

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/079860 A1

(43) Date de la publication internationale
6 juin 2013 (06.06.2013)

W I P O I P C T

- (51) Classification internationale des brevets :
B29D 99/00 (2010.01) *B29B 11/16* (2006.01)
B29C 70/24 (2006.01) *F01D 5/28* (2006.01)
B29L 31/08 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR20 12/052723
- (22) Date de dépôt international :
26 novembre 2012 (26.11.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1103663 1 décembre 2011 (01.12.2011) FR
- (71) Déposants : **HERAKLES** [FR/FR]; Les Cinq Chemins,
Rue de Touban, F-33185 Le Haillan (FR). **SNECMA**
[FR/FR]; 2 Boulevard du Général Martial Valin, F-75015
Paris (FR).
- (72) Inventeurs : **FREMONT, Elric**; 11 Allée de la Prairie, F-33700 Merignac (FR). **NUNEZ, Romain**; 4 rue de la Foundiougne, F-33127 Martignas sur Mies (FR). **MAS-SOT, Max**; 9 avenue du Général de Gaulle, F-33720 Barsac (FR).
- (74) Mandataires : **JOLY, Jean-Jacques** et al; CABINET BEAU DE LOMENIE, 158 Rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING A TURBOMACHINE VANE MADE FROM COMPOSITE MATERIAL AND INCLUDING INTEGRATED PLATFORMS

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE AUBE DE TURBOMACHINE EN MATERIAU COMPOSITE A PLATES-FORMES INTEGREES

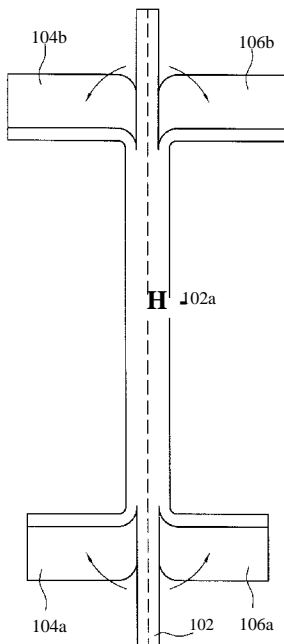


FIG. 7

(57) Abstract : According to the invention, a fibrous blank is formed by means of multilayer weaving, said blank having a longitudinal direction corresponding to that of the vane to be produced and the thickness thereof comprising a first portion (102) with multiple interwoven layers of yarns, a second woven portion and a third woven portion. The first portion is located between the second portion and the third portion and it is interwoven therewith along only part of the longitudinal dimension thereof. A preform of the vane to be produced is formed by unfolding, on both sides of the first portion, segments (104a, 106a, 104b, 106b) of the second and third portions that are not connected to the first portion, by shaping the first portion in order to form a preform part for the blade of the vane to be produced, and by shaping the unfolded segments of the second and third portions in order to form preform parts for the internal and external platforms of the vane to be produced, and the vane preform is densified using a matrix in order to obtain a vane made from composite material and including integrated platforms.

(57) Abrégé : On forme par tissage multicouches une ébauche fibreuse ayant une direction longitudinale correspondant à celle de l'aube à réaliser et comprenant dans son épaisseur une première partie (102) avec plusieurs couches de fils liées entre elles par tissage, une deuxième partie tissée et une troisième partie tissée. La première partie est située entre la deuxième partie et la troisième partie auxquelles elle est reliée par tissage sur une partie seulement de sa dimension longitudinale. Une préforme de l'aube à réaliser est

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/079860 A1

(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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

formée par dépliage, de part et d'autre de la première partie, de segments (104a, 106a, 104b, 106b) de la deuxième et de la troisième parties non liés à la première partie, par mise en forme de la première partie pour former une partie de préforme pour la pale de l'aube à réaliser et par mise en forme des segments dépliés de la deuxième et de la troisième partie pour former des parties de préforme pour des plates-formes intérieure et extérieure de l'aube à fabriquer, et la préforme d'aube est densifiée par une matrice pour obtenir une aube en matériau composite à plates-formes intégrées.

Procédé de fabrication d'une aube de turbomachine en matériau composite à plates-formes intégrées.

5 Arrière-plan de l'invention

L'invention se rapporte aux turbines ou compresseurs pour turbomachines, notamment pour turbomoteurs aéronautiques ou turbines industrielles et vise plus particulièrement la fabrication d'une aube de
10 turbomachine à plates-formes intérieure et extérieure intégrées pour distributeur de turbine ou redresseur de compresseur.

L'amélioration des performances des turbomachines et la réduction de leurs émissions polluantes conduit à envisager des températures de fonctionnement de plus en plus élevées.

15 Pour des éléments de parties chaudes de turbomachines, il a donc été proposé d'utiliser des matériaux composites à matrice céramique (CMC). En effet, ces matériaux possèdent des propriétés thermostructurales remarquables, c'est-à-dire des propriétés mécaniques qui les rendent aptes à constituer des éléments de structure et la capacité
20 à conserver ces propriétés à des températures élevées. De surcroît, les matériaux CMC ont une masse volumique bien inférieure à celle des matériaux métalliques utilisés traditionnellement pour des éléments de parties chaudes de turbomachines.

Ainsi, les documents WO 2010/061140, WO 2010/116066 et
25 WO 2011/080443 décrivent la réalisation d'aubes de roues mobiles de turbomachines en CMC à plate-forme et talon intégrés. L'utilisation de matériaux CMC pour des distributeurs de turbine a aussi été proposée, notamment dans le document WO 2010/146288.

30

Objet et résumé de l'invention

L'invention a pour but de fournir un procédé simplifié de réalisation d'une aube de turbomachine en matériau composite ayant une
35 pale solidaire de plates-formes intérieure et extérieure.

Ce but est atteint grâce à un procédé comportant :

- la formation par tissage multicouches d'une ébauche fibreuse ayant une direction longitudinale correspondant à celle de l'aube à réaliser et comprenant dans son épaisseur une première partie avec plusieurs couches de fils liées entre elles par tissage, une deuxième partie tissée et une troisième partie tissée, la première partie étant située entre la deuxième partie et la troisième partie auxquelles elle est reliée par tissage sur une partie seulement de sa dimension longitudinale,

- la formation, à partir de l'ébauche fibreuse, d'une préforme de l'aube à réaliser, par dépliage, de part et d'autre de la première partie, de segments de la deuxième partie et de la troisième partie non liés à la première partie, par mise en forme de la première partie pour former une partie de préforme pour la pale de l'aube à réaliser et par mise en forme des segments dépliés de la deuxième partie et de la troisième partie pour former des parties de préforme pour les plates-formes intérieure et extérieure de l'aube à fabriquer, et

- la densification de la préforme d'aube par une matrice pour obtenir une aube en matériau composite à plates-formes intérieure et extérieure intégrées.

Selon un mode de réalisation, la première partie de l'ébauche présente une zone interne de déliaison entre deux couches de fils adjacentes qui s'étend sur toute la dimension longitudinale de la première partie de l'ébauche et s'ouvre uniquement aux extrémités longitudinales de la première partie de l'ébauche de manière, après mise en forme, à former une partie de préforme pour la pale creuse.

Selon un mode particulier de réalisation, les segments de la deuxième partie et de la troisième partie de l'ébauche non liés à la première partie sont situés dans des parties d'extrémité longitudinale de la deuxième partie et de la troisième partie de l'ébauche.

