

(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
8 septembre 2017 (08.09.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/149166 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
B29D 99/00 (2010.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/055228
- (22) Date de dépôt international :
6 mars 2017 (06.03.2017)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1670083 4 mars 2016 (04.03.2016) FR
- (71) Déposant : INSTITUT DE RECHERCHE ET DE
TECHNOLOGIE JULES VERNE [FR/FR]; Technocamp-
pus EMC2, Chemin du Chaffault, 44340 Bouguenais (FR).
- (72) Inventeur : MARCHAND, Christophe; 2 rue de la Fon-
derie, 44470 Carquefou (FR).
- (74) Mandataire : HAMANN, Jean-Christophe; Ipside, 4 Rue
de Kérogan, 29000 Quimper (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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), eurasiatique (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))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues (règle 48.2.h)

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR MANUFACTURING A HOLLOW PART MADE OF A COMPOSITE MATERIAL AND TURBINE BLADE PRODUCED BY THIS METHOD

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR LA FABRICATION D'UNE PIÈCE CREUSE EN MATÉRIAU COMPOSITE ET PALE D'HÉLICE OBTENUE PAR UN TEL PROCÉDÉ

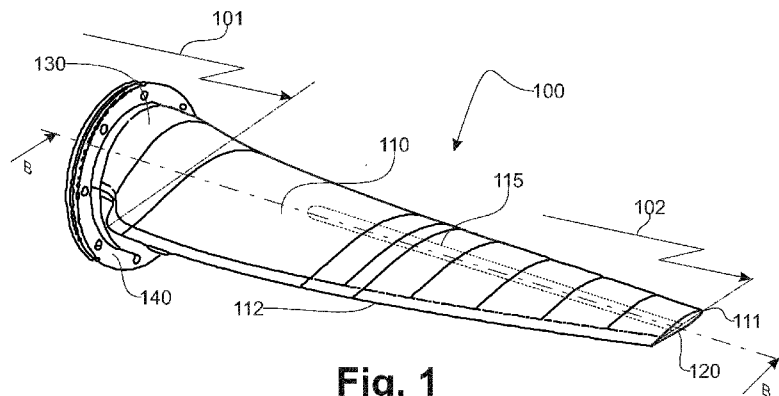
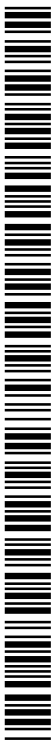


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a hollow turbine blade (100), in particular an underwater turbine blade, made of a composite material reinforced with continuous fibres, and having a blade root (130) with a metal flange (140) for joining the blade to a rotor, the flange (140) being joined to the airfoil of the blade when the blade is moulded. The invention also relates to a method for producing the blade and to tools for implementing the method.

(57) Abrégé : Une pale (100) d'hélice creuse, notamment une pale d'hydrolienne, constituée d'un matériau composite à renfort fibreux continu et comportant un pied (130) de pale comprenant une bride (140) métallique pour la liaison de ladite pale avec un rotor, ladite bride (140) étant liée à l'aile de la pale lors du moulage de ladite pale. Également un procédé pour la réalisation d'une telle pale et un outillage pour la mise en oeuvre de ce procédé.



WO 2017/149166 A1

**PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR LA FABRICATION D'UNE PIÈCE
CREUSE EN MATÉRIAU COMPOSITE ET PALE D'HÉLICE OBTENUE PAR UN
TEL PROCÉDÉ**

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la fabrication d'une pièce creuse en matériau composite et une pale d'hélice obtenue par un tel procédé. L'invention est plus particulièrement, mais non exclusivement, dédiée à la fabrication d'une pale d'hélice destinée à une turbine marémotrice, ou hydrolienne.

