

(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
27 décembre 2018 (27.12.2018)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/234686 A1

(51) Classification internationale des brevets :

B29C 70/48 (2006.01) *B29C 70/54* (2006.01)
B29C 70/46 (2006.01) *B29C 33/50* (2006.01)
B29C 43/36 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2018/051468

(22) Date de dépôt international :

19 juin 2018 (19.06.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

2,971,336 19 juin 2017 (19.06.2017) CA

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

(72) Inventeurs : **DAUCHIER, Martine** ; 2 Boulevard Du Général Martial Valin, 75015 Paris (FR). **RUIZ, Edouardo** ; 2900 Boulevard Montpetit, Montréal, Québec H3T 1J4 (CA). **TROCHU, François** ; 2900 Boulevard Montpetit, Montréal, Québec H3T 1J4 (CA). **FERREIRA BENEVIDES, Alexandre** ; 2900 Boulevard Montpetit, Montréal, Québec H3T 1J4 (CA). **SHEBIB-LOISELLE, Vincent** ; 2900 Boulevard Montpetit, Montréal, Québec H3T 1J4 (CA).

(74) Mandataire : **DESORMIERE, Pierre-Louis** et al. ;
CABINET BEAU DE LOMENIE, 158 Rue de l'Université,
75340 PARIS CEDEX 07 (FR).

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT OF FRUSTOCONICAL OR CYLINDRICAL SHAPE IN COMPOSITE MATERIAL, AND TOOLING FOR IMPREGNATING A FIBROUS PREFORM OF FRUSTOCONICAL OR CYLINDRICAL SHAPE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE RÉALISATION D'UNE PIÈCE DE FORME TRONCONIQUE OU CYLINDRIQUE EN MATÉRIAU COMPOSITE ET OUTILLAGE D'IMPRÉGNATION D'UNE PRÉFORME FIBREUSE DE FORME TRONCONIQUE OU CYLINDRIQUE

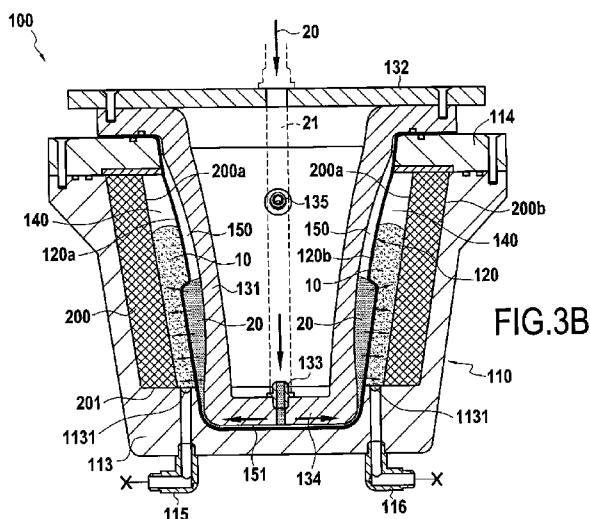


FIG.3B

(57) Abstract: A method for producing a component of frustoconical shape in composite material comprising the following steps: placing a fibrous preform (200) of frustoconical or cylindrical shape in a female mould element (110), placing an impermeable membrane (120) so that it faces the exposed face (200a) of the fibrous preform (200), the space delimited between the internal surface (111a) of the female mould element (110) and the membrane (120) corresponding to an impregnation chamber (140), assembling a male mould element (130) with the female mould element (110), the membrane (120) being interposed between the male mould element (130) and

[Suite sur la page suivante]

(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, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))

the female mould element (110), the space delimited between the male mould element (130) and the membrane (120) corresponding to a consolidation chamber (150), injecting a resin (10) into the impregnation chamber (140), injecting a consolidation fluid (20) into the consolidation chamber (150), the consolidation fluid (20) applying pressure to the membrane (120) so as to force the resin (10) to impregnate the fibrous preform (200), polymerizing the resin so as to obtain a component made of composite material comprising a fibrous reinforcement densified by a matrix.

(57) **Abrégé** : Un procédé de fabrication d'une pièce de forme tronconique en matériau composite comprenant les étapes suivantes : placement d'une préforme fibreuse de forme tronconique (200) ou cylindrique dans un élément de moule femelle (110), placement d'une membrane imperméable (120) en regard de la face exposée (200a) de la préforme fibreuse (200), l'espace délimité entre la surface interne (111a) de l'élément de moule femelle (110) et la membrane (120) correspondant à une chambre d'impregnation (140), assemblage d'un élément de moule mâle (130) avec l'élément de moule femelle (110), la membrane (120) étant interposée entre l'élément de moule mâle (130) et l'élément de moule femelle (110), l'espace délimité entre l'élément de moule mâle (130) et la membrane (120) correspondant à une chambre de compaction (150), injection d'une résine (10) dans la chambre d'impregnation (140), injection d'un fluide de compaction (20) dans la chambre de compaction (150), le fluide de compaction (20) exerçant une pression sur la membrane (120) pour forcer la résine (10) à imprégner la préforme fibreuse (200), polymérisation de la résine de manière à obtenir une pièce en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice.

Procédé de réalisation d'une pièce de forme tronconique ou cylindrique en matériau composite et outillage d'imprégnation d'une préforme fibreuse de forme tronconique ou cylindrique

5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne la réalisation de pièces de forme tronconique ou cylindrique en matériau composite.

Un domaine d'application de l'invention est plus particulièrement la réalisation de pièces en matériau composite structural, c'est-à-dire des
10 pièces de structure à renfort fibreux et densifié par une matrice. Les matériaux composites permettent de réaliser des pièces ayant une masse globale moins élevée que ces mêmes pièces lorsqu'elles sont réalisées en matériau métallique.

Un procédé usuel d'obtention de pièces tronconiques en
15 matériau composite, telles qu'un carter d'échappement de moteur aéronautique est décrit sur la figure 1. Sur la figure 1, une préforme fibreuse 30 est formée par mise en forme d'une texture fibreuse sur un moule 51 d'un outillage de moulage par injection 50, le moule présentant une forme la plus proche possible de la paroi interne de la pièce en
20 matériau composite à réaliser. Le moule 51 est fermé par une membrane déformable étanche 52 compatible avec la résine destinée à être injectée dans la préforme. La membrane 52 est cerclée en haut et en bas du moule 51 pour assurer l'étanchéité de l'outillage 50. La face latérale extérieure 30a de la préforme fibreuse 30 est en regard de la membrane
25 52 tandis que les faces inférieure et supérieure 30b, 30c de la préforme 30 sont en regard respectivement de grilles de diffusion 53 et 54.

L'outillage 50 comprend également un port d'injection 55 relié à une machine d'injection 60 qui est destinée à injecter sous pression une résine 61 dans l'outillage 50. L'outillage 50 comprend en outre un port de
30 sortie 56 destiné à évacuer les effluents et la résine en excès, le port de sortie 56 étant relié à un dispositif de traitement des effluents 70.

L'outillage 50 est placé dans un autoclave 80 qui permet d'appliquer une pression à l'extérieur de l'outillage et d'injecter la résine 61 sous pression, ce qui augmente ainsi la force motrice de la résine et
35 diminue le temps d'imprégnation de la préforme. L'application d'une pression sur la surface externe 52a de la membrane 52 est également

nécessaire pour assurer le compactage de la préforme fibreuse 30 lors de la polymérisation de la résine afin de réduire la porosité finale.