Selon un autre mode particulier de réalisation, les deuxième et troisième parties de l'ébauche sont liées par tissage à la première partie de l'ébauche dans des parties d'extrémité longitudinale et les segments de la deuxième partie et de la troisième partie de l'ébauche non liés à la première partie de l'ébauche s'étendent entre lesdites parties d'extrémité longitudinale.

Selon une particularité du procédé, la partie de préforme pour la pale a une largeur inférieure à celles des parties de préforme pour les

plates-formes intérieure et extérieure et l'excédent en largeur de la première partie de l'ébauche est éliminé par découpe pour la mise en forme de la partie de préforme pour la pale tout en laissant subsister une liaison entre la deuxième partie et la troisième partie de l'ébauche, via une
5 portion de la première partie de l'ébauche, sur toute la largeur de l'ébauche, le long des raccordements desdits segments avec le reste de l'ébauche.

Selon une autre particularité du procédé, pour la réalisation d'une aube de distributeur de turbine ou de redresseur de compresseur,
10 l'on forme la préforme de l'aube avec un prolongement extérieur s'étendant au-delà de la partie de préforme pour la plate-forme extérieure du côté extérieur de celle-ci et, lors de la réalisation de la préforme de l'aube, l'on met en forme le prolongement extérieur pour former une partie de préforme pour une partie de montage dans un carter de turbine
15 ou de compresseur.

Selon encore une autre particularité du procédé, pour la réalisation d'une aube de distributeur de turbine ou de redresseur de compresseur, l'on forme la préforme de l'aube avec un prolongement intérieur s'étendant en-deçà de la partie de préforme pour une plate-
20 forme intérieure, du côté intérieur de celle-ci et, lors de la réalisation de la préforme de l'aube, l'on met en forme le prolongement intérieur pour former une partie de préforme pour une partie d'accrochage.

25 Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 30 - la figure 1 est une vue schématique en perspective d'une aube de turbomachine ;
- la figure 2 est une vue schématique en plan d'une ébauche fibreuse tissée destinée à la réalisation d'une préforme fibreuse pour une aube du type de celle de la figure 1 ;
- 35 - la figure 3 est une vue latérale de l'ébauche de la figure 2 ;

- la figure 4 est une vue schématique en coupe selon le plan IV-IV de la figure 2 ;
- les figures 5 et 6 sont des vues schématiques à échelle agrandie de plans de tissage de l'ébauche de la figure 2 vue en coupe selon les plans V-V et VI-VI de la figure 2 ;
- les figures 7 à 9 sont des vues schématiques montrant des étapes de la réalisation d'une préforme d'aube à partir de l'ébauche fibreuse des figures 2 à 6 ;
- la figure 10 est une vue schématique en plan d'un autre mode de réalisation d'une ébauche fibreuse tissée destinée à la réalisation d'une préforme fibreuse pour une aube du type de celle de la figure 1 ;
- la figure 11 est une vue latérale de l'ébauche de la figure 10 ;
- la figure 12 est une vue schématique en coupe selon le plan XII-XII de la figure 10 ;
- les figures 13 à 15 sont des vues schématiques montrant des étapes de réalisation d'une préforme d'aube à partir de l'ébauche fibreuse des figures 10 à 12 ; et
- la figure 16 est une vue partielle montrant une variante de réalisation de l'aube de la figure 1.

Description détaillée de modes de réalisation

La figure 1 montre très schématiquement une aube 10, par exemple une aube fixe de distributeur de turbine d'une turbomachine aéronautique. L'aube 10 comprend une pale 12 et des plates-formes intérieure 14 et extérieure 16.

Dans tout le texte, les termes "intérieur" et "extérieur" sont utilisés en référence à la position radiale par rapport à l'axe de la turbomachine.

La face extérieure 14b de la plate-forme 14 et la face intérieure 16a de la plate-forme 16 sont destinées à délimiter la veine d'écoulement de gaz dans la turbine après montage de l'aube 10 dans un carter de turbine.

La pale 12 s'étend entre les plates-formes 14 et 16, dont elle est solidaire et, à ses extrémités, fait saillie du côté intérieur de la plate-

forme 14 et du côté extérieur de la plate-forme 16. Dans l'exemple illustré, la pale 12 est creuse avec un passage interne longitudinal 12a qui s'étend tout le long de la pale et débouche à ses deux extrémités. De façon bien connue, le passage 12a est notamment destiné à permettre le passage d'un flux d'air de refroidissement.

Dans l'exemple illustré, les plates-formes 14, 16 s'étendent entre leurs extrémités amont et aval suivant des directions générales qui forment des angles non nuls par rapport à un plan normal à la direction longitudinale de la pale 12.

Dans tout le texte, les termes amont et aval sont utilisés en référence au sens d'écoulement de flux dans la turbomachine.

L'aube 10 est en matériau composite. Sa fabrication comprend la formation d'une préforme fibreuse ayant une forme correspondant à celle de l'aube et la densification de la préforme par une matrice.

La figure 2 montre en plan une ébauche fibreuse 101 à partir de laquelle une préforme fibreuse de l'aube 10 peut être formée.

L'ébauche 101 est obtenue à partir d'une bande 100 tissée par tissage tridimensionnel (3D) ou multicouches, la bande 100 s'étendant de façon générale dans une direction X correspondant à la direction longitudinale de l'aube à fabriquer. Le tissage est réalisé par exemple avec des fils de chaîne s'étendant dans la direction X, étant noté qu'un tissage avec des fils de trame s'étendant dans cette direction est également possible. Une pluralité d'ébauches 101 peuvent être tissées l'une à la suite de l'autre dans la direction X. On peut aussi tisser simultanément plusieurs rangées parallèles d'ébauches 101.

Dans le mode de réalisation des figures 2 à 6, une ébauche 101 comprend, dans son épaisseur, une première partie 102, une deuxième partie 104 et une troisième partie 106. La partie 102 est située entre la partie 104 et la partie 106 et est liée aux parties 104 et 106 par tissage 3D sauf au niveau de déliaisons 103a, 105a entre la partie 102 et la partie 104 et de déliaisons 103b, 105b entre la partie 102 et la partie 106. Les déliaisons 103a, 103b s'étendent sur toute la largeur de l'ébauche 101 (dimension en sens trame) à partir d'une extrémité 101a de l'ébauche 101 jusqu'à des fonds de déliaison 103c et 103d. Les fonds de déliaison 103c et 103d s'étendent entre les bords longitudinaux 101c et 101d de l'ébauche 101 suivant une direction faisant un angle non nul par rapport à

la direction trame afin de respecter l'orientation de la plate-forme intérieure 14. Les déliaisons 105a, 105b s'étendent sur toute la largeur de l'ébauche 101 à partir de l'autre extrémité 101b de l'ébauche 101 jusqu'à des fonds de déliaison 105c et 105d. Les fonds de déliaison 105c et 105d s'étendent entre les bords longitudinaux 101c et IOld de l'ébauche 101 suivant une direction faisant un angle non nul par rapport à la direction trame afin de respecter l'orientation de la plate-forme extérieure 16.

En outre, une déliaison 102a est formée sensiblement au milieu de la partie 102, sur toute la longueur de l'ébauche 101 et à distance entre les bords longitudinaux 101c et IOld, entre des limites 102b et 102c. La déliaison 102a est destinée à permettre la formation du passage interne de la pale creuse de l'aube à fabriquer.

De façon bien connue, une déliaison est ménagée entre deux couches de fils de chaîne en omettant de faire passer un fil de trame à travers la zone de déliaison pour lier des fils de couches de chaîne situées de part et d'autre de la déliaison.