5 La réalisation d'une pale d'hélice en matériau composite, notamment pour une hydrolienne, permet de réduire considérablement le poids et l'inertie de l'hélice comprenant une telle pale et par suite, notamment, de produire de l'énergie en présence de courants nautiques faibles. Selon l'art antérieur, une pale d'hydrolienne en matériau composite comprend une aile qui s'étend radialement entre le rayon
10 intérieur et le rayon extérieur de la pale, et en section, entre le bord d'attaque et le bord de fuite. Une zone de raccordement, située sous le rayon intérieur de l'aile, permet de raccorder la pale à une bride, généralement métallique, réalisant ainsi le pied de pale pour la fixation de ladite pale au rotor de l'hélice. Selon l'art antérieur, la bride métallique est assemblée avec la zone de raccordement par boulonnage, ce
15 qui implique la réalisation de perçages dans le matériau composite constituant la pale afin de connecter les deux pièces par des fixations métalliques. Au cours du fonctionnement de l'hélice, les parois desdits perçages sont sollicitées en matage par les fixations, ce type de sollicitation étant particulièrement sévère pour un matériau composite à renfort fibreux. Ainsi, le dimensionnement de cette zone de
20 raccordement et de sa liaison avec l'aile devient un paramètre prépondérant dans le dimensionnement de la pale, et d'une manière générale, conduit à une augmentation de sa masse, au détriment des performances de l'hydrolienne comprenant une telle pale.

25 Le document US 2015/0354541 décrit une méthode de réalisation du pied d'une pale en matériau composite, dans laquelle la partie métallique cylindrique du pied de pale comprend des rainures longitudinales, ou cannelures, s'étendant sensiblement parallèlement à l'axe de révolution du cylindre. Lors de la réalisation du pied de pale, les fibres sont enroulées sur cette partie métallique cannelée, alors que des mèches

de fibres sont placées en fond de cannelure. L'ensemble de la stratification est ensuite imprégnée de résine de sorte à constituer le matériau composite. Ce mode de réalisation permet de transmettre des efforts de cisaillement / torsion entre le pied de pale et la pale mais n'offre pas de résistance aux efforts de traction résultant, par exemple, des forces centrifuges liées à la rotation de la pale.

Le document DE 3738216 décrit un mode de réalisation d'un pied de pale pour une pale en matériau composite. Le pied de pale comprend un insert métallique de forme conique comprenant un épaulement ou une conicité inversée à son extrémité distale. L'extrémité intérieure de la pale, du côté du rotor de l'hélice, épouse le profil extérieur de cet insert. Une couche stratifiée est bobinée autour de cette extrémité de sorte à lui conférer une forme conique simple, sans épaulement ni double conicité, et cette extrémité conique est insérée dans un fourreau et liée en rotation à celui-ci par l'intermédiaire d'une goupille traversante ou d'un pion radial. Cet ensemble est inséré dans un réceptacle du rotor.

Le document US 4 269 332 décrit un mode de réalisation d'un pied de pale d'une pale réalisée en matériau composite en enroulement filamentaire. La pale comporte un longeron de section creuse en forme de D qui s'étend le long du bord d'attaque de la pale et un noyau en mousse polyuréthane, autour desquelles la voilure est réalisée par enroulement filamentaire. Le longeron assure la rigidité de la pale d'une manière générale, et sa liaison avec le pied de pale. Ledit pied de pale comprend un insert métallique conique comportant des rainures circonférentielles. Le longeron raidisseur épouse la forme des dites rainures sur l'insert et une couronne composite stratifiée est enroulée autour de celui-ci, de sorte à le maintenir dans lesdites rainures circonférentielles. Selon un autre mode de réalisation, une pièce métallique, boulonnée dans l'insert, vient coiffer la portion du longeron s'étendant sur ledit insert. Ce mode de réalisation, par enroulement filamentaire est complexe de mise en oeuvre sur une pale de grande dimension.

Toujours selon l'art antérieur, sauf lorsqu'elle est réalisée entièrement par enroulement filamentaire, l'aile de la pale est réalisée par l'assemblage de deux demi-pales, l'une correspondant à l'intrados et l'autre à l'extrados. La jonction entre les deux parties, notamment au niveau du bord d'attaque, doit être lisse, ce qui implique une grande précision de réalisation ou des ajustements ultérieurs, ayant des

répercussions sur le coût de réalisation.

