(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
15 décembre 2022 (15.12.2022)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/258917 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B29B 11/16 (2006.01) *B29L 31/08* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2022/051057

(22) Date de dépôt international :
03 juin 2022 (03.06.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2106023 08 juin 2021 (08.06.2021) FR

(71) Déposant : **SAFRAN AIRCRAFT ENGINES** [FR/FR] ; 2 boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **BAROUMES, Laurent Jean Baptiste** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **FROMONTEIL, Didier** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **GRELIN, Hervé** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud, Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **BARBE, Laurent** et al. ; GEVERS & ORES, Immeuble Palatin 2, 3 cours du Triangle, CS 80165, 92939 PARIS LA DEFENSE CEDEX (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) **Title:** FIBROUS PREFORM FOR MANUFACTURING AN ANNULAR HOUSING MADE OF COMPOSITE MATERIAL FOR A TURBINE ENGINE

(54) **Titre :** PREFORME FIBREUSE POUR LA FABRICATION D'UN CARTER ANNULAIRE EN MATERIAU COMPOSITE POUR UNE TURBOMACHINE

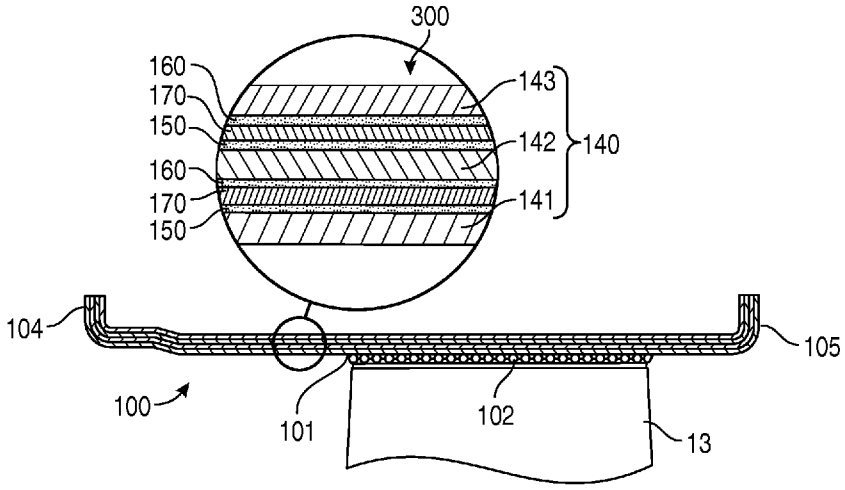


FIG. 2

(57) **Abstract:** The present invention relates to a fibrous preform (300) for manufacturing an annular housing (100) made of composite material for a turbine engine, in particular an aircraft turbine engine, the preform (300) comprising: - at least one layer (141, 142, 143) that has a fibrous texture (140), has a three-dimensional or multilayer weave and extends about a longitudinal axis (A); - at least one mat (150, 160) that comprises a thermoplastic material filled with carbon nanotubes and extends about the axis (A); and - at least one multiaxial fibrous sheet (170) extending about the axis (A); characterised in that the mat (150, 160) is inserted between the fibrous sheet (170) and said at least one layer (141, 142, 143) having a fibrous texture.

(57) **Abrégé :** La présente invention concerne une préforme fibreuse (300) pour fabriquer un carter annulaire (100) en matériau composite pour une turbomachine, en particulier d'aéronef, la préforme (300) comprenant : - au moins une couche (141, 142, 143) d'une

[Suite sur la page suivante]

WO 2022/258917 A1

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

texture fibreuse (140) présentant un tissage tridimensionnel ou multicouche, et s'étendant autour d'un axe longitudinal (A); - au moins un voile (150, 160) comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone, et s'étendant autour de l'axe (A); et - au moins une nappe fibreuse multiaxiale (170) s'étendant autour de l'axe (A); caractérisée en ce que le voile (150, 160) est intercalé entre la nappe fibreuse (170) et ladite au moins une couche (141, 142, 143) de texture fibreuse.

DESCRIPTION

TITRE : PREFORME FIBREUSE POUR LA FABRICATION D'UN CARTER ANNULAIRE EN MATERIAU COMPOSITE POUR UNE TURBOMACHINE

Domaine technique de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine général de la fabrication des pièces de révolution en matériau composite renforcées présentant des caractéristiques améliorées de résistance aux impacts, telles que par exemple des carters structuraux pour une turbomachine, en particulier d'aéronef.

Arrière-plan technique

L'état de la technique comprend, notamment, les documents EP-A1-3 078 466 et US-A1-2019/153876.

L'utilisation de matériaux composites est particulièrement avantageuse dans le domaine des turbomachines car ils permettent la diminution de la masse des composants associée à de bonnes propriétés mécaniques.

Un matériau composite classiquement utilisé comprend une préforme fibreuse densifié par une résine de polymère. La préforme peut être issue d'un tissage tridimensionnel (3D) ou peut être obtenue par drapage et superposition de plusieurs couches/plis (multicouche). La résine peut être injectée dans la préforme ou bien la préforme peut être préalablement imprégnée avec la résine (également désignée par « pré-imprégnée » ou « prepreg »).

Dans le domaine de l'aéronautique, on cherche à réduire la masse des composants des moteurs tout en maintenant à un haut niveau leurs propriétés mécaniques. Par exemple, un carter de soufflante et un carter intermédiaire dans une turbomachine sont réalisés en matériau composite. Le carter de soufflante définit le contour de la veine d'entrée d'air du moteur et à l'intérieur duquel est logé le rotor supportant les aubes de la soufflante.

Ce carter de soufflante est prolongé vers l'aval par le carter intermédiaire. Le carter intermédiaire entoure le moteur de la turbomachine. Des aubes OGV (acronyme de l'expression anglaise « *Outlet Guide Vane* » définissant des aubes de redresseur ou d'aubes directrices de flux de sortie) fixées sur le carter intermédiaire permettent d'assurer la liaison entre les carters externes et le moteur de la turbomachine.

La fabrication du carter de soufflante ou du carter intermédiaire en matériau composite débute par la mise en place par enroulement d'une préforme fibreuse sur un mandrin dont le profil épouse celui du carter à réaliser. La fabrication se poursuit par la densification de la préforme fibreuse par une matrice en polymère qui consiste à imprégner la préforme par une résine et à polymériser cette dernière pour obtenir la pièce finale. Les carters obtenus par un tel procédé présentent de bonnes propriétés de résistance à l'endommagement grâce au tissage tridimensionnel de la texture fibreuse constituant la préforme fibreuse de la pièce.

Cependant, dans le cas d'une préforme fibreuse obtenue par enroulement d'une bande tissée 3D ou multicouche, la préforme fibreuse peut présenter une faiblesse à l'interface entre les tours d'enroulement adjacents car il n'y pas de liaison dans la direction radiale Z dans cette zone. En effet, aux interfaces entre chaque couche de la préforme, la cohésion du matériau est assurée par la résine seule, sans renfort ou structure de cohésion transversale. Ainsi, cette interface entre les tours d'enroulement peut être soumise à des endommagements de type délaminage, notamment en cas de chocs ou d'impact d'un corps étranger.

Un délaminage est par définition une décohésion de matériau composite entre les différentes couches composant la préforme fibreuse.

Un délaminage de la préforme fibreuse enroulée peut être induit notamment lors du procédé de fabrication de la pièce (par exemple, par un manque d'adhésion entre les couches de la préforme lors des opérations de consolidation ou d'usinage de la pièce) ou lorsque la pièce est soumise à des sollicitations en fonctionnement (par exemple, des sollicitations d'impact,

des contraintes liées à la géométrie de la pièce, etc.). De plus, l'empilement de différentes orientations des renforts fibreux entre les différentes couches de la préforme peut défavoriser la résistance au délaminage.

Par ailleurs, lorsqu'on souhaite améliorer les propriétés mécaniques d'un tel carter, il faut généralement augmenter l'épaisseur des couches de la texture fibreuse obtenue par tissage tridimensionnel ou multicouche et donc la masse du carter.

