derer eine Kartusche (16) aus abriebfestem Material auf die Stützplatte (14) geklebt wird.

**10.** Verfahren zur Herstellung eines Gehäuses mit abriebfester Beschichtung (14) nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Phase (P2') des Verfahrens gleichzeitig mit dem Schritt des Klebens (ET6') des Verfahrens zur Herstellung der Stützplatte (14) stattfindet.

**11.** Turbinenmotor, umfassend mindestens eine Stützplatte (14) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, die durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 erhalten wird.

## Claims

**1.** Method for manufacturing a panel (14) for supporting at least one cartridge (16) of abradable material for a turbine engine casing, said panel (14) including at least one block (18) of material and a rigid panel (20) covering said block, except for a free outer surface (36) configured to be fixed to an inner surface (13) of the casing (12), **characterised in that** it includes:

- a step of machining (ET5') the outer surface (36) of the block (18) of material according to a three-dimensional profile configured to match that of the inner surface (13) of the casing (12), then
- a step of fixing (ET6') the machined block (18) to the rigid panel (20).

**2.** Method according to the preceding claim, **characterised in that** during the machining step (ET5'), the outer surface of the block (18) is machined up to a determined thickness (E2), and **in that**, prior to the fixing step (ET6'), a rigid panel (20) including a wall (28) and edges defining rims (30) of determined height (H) less than said determined thickness (E2) of the block (18) are selected.

**3.** Method according to the preceding claim, **characterised in that**, during the fixing step (ET6'), the wall (28) of the panel (20) is adhered onto an inner surface (42) of the block (18) and the rims (30) onto the edges (34) of said block (18).

**4.** Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** it includes a prior step (ET1') of manufacturing the panel (20) by cooking an impregnated composite material.

**5.** Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** it includes a prior step (ET3') of measuring dimensions of an inner surface (13) of the casing (12) to determine the three-dimensional profile of said inner surface.

**6.** Panel (14) for supporting at least one cartridge (16) of abradable material (16) for a turbine engine, said panel (14) including at least one block (18) of material which includes an outer surface (36) configured to be adhered to an inner surface (13) of a turbine engine casing and which is covered with a rigid panel (20), said rigid panel including a wall (28) covering an inner surface (42) of the block (18) and edges defining rims (30) in regard to edges (34) of said block (18),
**characterised in that** the outer surface (36) of the block (18) is machined and **in that** the rigid panel (20) is fixed to the block (18) by way of an adhesive film (24), said adhesive film (24) being interleaved between the wall (28) of the panel (20) and the inner surface (42) of the block (18) and between the rims of the panel (30) and the side edges (34) of said block (18).

**7.** Panel (14) according to claim 6, **characterised in that** a free end (38) of the rims (30) is arranged set back from the outer surface (36) of the block (18).

**8.** Panel (14) according to one of claims 6 or 7, **characterised in that** the panel (20) is made of a cooked, impregnated composite material.

**9.** Method for manufacturing a turbine engine casing with abradable coating (10), including a turbine engine casing (12) covered with a panel (14) according to claims 6 to 8 receiving a cartridge (16) of abradable material, **characterised in that** it successively includes a first phase (P1') during which the steps

(ET5', ET6') of the method for manufacturing a panel according to one of claims 1 to 5 are implemented, to obtain at least one panel (14), a second phase (P2') during which said panel (14) is adhered on the inner surface (13) of the casing (12), and a third phase (P3') during which a cartridge (16) made of abradable material is adhered on said panel (14).

**10.** Method for manufacturing a casing with abradable coating (10) according to the preceding claim, **characterised in that** the second phase (P2') of said method occurs simultaneously with the adhering step (ET6') of the method for manufacturing the panel (14).

**11.** Turbine engine including at least one panel (14) according to one of claims 6 to 8 obtained by the method according to one of claims 1 to 5.