L'invention vise à résoudre les inconvénients de l'art antérieur et concerne à cette fin une pale d'hélice creuse, notamment une pale d'hydrolienne, constituée d'un matériau composite à renfort fibreux continu et comportant un pied de pale
5 comprenant une bride métallique pour la liaison de ladite pale avec un rotor, dans laquelle, ladite bride est liée à l'aile de la pale lors du moulage de ladite pale, la bride comprenant une bride avant, sous la forme d'un tube épaulé et une bride arrière, sous la forme d'une couronne et dans laquelle la pale comporte un raccord de pied
10 de pale constitué d'un matériau composite à renfort fibreux continu, enroulé autour du tube de la bride avant, et comprenant une extension radiale prise axialement en sandwich entre la bride avant et la bride arrière.

Ainsi, le pied de pale ne forme qu'une pièce avec l'aile de la pale et ne nécessite ni opération d'assemblage, ni perçage ni passage de fixation pour lier intimement la bride à la pale. Le poids de la pale est réduit tout comme le coût de sa
15 fabrication. L'extension radiale, prise en sandwich entre les deux parties de la bride offre une grande résistance aux forces axiales, notamment centrifuges, et aux sollicitations de flexion auxquelles est soumise la pale, plus particulièrement le pied de pale, et permet la reprise de ces forces par toute l'épaisseur du matériau composite.

20 L'invention est avantageusement mise en œuvre selon les modes de réalisation et les variantes exposés ci-après, lesquels sont à considérer individuellement ou selon toute combinaison techniquement opérante.

Avantageusement, le renfort fibreux du pied de pale est un non-tissé de fibres à hautes performances. L'utilisation d'un non-tissé ou « *non crimp fabric* » (NCF)
25 permet d'obtenir un taux de fibres élevé dans la zone de raccordement, les fibres étant conservées alignées avec les sollicitations, tout en permettant un drapage aisé autour de la bride

Avantageusement, les renforts fibreux des faces extrados et intrados de l'aile de la pale objet de l'invention sont raccordés selon une enture en biseau en dehors
30 du bord d'attaque. Ce mode de réalisation implique la réalisation simultanée de l'ensemble de la pale, sans assemblage, et permet d'obtenir des surfaces hydrodynamiques adaptées, directement au moulage.

Avantageusement, la pale objet de l'invention comprend une zone de raccordement progressif, s'évasant vers le rayon extérieur de la pale, entre le pied et l'aile de ladite pale du côté du bord de fuite. Ainsi, d'une part, le flux d'effort entre l'aile et le pied de pale est concentré progressivement dans la section de la pale
5 assurant un chargement réparti dans toute l'épaisseur de la stratification et dans tous les plis, et par ailleurs, ce raccordement progressif assure une imprégnation et une pénétration uniforme de la résine dans cette zone de forte épaisseur lors de l'opération de moulage.

Selon un mode de réalisation particulier, la pale objet de l'invention comprend
10 un profilé de renfort s'étendant à l'intérieur de ladite pale entre les faces internes de l'extrados et de l'intrados de l'aile. Ce mode de réalisation permet à la pale de résister à des efforts plus élevés sans se déformer.

L'invention concerne également un outillage pour la réalisation d'une pale creuse selon l'invention, lequel outillage comprend :

- 15 u. une première demi-coquille comprenant une empreinte d'une face de la pale creuse ;
- v. une deuxième demi-coquille comprenant une empreinte de l'autre face de la pale creuse ;
- w. des moyens pour assembler les deux demi-coquilles de manière
20 étanche de sorte à former une cavité moulante à la forme de la pale creuse ;
- x. un noyau reproduisant la forme intérieure de la pale creuse, sous la forme d'une baudruche gonflable apte à être inséré dans la cavité moulante ;
- 25 y. des moyens de tirage au vide de la cavité moulante ;
- t. des moyens de positionnement de la bride du pied de pale s'étendant entre les deux demi-coquilles et des moyens pour assembler ladite bride de manière étanche avec les deux demi-coquilles.