Il existe, par conséquent, un besoin pour renforcer la tenue mécanique et la résistance au délaminage des carters en matériau composite pour une turbomachine, tout en conservant une masse réduite.

Résumé de l'invention

La présente invention propose une solution simple, efficace et économique aux inconvénients précités de l'art antérieur.

A cet effet, l'invention propose une préforme fibreuse pour fabriquer un carter annulaire en matériau composite pour une turbomachine, en particulier d'aéronef, la préforme comprenant :

- au moins une couche d'une texture fibreuse présentant un tissage tridimensionnel ou multicouche, et s'étendant autour d'un axe longitudinal A ;
- au moins un voile comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone, et s'étendant autour de l'axe A ; et
- au moins une nappe fibreuse multiaxiale s'étendant autour de l'axe A.

Selon l'invention, le voile est intercalé entre la nappe fibreuse et ladite au moins une couche de texture fibreuse.

La préforme selon l'invention permet d'augmenter de manière générale la tenue mécanique du carter en matériau composite. Le carter, intégrant une telle préforme fibreuse en tant que renfort fibreux, permet de résister notamment aux contraintes dans des directions différentes de celles selon lesquelles s'étendent les fils ou torons constituant les couches de textile.

De plus, en choisissant une nappe multiaxiale adaptée, les propriétés mécaniques du carter selon des directions de contraintes prédéfinies sont renforcées, notamment dans les directions d'orientation des fibres unidirectionnelles de la nappe fibreuse multiaxiale. Ainsi, la préforme fibreuse selon l'invention permet de conserver les avantages en terme de tenue mécanique des couches de textile obtenues par tissage 3D, tout en les renforçant dans des directions choisies, sans augmenter significativement la masse de l'ensemble. Une nappe fibreuse multiaxiale peut en effet être plus légère qu'une couche de textile obtenue par tissage 3D pour un gain en raideur équivalent.

Par ailleurs, en interposant un voile en matériau thermoplastique chargé de nanotubes de carbone entre l'interface de la couche de texture fibreuse et de la nappe fibreuse multiaxiale, la liaison à cette interface est renforcée sans recourir à une couture ou un aiguilletage par exemple. En effet, à l'issue de la fabrication du carter en matériau composite, des nanotubes de carbone sont présents aux interfaces entre les tours d'enroulement des différentes couches composant le matériau en composite du carter, ce qui renforce la résistance au délaminage de la préforme dans ces zones.

Dans la présente demande, on entend par tissage, tissu, ou tissé, un enchevêtrement de fils, en particulier de trame et de chaine, selon un motif particulier. Le tissage peut être réalisé dans un plan et donc en deux dimensions, ou peut former un volume et être donc défini selon trois dimensions.

Un « tissage tridimensionnel » ou « tissage 3D » est un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de chaine lient des fils de trame sur plusieurs couches de trame. Une inversion des rôles entre fils de chaîne et de trame est possible dans la présente demande.

Une nappe multiaxiale (NCF, « Non Crimp Fabric ») est une étoffe textile qui présente généralement plusieurs couches de fibres unidirectionnelles non

tissées orientées dans des directions différentes liées par un fil fin de tricotage.

Le voile de nanotubes de carbone correspond à une couche d'un matériau fugace, c'est-à-dire qui peut être éliminé en cours de fabrication, chargé avec les nanotubes de carbone. Par l'exemple, le matériau fugace correspond à un voile de matériau thermoplastique.

Un « enroulement » ou un « tour d'enroulement » est défini comme un tour complet (notamment de 360°) de chacune des couches composant la préforme fibreuse autour de l'axe longitudinal A. L'axe A correspond à l'axe longitudinal autour duquel s'étend le carter de la turbomachine, à réaliser.

La préforme selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- la préforme comprend au moins une première et une seconde couche de texture fibreuse, et entre lesquelles sont disposés les voiles et la nappe fibreuse ;
- la préforme comprend un premier et un second voile, dans laquelle le premier voile est intercalé entre la nappe fibreuse et la première couche de texture fibreuse, et le second voile est intercalé entre ladite nappe fibreuse et la seconde couche de texture fibreuse.
- le matériau thermoplastique du voile présente une température de fusion comprise entre 85°C et 150°C, de préférence entre 100 et 110°C ;
- le matériau thermoplastique du voile comprend des fibres thermoplastiques non tissées;
- le voile de fibres thermoplastiques non tissées présente une masse surfacique comprise entre 15 g/m² et 100 g/m², par exemple de 19 g/m²;
- les nanotubes de carbone sont des nanotubes de carbone multi-feuillets ayant de préférence un diamètre de 10 nm et une longueur de 2 µm.
- les nanotubes de carbone sont des nanotubes de carbone simple-feuillet ayant de préférence un diamètre de 2 nm et une longueur de 5 µm.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un carter annulaire en matériau composite pour une turbomachine, en particuliers d'aéronef, comprenant les étapes consistant à :

(a) réaliser par tissage tridimensionnel ou multicouche au moins une couche d'une texture fibreuse,

(b) fournir au moins un voile comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone,

(c) fournir au moins une nappe fibreuse multiaxiale,

(d) enrouler simultanément ladite au moins une couche de texture fibreuse, ledit au moins un voile et ladite au moins une nappe fibreuse, autour d'un axe longitudinal A sur un mandrin de profil correspondant à celui du carter à fabriquer, le voile étant interposé entre la nappe fibreuse et ladite au moins une couche de texture fibreuse de manière à former une préforme fibreuse selon l'une des particularités de l'invention,

(e) densifier la préforme fibreuse par une matrice pour former le matériau composite de la pièce.

Le procédé de fabrication selon l'invention présente l'avantage de réaliser un enroulement, de manière simultanée et sur plusieurs tours, de chaque couche de texture fibreuse, de la nappe fibreuse et de chaque voile comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone. Ceci permet de réaliser un carter avec une préforme fibreuse comprenant des nanotubes de carbone disposés à chacune des interfaces de liaison entre la nappe fibreuse et chaque couche de texture fibreuse. De cette façon, la résistance au délaminage de la préforme fibreuse est renforcée.

Avantageusement, l'étape (e) de densification de la préforme fibreuse comprend l'imprégnation de la préforme avec une résine et la transformation de la résine en matrice par traitement thermique.

Chaque voile peut présenter une température de fusion inférieure à la température de consolidation de la résine.

De préférence, l'étape (b) comprend une sous étape (b1) de mélange d'un polymère thermoplastique et de poudre de nanotubes de carbone.

Le polymère thermoplastique peut présenter une température de fusion comprise entre 55°C et 150°C, de préférence entre 100 et 110°C.

Le polymère thermoplastique peut être un copolymère à base de polycaprolactame et de polyhexaméthylène adipamide.

Le mélange de polymère thermoplastique et de poudre de nanotubes de carbone à l'étape (b1) peut être chargé entre 1% et 10%, de préférence entre 3% et 4%, en masse de poudre de nanotubes de carbone.

L'étape (b) peut comprendre en outre :

- une sous-étape (b2) d'extrusion dudit mélange résultant de ladite sous-étape (b1) de mélange au travers d'une filière dimensionnée pour obtenir des filaments de polymère thermoplastique chargés en nanotubes présentant un diamètre compris entre 30 et 70 micromètres ;
- une sous-étape (b3) de fusion et de soufflage desdits filaments de polymère thermoplastique chargés en nanotubes.

Avantageusement, le ou les voiles présentent chacun une première largeur et la nappe fibreuse présente une seconde largeur qui sont égales à une troisième largeur de la texture fibreuse.

En variante, la texture fibreuse présente une troisième largeur supérieure à une première largeur du ou des voiles et une seconde largeur de la nappe fibreuse.

La présente invention concerne également un carter annulaire en matériau composite pour une turbomachine, en particulier d'aéronef, mise en œuvre par le procédé de fabrication selon l'une des particularités de l'invention.