Cependant, cette technique d'imprégnation pose des problèmes notamment au niveau du temps nécessaire pour imprégner complètement la préforme fibreuse, temps qui doit être inférieur à la durée de vie en pot de la résine. En outre, la gestion de la température reste délicate en particulier pour l'imprégnation de préformes épaisses (épaisseur supérieure à 80 mm) avec une résine qui est potentiellement exothermique.

Par ailleurs, l'application d'une pression sur la membrane lors de la polymérisation de la résine entraîne des défauts dans la préforme fibreuse tels que des ondulations et des plis qui peuvent être rédhibitoires pour une utilisation ultérieure de la pièce résultante. Ces défauts sont accentués si la préforme fibreuse n'épouse pas parfaitement le moule, ce qui est souvent le cas car la tolérance de fabrication des préformes est de l'ordre du millimètre tandis que la forme du moule est difficilement adaptable.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités et de proposer une solution qui permet d'imprégner des préformes fibreuses de forme tronconique ou cylindrique sans risque de formation de défauts tout en minimisant le temps d'imprégnation afin d'obtenir des pièces en matériau composite de bonne qualité.

A cet effet, l'invention propose un procédé de fabrication d'une pièce de forme tronconique ou cylindrique en matériau composite comprenant les étapes suivantes :

- placement d'une préforme fibreuse de forme tronconique ou cylindrique dans un élément de moule femelle d'un outillage d'imprégnation, l'élément de moule femelle comportant une cavité délimitée par une paroi latérale présentant une surface interne de forme tronconique ou cylindrique, la préforme fibreuse étant placée en regard de la surface interne de ladite paroi latérale,

- placement d'une membrane imperméable et déformable en regard de la face exposée de la préforme fibreuse, la membrane présentant une forme tronconique ou cylindrique, l'espace délimité entre

la surface interne de forme tronconique ou cylindrique de la paroi latérale de l'élément de moule femelle et la membrane correspondant à une chambre d'imprégnation dans laquelle la préforme fibreuse est présente,

- assemblage d'un élément de moule mâle avec l'élément de moule femelle, l'élément de moule mâle comprenant un corps axisymétrique logé dans la cavité de l'élément de moule femelle, la surface externe du corps axisymétrique étant placée en regard et à une distance déterminée de la surface interne de forme tronconique ou cylindrique de la paroi latérale de l'élément de moule femelle, la membrane étant interposée entre la paroi externe du corps axisymétrique de l'élément de moule mâle et la surface interne de forme tronconique ou cylindrique de la paroi latérale de l'élément de moule femelle, l'espace délimité entre la surface externe du corps axisymétrique et la membrane correspondant à une chambre de compaction,
- injection d'une résine dans la chambre d'imprégnation,
- injection d'un fluide de compaction dans la chambre de compaction, le fluide de compaction exerçant une pression sur la membrane pour forcer la résine à imprégner la préforme fibreuse,
- polymérisation de la résine de manière à obtenir une pièce en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice.

En injectant d'abord la résine dans une chambre d'imprégnation contenant la préforme fibreuse avant d'être poussée dans la préforme fibreuse lors de l'injection du fluide compaction, la préforme est imprégnée dans son épaisseur et non plus dans sa section axiale comme dans l'art antérieur décrit ci-avant, on réduit ainsi considérablement le temps d'imprégnation, ce qui permet plus de souplesse dans la fabrication de la pièce en matériau composite.

En outre, la membrane appliquant sur la préforme une pression dirigée depuis la face interne de la préforme vers la face externe de la préforme, il est possible d'utiliser des préformes n'épousant pas parfaitement la forme de la paroi de l'élément de moule femelle ou ne se plaquant pas parfaitement contre celle-ci sans risque d'apparition de défauts de type ondulation et/ou plis.

Selon un premier aspect particulier du procédé de l'invention, la résine est injectée au niveau du bord inférieur de la préforme fibreuse, le

fluide compaction étant injecté à partir de la partie inférieure de la chambre de compaction située au voisinage du bord inférieur de la préforme fibreuse. Cela permet à la membrane de repousser progressivement la résine dans la préforme et d'optimiser l'imprégnation de la préforme dans tout son volume.

5 Selon un deuxième aspect particulier du procédé de l'invention, la résine est injectée dans une rigole circulaire présente sur le fond de l'élément de moule femelle, ce qui permet à la résine de se répandre uniformément autour du bord inférieur de la préforme lors de son injection.

10 Selon un troisième aspect particulier du procédé de l'invention, avant l'injection de la résine dans la chambre d'imprégnation, une dépression est appliquée dans la chambre de compaction. Cette dépression permet de s'assurer qu'un espace est bien présent entre la membrane et la préforme avant l'injection de la résine. Ainsi, lors de l'injection de la résine, celle-ci se répand préférentiellement dans l'espace libre et non dans la préforme qui présente une perméabilité plus faible vis-à-vis de l'espace libre.

15 Selon un quatrième aspect particulier du procédé de l'invention, la préforme fibreuse est obtenue par tissage tridimensionnel ou multicouche.

20 Selon un cinquième aspect du procédé de l'invention, la préforme fibreuse est obtenue par empilement de strates fibreuses unidirectionnelles liées entre elles par aiguilletage ou obtenues par tissage bidimensionnel.

25 Les fils de la préforme peuvent être formés de fibres constituées d'un ou plusieurs des matériaux suivants : carbone, carbure de silicium, verre, alumine, mullite, aluminosilicate, borosilicate, ou un mélange de plusieurs de ces matériaux.

30 La résine peut être choisie parmi au moins une des résines suivantes : résine époxyde, résine phénolique, résine précurseur de carbone et résine précurseur de carbure de silicium.

L'invention a également pour objet un outillage d'imprégnation pour une préforme fibreuse de forme tronconique ou cylindrique, 35 l'outillage comprenant :

- un élément de moule femelle comportant une cavité délimitée par une paroi latérale présentant une surface interne de forme tronconique ou cylindrique,
- un élément de moule mâle comprenant un corps axisymétrique logé dans la cavité de l'élément de moule femelle, la surface externe du corps axisymétrique étant placée en regard et à une distance déterminée de la surface interne de forme tronconique ou cylindrique de la paroi latérale de l'élément de moule femelle,
- une membrane imperméable et déformable présentant une forme tronconique ou cylindrique, la membrane étant placée en vis-à-vis de la paroi externe du corps axisymétrique de l'élément de moule mâle, l'espace délimité entre la surface interne de forme tronconique ou cylindrique de la paroi latérale de l'élément de moule femelle et la membrane correspondant à une chambre d'imprégnation, l'espace délimité entre la surface externe du corps axisymétrique et la membrane correspondant à une chambre de compaction,
- l'élément de moule femelle comprenant au moins un port d'injection de résine débouchant dans la chambre d'imprégnation,
- l'élément de moule mâle comprenant au moins un port d'injection d'un fluide de compaction débouchant dans la chambre de compaction.