Les plans des figures 5 et 6 montrent un exemple de tissage 3D avec armure interlock et déliaisons 102a, 105a et 105b, les déliaisons 103a et 103b étant obtenues de la même façon que les déliaisons 105a et 105b. Sur les figures 5 et 6, les déliaisons sont représentées par des tirets. La partie 102 comprend une pluralité de couches de fils de chaîne (six dans l'exemple illustré) qui sont liées par tissage 3D sauf au niveau de la déliaison 102a. Les parties 104 et 106 comprennent chacune une pluralité de couches de fils de chaîne (trois dans l'exemple illustré) qui sont liées entre elles par tissage 3D. Hors la déliaison 102a, entre les fonds de déliaison 103c et 105c et entre les fonds de déliaison 103d et 105d, les couches de fils de chaîne des parties 102, 104 et 106 sont, dans l'exemple illustré, toutes liées entre elles.

Après tissage, les segments 104a, 104b et 106a, 106b des parties 104, 106 non liées à la partie 102 sont dépliés comme montré sur la figure 7 en vue de former des parties de préforme pour les plates-formes 14, 16, les segments 104a, 104b étant adjacents aux déliaisons 103a, 105a et les segments 106a, 106b étant adjacents aux déliaisons 103b, 105b. Les dépliages sont réalisés au niveau des fonds de déliaison.

Ensuite, les découpes sont pratiquées suivant les lignes indiquées en pointillés sur la figure 8 pour éliminer les portions

excédentaires, d'une part, dans les segments de la partie 102 situés du côté intérieur des segments dépliés 104a, 106a et du côté extérieur des segments dépliés 104b, 106b et, d'autre part, dans le segment de l'ébauche 101 s'étendant entre les segments dépliés, de manière à ne
5 laisser que les parties utiles pour former une partie de préforme pour la pale de l'aube à fabriquer. De préférence, on laisse aussi subsister une liaison tissée entre les parties 102, 104 et 106 sur toute la largeur de l'ébauche 101 dans des zones s'étendant le long des raccordements des segments 104a, 104b, 106a, 106b avec le reste de l'ébauche, formant
10 ainsi des cordons 104c, 106c et 104d, 106d. Cela permet de sécuriser la continuité de la liaison entre les segments 104a, 106a et entre les segments 104b, 106b. Des parties excédentaires de la partie 102 du côté intérieur des segments 104a, 106a et du côté extérieur des segments 104b, 106b peuvent aussi être éliminées par découpe.

15 On notera que le tissage 3D, lors du tissage de l'ébauche 101, pourrait être omis dans au moins une partie des portions éliminées par découpe.

Une préforme fibreuse de l'aube à fabriquer est ensuite réalisée par moulage au moyen d'un outillage de conformation avec déformations
20 pour obtenir le profil de pale creuse désiré et les formes désirées pour les plates-formes. On obtient une préforme 110 (figure 9) avec une partie 112 de préforme pour la pale creuse, et des parties 114, 116 de préformes pour les plates-formes intérieure et extérieure. Le passage interne 112a de la partie 112 de préforme pour la pale creuse est formé par
25 introduction d'un élément d'outillage dans la déliaison 102a.

Une aube creuse en CMC telle que celle de la figure 1 peut être fabriquée de la façon suivante.

Une bande fibreuse 100 est tissée par tissage tridimensionnel, comprenant une pluralité d'ébauches fibreuses 101 orientées par exemple
30 en sens chaîne, avec zones de déliaison, comme montré sur la figure 2. On peut utiliser pour le tissage des fils en céramique, notamment des fils à base de carbure de silicium (SiC), par exemple ceux fournis sous la dénomination "Nicalon" par la société japonaise Nippon Carbon. D'autres
35 fils en céramique sont utilisables, notamment des fils en oxyde réfractaire, tels que des fils à base d'alumine Al_2O_3 , en particulier pour des matériaux CMC de type oxyde/oxyde (fibres du renfort fibreux et matrice en oxyde

réfractaire). On pourrait aussi utiliser des fils de carbone pour un matériau CMC à renfort fibreux en carbone.

De façon connue, la bande fibreuse peut être traitée pour éliminer l'ensimage présent sur les fibres et la présence d'oxyde à la surface des fibres.

Egalement de façon connue, une mince couche de revêtement d'interphase de défragilisation peut être ensuite formée sur les fibres de la bande fibreuse par infiltration chimique en phase gazeuse, ou CVI ("Chemical Vapour Infiltration"). Le matériau d'interphase est par exemple du carbone pyrolytique PyC, du nitrure de bore BN ou du carbone dopé au bore BC. L'épaisseur de la couche formée est par exemple comprise entre 10 nanomètres et 100 nanomètres pour conserver une capacité de déformation des ébauches fibreuses.

La bande fibreuse est ensuite imprégnée par une composition de consolidation, typiquement une résine précurseur de carbone ou une résine précurseur de céramique éventuellement diluée dans un solvant. Après séchage, les ébauches fibreuses individuelles sont découpées. Chaque ébauche est mise en forme (comme illustré par les figures 7 à 9) et placée dans un outillage pour conformation des parties de préforme de pale et de plates-formes intérieure et extérieure.

Ensuite, la résine est réticulée puis pyrolysée après avoir retiré la préforme de l'outillage de conformation pour obtenir une préforme d'aube consolidée par le résidu de pyrolyse. La quantité de résine de consolidation est choisie suffisante mais sans trop d'excès pour que le résidu de pyrolyse lie les fibres de la préforme afin que celle-ci soit manipulable en conservant sa forme sans l'assistance d'un outillage.

Une deuxième couche de revêtement d'interphase de défragilisation peut être formée par CVI, par exemple en PyC, BN ou BC. La réalisation d'un revêtement d'interphase en deux couches avant et après consolidation est décrite dans le document EP 2 154 119.

Une densification par matrice céramique de la préforme consolidée est ensuite réalisée par exemple par CVI. La matrice peut être en SiC ou être une matrice autocicatrisante comprenant des phases de matrice en carbone pyrolytique PyC, en carbure de bore B₄C ou en système ternaire Si-B-C comme décrit notamment dans les documents US 5 246 756 et US 5 965 266. D'autres types de matrice céramique peuvent

être envisagés, notamment des matrices en oxyde réfractaire, par exemple en alumine, en particulier pour des matériaux CMC de type oxyde/oxyde.

La densification est de préférence réalisée en deux étapes
5 séparées par une étape d'usinage de l'aube à ses dimensions désirées notamment pour éliminer les nervures issues des cordons 104c, 106c, 104d et 106d, obtenir la forme finale désirée pour les plates-formes 14, 16 et éventuellement pour obtenir le profil désiré de la pale 12.

Un autre mode de réalisation d'une préforme fibreuse pour une
10 aube du type de celle de la figure 1 sera maintenant décrit en référence aux figures 10 à 15.

Une ébauche 201, à partir de laquelle une préforme fibreuse d'aube peut être formée, est obtenue à partir d'une bande tissée par tissage 3D de façon similaire à la bande 100 de la figure 2.

15 L'ébauche 201 comprend dans son épaisseur une première partie 202, une deuxième partie 204 et une troisième partie 206. La partie 202 est située entre la partie 204 et la partie 206 et est liée aux parties 204 et 206 par tissage 3D sauf au niveau d'une déliaison 203 entre la partie 202 et la partie 204 et d'une déliaison 205 entre la partie 202 et la
20 partie 206. Les déliaisons 203, 205 s'étendent sur toute la largeur de l'ébauche 201 et entre des fonds de déliaison 203a, 203b et 205a, 205b qui sont situés à distance des extrémités opposées 201a, 201b de l'ébauche 201. Les fonds de déliaison s'étendent entre les bords longitudinaux 201c, 201d de l'ébauche 201 suivant des directions faisant
25 des angles non nuls par rapport à la direction trame afin de respecter les orientations des plates-formes intérieure et extérieure de l'aube à fabriquer.