Un tel outillage permet la réalisation des deux faces de la pale creuse en une
30 seule opération de moulage et l'intégration en seule pièce de l'aile, de la bride et du pied de pale.

Selon un mode de réalisation particulier, le noyau comprend deux baudruches

gonflables individuellement. Ainsi le noyau est segmenté en plusieurs boudruches, plus faciles à réaliser et à introduire dans la cavité du moule, particulièrement lorsque la pièce réalisée est de très grande dimension.

Avantageusement le noyau gonflable comprend plusieurs compartiment
5 gonflables individuellement.

Selon un mode de réalisation particulier, le noyau gonflable comprend une bâche interne et une bâche externe et des moyens pour contrôler la pression dans la bâche interne et dans l'espace compris entre la bâche interne et la bâche externe. Ainsi, par le contrôle des pressions de gonflage la rigidité et la compliance dudit
10 noyau sont adaptées en fonction des phases du procédé mis en œuvre au moyen d'un tel outillage. Cette caractéristique est avantageusement appliquée sur l'une ou sur la totalité des boudruches lorsque le noyau est segmenté selon le mode de réalisation particulier précédent.

Selon une variante perfectionnée de ce dernier mode de réalisation le noyau
15 comprend une zone de maintien d'un profilé de renfort.

Selon des modes de réalisation, le noyau comprend un ou plusieurs compartiment remplis au moins partiellement d'une mousse à cellules ouvertes ou d'une mousse à cellules fermée. Ces modes de réalisation permettent de régler à la fois la pression appliquée à la préforme au cours des opérations d'injection de
20 cuisson ou de compactage / consolidation, selon le mode de mise en œuvre du procédé tout en conservant une certaine compliance et adaptabilité de la forme du noyau à la forme de la cavité moulant. Une mousse à cellules ouvertes est gonflable par l'injection d'un fluide sous pression, gazeux ou liquide dans ladite mousse, une mousse à cellules fermées est étanche.

Selon un mode de réalisation particulier, l'outillage est adapté à la mise en œuvre d'un procédé de transfert de résine dans une préforme sèche et comprend des moyens d'adduction de résine dans la cavité moulante. La réalisation de la pale objet de l'invention à partir de préformes sèches permet d'obtenir un matériau composite comportant un taux de renfort important.

30 Avantageusement, l'outillage objet de l'invention comprend :

- z. une cale pentée reposant sur la surface formant plan de joint d'assemblage de l'une des demi-coquilles avec l'autre demi-coquille et

dans un logement de l'autre demi-coquille, ledit logement comprenant une surface en biais coopérant avec ladite cale pentée pour plaquer les fibres d'une préforme sèche sur le noyau lors du rapprochement des deux demi-coquilles pour la fermeture de la cavité moulante.

5 La cale pentée agissant au niveau du plan joint permet d'obtenir, au moulage, une forme parfaite, du raccordement entre les deux parties de la pale notamment au niveau du bord d'attaque .

L'invention concerne également un procédé pour la fabrication d'une pale creuse, utilisant un outillage selon l'invention, lequel procédé comprend les étapes

10 consistant à :

- i. assembler la bride du pied de pale avec l'outillage ;
- ii. draper une préforme dans l'empreinte de l'une des demi-coquilles de l'outillage ;
- iii. insérer le noyau dans l'empreinte sur la préforme réalisée à l'étape
- 15 ii) et gonfler ledit noyau à une première pression de gonflage ;
- iv. draper une préforme correspondant à la partie complémentaire de celle réalisée à l'étape i) sur le noyau inséré et gonflé à l'étape iii).

Ainsi, les drapages des deux faces de la forme creuse sont réalisés sur la même demi-coquille, ce qui permet notamment de raccorder les deux préformes en

20 dehors du plan joint et sans assemblage. La bride est intégrée au pied de pale lors du moulage et forme un ensemble avec ledit pied de pale et l'aile de la pale.