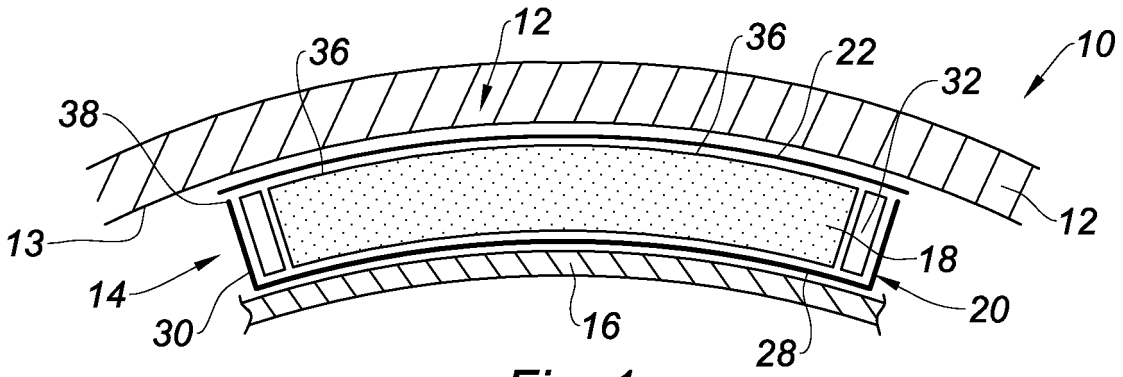



Fig. 1

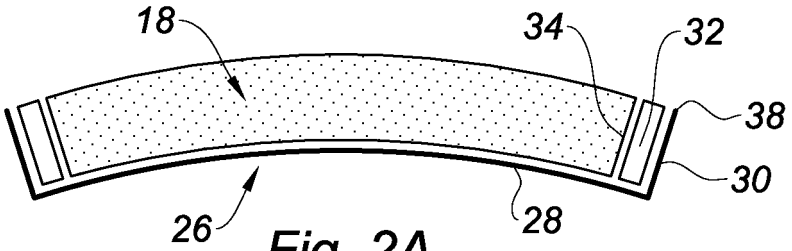



Fig. 2A

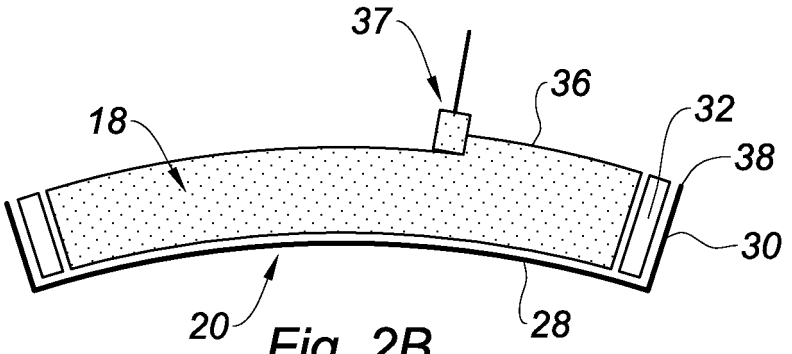



Fig. 2B

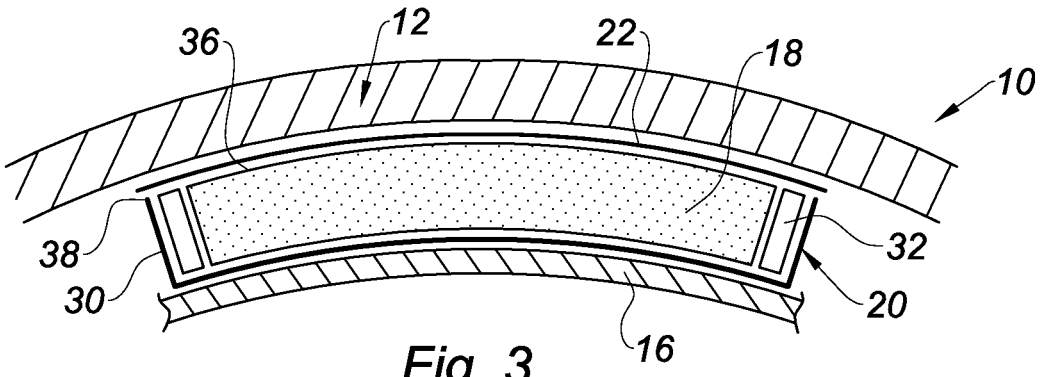



Fig. 3

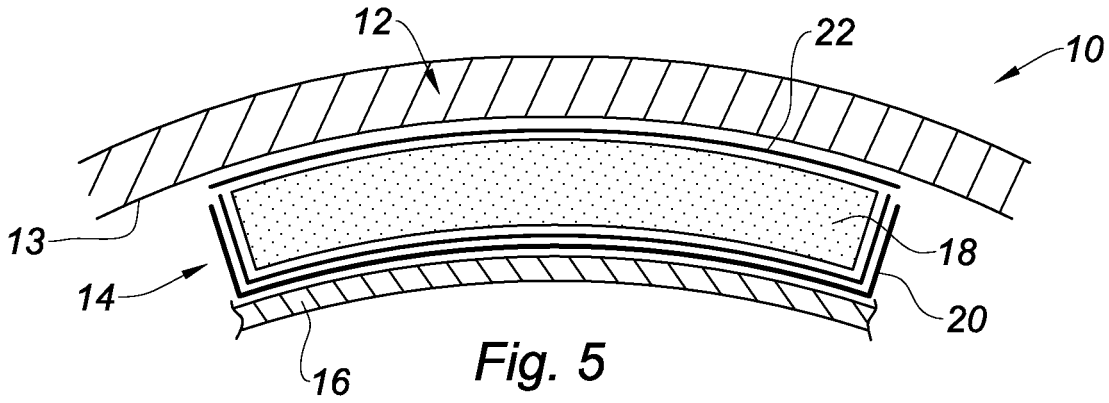



Fig. 5

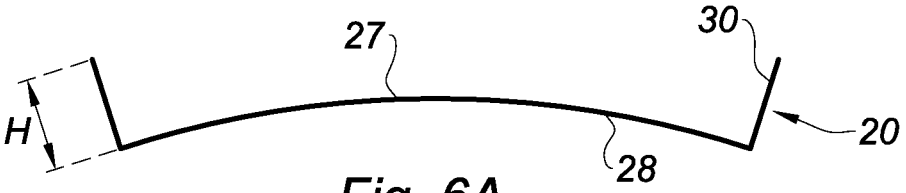



Fig. 6A

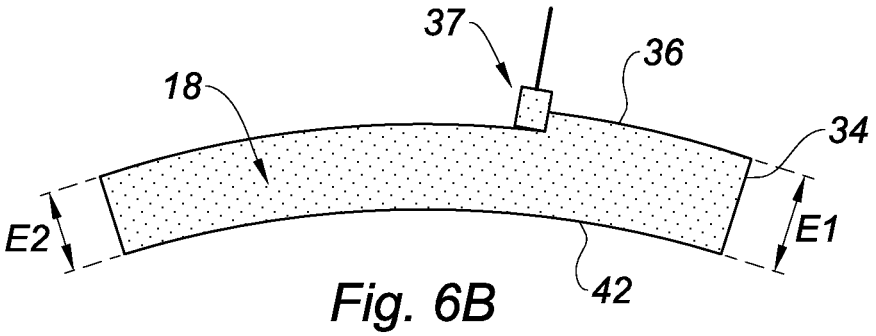