En outre, une déliaison 202a est formée sensiblement au milieu de la partie 202, sur toute la largeur de l'ébauche 201 et à distance de ses
30 bords longitudinaux 201c et 201d, entre des limites 202b et 202c. La déliaison 202a est destinée à permettre la formation du passage interne de la pale creuse de l'aube à fabriquer.

Après tissage, des segments 204a et 204b de la partie 204 adjacents à la déliaison 203 et s'étendant à partir des fonds de déliaison
35 203a, 203b sont dépliés comme montré sur la figure 13. De façon similaire, des segments 206a et 206b de la partie 206 adjacents à la

délicat 205 et s'étendant à partir des fonds de délicat 205a, 205b sont dépliés comme montré sur la figure 13. Les dépliages sont réalisés au niveau des fonds des délicats.

Les segments 204a, 206a, d'une part, et les segments 204b, 206b, d'autre part, sont destinés à former des parties de préforme pour les plates-formes intérieure et extérieure de l'aube à fabriquer. Les longueurs des segments peuvent être limitées aux dimensions nécessaires à cet effet en éliminant par découpe des portions excédentaires des parties 204 et 206 dans les zones médianes de celles-ci, les lignes de découpe étant représentées en pointillés sur les figures 10 et 11.

Ensuite, des coupes sont pratiquées suivant les lignes indiquées en pointillés sur la figure 14 pour éliminer des portions excédentaires, d'une part, dans les segments de l'ébauche 201 situés du côté intérieur des segments dépliés 204a, 206a et du côté extérieur des segments dépliés 204b, 206b et, d'autre part, dans le segment de la partie 202 s'étendant entre les segments dépliés, de manière à ne laisser subsister que les parties utiles pour former la partie de préforme de la pale de l'aube à fabriquer. De préférence, on laisse aussi subsister une liaison tissée entre les parties 202, 204 et 206 sur toute la largeur de l'ébauche 201 dans des zones s'étendant le long des raccordements des segments dépliés avec le reste de l'ébauche, formant ainsi des cordons 204c, 206c, et 204d, 206d.

On notera que, lors du tissage de l'ébauche 201, un tissage 3D pourrait être omis dans au moins une partie des portions éliminées par découpe.

Une préforme fibreuse de l'aube à fabriquer est ensuite réalisée par moulage au moyen d'un outillage de conformation avec déformation pour obtenir le profil de pale creuse désirée et les formes désirées pour les plates-formes. On obtient une préforme 210 (figure 15) avec une partie 212 de préforme de pale creuse présentant un passage interne 212a, et des parties 214, 216 de préformes de plates-formes intérieure et extérieure.

Une aube creuse en CMC avec un renfort fibreux constitué par une préforme telle que la préforme 210 de la figure 15 peut être fabriquée comme décrit plus haut.

La figure 16 montre très schématiquement la partie extérieure d'une aube 30 de distributeur de turbine selon une variante de réalisation de l'aube 10 de la figure 1.

5 L'aube 30 comprend une pale creuse 32 solidaire d'une plate-forme intérieure (non représentée) et d'une plate-forme extérieure 36. L'aube 30 se distingue de l'aube 10 de la figure 1 en ce qu'elle comprend des crochets amont et aval 38 qui sont formés dans la continuité de la pale 32 du côté extérieur de la plate-forme extérieure 36.

10 A cet effet, lors de la réalisation de la préforme fibreuse de l'aube, la partie de l'ébauche fibreuse formant la préforme de pale est prolongée du côté extérieur au-delà de l'emplacement de la plate-forme extérieure et l'on met en forme ce prolongement, par découpes et déformations pour obtenir des parties de préforme correspondant aux crochets 18.

15 Les crochets 18 constituent des parties de montage de l'aube dans un carter de turbine.

20 Une disposition similaire peut être prévue du côté intérieur de l'aube en prolongeant la partie de l'ébauche fibreuse formant la préforme de pale du côté intérieur en-deçà de l'emplacement de la plate-forme intérieure, ce prolongement étant mis en forme par découpes et déformations pour obtenir des parties de préforme correspondant à des parties d'accrochage. De telles parties d'accrochage peuvent être utilisées pour une liaison avec un carter intérieur ou pour supporter un anneau portant un revêtement abrasable.

25 On a envisagé ci-avant la réalisation d'une aube de distributeur de turbine en matériau CMC. L'invention est aussi applicable à des aubes de redresseur de compresseur. Pour de telles aubes, lorsque les températures rencontrées en service sont moins élevées, notamment pour les étages amont d'un compresseur, on peut utiliser non pas un matériau
30 CMC, mais un matériau composite à matrice organique (CMO) réalisé avec des fibres par exemple de carbone ou de verre et une matrice polymère.

35 Dans ce cas, après tissage d'un ensemble de bandes fibreuses, découpe d'ébauches individuelles et mise en forme au moyen d'un outillage de conformation, comme décrit plus haut, chaque préforme d'aube obtenue maintenue dans son outillage est imprégnée par une résine par injection ou infusion. Un traitement thermique de réticulation

de la résine est effectué pour obtenir une préforme d'aube. Plusieurs cycles successifs d'imprégnation par une résine et réticulation de celle-ci peuvent être réalisés. Un usinage final peut éventuellement être réalisé. La résine utilisée pour consolidation et densification est une résine précurseur de matrice polymère, telle qu'une résine époxyde, bismaléimide ou polyimide, par exemple.

En outre, bien que l'on ait envisagé la fabrication d'aubes à pales creuses, le procédé décrit convient aussi pour la réalisation d'aubes à pales pleines, la partie centrale de l'ébauche fibreuse destinée à former une préforme d'aube étant dans ce cas dépourvue de déliaison.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une aube de turbomachine en matériau composite ayant une pale solidaire de plates-formes intérieure et extérieure, le procédé comportant :

5 - la formation par tissage multicouches d'une ébauche fibreuse ayant une direction longitudinale correspondant à celle de l'aube à réaliser et comprenant dans son épaisseur une première partie avec plusieurs couches de fils liées entre elles par tissage, une deuxième partie
10 tissée et une troisième partie tissée, la première partie étant située entre la deuxième partie et la troisième partie auxquelles elle est reliée par tissage sur une partie seulement de sa dimension longitudinale,

15 - la formation, à partir de l'ébauche fibreuse, d'une préforme de l'aube à réaliser, par dépliage, de part et d'autre de la première partie, de segments de la deuxième partie et de la troisième partie non liés à la première partie, par mise en forme de la première partie pour former une partie de préforme pour la pale de l'aube à réaliser et par mise en forme des segments dépliés de la deuxième partie et de la troisième partie pour former des parties de préforme pour les plates-formes intérieure et
20 extérieure de l'aube à fabriquer, et

- la densification de la préforme d'aube par une matrice pour obtenir une aube en matériau composite à plates-formes intérieure et extérieure intégrées.