Avantageusement, le procédé objet de l'invention comprend avant l'étape i) une étape consistant à réaliser une préforme du pied de pale intégrant les brides avant et arrière, l'étape i) consistant à placer la préforme du pied de pale ainsi obtenue à

25 l'extrémité de la demi-coquille sur laquelle est drapée la préforme à l'étape ii).

Selon une autre variante, la bride étant montée sur l'outillage lors de l'étape i), la première étape ii) de drapage comprend une phase de drapage des plis de l'aile de la pale suivie d'une phase de drapage des plis situés au niveau du pied pale.

Avantageusement, l'intrados de l'aile de la pale est drapé au cours de l'étape ii)

30 du procédé objet de l'invention, sur une surface plus large que l'empreinte de la demi-coquille correspondante, et le raccordement entre l'intrados et l'extrados de l'aile de la pale est réalisé par une enture en biseau placée dans l'empreinte de la

deuxième demi-coquille et sur le noyau, à distance du plan de joint d'assemblage des deux demi-coquilles. Ce mode de réalisation permet d'obtenir un bord d'attaque de l'aile de la pale conforme au profil hydrodynamique recherché, directement au moulage.

5 Avantageusement, les plis des préformes de l'aile de la pale, drapées lors des étapes ii) et iv) sont constitués de fibres de verre continues et les plis correspondant à la préforme du pied de pale sont constitués d'un non-tissé de fibres de carbone. La réalisation du pied de pale en fibres de hautes performances pour la tenue mécanique. En outre, dans le cas d'un mode de réalisation de la pale à partir de
10 fibres sèches, la différence de perméabilité entre les deux natures de stratifiés permet de favoriser le flux de résine vers le non-tissé lors du processus d'imprégnation par transfert de résine et d'obtenir la pénétration complète de la résine dans la zone de forte épaisseur prise en sandwich entre la bride avant la bride arrière en l'absence d'aménagement de drainage entre lesdites brides.

15 Avantageusement le procédé objet de l'invention met en œuvre un outillage comprenant un noyau gonflable comportant une bâche interne et une bâche externe et comprend après l'étape iv) les étapes consistant à :

 v. fermer le moule en assemblant les deux demi coquilles ;
 vi. tirer au vide la cavité moulante entre les deux demi-coquilles et
20 comprenant les préformes
 la pression étant contrôlée dans la bâche interne et dans l'espace compris entre la bâche interne et la bâche externe du noyau au cours des étapes v) et vi) de sorte à contrôler l'épaisseur de la préforme au cours des opérations subséquentes.

25 Ainsi la rigidité du noyau est adaptée au besoin en fonction de la phase d'imprégnation ou de polymérisation de la résine.

 Selon un mode de réalisation particulier, le gonflage de la bâche interne ou de la bâche externe du noyau est réalisé par l'injection de mousse expansible.

 Selon un mode de mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, les plis
30 drapés sont des fibres préimprégnées d'un polymère, ce mode de réalisation est le plus économique.

 Selon un autre mode de réalisation du procédé objet de l'invention les

opérations de drapage des préformes sont réalisées avec des plis de fibres sèches et il comprend après l'étape vi) une étape consistant à :

vii. transférer de la résine dans les préformes.

Ce mode de réalisation permet d'obtenir des taux de renforts plus importants
5 dans le composite constituant la pale.

Selon de dernier mode de réalisation, le procédé objet de l'invention comprend une étape de couture des préformes sèches entre elles.

L'invention est exposée ci-après selon ses modes de réalisation préférés, nullement limitatifs, et en référence aux figures 1 à 11, dans lesquelles :