Selon un aspect particulier de l'outillage de l'invention, chaque port d'injection de résine débouche dans la chambre d'imprégnation au niveau d'un fond de l'élément de moule femelle, ledit fond comportant une rigole circulaire dans laquelle débouchent le ou les ports d'injection de résine.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe d'un outillage d'imprégnation selon l'art antérieur,

- la figure 2 est une vue schématique en perspective éclatée d'un outillage d'imprégnation conformément à un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3A une vue schématique en coupe de l'outillage de la figure 2 une fois fermé montrant l'injection d'une résine dans l'outillage,
- les figures 3B et 3C sont des vues schématiques en coupe de l'outillage de la figure 2 montrant des étapes d'imprégnation d'une préforme fibreuse conformément à un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 4 est une vue schématique en perspective d'une pièce obtenue conformément à un procédé de l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation

La figure 2 représente un outillage d'injection 100 conformément à un mode de réalisation de l'invention. L'outillage d'imprégnation 100 comprend un élément de moule femelle 110 constitué d'une paroi latérale 111 dont la surface interne 111a présente une forme tronconique et délimite une cavité 112. La surface interne 111a est destinée à être en contact avec une préforme fibreuse 200 à imprégner. L'élément de moule femelle 110 comprend également un fond 113 fermant la partie inférieure 1110 de la paroi latérale 111. Dans l'exemple décrit ici, la partie supérieure 1111 de la paroi latérale 111 comporte une première et une deuxième gorges annulaires 1112 et 1113 qui sont destinées à recevoir respectivement un premier et un deuxième joints toriques 1114 et 1115. Toujours dans l'exemple décrit ici, un joint annulaire 1140 est en outre disposé entre la partie supérieure 1111 de la paroi latérale 111 et une bride 114 fixée sur la partie supérieure 1111 par des vis 1141.

L'outillage d'imprégnation 100 comprend également un élément de moule mâle 130 comportant un corps axisymétrique 131 qui est destiné à être logé dans la cavité 112 de l'élément de moule femelle 110 lors de la fermeture de l'outillage d'imprégnation 100. Le corps axisymétrique 131 présente une forme adaptée permettant d'assurer la remontée du liquide de compaction pour injecter la résine dans la texture du bas vers le haut comme décrit ci-après. Dans l'exemple décrit ici, le corps axisymétrique 131 s'inscrit à l'intérieur d'un tronc de cône et présente une surface externe 131a de forme concave.

Lorsque l'élément de moule mâle 130 est assemblé avec l'élément de moule femelle 110, la surface externe 131a du corps axisymétrique 131 est placée en regard et à une distance déterminée de la surface interne de forme tronconique 111a de la paroi latérale 111 de l'élément de moule femelle 110 (figure 3A). L'élément de moule mâle comprend un couvercle 132 amovible qui est fixé sur une bride 1310 présente sur la partie supérieure du corps tronconique 131 au moyen de vis 1320.

L'outillage d'imprégnation 100 comprend également une membrane imperméable 120 présentant une forme tronconique, la membrane, par exemple en silicone, étant apte à se déformer (s'allonger) sans se rompre sous l'effet de la pression du liquide de compactage. La membrane 120 est interposée entre la surface externe 131a du corps axisymétrique 131 de l'élément de moule mâle et la surface interne 111a de la paroi latérale 111 de l'élément de moule femelle 110. La membrane 120 est placée à proximité de la paroi externe 131a du corps axisymétrique 131 de l'élément de moule mâle 130. L'espace délimité entre la surface interne 111a de la paroi latérale 111 de l'élément de moule femelle 110 et la face 120a de la membrane en regard de la surface 111a correspond à une chambre d'imprégnation 140 dans laquelle est présente une préforme fibreuse 200 à imprégner (figure 3A). L'espace délimité entre la surface externe 131a du corps axisymétrique et la face 120b de la membrane 120 en regard de la surface 131a correspond à une chambre de compaction 150.

Dans l'exemple décrit ici, l'élément de moule femelle 110 comprend deux ports d'injection 115 et 116 présent sur le fond 113 de l'élément de moule femelle. Les ports d'injection 115 et 116 débouchent dans la chambre d'imprégnation 140 (figure 3A). Les ports d'injection 115 et 116 sont utilisés pour injecter une résine dans la chambre d'imprégnation lorsqu'elle contient une préforme fibreuse à imprégner. L'élément de moule mâle peut en outre comprendre des ports d'évacuation 117 disposés du côté opposé par rapport aux ports d'injection 115 et 116, ici placés au niveau de la bride 114 (figures 2 et 3C). Les ports d'évacuation 117 sont en communication avec la chambre d'imprégnation 140 et permettent de faciliter l'injection de la résine dans la chambre d'imprégnation en évacuant l'air présent dans la chambre

d'imprégnation, les ports d'évacuation pouvant être éventuellement reliés à une pompe de tirage. Selon une variante de réalisation, l'élément de moule femelle peut ne comprendre qu'un seul port d'injection ou plus de deux ports d'injection.

5 Dans l'exemple décrit ici et comme représenté sur les figures 2 et 3A à 3C, le fond 113 de l'élément de moule femelle 110 peut comporter une rigole circulaire 1131 dans laquelle débouche directement les ports d'injection 115 et 116. La rigole 1131 permet de répartir la résine injectée via les ports d'injection 115 et 116 de manière uniforme au niveau du fond
10 113 et, par conséquent, au niveau du bord inférieur 201 de la préforme fibreuse 200 à imprégner.

Dans l'exemple décrit ici, l'élément de moule mâle 130 comprend un port d'injection 133 présent au niveau du fond 134 du corps axisymétrique 131, le port d'injection 133 débouchant dans la chambre de
15 compaction 150. Le port d'injection 133 est utilisé pour injecter un fluide de compaction dans la chambre de compaction 150 comme décrit ci-après en détails. L'élément de moule mâle 130 peut comprendre en outre des ports d'évacuation 135 permettant de faciliter l'introduction du fluide de compaction dans la chambre de compaction 150 en évacuant l'air présent
20 dans ladite chambre. Selon une variante de réalisation, plusieurs ports d'injection peuvent être présents sur l'élément de moule mâle 130. On peut également utiliser le port d'injection 133 et l'évent 135 pour faire circuler le fluide de compaction à une température permettant de contribuer à la polymérisation de la résine lors de la phase de cuisson de
25 la pièce composite.

On décrit maintenant un procédé d'injection d'une résine dans une préforme fibreuse conformément à un mode de réalisation de l'invention. Le procédé requière des moyens de maintien tels qu'une presse (non représentée sur les figures 3A à 3C).

30 Comme illustré sur la figure 2, les éléments du moule mâle sont assemblés, à savoir les parties 114, 131, 132 ainsi que la membrane 120 et le matériau poreux 1140. La partie mâle ainsi équipée est fixée sous le plateau supérieur de la presse à l'aide des vis 1141. Une préforme fibreuse 200 est introduite dans la cavité 112 de l'élément de moule femelle
35 110 qui est équipée des joints 1114 et 1115. L'outillage est fermé par abaissement du plateau supérieur de la presse.

Une fois l'outillage d'imprégnation fermé, une résine 10 est injectée dans la chambre d'imprégnation 140 entre la face exposée 200a de la préforme fibreuse et la face 120a de la membrane 120 en regard de la face 200a de la préforme 200 (figure 3A). La résine 10 est injectée dans la chambre d'imprégnation 140 via les ports d'injection 115 et 116, c'est-à-dire au niveau du bord inférieur 201 de la préforme fibreuse 200. La résine 10 se répartit uniformément autour du bord inférieur 201 de la préforme 200 grâce à la rigole 1131 dans laquelle débouche les ports d'injection 115 et 116. Dans l'exemple décrit ici, les ports d'injection 115 et 116 sont positionnés de manière à déboucher dans un espace vide de la chambre d'imprégnation 140, c'est-à-dire un espace qui n'est pas occupé par la préforme fibreuse 200. Dans ce cas, la résine 10 est injectée dans cet espace libre pour être ultérieurement poussée à l'intérieur de la préforme comme expliqué ci-après. Selon une variante de réalisation, les ports d'injection 115 et 116 peuvent être positionnés de manière à déboucher au niveau du bord inférieur 201 de la préforme 200. Dans ce cas, la résine 10 est directement injectée dans la préforme.