Le carter de l'invention présente à la fois une masse globale allégée et une résistance mécanique renforcée (tel que par exemple, aux endommagements de type délaminage), par la présence de nanotubes de

carbone et de la nappe fibreuse multiaxiale à l'interface entre la nappe fibreuse et chaque couche de texture fibreuse. Ainsi, la résistance du carter est renforcée vis-à-vis des chocs ou impacts, tout en optimisant sa rigidité vis-à-vis de sa masse.

La carter peut être un carter de soufflante ou un carter intermédiaire de la turbomachine.

La présente invention concerne également une turbomachine, en particulier d'aéronef, comportant un carter annulaire en matériau composite selon l'invention.

La turbomachine peut être un turboréacteur ou un turbopropulseur d'aéronef.

Brève description des figures

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig. 1] la figure 1 est une vue schématique en perspective et en coupe partielle d'une turbomachine équipée d'un carter de soufflante annulaire en matériau composite et/ou d'un carter intermédiaire annulaire en matériau composite selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 2] la figure 2 est une vue schématique en coupe selon le plan II-II du carter de soufflante en matériau composite de la figure 1 ;

[Fig. 3] la figure 3 est une vue agrandie d'une préforme fibreuse du carter de la figure 2 ;

[Fig. 4] la figure 4 est une vue schématique en perspective d'un métier à tisser montrant le tissage d'une texture fibreuse utilisée dans la préforme fibreuse de la figure 2 ;

[Fig. 5] la figure 5 est une vue schématique des étapes de réalisation d'un voile comprenant un matériau thermoplastique chargé de nanotubes de carbone utilisé dans la préforme fibreuse de la figure 2 ;

[Fig. 6] la figure 6 est une vue schématique en perspective montrant la mise en forme de la préforme fibreuse pour fabriquer le carter des figures 1 et 2 ;

[Fig. 7] la figure 7 est une vue schématique illustrant une étape d'enroulement de la préforme fibreuse de la figure 6 pour la fabrication du carter des figures 1 et 2.

Description détaillée de l'invention

L'invention s'applique d'une manière générale à toute pièce de révolution en matériau composite dont la préforme fibreuse forme un renfort fibreux et comportant au moins une bande tissée en tridimensionnel ou multicouche enroulée sur plusieurs tours.

L'invention sera décrite ci-après dans le cadre de son application à un carter annulaire en matériau composite d'une turbomachine, en particulier d'aéronef, tel qu'un carter de soufflante et/ou un carter intermédiaire du moteur de la turbomachine.

Une telle turbomachine illustrée schématiquement et de manière non-limitative sur la figure 1, comprend de l'amont vers l'aval dans le sens de l'écoulement de flux gazeux, une soufflante 1 disposée en entrée du moteur, un compresseur 2, une chambre de combustion 3, une turbine haute-pression 4 et une turbine basse pression 5.

Le moteur est logé à l'intérieur d'un carter comprenant plusieurs parties correspondant à différents éléments du moteur. Ainsi, la soufflante 1 est entourée par un carter 100 externe, dite de soufflante, et le compresseur 2 est entourée par le carter intermédiaire 200. Sur la figure 1, le carter de soufflante 100 comprend un tronçon d'extrémité aval (par rapport au sens de l'écoulement de gaz dans la turbomachine) relié à une virole externe d'un carter intermédiaire 100'. Plus particulièrement, le tronçon d'extrémité aval du carter de soufflante 100 est bridé à la virole externe du carter intermédiaire 100'. Le carter intermédiaire 100' peut intégrer une pluralité d'aubes directrices de sortie de la soufflante, dites aubes OGV, qui ne sont pas illustrées sur les figures.

Le carter de soufflante 100 et/ou le carter intermédiaire 100' peuvent être réalisés en matériau composite par le procédé selon l'invention décrit ci-après. La figure 2 illustre un profil de carter de soufflante 100 en matériau composite tel qu'il peut être obtenu par un procédé selon l'invention. Le carter comprend une surface interne 101 qui définit la veine d'entrée d'air. Cette surface interne 101 peut être munie d'une couche de revêtement abradable 102 au droit de la trajectoire des sommets d'aubes 13 de la soufflante (une aube 13 étant partiellement illustrée sur la figure 2). Le revêtement abradable 102 peut donc être disposé sur une partie seulement de la longueur (en direction axiale) du carter. Un revêtement de traitement acoustique (non représenté) peut en outre être disposé sur la surface interne 101 notamment en amont du revêtement abradable 102.

Le carter 100 peut être muni de brides externes 104, 105 à ses extrémités amont et aval afin de permettre son montage et sa liaison avec d'autres éléments. En particulier, la bride externe 105 est montée avec la virole externe du carter intermédiaire 100'.

Le carter 100 est réalisé en matériau composite à renfort fibreux densifié par une matrice formant une préforme fibreuse 300.

La préforme 300 est formée par enroulement autour d'un axe longitudinal A sur un mandrin 200 d'une texture fibreuse 140 réalisée par tissage 3D ou multicouche avec une épaisseur constante ou évolutive, le mandrin 200 ayant un profil correspondant à celui du carter 100 à réaliser. Avantageusement, la préforme 300 a un profil complet du carter 100 formant une seule pièce avec des parties de renfort correspondant aux brides 104, 105.

En référence aux figures 2 et 3, la préforme 300 selon l'invention comprend :

- au moins une couche 141, 142, 143 de la texture fibreuse 140 présentant un tissage 3D ou multicouche et s'étendant autour de l'axe A (sur la figure 2 les couches 141 à 143 sont densifiées par une matrice) ;
- au moins un voile 150, 160 comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone, et s'étendant autour de l'axe A ; et

- au moins une nappe fibreuse multiaxiale 170 s'étendant autour de l'axe A.

La préforme 300 illustrée sur les figures 2 et 3 comprend notamment deux voiles 150, 160 comprenant chacun un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone, et s'étendant autour de l'axe A.

L'une des particularités de l'invention est que le ou les voiles 150 et 160 sont intercalés entre la nappe fibreuse 170 et chaque couche 141, 142, 143 de texture fibreuse 140.

Dans l'exemple, la nappe fibreuse 170 est intercalée entre chacune des couches 141, 142, 143 de texture fibreuse. Des voiles de nanotubes de carbone 150, 160 sont présents entre la nappe fibreuse 170 et chacune des couches 141, 142, 143. La liaison à l'interface entre la nappe fibreuse et la couche de texture fibreuse est ainsi renforcée par la présence des nanotubes de carbone.

Le nombre de couches de texture fibreuse 140 peut varier en fonction de l'épaisseur souhaitée de la préforme fibreuse et de l'épaisseur de la texture fibreuse utilisée. Ce nombre peut être au moins égal à 2. Ainsi, avantageusement, la préforme fibreuse 300 du carter 100 comprend au moins une première couche 141 et une seconde couche 142 de texture fibreuse. La nappe fibreuse 170 et le ou les voiles 150, 160 sont disposés entre les première 141 et seconde 142 couches. Ce ou ces voiles 150, 160 de nanotubes de carbone peuvent comprendre un premier voile 150 et un second voile 160. Dans ce cas, le premier voile 150 est situé entre la nappe fibreuse 170 et la première couche 141 et le second voile 160 est situé entre cette nappe fibreuse 170 et la seconde couche 142.

La figure 3 illustre de façon non limitative la préforme 300 qui comprend une première couche 141, une seconde couche 142, et une troisième couche 143 de texture fibreuse 140. Cette préforme 300 comprend également plusieurs couches de nappe fibreuse 170 et plusieurs couches des premier et second voiles 150, 160. Dans cette préforme 300, chaque nappe fibreuse

170 est intercalée entre les premier et second voiles 150, 160 pour former un ensemble de couches 150, 170, 160 superposées. Cet ensemble 150, 170, 160 est intercalé entre les première et seconde couches 141, 142 et entre les seconde et troisième couches 142, 143 de texture fibreuse. Cette configuration permet de renforcer toutes les liaisons à l'interface de chaque nappe fibreuse et chacune des couches de texture fibreuse.