25 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première partie de l'ébauche présente une zone interne de déliaison entre deux couches de fils adjacentes qui s'étend sur toute la dimension longitudinale de la première partie de l'ébauche et s'ouvre uniquement aux extrémités longitudinales de la première partie de l'ébauche de manière, après mise
30 en forme, à former une partie de préforme pour la pale creuse.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel les segments de la deuxième partie et de la troisième partie de l'ébauche non liés à la première partie sont situés dans des parties
35 d'extrémité longitudinale de la deuxième partie et de la troisième partie de l'ébauche.

4. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel les deuxième et troisième parties de l'ébauche sont liées par tissage à la première partie de l'ébauche dans des parties d'extrémité longitudinale et les segments de la deuxième partie et de la troisième partie de l'ébauche non liés à la première partie de l'ébauche s'étendent entre lesdites parties d'extrémité longitudinale.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la partie de préforme pour la pale a une largeur inférieure à celles des parties de préforme pour les plates-formes intérieure et extérieure et l'excédent en largeur de la première partie de l'ébauche est éliminé par découpe pour la mise en forme de la partie de préforme pour la pale tout en laissant subsister une liaison entre la deuxième partie et la troisième partie de l'ébauche, via une portion de la première partie de l'ébauche, sur toute la largeur de l'ébauche, le long des raccordements desdits segments avec le reste de l'ébauche.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, pour la réalisation d'une aube de distributeur de turbine ou de redresseur de compresseur, l'on forme la préforme de l'aube avec un prolongement extérieur s'étendant au-delà de la partie de préforme pour la plate-forme extérieure du côté extérieur de celle-ci et, lors de la réalisation de la préforme de l'aube, l'on met en forme le prolongement extérieur pour former une partie de préforme pour une partie de montage dans un carter de turbine ou de compresseur.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel, pour la réalisation d'une aube de distributeur de turbine ou de redresseur de compresseur, l'on forme la préforme de l'aube avec un prolongement intérieur s'étendant en-deçà de la partie de préforme pour la plate-forme intérieure, du côté intérieur de celle-ci et, lors de la réalisation de la préforme de l'aube, l'on met en forme le prolongement intérieur pour former une partie de préforme pour une partie d'accrochage.