De manière optionnelle, avant l'injection de la résine dans la chambre d'imprégnation 140, une dépression peut être préalablement appliquée dans la chambre de compaction 150, par exemple en reliant une pompe à vide au port d'injection 133 et aux ports d'évacuation 135. Cette dépression permet de s'assurer qu'un espace est bien présent entre la membrane et la préforme avant l'injection de la résine. Ainsi, lors de l'injection de la résine, celle-ci se répand préférentiellement dans l'espace libre et non dans la préforme qui présente une perméabilité plus faible vis-à-vis de l'espace libre.

La quantité de résine 10 introduite dans la chambre d'imprégnation 140 est déterminée en fonction du volume de la préforme 200 à imprégner et de son taux de fibres. Lorsque la quantité déterminée de résine 10 a été injectée dans la chambre d'imprégnation 140, les ports d'injection 115, 116 et les ports d'évacuation 117 sont fermés. Un fluide compaction 20 est alors introduit dans la chambre de compaction 150 via le port d'injection 133 présent au niveau du fond 134 du corps axisymétrique 131, un conduit 21 reliant le port d'injection 133 à l'entrée de l'outillage au niveau du couvercle 132 (figure 3B). Les ports d'évacuation 135 sont ouverts dans un premier temps pour permettre de

chasser l'air repoussé par le fluide compaction 20, puis sont fermés dans un deuxième temps afin de permettre la mise sous pression du fluide de compaction.

5 L'injection du fluide de compaction 20 dans la chambre de compaction 20 a pour effet de repousser la membrane 120 vers la préforme fibreuse 200 dans des directions indiquées par les flèches représentées sur les figures 3B et 3C et de forcer la résine 10 à pénétrer dans la préforme 200. Au fur et à mesure de l'injection du fluide compaction dans la chambre de compaction 150, la membrane 120
10 pousse à la fois la résine dans l'espace libre de la chambre d'imprégnation 130 et dans la préforme comme illustré sur les figures 3B et 3C. Par l'action du fluide de compaction 20 sur la membrane 120, la membrane exerce une pression de compaction sur la préforme, pression qui est appliquée depuis l'intérieur, c'est-à-dire sur la face interne 200a de la
15 préforme, vers l'extérieur, c'est-à-dire vers la face externe 200b de la préforme fibreuse 200.

Le fluide compaction 20 est injecté de préférence à partir de la partie inférieure 151 de la chambre de compaction 150 située au voisinage du bord inférieur 201 de la préforme fibreuse 200, ce qui permet à la
20 membrane 120 de repousser progressivement la résine 10 dans la préforme 200 et d'optimiser l'imprégnation de la préforme dans tout son volume.

On obtient alors une préforme fibreuse imprégnée d'un précurseur de matrice. La transformation du précurseur en matrice
25 organique, à savoir sa polymérisation, est réalisée par traitement thermique, généralement par chauffage de l'outillage d'imprégnation, par exemple par circulation d'un fluide caloporteur dans des serpentins entourant l'outillage et dans la chambre de compaction, après élimination du solvant éventuel et réticulation du polymère. Lors de la polymérisation,
30 une pression, dite « pression de polymérisation », est toujours appliquée par la membrane 120 sur la préforme fibreuse 200 car le fluide compaction exerce toujours lui-même une pression sur la membrane.

L'application à la fois d'une pression de compaction lors de l'imprégnation de la préforme et d'une pression de polymérisation lors de
35 la polymérisation de la résine dans la préforme provoque une diminution de l'épaisseur de celle-ci en même temps qu'une augmentation de son

diamètre intérieur, ces déplacements étant limités par les déformations possibles de la préforme (compressibilité).

La matrice organique peut être notamment obtenue à partir de résines époxydes, telle que, par exemple, la résine époxyde à hautes performances, ou de précurseurs liquides de matrices carbone ou
5 céramique.

Dans le cas de la formation d'une matrice carbone ou céramique, le traitement thermique consiste à pyrolyser le précurseur organique pour transformer la matrice organique en une matrice carbone
10 ou céramique selon le précurseur utilisé et les conditions de pyrolyse. A titre d'exemple, des précurseurs liquides de carbone peuvent être des résines à taux de coke relativement élevé, telles que des résines phénoliques, tandis que des précurseurs liquides de céramique, notamment de SiC, peuvent être des résines de type polycarbosilane
15 (PCS) ou polytitanocarbosilane (PTCS) ou polysilazane (PSZ).

Après la polymérisation, telle qu'illustrée sur la figure 4, on obtient une pièce 400 en matériau composite comprenant un renfort fibreux constitué de la préforme 200 densifié par une matrice formée par la résine imprégnée et polymérisée dans la préforme. Le démoulage de la
20 pièce 400 est réalisé en retirant l'élément de moule mâle 130, la bride 114 et la membrane 120.

La préforme fibreuse 200 est réalisée de façon connue par tissage au moyen d'un métier à tisser de type jacquard sur lequel on a disposé un faisceau de fils de chaînes ou torons en une pluralité de
25 couches, les fils de chaînes étant liés par des fils de trame ou inversement. La texture fibreuse peut être réalisée par empilement de strates ou plis obtenu par tissage bidimensionnel (2D). Par « tissage bidimensionnel », on entend ici un mode de tissage classique par lequel chaque fil de trame passe d'un côté à l'autre de fils d'une seule couche de
30 chaîne ou inversement. La texture fibreuse peut être également réalisée directement en une seule pièce par tissage tridimensionnel (3D) ou multicouche. Par « tissage tridimensionnel » ou « tissage multicouche », on entend ici un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de trame lient des fils de chaîne sur plusieurs couches de fils de chaîne ou
35 inversement suivant un tissage correspondant à une armure de tissage qui peut être notamment choisie parmi une des armures suivantes : interlock,

multi-toile, multi-satin et multi-sergé. La préforme fibreuse peut encore être réalisée à partir de strates fibreuses unidirectionnelles aiguilletées entre elles.

Le procédé de l'invention est particulièrement adapté pour
5 permettre l'introduction d'une composition liquide dans des textures fibreuses 2D (textures obtenues par empilement de strates ou plis 2D) ou 3D d'épaisseur importante, c'est-à-dire des structures fibreuses ayant une épaisseur d'au moins 90 mm avec un taux de fibres supérieur à 30%, par exemple 40%. Les textures 3D présentent en outre une géométrie
10 complexe dans laquelle il est difficile d'introduire et de répartir de manière homogène des compositions liquides chargées ou non. Le procédé de l'invention est également très bien adapté pour l'introduction d'une composition liquide dans des textures fibreuses tissées 3D.

Les fils utilisés pour former la préforme fibreuse 200 et, par
15 conséquent, le renfort fibreux de la pièce 400 en matériau composite peuvent être notamment formés de fibres constituées d'un des matériaux suivants: carbone, carbure de silicium, verre, l'alumine, mullite, aluminosilicate, borosilicate, ou un mélange de plusieurs de ces matériaux.