Dans la présente demande, on notera que les couches 141, 142, 143 forment avantageusement une seule bande continue de la texture fibreuse 140. La nappe fibreuse 170 se présente également sous forme d'une bande continue. Le premier voile 150 et second voile 160 se présentent également chacun sous forme d'une bande continue. De préférence, le premier voile 150 est une bande distincte du second voile 160.

Par ailleurs, la longueur de bande de la texture fibreuse 140 est plus longue que les bandes de la nappe fibreuse 170 et des voiles 150, 160. Sur l'exemple, la texture fibreuse 140 comprend une couche supplémentaire par rapport à la nappe fibreuse 170, le premier voile 150 et le second voile 160. En effet, la préforme fibreuse 300 comprend une extrémité inférieure formée de la première couche 141 et une extrémité supérieure formée de la troisième couche 143. Les extrémités inférieure et supérieure s'étendent radialement (ou perpendiculairement) à l'axe A.

Ainsi, telle que décrit ci-dessous en référence aux figures 6 et 7, la texture fibreuse 140 sous forme d'une bande est configurée pour s'enrouler sur plusieurs tours autour du mandrin 200 de manière à superposer les couches 141, 142, 143 entre elles et former la préforme 300. La nappe fibreuse 170 sous forme de bande est configurée pour s'enrouler autour du mandrin 200 de façon à l'intercaler entre les couches 141, 142, 143 de la texture fibreuse. Chaque voile 150, 160 sous forme de bande est configuré pour s'enrouler autour du mandrin 200 de façon à intercaler chaque voile 150, 160 entre la nappe fibreuse 170 et chaque couche 141, 142 143 de la texture fibreuse.

Dans cette description, le carter annulaire en matériau composite réalisé à partir de la préforme fibreuse 300 de l'invention, est décrit en référence au carter de soufflante 100 de la turbomachine. Bien entendu, le carter annulaire en matériau composite peut être le carter intermédiaire 100'.

La présente demande décrit maintenant un procédé de fabrication du carter de soufflante 100 et/ou du carter intermédiaire 100'.

Conformément à l'invention, le procédé comprend les étapes suivantes :

(a) réalisation par tissage 3D ou multicouche d'au moins une couche 141, 142, 143 d'une texture fibreuse 140, par exemple sous forme d'une bande,

(b) fourniture ou réalisation d'au moins un voile 150, 160 comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone,

(c) fourniture d'au moins une nappe fibreuse multiaxiale 170,

(d) enroulement simultanément de chaque couche 141, 142, 143 de texture fibreuse, chaque voile 150, 160 et la nappe fibreuse 170, autour d'un axe longitudinal A sur un mandrin 200 de profil correspondant à celui du carter 100 à fabriquer, chaque voile 150, 160 étant interposé entre la nappe fibreuse 170 et chaque couche 141, 142, 143 de la texture fibreuse 140 de manière à former une préforme fibreuse 300 de l'invention, et

(e) densification de la préforme fibreuse 300 par une matrice pour former le matériau composite de la pièce 100.

Comme représentée sur la figure 4, la texture fibreuse 140 de l'étape (a) est réalisée par tissage au moyen d'un métier à tisser de type jacquard 10 sur lequel on a disposé un faisceau de fils de chaîne ou torons 20 en une pluralité de couches, les fils de chaîne étant liés par des fils ou torons de trame 30. La texture fibreuse 140 présente ainsi une forme de bande qui s'étend en longueur dans une direction X correspondant à la direction de défilement des fils ou torons de chaîne 20 et en largeur ou transversalement dans une direction Y correspondant à la direction des fils ou torons de trame 30.

Dans l'exemple, la texture fibreuse 140 est réalisée par tissage 3D, tel que le tissage dit à armure « interlock ». Par tissage « interlock », on entend ici une armure de tissage dans laquelle chaque couche de fils de chaîne lie plusieurs couches de fils de trame avec tous les fils d'une même colonne de chaîne ayant le même mouvement dans le plan de l'armure.

La texture fibreuse 140 peut être notamment tissée à partir de fils de fibres de carbone, de céramique telle que du carbure de silicium, de verre, ou encore d'aramide.

Dans un exemple de réalisation, les couches de textile présentant un tissage 3D peuvent comprendre un premier ensemble de fils ou torons s'étendant selon une première direction tissée avec un deuxième ensemble de fils ou torons s'étendant selon une deuxième direction perpendiculaire à la première.

La nappe fibreuse multiaxiale 170 peut comprendre au moins une première couche de fibres unidirectionnelles orientées à un angle d'orientation par exemple de +45° avec la première direction de la texture fibreuse 140, et une deuxième couche de fibres unidirectionnelles orientées à -45° avec la première direction de la texture fibreuse 140. Ces angles d'orientation peuvent varier en fonction des propriétés de rigidité de la préforme fibreuse densifiée à améliorer (par exemple ces angles d'orientation peuvent être de +30° et de -30°).

La nappe fibreuse multiaxiale 170 peut être notamment constituée à partir de fils de fibres de carbone, de céramique telle que du carbure de silicium, de verre, ou encore d'aramide.

La figure 5 illustre l'étape (b) de la réalisation de chaque voile 150, 160 comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone, tel que par exemple des nanotubes de carbone incorporés dans l'enchevêtrement des fibres thermoplastiques. Les nanotubes de carbone sont utilisés comme renfort pour améliorer la tenue au délaminage des différentes couches structurelles de la pièce composite.

Avantageusement, les fibres thermoplastiques sont non tissées. Le maintien des fibres thermoplastiques entre elles est obtenu par un procédé thermique de fusion-soufflage permettant de s'affranchir de l'utilisation d'un liant chimique. Le voile de fibres thermoplastiques non tissées présente par exemple un grammage (ou masse surfacique) compris entre 15 g/m^2 et 100 g/m^2, et de préférence un grammage d'environ 19 g/m^2.

En référence à la figure 5, on introduit via une trémie d'alimentation 152 des granulés ou une poudre de polymère thermoplastique 151 dans une extrudeuse 153 présentant une « vis sans fin » (à savoir une tige filetée associée à un pignon) pour réaliser un mélange. L'extrudeuse 153 comporte différentes zones de chauffage pour diminuer la viscosité du mélange le long de la vis sans fin. Puis, on vient charger ce mélange avec une poudre de nanotubes 156. Le mélange est avantageusement chargé entre 1% et 10% de poudre de nanotubes de carbone 156, de manière à obtenir un mélange présentant une viscosité adaptée pour le passage du mélange échauffé dans une filière 154. Préférentiellement, le mélange de polymère thermoplastique est chargé entre 3% et 4%, de préférence d'environ 3,5%, en masse de poudre de nanotubes de carbone 156. La vis sans fin de l'extrudeuse 153 malaxe, compresse, cisaille, échauffe et transporte, en continue, le mélange ainsi chargé vers la filière 154. Ensuite, le mélange chargé en nanotubes passe au travers de la filière 154 présentant une forme de grillage avec des ouvertures relativement fines de manière à former des filaments 155 de polymère thermoplastique chargés en nanotubes de quelques dixièmes de millimètres de diamètre, par exemple entre 30 et 70 µm. Puis, par une opération de fusion et de soufflage on vient enchevêtrer et lier les différents filaments thermoplastiques chargés en nanotubes les uns aux autres. Enfin, on enroule les filaments 155 enchevêtrés et liés thermiquement autour d'un mandrin tournant 70 de manière à former un voile 150, 160 de fibres thermoplastiques non tissées chargées en nanotubes 156.