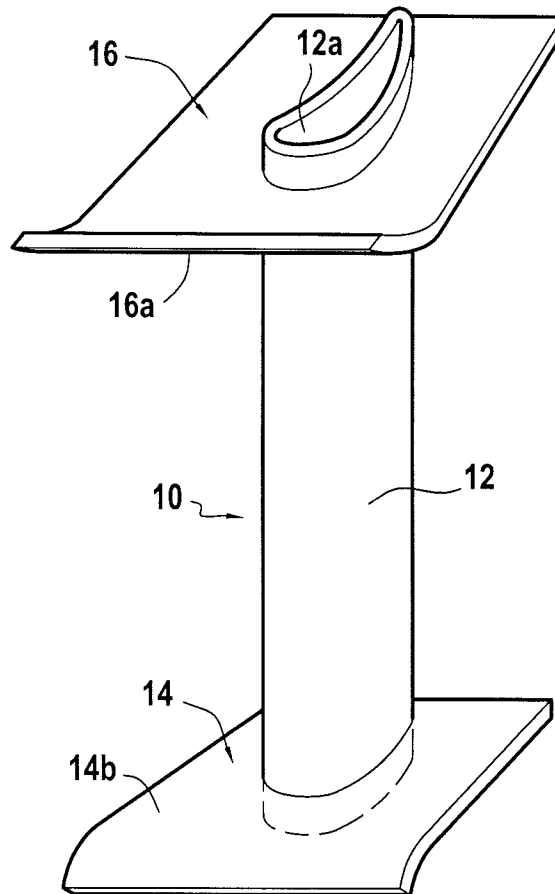


FIG.1

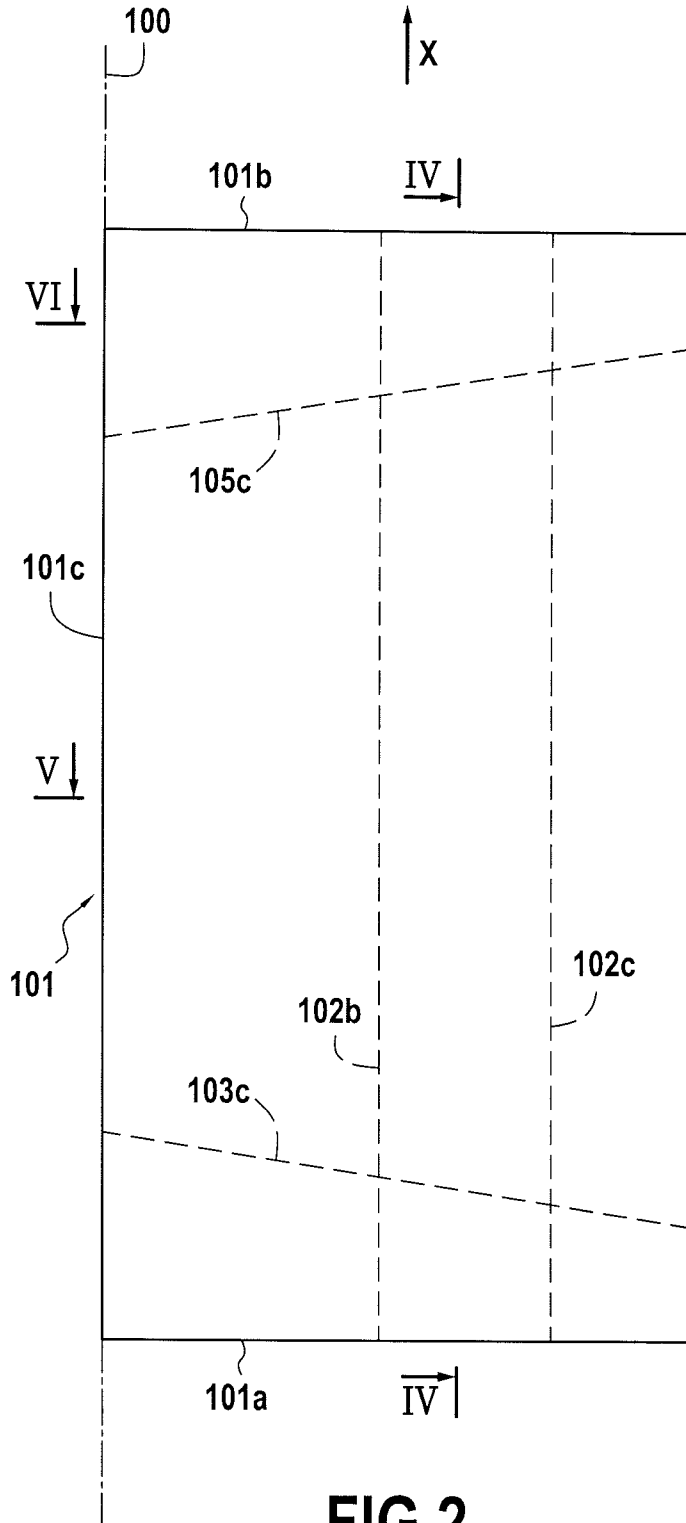


FIG. 2

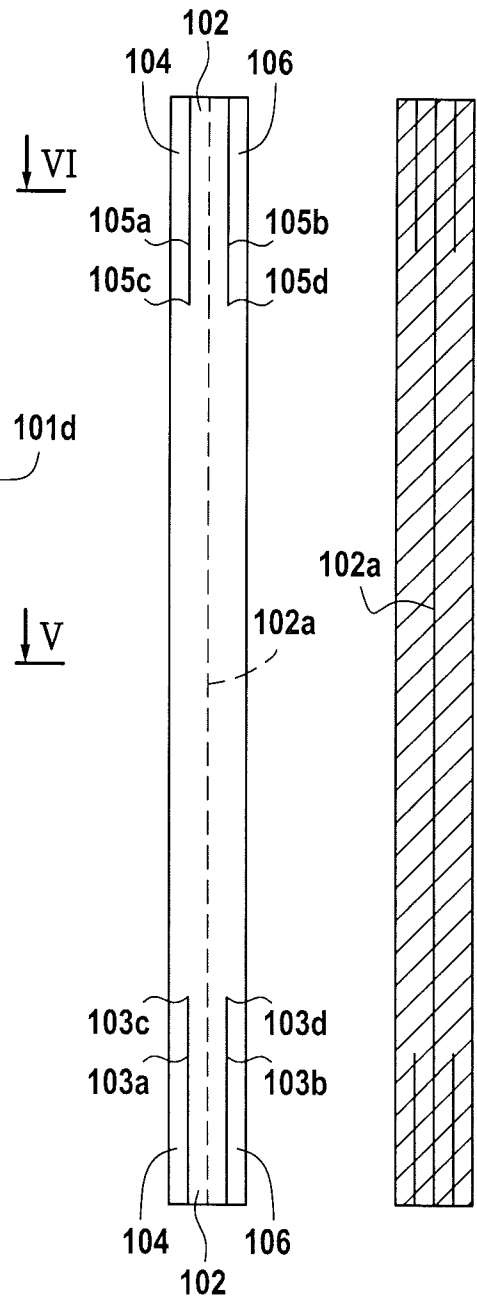


FIG. 3

FIG. 4

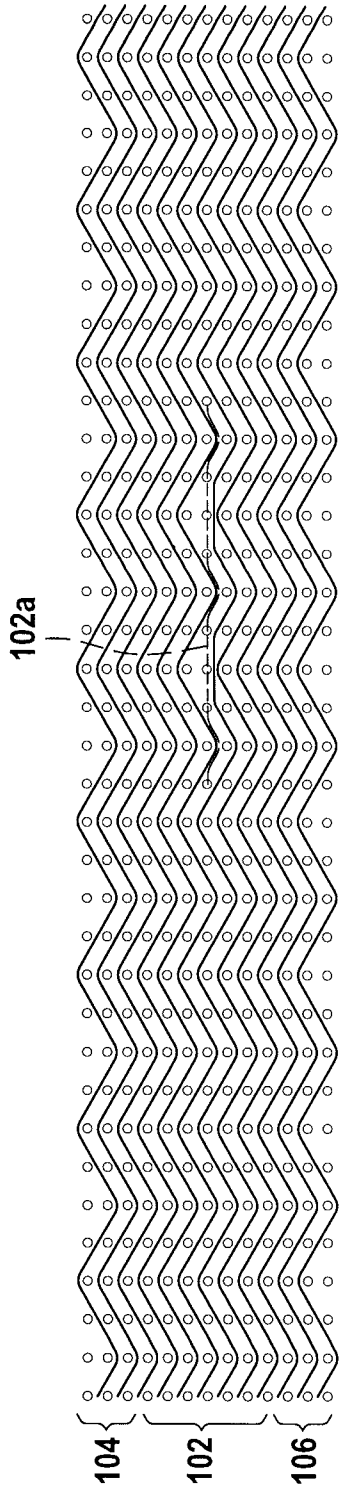


FIG.5

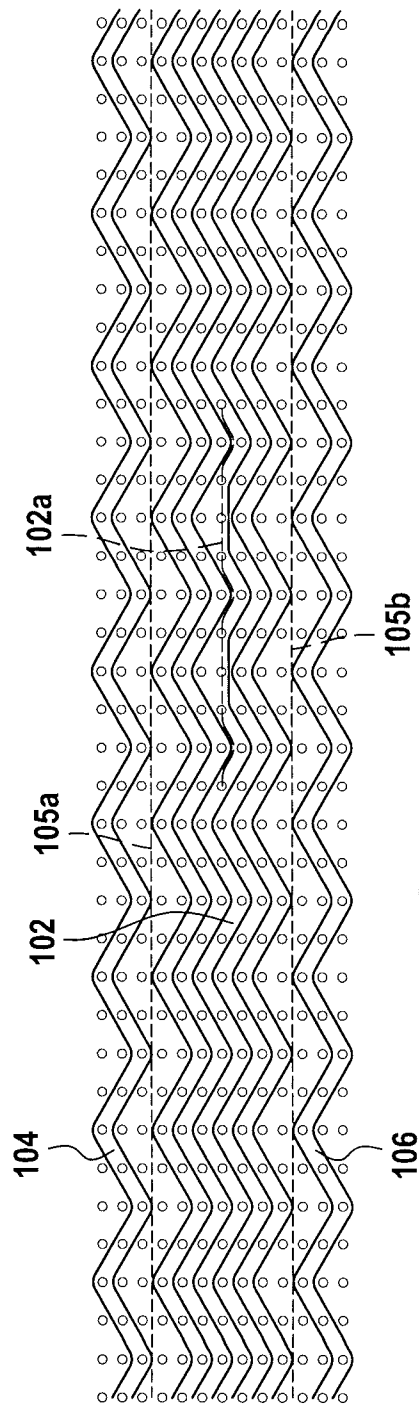


FIG.6

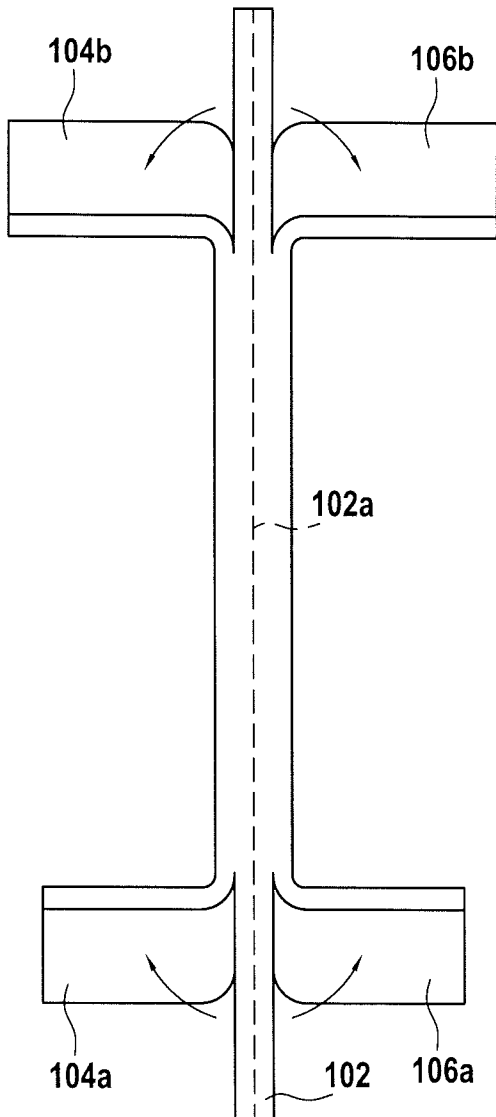


FIG.7

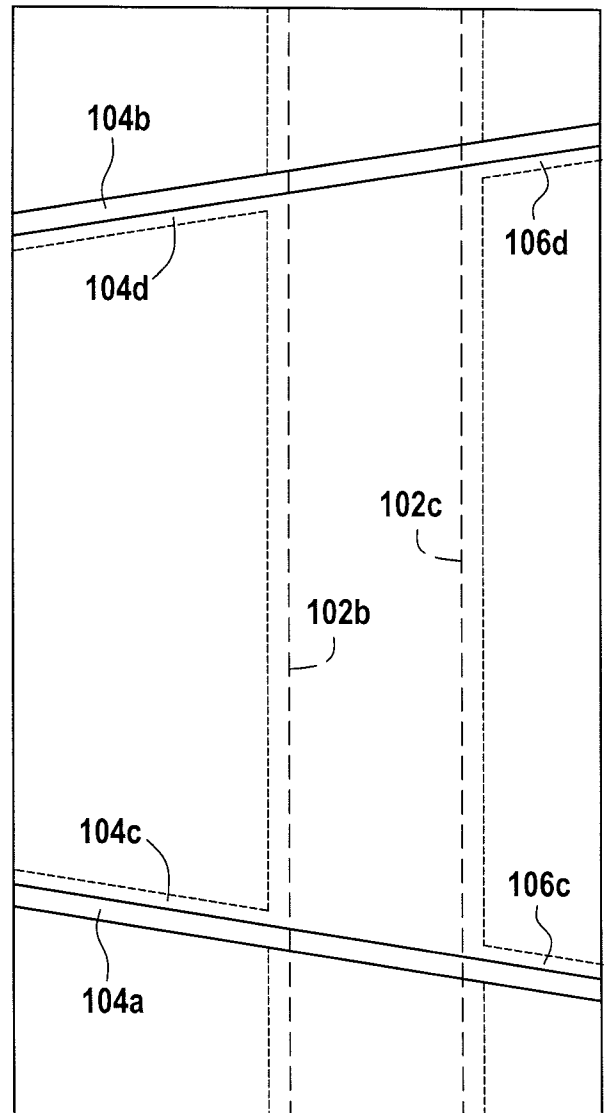


FIG.8

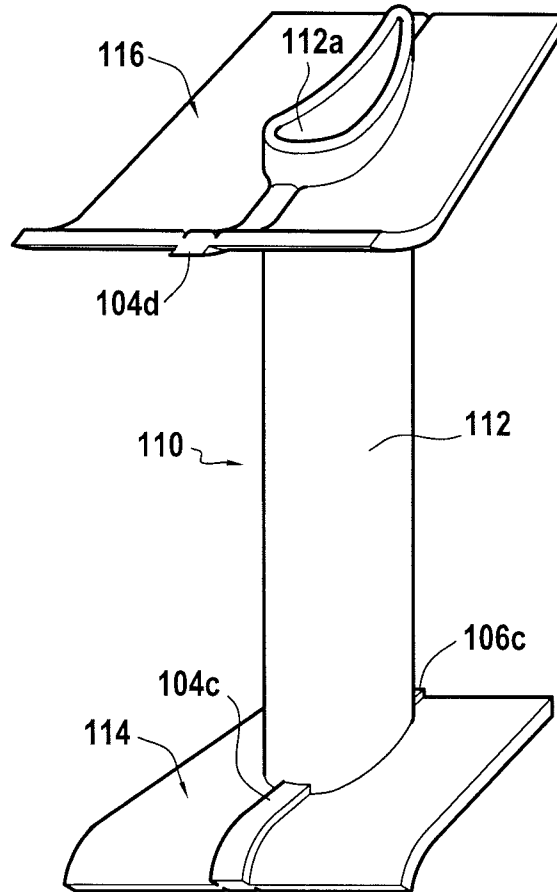


FIG.9

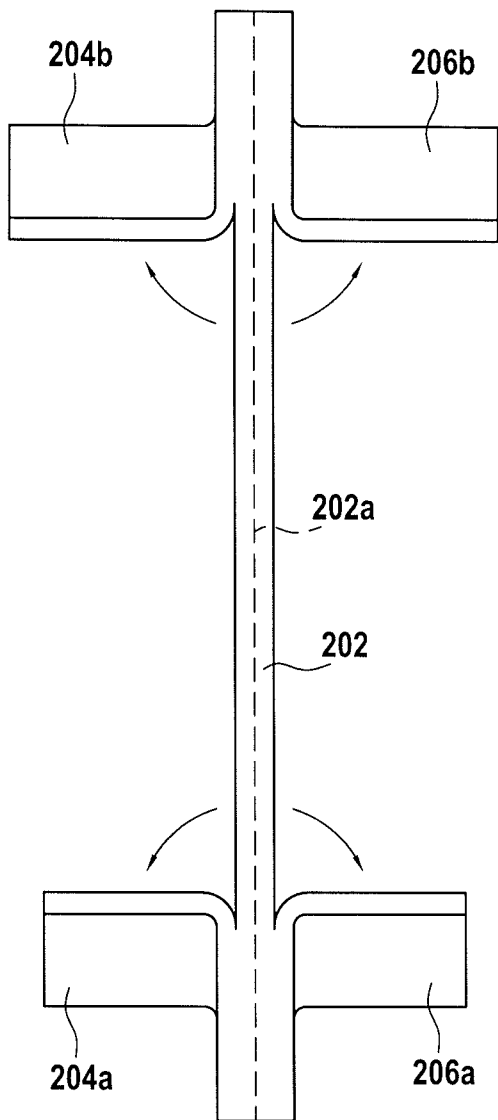


FIG. 13

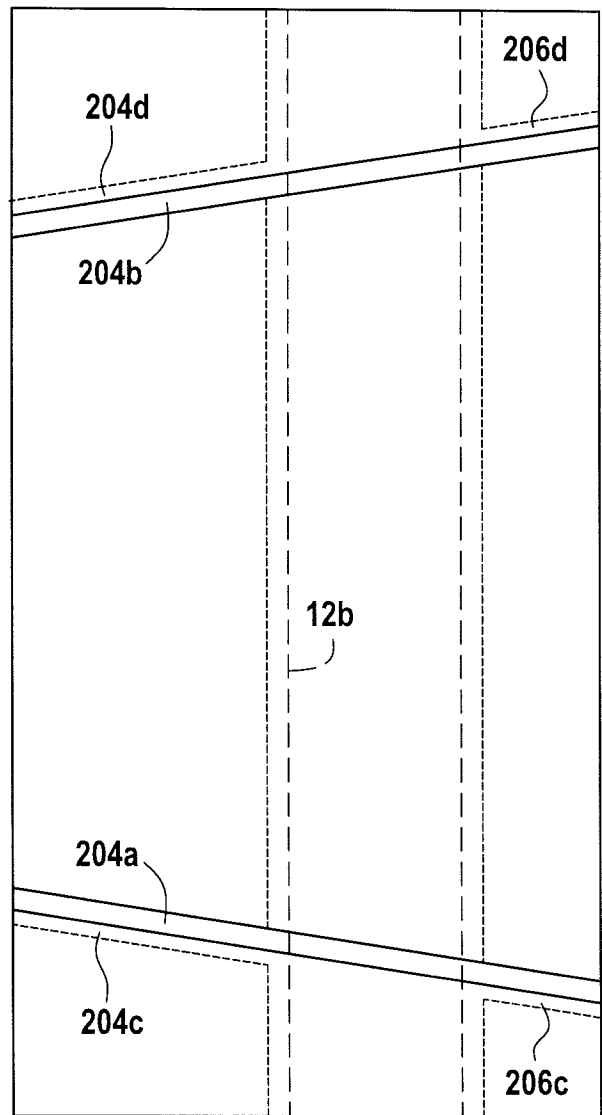


FIG. 14

8/8

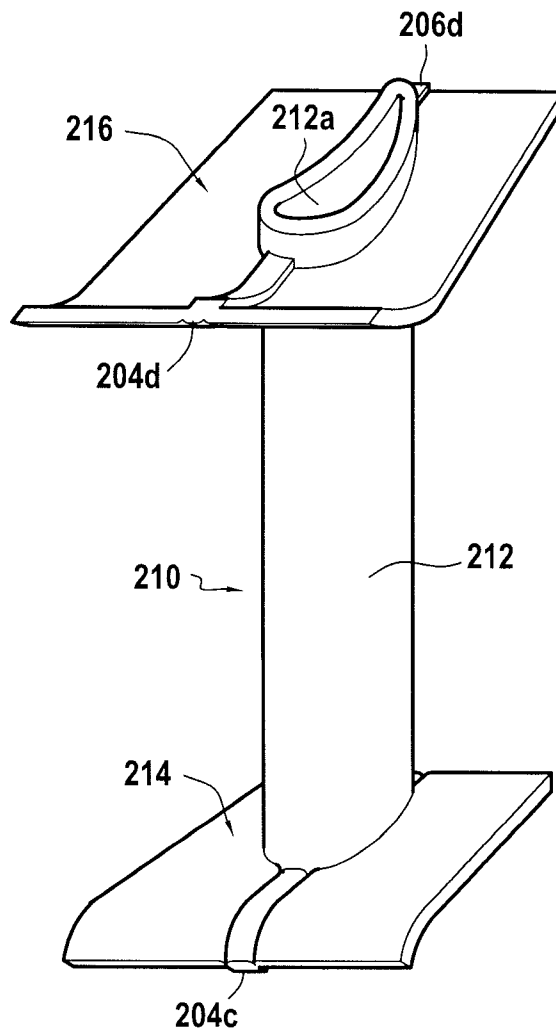


FIG.15

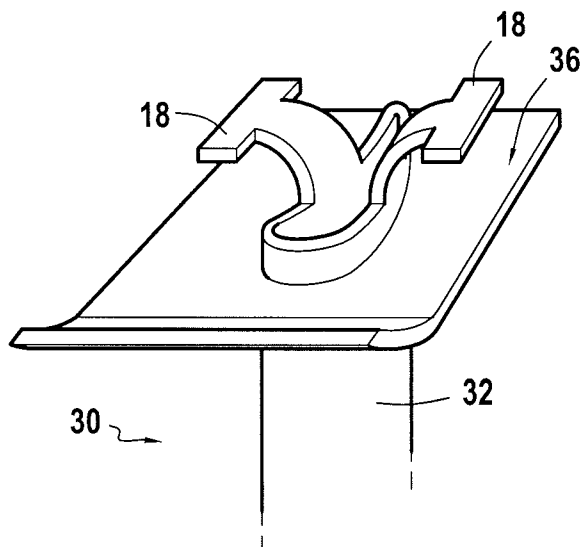


FIG.16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/052723

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29D99/00 B29C70/24 B29L31/08 B29B11/16 F01D5/28
 ADD.
 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)
B29D B29C B29L F01D B29B

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.
A	FR 2 939 129 A1 (SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR] ; SNECMA [FR]) 4 June 2010 (2010-06-04) page 5, line 25 - page 8, line 2; claims 1-5,8-11 ; ; figures 1-5 page 2, lines 10-19 page 2, line 35 page 9, lines 3-10	1-7
A	----- US 2003/185673 A1 (MATSUMOTO KEIZO [JP] ET AL) 2 October 2003 (2003-10-02) paragraphs [0002] , [0003] , [0043] , [0045] , [0049] ; claims 1-3 ,5-7 ; figure 4 ----- -/- .	1-7

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

* Spécial catégories of cited documents :

"A" document defining the général state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other spécial reason (as specified)	"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 4 March 2013	Date of mailing of the international search report 20/03/2013
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Foulger, Caroline
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/052723