Le procédé de l'invention a été décrit précédemment en
20 application à la fabrication d'une pièce de forme tronconique. Toutefois le procédé de fabrication et l'outillage d'imprégnation de l'invention s'appliquent également à la fabrication de pièces en matériau composite de forme cylindrique. Dans ce cas, la préforme, la paroi latérale délimitant la cavité de l'élément de moule femelle et la membrane imperméable et
25 déformable présentent une forme cylindrique tandis que le corps axisymétrique de l'élément de moule mâle s'inscrit à l'intérieur d'un cylindre et présente une surface externe de forme concave.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce de forme tronconique (400) ou cylindrique en matériau composite comprenant les étapes
- 5 suivantes :
- placement d'une préforme fibreuse de forme tronconique (200) ou cylindrique dans un élément de moule femelle (110) d'un outillage d'imprégnation (100), l'élément de moule femelle (110) comportant une cavité (112) délimitée par une paroi latérale (111)
 - 10 présentant une surface interne de forme tronconique (111a) ou cylindrique, la préforme fibreuse (200) étant placée contre la surface interne (111a) de ladite paroi latérale (111),
 - placement d'une membrane imperméable et déformable (120) en regard de la face exposée (200a) de la préforme fibreuse (200), la
 - 15 membrane (120) présentant une forme tronconique ou cylindrique, l'espace délimité entre la surface interne de forme tronconique (111a) ou cylindrique de la paroi latérale (111) de l'élément de moule femelle (110) et la membrane (120) correspondant à une chambre d'imprégnation (140) dans laquelle la préforme fibreuse (200) est présente,
 - 20 - assemblage d'un élément de moule mâle (130) avec l'élément de moule femelle (110), l'élément de moule mâle (130) comprenant un corps axisymétrique (131) logé dans la cavité (112) de l'élément de moule femelle (110), la surface externe (131a) du corps axisymétrique (131) étant placée en regard et à une distance déterminée de la surface interne
 - 25 de forme tronconique (111a) ou cylindrique de la paroi latérale (111) de l'élément de moule femelle (110), la membrane (120) étant interposée entre la paroi externe du corps axisymétrique (131a) de l'élément de moule mâle (130) et la surface interne de forme tronconique (111a) ou cylindrique de la paroi latérale (111) de l'élément de moule femelle (110),
 - 30 l'espace délimité entre la surface externe (131a) du corps axisymétrique (131) et la membrane (120) correspondant à une chambre de compaction (150),
 - injection d'une résine (10) dans la chambre d'imprégnation (140),
 - 35 - injection d'un fluide de compaction (20) dans la chambre de compaction (150), le fluide de compaction (20) exerçant une pression sur

la membrane (120) pour forcer la résine (10) à imprégner la préforme fibreuse (200),

- polymérisation de la résine de manière à obtenir une pièce en matériau composite (400) comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la résine (10) est injectée au niveau du bord inférieur (201) de la préforme fibreuse (200), le fluide compaction (20) étant injecté à partir de la partie inférieure (151) de la chambre de compaction (150) située au voisinage du bord inférieur (201) de la préforme fibreuse (200).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la résine (10) est injectée dans une rigole circulaire (1131) présente sur le fond (113) de l'élément de moule femelle (110).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, avant l'injection de la résine (10) dans la chambre d'imprégnation (140), une dépression est appliquée dans la chambre de compaction (150).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la préforme fibreuse (200) est obtenue par tissage tridimensionnel ou multicouche.

25

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la préforme fibreuse (200) est obtenue par empilement de strates fibreuses obtenues par tissage bidimensionnel.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les fils de la préforme fibreuse (200) sont formés de fibres constituées d'un ou plusieurs des matériaux suivants : carbone, carbure de silicium, verre, l'alumine, mullite, aluminosilicate, borosilicate, ou d'un mélange de plusieurs de ces matériaux.

35

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la résine (10) est choisie parmi au moins une des résines suivantes : résine époxyde, résine précurseur de carbone et résine précurseur de carbure de silicium.

5

9. Outillage d'imprégnation (100) pour une préforme fibreuse de forme tronconique (200) ou cylindrique, l'outillage comprenant :

- un élément de moule femelle (110) comportant une cavité (112) délimitée par une paroi latérale (111) présentant une surface interne de forme tronconique (111a) ou cylindrique,
- un élément de moule mâle (130) comprenant un corps axisymétrique (131) logé dans la cavité (112) de l'élément de moule femelle (110), la surface externe (131a) du corps axisymétrique (131) étant placée en regard et à une distance déterminée de la surface interne de forme tronconique (111a) ou cylindrique de la paroi latérale (111) de l'élément de moule femelle (110),
- une membrane imperméable et déformable (120) présentant une forme tronconique ou cylindrique, la membrane étant placée en vis-à-vis de la paroi externe (131a) du corps axisymétrique (131) de l'élément de moule mâle (130), l'espace délimité entre la surface interne de forme tronconique (111a) ou cylindrique de la paroi latérale (111) de l'élément de moule femelle (110) et la membrane (120) correspondant à une chambre d'imprégnation (140), l'espace délimité entre la surface externe (131a) du corps axisymétrique (131) et la membrane (120) correspondant à une chambre de compaction (150),
- l'élément de moule femelle (110) comprenant au moins un port d'injection (115) de résine débouchant dans la chambre d'imprégnation (140),
- l'élément de moule mâle (130) comprenant au moins un port d'injection (133) d'un fluide de compaction débouchant dans la chambre de compaction (150).

10. Outillage selon la revendication 9, dans lequel chaque port d'injection (115) de résine débouche dans la chambre d'imprégnation (140) au niveau d'un fond (113) de l'élément de moule femelle (110), ledit

fond comportant une rigole circulaire (1131) dans laquelle débouchent le ou les ports d'injection (115) de résine.