Le polymère thermoplastique 151 utilisé pour la réalisation du voile 150, 160 de fibres thermoplastiques non tissées chargées en nanotubes 156 est un

polymère à bas point de fusion allant de 85°C à 150°C. Cette température du point de fusion du polymère thermoplastique étant choisie en fonction de la nature de la matrice dans l'étape (e) de densification, utilisée pour la réalisation du carter 100. A titre d'exemple, le polymère thermoplastique peut être un co-polyamide PA6/PA66, à base de polycaprolactame (polyamide 6 (PA 6)) et de polyhexaméthylène adipamide (polyamide 66 (PA 66)), présentant un point de fusion de l'ordre de 106°C.

Les nanotubes de carbone 156 peuvent être composés d'un ou de plusieurs feuillets d'atomes enroulés sur eux-mêmes de manière à former un tube. Les nanotubes peuvent être des nanotubes simple-feuillet (SWNT pour Single Walled NanoTubes en langue anglaise) ou des nanotubes multi-feuillets (MWNT pour Multi-Walled NanoTubes en langue anglaise).
Lorsque les nanotubes utilisés sont des nanotubes SWNT, ils présentent par exemple un diamètre de l'ordre de 2 nm et une longueur de l'ordre de 5 µm. Lorsque les nanotubes utilisés sont des nanotubes MWNT, ils présentent par exemple un diamètre de l'ordre de 10 nm et une longueur de l'ordre de 2 µm. A titre d'exemple, les nanotubes utilisés sont des nanotubes de carbone. Toutefois, d'autres types de nanotubes connus peuvent être utilisés en remplacement des nanotubes de carbone mentionnés dans la présente invention.

Comme illustré sur la figure 6, la préforme fibreuse 300 est formée par enroulement de la texture fibreuse 140 réalisée par tissage 3D sur un mandrin 200 entraîné en rotation suivant un sens SR, le mandrin ayant un profil correspondant à celui du carter à réaliser.
Conformément à l'étape (d) du procédé de l'invention, chaque voile 150, 160 de nanotubes de carbone et la nappe fibreuse 170 sont enroulés avec chaque couche 141, 142, 143 de texture fibreuse, de façon simultanée et sur plusieurs tours autour du mandrin 200.

Sur la figure 6, le premier voile 150 est positionné en dessous de la nappe fibreuse 170 et au-dessus de la première couche 141 de texture fibreuse. Le second voile 160 est positionné au-dessus de la nappe fibreuse 170. Cette première couche 141, le premier voile 150, la nappe fibreuse 170 et le second voile 160 forment un premier ensemble de couches 141, 150, 170, 160 superposées. Cet ensemble 141, 150, 170, 160 est enroulé sur le mandrin 200 en réalisant un premier tour complet de 360°. Ceci permet d'intercaler le premier voile 150 entre la nappe fibreuse 170 et la première couche 141 et de placer le second voile 160 sur la nappe fibreuse 170. Puis, la seconde couche 142 est enroulée sur le second voile 160 du premier ensemble de couches 141, 150, 170, 160 du premier tour d'enroulement (non illustrée sur la figure 6). Cette seconde couche 142 est enroulée simultanément avec le premier voile 150, la nappe fibreuse 170 et le second voile 160, de façon à former un second ensemble de couches 142, 150, 170, 160 superposées et à réaliser un second tour complet de 360° autour du mandrin 200.

Sur la figure 6, chaque voile 150, 160 présente une première largeur l150, l160 et la nappe fibreuse 170 présente seconde une largeur l170 qui sont égales à une troisième largeur l140 de la texture fibreuse 140.

Selon une variante, la première largeur l150, l160 du ou des voiles 150, 160 peuvent être inférieure à la troisième largeur l140 de la texture fibreuse 140. Le ou les voiles 150, 160 peuvent être placés entre les tours d'enroulement adjacents de la nappe fibreuse et de la texture fibreuse à une position déterminée en fonction des besoins de renforcement à l'interface entre les tours.

De manière quasi-similaire, la troisième largeur l140 de la texture fibreuse peut être supérieure aux premiers largeurs l150, l160 du ou des voiles 150, 160 et de la seconde largeur l170 de la nappe fibreuse, de façon à ce que les extrémités de la texture fibreuse 140 s'enroulent et forment les brides externes 104, 105 du carter 100. Dans cette configuration, les brides externes 104, 105 ne comprennent pas de nappe fibreuse multiaxiale 170.

Par ailleurs, en référence aux figures 6 et 7, la texture fibreuse 140 sous forme de bande présente une longueur supérieure à celles des bandes de la nappe fibreuse 170 et des voiles 150, 160. En effet, sur l'exemple, l'enroulement à l'étape (d) commence par la première couche 141 et se termine par la troisième couche 143 de la texture fibreuse, de façon à former une préforme fibreuse 300 dans laquelle la première couche 141 et la troisième couche 143 forment, respectivement, les extrémités inférieure et supérieure de la préforme.

Avantageusement, la préforme fibreuse 300 constitue un renfort fibreux tubulaire complet du carter 100 formant une seule pièce avec une portion de surépaisseur correspondant à la zone de rétention du carter. A cet effet, le mandrin 200 présente une surface externe 201 dont le profil correspond à la surface interne du carter à réaliser. Par son enroulement sur le mandrin 200, la texture fibreuse 140 épouse le profil de celui-ci. Le mandrin 200 comporte également deux flasques 220 et 230 pour former des parties de préforme fibreuse correspondant aux brides 104 et 105 du carter 100.

Lors de la formation de la préforme fibreuse 300 par enroulement sur le mandrin 200, les couches 141, 142, 143 de texture fibreuse 140 sont appelées depuis un tambour 14. La nappe fibreuse 170, le premier voile 150 et le second voile 160 sont appelées depuis les tambours, respectivement, 50, 60 et 70 sur lesquels ils sont stockés comme illustrés sur la figure 7.

La densification de la préforme fibreuse 300 de l'étape (e) du procédé (non illustrée sur les figures), consiste à combler le vide de la préforme, dans tout ou partie du volume de celle-ci, par le matériau constitutif de la matrice.

La matrice peut être obtenue suivant le procédé par voie liquide.

Le procédé par voie liquide consiste à imprégner la préforme par une composition liquide contenant un précurseur organique du matériau de la matrice. Le précurseur organique se présente habituellement sous forme d'un polymère, tel qu'une résine, éventuellement dilué dans un solvant. La préforme fibreuse est placée dans un moule pouvant être fermé de manière

étanche avec un logement ayant la forme de la pièce finale moulée. Par exemple, la préforme fibreuse est ici placée entre une pluralité de secteurs formant contre-moule (non illustré sur les figures) et le mandrin formant support, ces éléments présentant respectivement la forme extérieure et la forme intérieure du carter à réaliser. Ensuite, on injecte le précurseur liquide de matrice, par exemple une résine, dans tout le logement pour imprégner toute la partie fibreuse de la préforme.

La transformation du précurseur en matrice organique, à savoir sa polymérisation, est réalisée par traitement thermique, généralement par chauffage du moule, après élimination du solvant éventuel et réticulation du polymère, la préforme étant toujours maintenue dans le moule ayant une forme correspondant à celle de la pièce à réaliser. La matrice organique peut être notamment obtenue à partir de résines époxydes, telle que, par exemple, la résine époxyde à hautes performances.

Selon un aspect de l'invention, la densification de la préforme fibreuse peut être réalisée par le procédé bien connu de moulage par transfert dit RTM ("Resin Transfert Moulding"). Conformément au procédé RTM, on place la préforme fibreuse dans un moule présentant la forme du carter à réaliser. Une résine thermodurcissable est injectée dans l'espace interne délimité entre le mandrin et les contres-moules. Un gradient de pression est généralement établi dans cet espace interne entre l'endroit où est injecté la résine et les orifices d'évacuation de cette dernière afin de contrôler et d'optimiser l'imprégnation de la préforme par la résine.