- 10 - la figure 1 est une vue en perspective d'un exemple de réalisation d'une pale d'hydrolienne selon l'invention ;
- la figure 2 illustre selon des vues en perspective les différentes étapes d'un exemple de réalisation de la préforme constituant le pied de pale, la figure 2A montre un exemple de réalisation de la bride avant du pied de pale, la
15 figure 2B montre l'installation sur cette bride avant sur un outillage en vue de la réalisation du drapage, la figure 2C illustre le drapage de la préforme par enroulement de plis et la figure 2D représente la préforme du pied de pale terminée avec la bride arrière ;
- la figure 3 représente selon un vue en perspective et en éclaté, un exemple
20 de réalisation de l'outillage objet de l'invention dans une configuration adaptée à la réalisation d'une pale d'hélice ;
- la figure 4 est une vue suivant F définie figure 3 montrant un exemple de réalisation des moyens de positionnement du pied de pale dans l'outillage de la figure 3 ;
- 25 - la figure 5 illustre, par un organigramme et une série de vues en perspective, le procédé de réalisation d'une pale selon l'invention en utilisant l'outillage de la figure 3 ;
- la figure 6 est une vue selon une coupe AA définie figure 5 de la préforme de la pale objet de l'invention dans l'outillage ;
- 30 - la figure 7 est une vue partielle, en perspective d la zone de raccordement entre le pied et l'aile de la pale objet de l'invention ;
- la figure 8 illustre, par un organigramme et une série de vues en perspective,

- une variante du procédé de réalisation d'une pale selon l'invention ;
- la figure 9 est une vue en coupe partielle selon BB définie figure 1, d'un exemple de réalisation d'une pale comprenant un profilé de renfort intérieur ;
 - la figure 10 représente, selon une vue en perspective, un exemple de réalisation de l'outillage objet de l'invention, adapté à la réalisation de la pale représentée figure 9 ;
 - et la figure 11 montre selon vue en perspective, une variante du noyau représenté en figure 10, dans laquelle le noyau est formé par plusieurs baudruches.

10 Figure 1, selon un exemple de réalisation, la pale (100) d'hydrolienne objet de l'invention, comprend une surface (110) extrados et une surface (120) intrados constituant l'aile de la pale et s'étendant radialement entre le rayon inférieur (101) et le rayon extérieur (102) de la pale. En section, la voilure s'étend entre le bord de fuite (112) et le bord d'attaque (111). La pale objet de l'invention comprend un pied (130)
15 de pale, intégrant une bride (140) métallique pour le raccordement de ladite pale au rotor d'une hydrolienne. À titre d'exemple non limitatif, le rayon extérieur est compris entre 3 mètres et 20 mètres selon les applications visées, exceptionnellement entre 30 mètres et 40 mètres, et couramment compris entre 5 mètres et 10 mètres.

Figure 7, la pale objet de l'invention comprend avantageusement une zone
20 (712) de raccordement progressif, s'évasant vers le rayon extérieur de la pale, entre le pied et l'aile de ladite pale du côté du bord de fuite (112).

Figure 2, selon un exemple de mise en œuvre du procédé objet de l'invention, la préforme du pied pale est obtenue en drapant un non-tissé sur la bride. Figure 2A, selon un exemple de réalisation la bride comprend une bride (241), dite bride avant, comprenant une portion (2412) cylindrique et un épaulement avec un raccordement (2413) progressif vers une couronne (2412) adaptée pour être montée sur le rotor de l'hydrolienne. À titre d'exemple non limitatif, la bride est constituée d'un matériau métallique résistant à la corrosion dans le milieu dans lequel la pale est destinée à
25 fonctionner, tel qu'un acier inoxydable ou un alliage de titane. Le diamètre de la bride
30 est de l'ordre de 2 mètres voire plus.

Figure 2B, pour réaliser la préforme du pied de pale, la bride avant est installée sur un mandrin (250) permettant son entraînement en rotation. Selon un exemple de

réalisation, figure 2C, un non-tissé (260) de fibres de carbone est enroulé sur le mandrin (250) et sur la bride avant (241), en partant du mandrin (250) et en poursuivant vers la couronne (2411) et vice-versa jusqu'à obtenir l'épaisseur désirée de la préforme. Selon un mode de réalisation, les fibres déposées sont des fibres
5 dites sèches, c'est-à-dire imprégnées de moins de 5 % de polymère. La faible teneur en polymère permet de stabiliser la préforme et à celle-ci de conserver la forme qui lui est donnée lors du drapage lorsqu'elle est manipulée avec précaution. À titre d'exemple non limitatif, le non-tissé, enroulé sur le mandrin et la bride avant, est un quadriaxial de fibres de carbone sur une épaisseur de 20 plis. Selon un autre mode
10 de réalisation, les fibres sont déposées sous la forme d'un non-tissés préimprégné d'un polymère thermodurcissable.