Fig. 6B

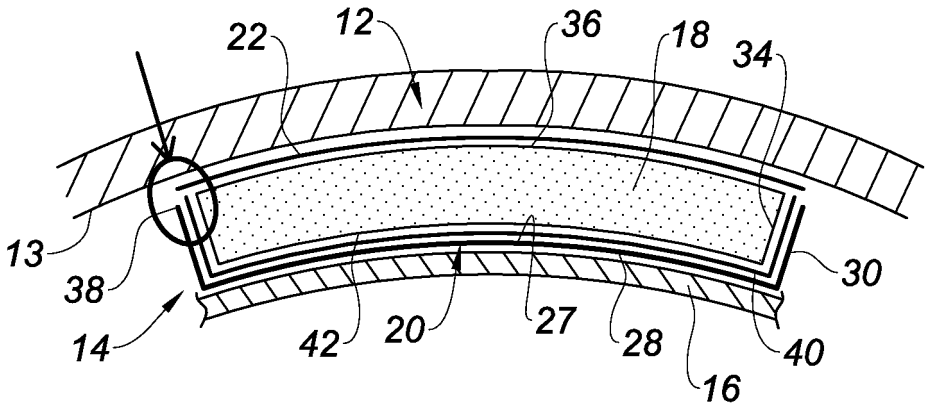



Fig. 7

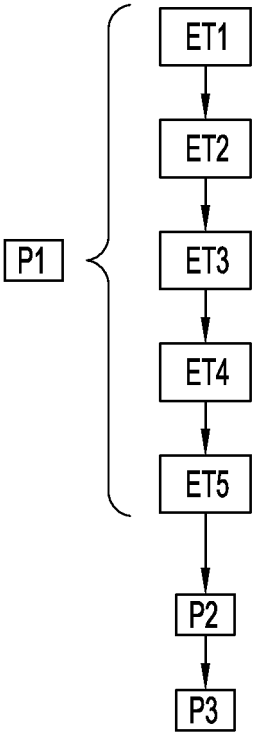



Fig. 4

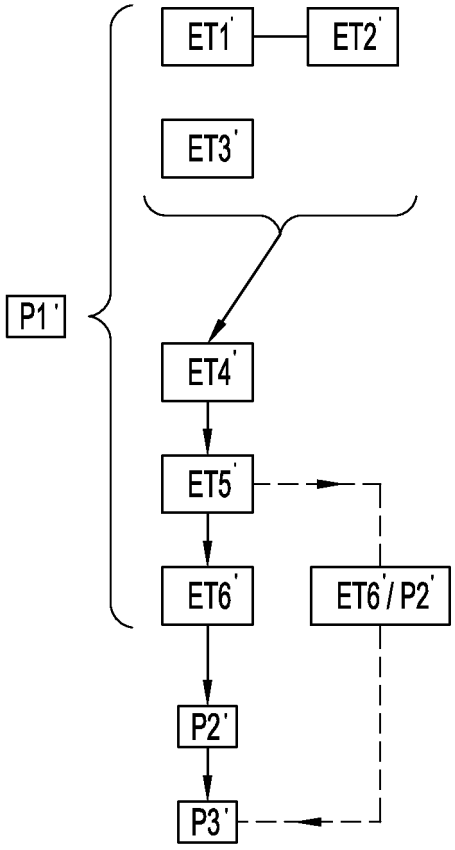



Fig. 8

## RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

### Documents brevets cités dans la description


- FR 2922950 A1 **[0007]**
- US 2014150262 A1 **[0009]**