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 956 152 AI (SNECMA [FR] ; SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 12 August 2011 (2011-08-12) page 5, line 26 - page 8, line 26; claims 1,2,8; figure 1 -----	1-7
A	FR 2 943 942 AI (SNECMA [FR] ; SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 8 October 2010 (2010-10-08) page 5, line 9 - page 9, line 25; claims 1-4, 14; figures 1-10 -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/FR2012/052723
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2939129	AI	04-06--2010	CA 2744896 AI 03-06-2010
			CN 102232020 A 02-11-2011
			EP 2349688 AI 03-08-2011
			FR 2939129 AI 04-06-2010
			JP 2012510586 A 10-05-2012
			US 2011311368 AI 22-12-2011
			Wo 2010061140 AI 03-06-2010

US 2003185673	AI	02-10--2003	NONE

FR 2956152	AI	12-08--2011	FR 2956152 AI 12-08-2011
			Wo 2011104457 AI 01-09-2011

FR 2943942	AI	08-10--2010	CA 2758077 AI 14-10-2010
			CN 102387908 A 21-03-2012
			EP 2416944 AI 15-02-2012
			FR 2943942 AI 08-10-2010
			JP 2012522937 A 27-09-2012
			US 2012055609 AI 08-03-2012
			Wo 2010116066 AI 14-10-2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052723

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE				
INV.	B29D99/00	B29C70/24	B29L31/08	B29B11/16 F01D5/28
ADD..				
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) B29D B29C B29L F01D B29B				
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
A	FR 2 939 129 A1 (SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]; SNECMA [FR]) 4 juin 2010 (2010-06-04) page 5, ligne 25 - page 8, ligne 2; revendications 1-5,8-11; figures 1-5 page 2, ligne 10-19 page 2, ligne 35 page 9, ligne 3-10			1-7
A	US 2003/185673 A1 (MATSUMOTO KEIZO [JP] ET AL) 2 octobre 2003 (2003-10-02) alinéas [0002], [0003], [0043], [0045], [0049]; revendications 1-3,5-7; figure 4			1-7
	----- -/- .			