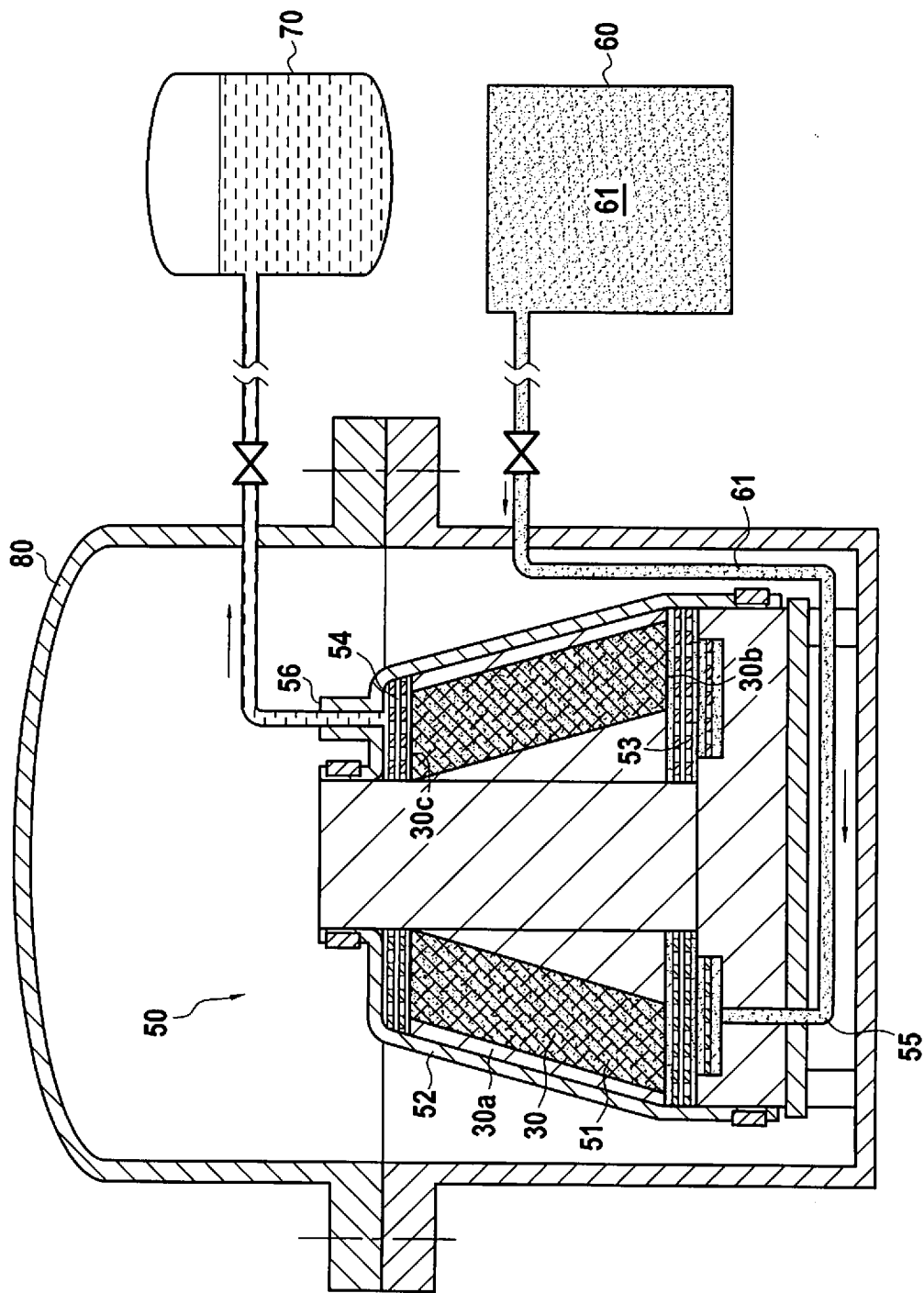
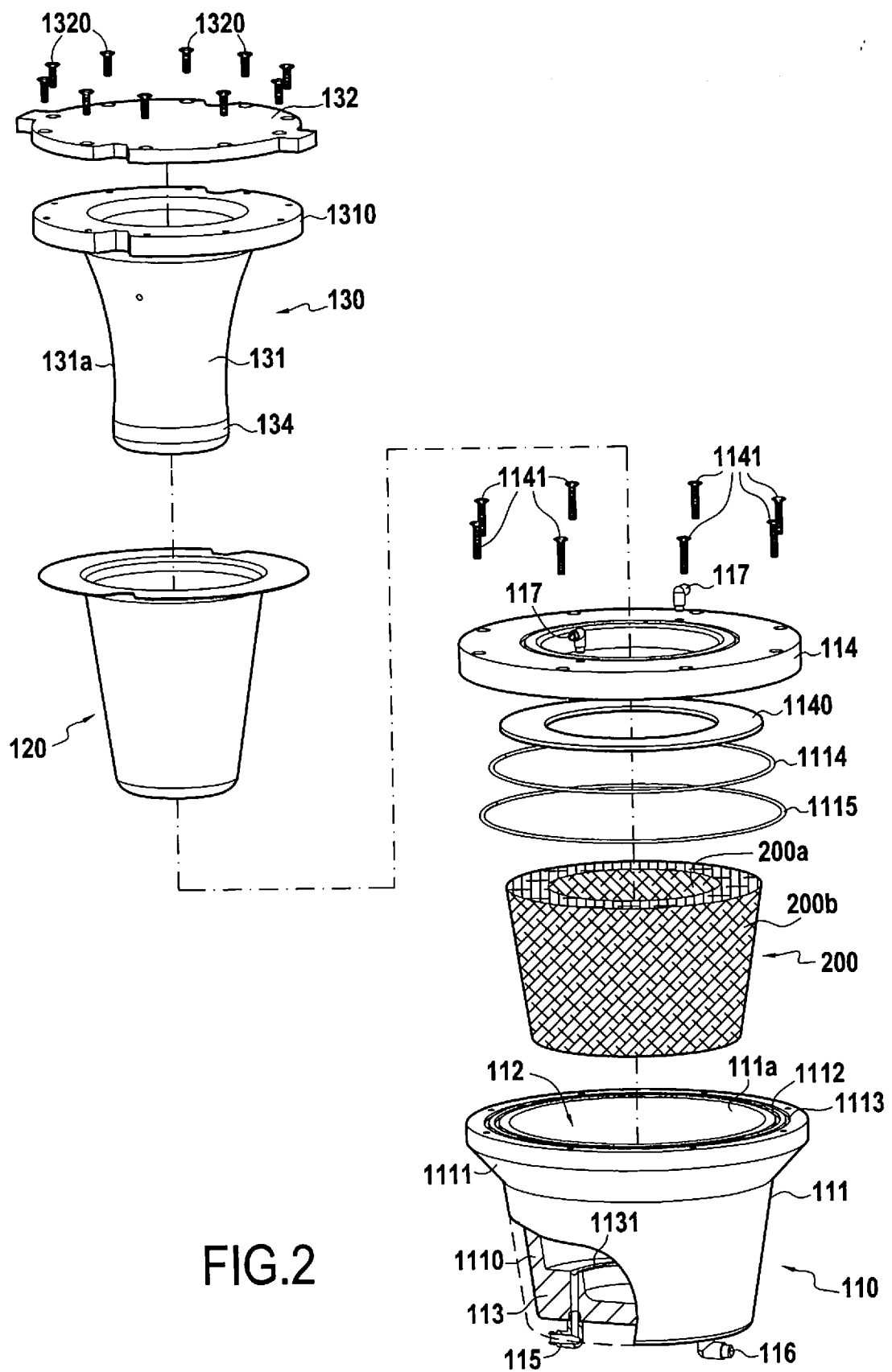