Figure 2D, à l'issue du drapage, la préforme (230) du pied de pale s'étend en partie (232) sur la partie cylindrique (2412) de la bride avant qui s'étend jusqu'à la couronne de ladite bride. La bride (242) arrière est enfilée sur la préforme et prend
15 en sandwich, avec la couronne (2411) de la bride avant, la partie (231) de ladite préforme s'étendant radialement. Selon un mode de réalisation particulier (non représenté), la bride arrière comprend deux demi-bridés afin d'être enfilée sur la préforme sans l'endommager. Le mandrin (250) est retiré. Ainsi, la préforme du pied de pale comprend la bride de fixation. Selon un mode particulier de réalisation, une
20 série de trous (270) est percée à travers les deux brides et la préforme fibreuse, pour faciliter le positionnement et le maintien en position de l'ensemble dans l'outillage de moulage.

Figure 3, la pale objet de l'invention est réalisée dans un outillage spécifique permettant de transférer de la résine et/ou de réaliser la cuisson des préformes
25 correspondant aux deux faces de son aile ainsi que la préforme correspondant au pied de pale au cours de la même opération, selon que les préformes sont réalisées à partir de plis secs ou de plis préimprégnés. Ledit outillage comprend deux demi-coquilles (311, 312) et des moyens (non représentés) pour assembler de manière étanche les deux demi-coquilles selon une surface (315) dite plan de joint. Chaque
30 demi-coquille comporte une empreinte (320) reproduisant une partie de la forme de la pale, de sorte que les empreintes des deux demi-coquilles, une fois celles-ci assemblées, délimitent une cavité, dite cavité moulante, dont les parois reproduisent

la forme de la pale. À titre d'exemple, l'empreinte (320) dans la première (311) demi-coquille reproduit la forme de l'intrados de la pale, alors que l'empreinte dans la deuxième (312) demi-coquille reproduit la forme de l'extrados de ladite pale.

Figure 4, chacune des demi-coquilles comprend des aménagements (430) et
5 notamment des moyens d'étanchéité (non représentés) pour positionner et maintenir en position la préforme du pied de pale, notamment par les brides dudit pied de pale, lesquelles brides font ainsi partie de l'outillage.

En revenant à la figure 3, pour une mise en oeuvre du procédé objet de l'invention à partir de préformes sèches, au moins une des demi-coquilles comprend
10 des moyens (360) d'adduction de résine pour imprégner ladite préforme sèche. Des moyens (365) permettent tirer au vide la cavité moulante une fois les deux demi-coquilles (311, 312) assemblées et l'étanchéité de la cavité réalisée, en vue de réaliser l'imprégnation de la préforme sèche ou la cuisson sous pression d'une préforme constituée de plis préimprégnés.

15 Selon des variantes de réalisation (non représentées) l'outillage objet de l'invention comprend des moyens de chauffage autonomes par exemple sous la forme de canaux de circulation d'huile, de résistances électriques ou d'inducteurs.

Selon un mode de réalisation avantageux (non représenté) au moins l'une des empreintes comprend des éjecteurs pour faciliter le démoulage de la pale.