La résine utilisée peut être, par exemple, une résine époxyde. Les résines adaptées pour les procédés RTM sont bien connues. Elles présentent de préférence une faible viscosité pour faciliter leur injection dans les fibres. Le choix de la classe de température et/ou la nature chimique de la résine est déterminé en fonction des sollicitations thermomécaniques auxquelles doit être soumise la pièce. Une fois la résine injectée dans tout le renfort, on procède à sa polymérisation par traitement thermique conformément au procédé RTM.

Lors de la mise en température pour le traitement thermique de transformation de la résine en matrice, le matériau thermoplastique de chaque voile 150, 160 fond. Les nanotubes de carbone 156 se retrouvent alors en contact avec la résine et forment une liaison de renforcement à l'interface entre les tours adjacents de la texture fibreuse et de la nappe multiaxiale.

Après l'injection et la transformation de la résine en matrice, le carter 100 formé est démoulé. Le carter 100 peut être détouré pour enlever l'excès de résine et les chanfreins sont usinés pour obtenir le carter 100 illustré en figures 1 et 2.

REVENDICATIONS

1. Préforme fibreuse (300) pour fabriquer un carter annulaire (100) en matériau composite pour une turbomachine, en particulier d'aéronef, la préforme (300) comprenant :

- au moins une couche (141, 142, 143) d'une texture fibreuse (140) présentant un tissage tridimensionnel ou multicouche, et s'étendant autour d'un axe longitudinal (A) ;

- au moins un voile (150, 160) comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone, et s'étendant autour de l'axe (A) ; et

- au moins une nappe fibreuse multiaxiale (170) s'étendant autour de l'axe (A) ;

caractérisée en ce que le voile (150, 160) est intercalé entre la nappe fibreuse (170) et ladite au moins une couche (141, 142, 143) de texture fibreuse.

2. Préforme selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une première et une seconde couches (141, 142) de texture fibreuse (140), et entre lesquelles sont disposés les voiles (150, 160) et la nappe fibreuse (170).

3. Préforme selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle comprend un premier (150) et un second (160) voiles, dans laquelle le premier voile (150) est intercalé entre la nappe fibreuse (170) et la première (141) couche de texture fibreuse, et le second voile (160) est intercalé entre ladite nappe fibreuse (170) et la seconde (142) couche de texture fibreuse.

4. Préforme selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le matériau thermoplastique du voile (150, 160) présente une

température de fusion comprise entre 85°C et 150°C, de préférence entre 100 et 110°C.

5. Préforme selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les nanotubes de carbone sont des nanotubes de carbone multi-feuillets ayant de préférence un diamètre de 10 nm et une longueur de 2 µm.

6. Préforme selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que les nanotubes de carbone sont des nanotubes de carbone simple-feuillet ayant de préférence un diamètre de 2 nm et une longueur de 5 µm.

7. Préforme selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que, le matériau thermoplastique du voile (150, 160) comprend des fibres thermoplastiques non tissées.

8. Préforme selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le voile (150, 160) de fibres thermoplastiques non tissées présente une masse surfacique comprise entre 15 g/m² et 100 g/m², par exemple de 19 g/m².

9. Procédé de fabrication d'un carter annulaire (100) en matériau composite pour une turbomachine, en particuliers d'aéronef, comprenant les étapes consistant à :

(a) réaliser par tissage tridimensionnel ou multicouche au moins une couche (141, 142, 143) d'une texture fibreuse (140),

(b) fournir au moins un voile (150, 160) comprenant un matériau thermoplastique chargé avec des nanotubes de carbone,

(c) fournir au moins une nappe fibreuse multiaxiale (170),

(d) enrouler simultanément ladite au moins une couche (141, 142, 143) de texture fibreuse, ledit au moins un voile (150, 160) et ladite au moins une nappe fibreuse (170), autour d'un axe longitudinal (A) sur un mandrin (200) de profil correspondant à celui du carter (100) à fabriquer, ledit au moins un

voile (150, 160) étant interposé entre la nappe fibreuse (170) et ladite au moins une couche (141, 142, 143) de texture fibreuse de manière à former une préforme fibreuse (300) selon l'une des revendications précédentes,
(e) densifier la préforme fibreuse (300) par une matrice pour former le matériau composite de la pièce (100).

10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape (e) de densification de la préforme fibreuse (300) comprend l'imprégnation de la préforme (300) avec une résine et la transformation de la résine en matrice par traitement thermique, et dans lequel le voile (150, 160) présente une température de fusion inférieure à la température de traitement de la résine.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que l'étape (b) comprend une sous étape (b1) de mélange d'un polymère thermoplastique (151) et de poudre de nanotubes de carbone (156), dans lequel le polymère thermoplastique (151) présente une température de fusion comprise entre 85°C et 150°C, de préférence entre 100 et 110°C.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le mélange de polymère thermoplastique (151) et de poudre de nanotubes de carbone (156) à l'étape (b1) peut être chargé entre 1% et 10%, de préférence entre 3% et 4%, en masse de poudre de nanotubes de carbone (156).

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que le ou les voiles (150, 160) présentent chacun une première largeur (l150, l160) et la nappe fibreuse (170) présente une seconde largeur (l170) qui sont égales à une troisième largeur (l140) de la texture fibreuse (140).

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que la texture fibreuse (140) présente une troisième largeur (l140)

supérieure à une première largeur (l150, l160) du ou des voiles (150, 160) et une seconde largeur (l170) de la nappe fibreuse (170).