FIG.1
ART ANTERIEUR

2/5



3/5

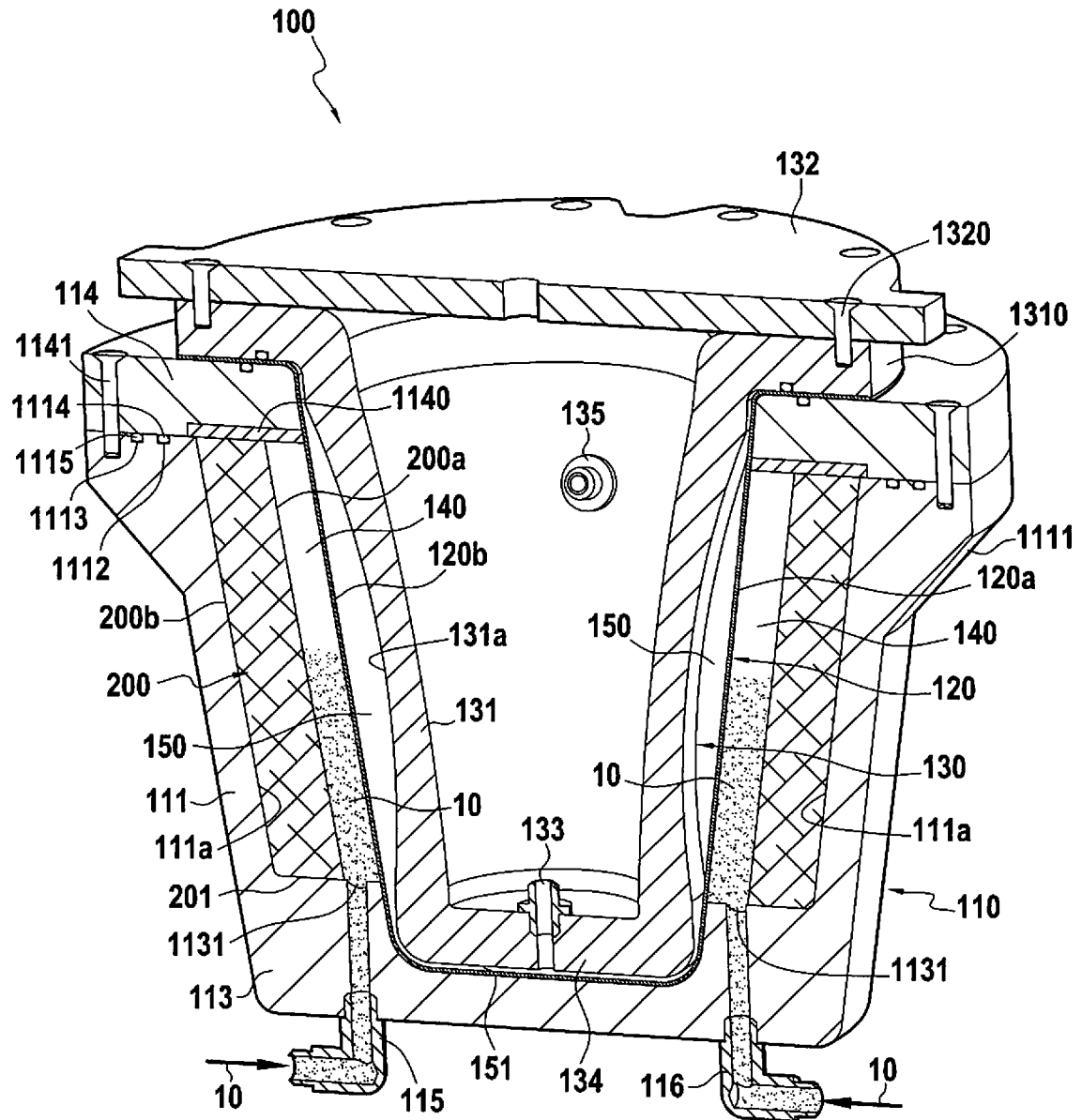
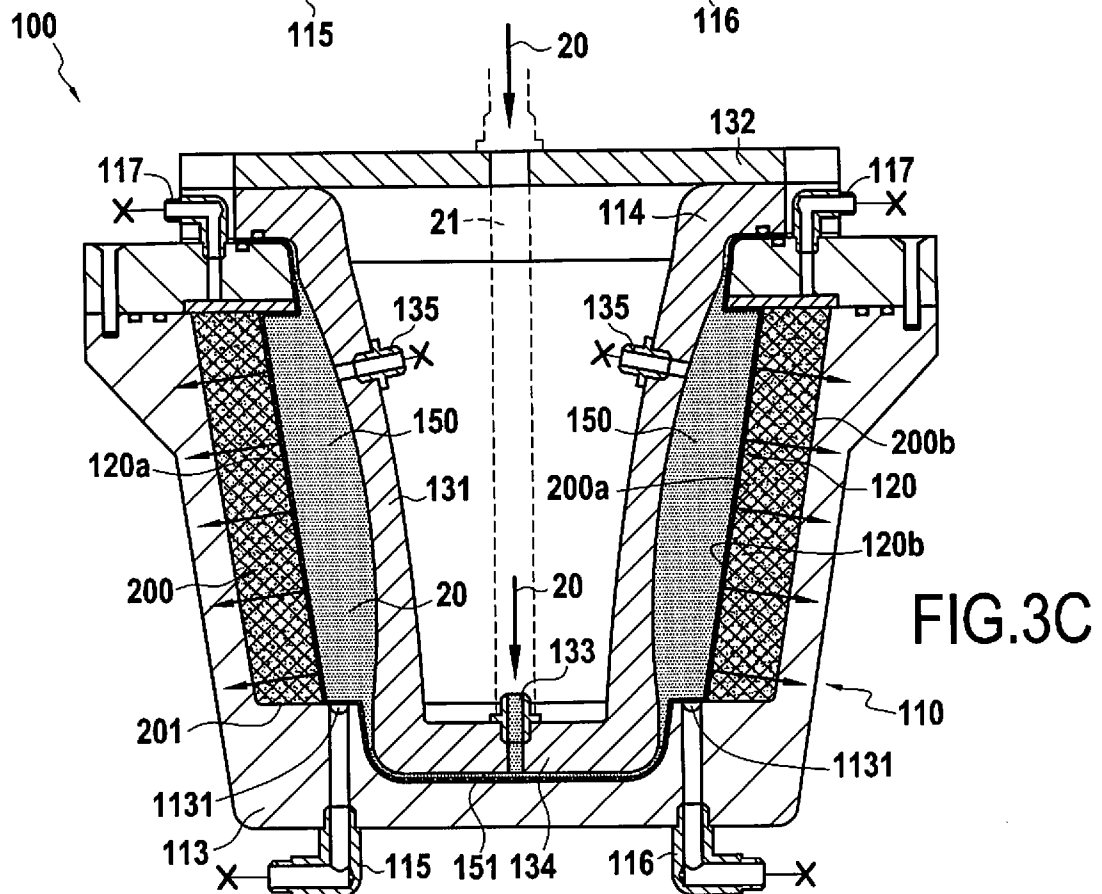
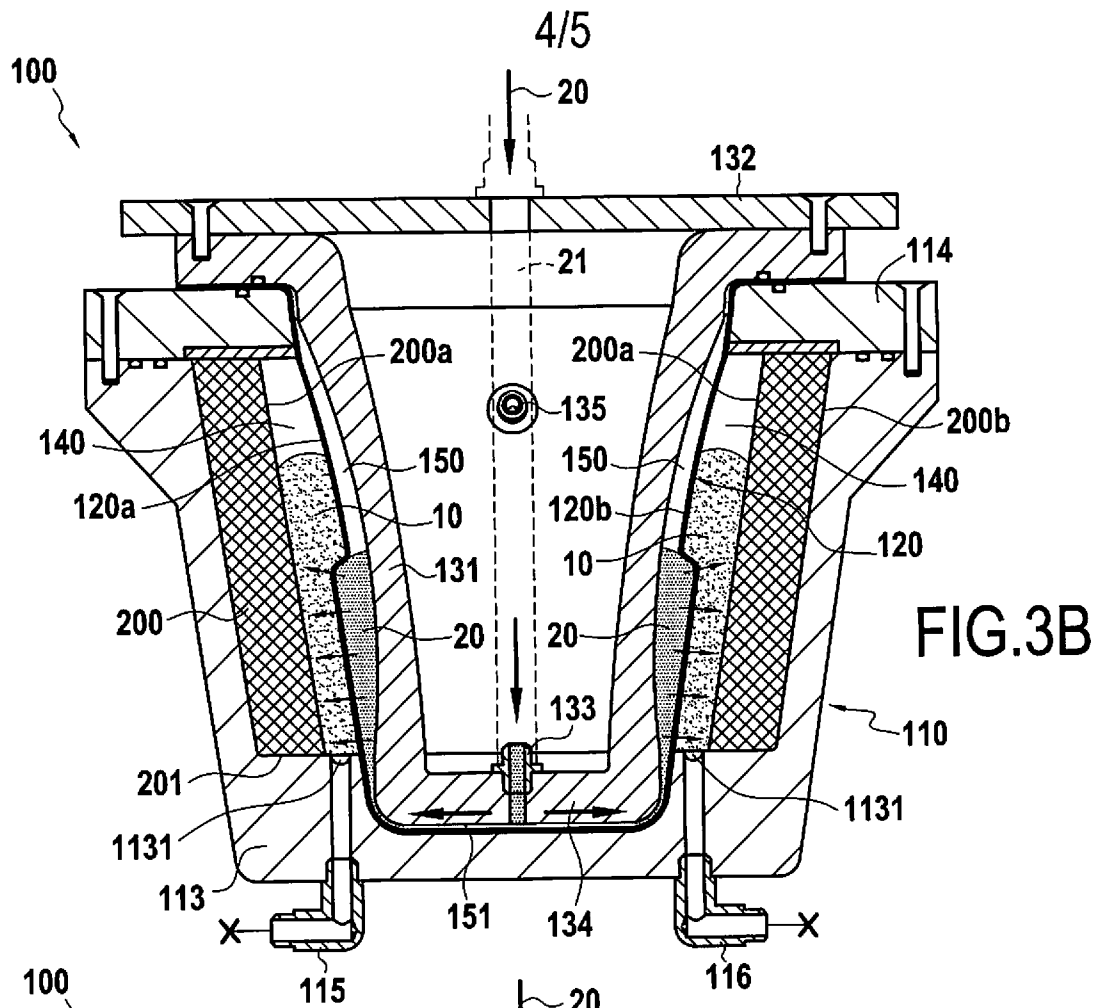