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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		"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		
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date		"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		
"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)		"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		
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens		"&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée				
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale		
4 mars 2013		20/03/2013		
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		Foulger, Carol ine		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052723

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 956 152 A1 (SNECMA [FR] ; SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 12 août 2011 (2011-08-12) page 5, ligne 26 - page 8, ligne 26; revendications 1,2,8; figure 1 -----	1-7
A	FR 2 943 942 A1 (SNECMA [FR] ; SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 8 octobre 2010 (2010-10-08) page 5, ligne 9 - page 9, ligne 25; revendications 1-4, 14; figures 1-10 -----	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052723

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2939129	AI	04-06--2010	CA 2744896 AI	03-06-2010
			CN 102232020 A	02-11-2011
			EP 2349688 AI	03-08-2011
			FR 2939129 AI	04-06-2010
			JP 2012510586 A	10-05-2012
			US 2011311368 AI	22-12-2011
			Wo 2010061140 AI	03-06-2010

US 2003185673	AI	02-10--2003	AUCUN	

FR 2956152	AI	12-08--2011	FR 2956152 AI	12-08-2011
			Wo 2011104457 AI	01-09-2011

FR 2943942	AI	08-10--2010	CA 2758077 AI	14-10-2010
			CN 102387908 A	21-03-2012
			EP 2416944 AI	15-02-2012
			FR 2943942 AI	08-10-2010
			JP 2012522937 A	27-09-2012
			US 2012055609 AI	08-03-2012
			Wo 2010116066 AI	14-10-2010