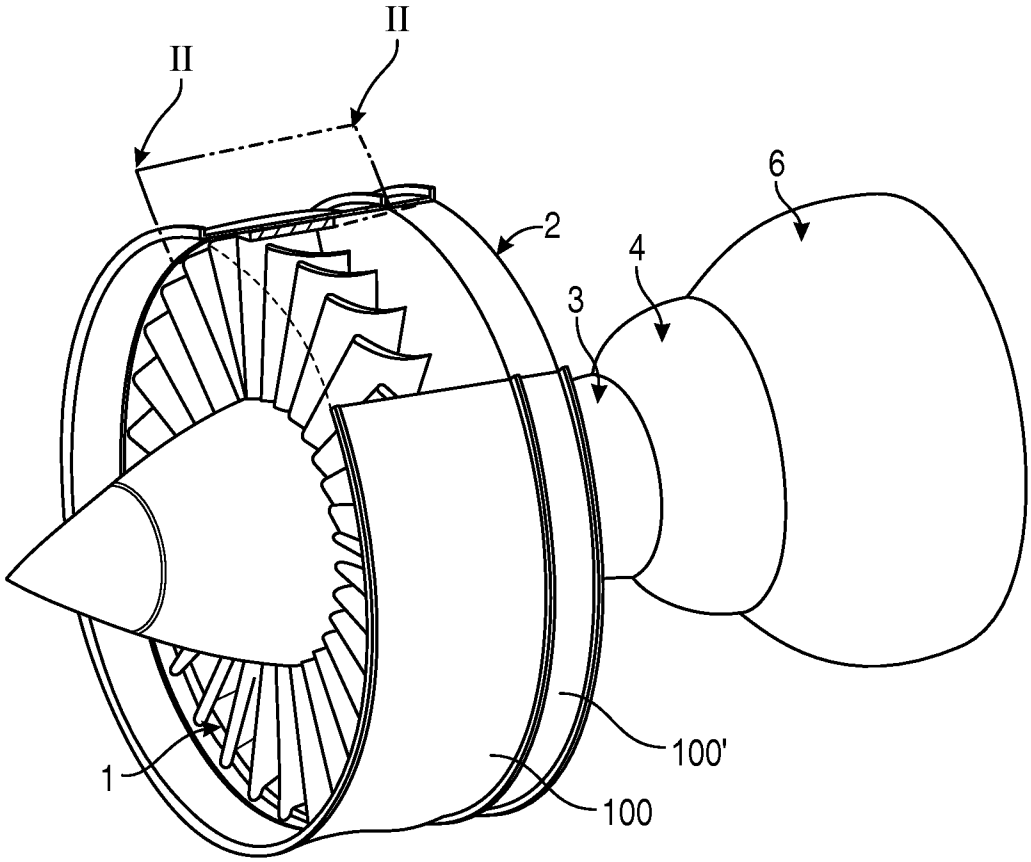

II
II
6
2
4
3
100'
1
100

FIG. 1

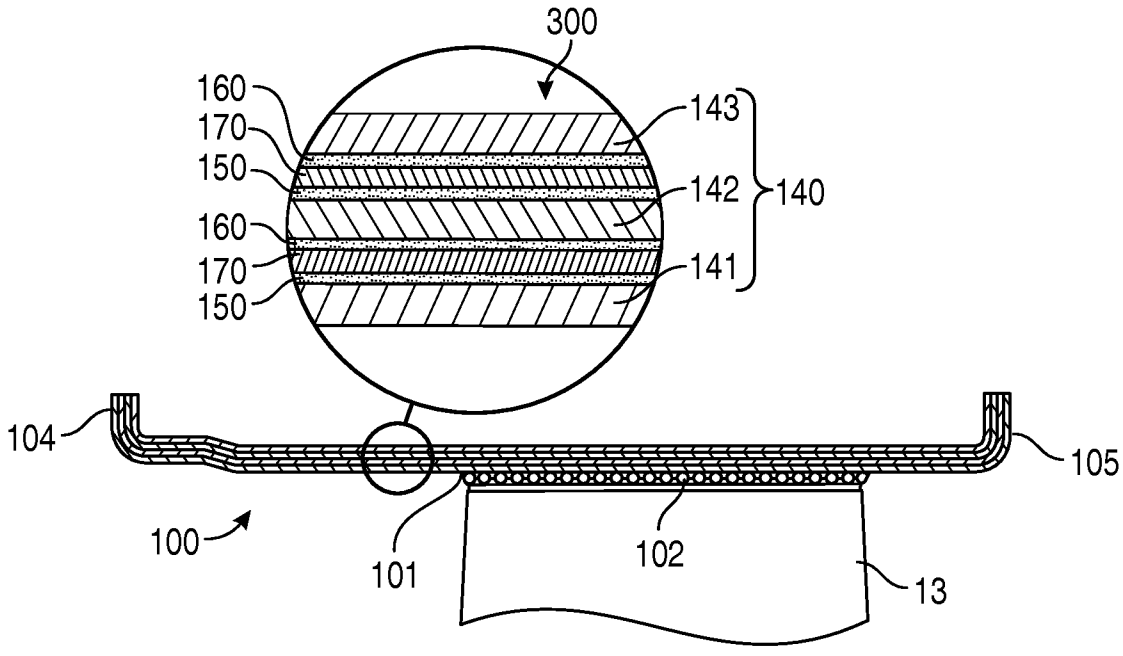

300
160
170
150
160
170
150
143
142
140
141
104
105
100
101
102
13

FIG. 2

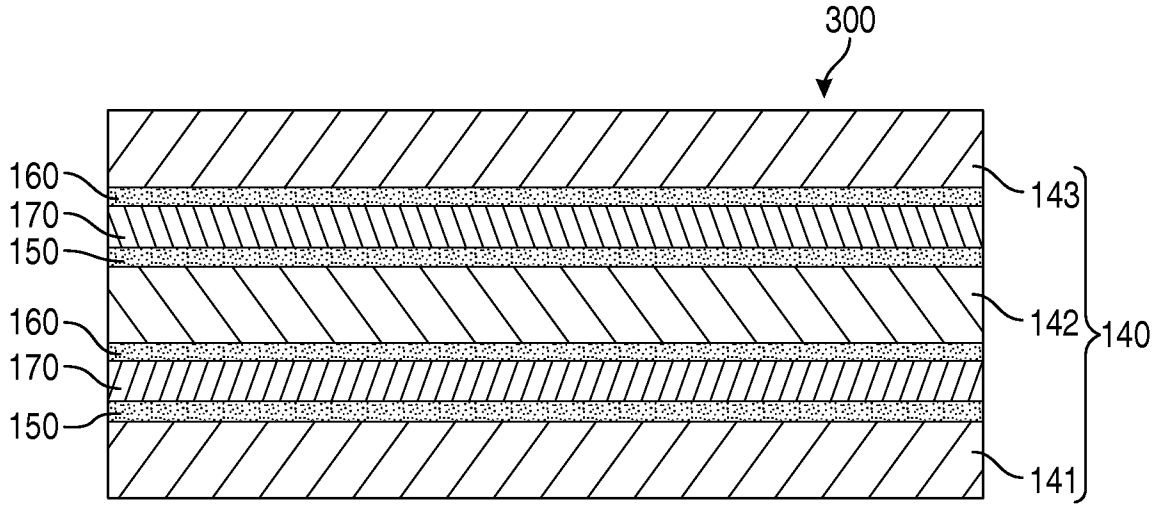


FIG. 3

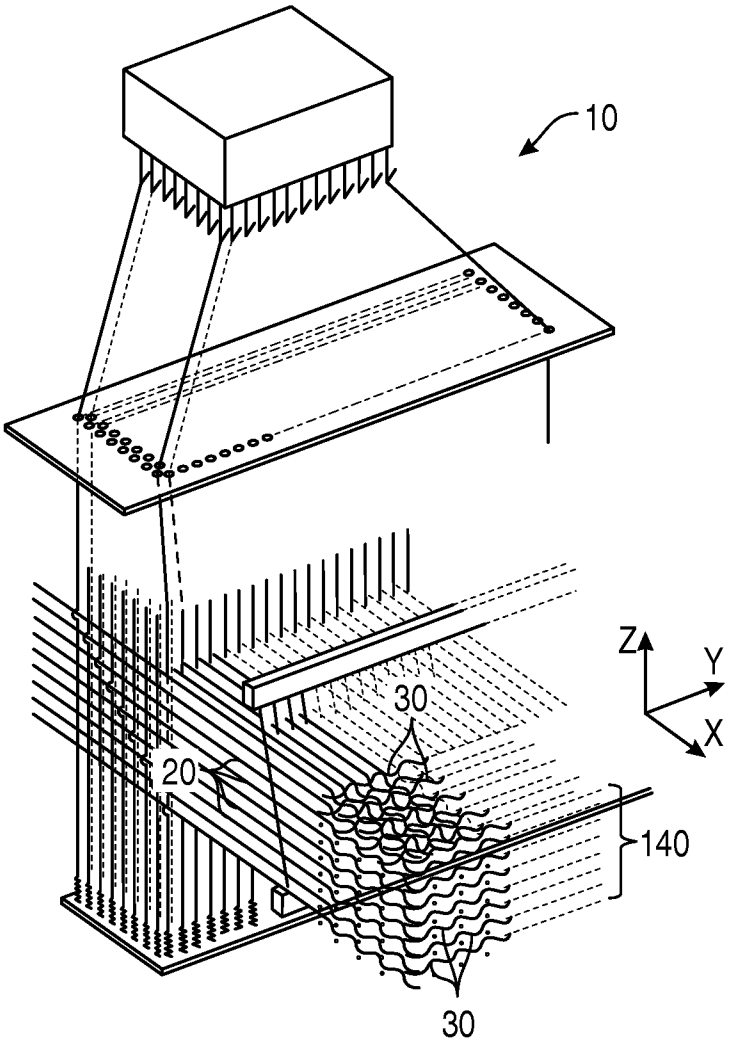


FIG. 4

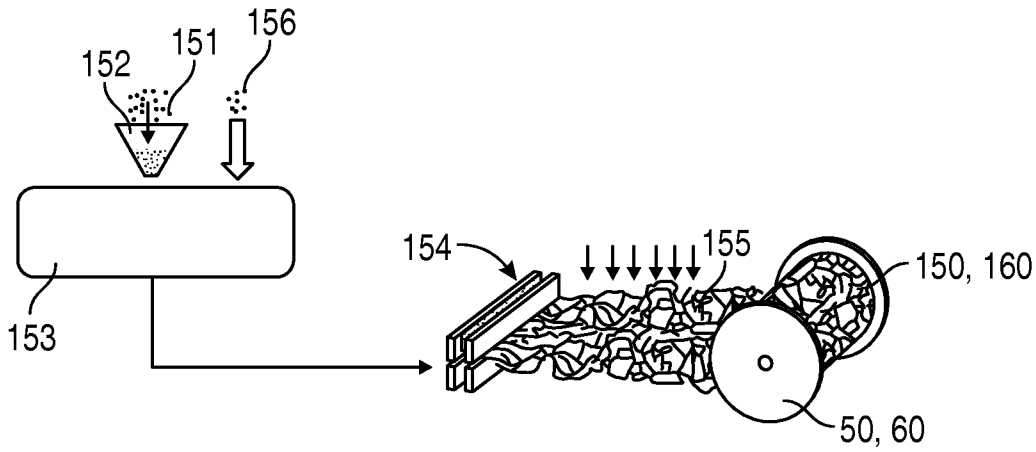

152
151
156
153
154
155
150, 160
50, 60

FIG. 5

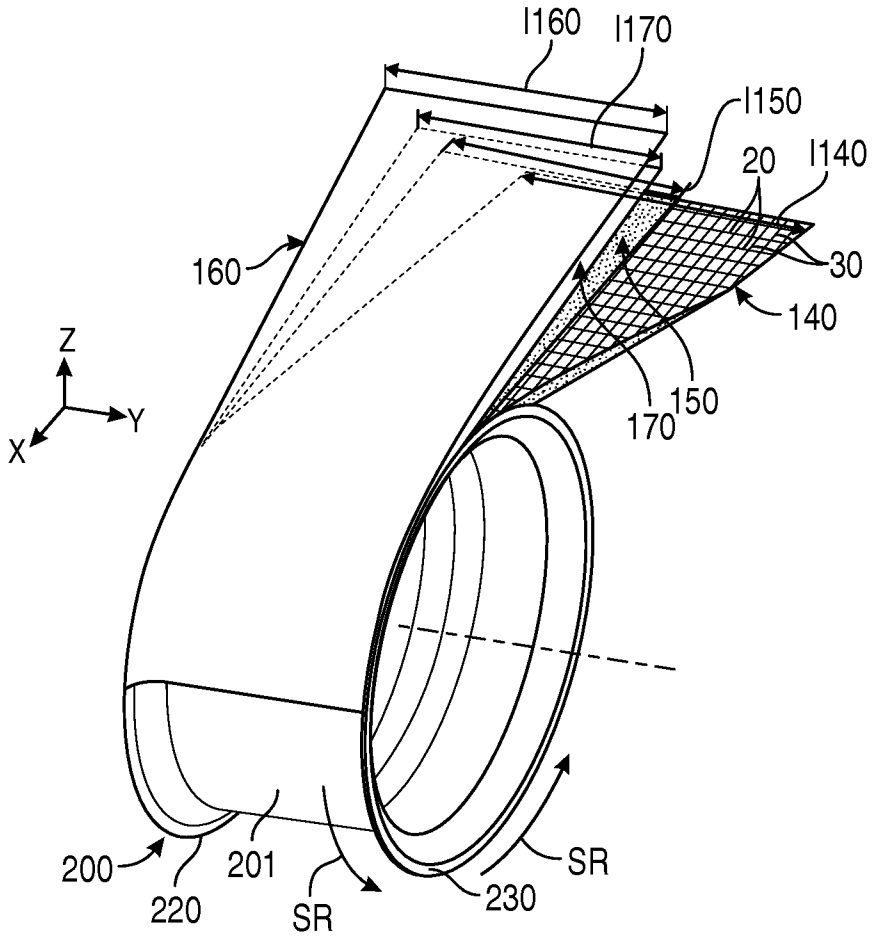

l160
l170
l150
20
l140
160
30
140
Z
Y
X
170
150
200
220
201
SR
230
SR

FIG. 6

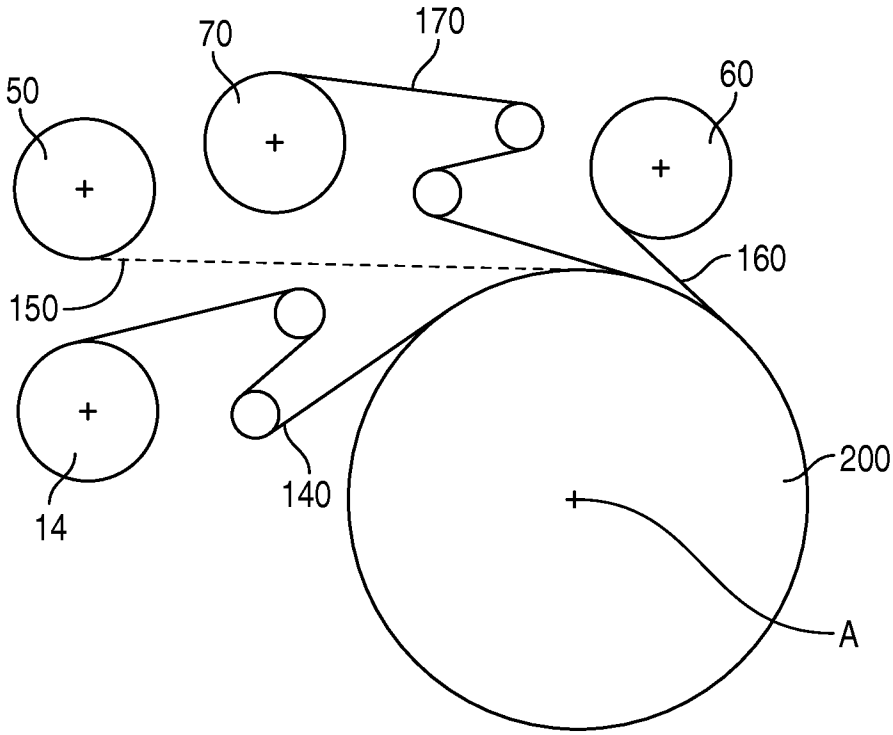


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2022/051057

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29B 11/16(2006.01)i; *B29L 31/08*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29B; B29L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 3078466 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 12 October 2016 (2016-10-12) paragraphs [0001], [0007], [0028], [0088], [0089], [0096] figure 6	1-14
Y	US 2019153876 A1 (GEMEINHARDT GREGORY CARL [US] ET AL) 23 May 2019 (2019-05-23) paragraphs [0001], [0005], [0006], [0013], [0014] figure 1	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 September 2022	**14 September 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Jouannon, Fabien** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2022/051057