FIG.3A



5/5

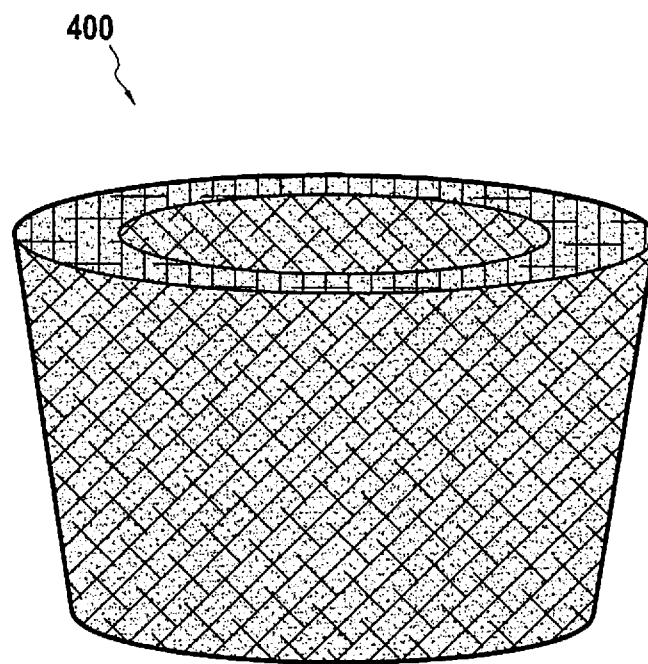


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/051468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B29C70/48 B29C70/46 B29C43/36 B29C70/54 B29C33/50 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		
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.
X	GB 2 066 144 A (NAVA PIER LUIGI) 8 July 1981 (1981-07-08)	1,4-9
Y	figures 1, 2 page 1, lines 6-11, 43 page 2, lines 11-20, 77-80, 85-90 page 3, lines 6-8	3
X	FR 2 828 130 A1 (POLE DE PLASTURGIE DE L EST [FR]) 7 February 2003 (2003-02-07) figure 1 page 4, lines 9-10	1,2,9
X	CA 676 309 A (STRUCTURAL FIBERS) 17 December 1963 (1963-12-17)	9
Y	figure 9	10
	----- -/-	
☒ 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 27 September 2018		Date of mailing of the international search report 08/10/2018
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 Gasner, Benoit

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2018/051468

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2011 009506 A1 (INST VERBUNDWERKSTOFFE GMBH [DE]) 26 July 2012 (2012-07-26) figure 1 paragraph [0029] -----	3,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/051468

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2066144	A	08-07-1981	AR 231246 A1 31-10-1984
			AU 6536080 A 25-06-1981
			BE 886795 A 16-04-1981
			BR 8008367 A 07-07-1981
			DE 3047270 A1 10-09-1981
			DK 540980 A 21-06-1981
			ES 8202716 A1 16-02-1982
			FR 2472968 A1 10-07-1981
			GB 2066144 A 08-07-1981
			IT 1126638 B 21-05-1986
			JP S56111638 A 03-09-1981
			NL 8006916 A 16-07-1981
			NO 803889 A 22-06-1981
			PT 72231 A 01-01-1981
			US 4338070 A 06-07-1982
			YU 322080 A 30-04-1983
			ZA 8007887 B 30-12-1981
FR 2828130	A1	07-02-2003	NONE
CA 676309	A	17-12-1963	NONE
DE 102011009506	A1	26-07-2012	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/051468

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29C70/48 B29C70/46 B29C43/36 B29C70/54 B29C33/50 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		
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
X	GB 2 066 144 A (NAVA PIER LUIGI) 8 juillet 1981 (1981-07-08)	1,4-9
Y	figures 1, 2 page 1, lignes 6-11, 43 page 2, lignes 11-20, 77-80, 85-90 page 3, lignes 6-8	3
X	FR 2 828 130 A1 (POLE DE PLASTURGIE DE L EST [FR]) 7 février 2003 (2003-02-07) figure 1 page 4, lignes 9-10	1,2,9
X	CA 676 309 A (STRUCTURAL FIBERS) 17 décembre 1963 (1963-12-17)	9
Y	figure 9	10
	----- -/-	
☒ 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 27 septembre 2018		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 08/10/2018
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Gasner, Benoit

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 10 2011 009506 A1 (INST VERBUNDWERKSTOFFE GMBH [DE]) 26 juillet 2012 (2012-07-26) figure 1 alinéa [0029] -----	3,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/051468

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2066144	A	08-07-1981	AR 231246 A1 31-10-1984
			AU 6536080 A 25-06-1981
			BE 886795 A 16-04-1981
			BR 8008367 A 07-07-1981
			DE 3047270 A1 10-09-1981
			DK 540980 A 21-06-1981
			ES 8202716 A1 16-02-1982
			FR 2472968 A1 10-07-1981
			GB 2066144 A 08-07-1981
			IT 1126638 B 21-05-1986
			JP S56111638 A 03-09-1981
			NL 8006916 A 16-07-1981
			NO 803889 A 22-06-1981
			PT 72231 A 01-01-1981
			US 4338070 A 06-07-1982
			YU 322080 A 30-04-1983
			ZA 8007887 B 30-12-1981
FR 2828130	A1	07-02-2003	AUCUN
CA 676309	A	17-12-1963	AUCUN
DE 102011009506	A1	26-07-2012	AUCUN