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP 3078466 A1	12 October 2016	BE 1022930 A1	19 October 2016
		EP 3078466 A1	12 October 2016
		JP 6869643 B2	12 May 2021
		JP 2016205376 A	08 December 2016
		US 2016297171 A1	13 October 2016
US 2019153876 A1	23 May 2019	CN 109989793 A	09 July 2019
		US 2019153876 A1	23 May 2019

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2022/051057

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. B29B11/16
ADD. B29L31/08

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B29B B29L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 3 078 466 A1 (TECHSPACE AERO SA [BE]) 12 octobre 2016 (2016-10-12) alinéas [0001], [0007], [0028], [0088], [0089], [0096] figure 6	1-14

Y	US 2019/153876 A1 (GEMEINHARDT GREGORY CARL [US] ET AL) 23 mai 2019 (2019-05-23) alinéas [0001], [0005], [0006], [0013], [0014] figure 1	1-14

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
6 septembre 2022	14/09/2022

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Jouannon, Fabien

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2022/051057

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3078466 A1	12-10-2016	BE 1022930 A1	19-10-2016
		EP 3078466 A1	12-10-2016
		JP 6869643 B2	12-05-2021
		JP 2016205376 A	08-12-2016
		US 2016297171 A1	13-10-2016
US 2019153876 A1	23-05-2019	CN 109989793 A	09-07-2019
		US 2019153876 A1	23-05-2019