20 Figure 5, selon une première étape (510) de drapage du procédé objet de l'invention, appliqué à la réalisation d'une pale d'hydrolienne, la préforme (230) du pied de pale étant installée sur une des demi-coquilles de l'outillage, par exemple, la demi-coquille (311) correspondant à l'intrados de la pale, la préforme (515) correspondant à cette partie de la pale est drapée directement sur la demi-coquille
25 (311). Selon un exemple de réalisation, ledit drapage comprend la dépose manuelle de renforts de verre multi-axiaux continus sous la forme de tissus ou de non-tissés, secs ou préimprégnés. Par exemple, la stratification comprend 35 plis d'un non-tissé de fibres de verre triaxial. Selon cet exemple de réalisation, le drapage de l'intrados est réalisé sur une surface plus large que la surface de l'empreinte afin de permettre
30 le raccordement avec la préforme de l'extrados en dehors du bord d'attaque de l'aile. Au cours d'une deuxième étape de drapage (520), la préforme (525) correspondant au bord de fuite de l'aile est mise en place dans l'outillage. Selon des variantes de

réalisation, ladite préforme (525) est drapée directement dans la demi-coquille (311) ou drapée en dehors de l'outillage et installée dans celui-ci. Au cours d'une étape (530) de préparation du troisième drapage, un noyau (535) est placé dans l'empreinte, sur la préforme (515) drapée lors du premier drapage. Selon un exemple

5 de mise en œuvre, ledit noyau (535) est une baudruche ou vessie, insérée par l'alésage de la préforme (230) du pied de pale puis gonflée. Avantagement, le noyau comprend un tracé pour faciliter le positionnement des plis sur ledit noyau lors de l'opération de drapage subséquente. Au cours d'une troisième étape (540) de drapage, la préforme (545) correspondant à l'extrados est drapée sur le noyau (535).

10 Selon une variante de mise en œuvre mettant en œuvre des préformes sèches, les préformes (515, 525, 545) sont cousues entre-elles.

Au cours d'une étape (550) de cuisson ou d'imprégnation, la deuxième demi-coquille (312) est replacée sur la première demi-coquille (311), le noyau étant toujours à l'intérieur de la cavité moulante. L'alésage correspondant au pied de pale

15 et fermé de manière étanche de sorte à constituer une cavité moulante fermée et étanche entre les deux parties de l'outillage. Ladite cavité moulante comprenant les préformes (230, 515, 525, 545) et le noyau est tirée au vide. Selon des variantes de mise en œuvre, l'outillage est placé en étuve, ou si ledit outillage comprend des moyens de chauffage autonomes, ceux-ci sont actionnés afin de porter ledit outillage,

20 et les préformes, à la température adaptée à l'imprégnation par transfert, ou à la polymérisation de la résine imprégnant les plis, selon le mode de mise en œuvre. Selon des variantes de mise en œuvre du procédé objet de l'invention, le transfert de résine dans les préformes sèches est réalisé par infusion ou par injection sous pression, la progression du front de résine dans la préforme étant parallèle ou

25 perpendiculaire aux plis. L'utilisation d'un procédé d'injection mettant en œuvre des moyens d'injection de forte capacité permet la réalisation en série de pales à des cadences de production élevées.

Les préformes fibreuses étant imprégnées par transfert de résine ou lorsque la mise en œuvre est réalisée à partir de plis préimprégnés, l'outillage est porté à la

30 température de cuisson de la résine et maintenu à cette température jusqu'à ce que la résine soit polymérisée. L'outillage est alors refroidi jusqu'à une température de démoulage avant de procéder à la séparation des deux demi-coquilles et au

démoulage de la pale. Selon un mode de réalisation, la résine utilisée pour imprégner et polymériser les préformes (515, 525, 545, 230) est une résine thermodurcissable. Selon un exemple de réalisation, la résine est de type vinylester, le transfert est réalisé par injection à 40 °C et la température cuisson est de 130 °C.

5 Figure 6, cavité moulante étant fermée et délimitant un volume constant, le contrôle de la pression dans le noyau gonflable permet de maîtriser l'épaisseur et la pression appliquée à la stratification lors de ces opérations. Cette caractéristique est également avantageuse lors d'une mise en oeuvre à partir de plis préimprégnés d'un polymère thermoplastique afin de maîtriser le foisonnement du polymère lors de sa
10 mise en fusion et réaliser le compactage et la consolidation de la préforme.

 Selon un mode de réalisation particulier mettant en oeuvre des préformes sèches, l'imprégnation par transfert comporte plusieurs phases de sorte à injecter différentes natures de résine et obtenir des propriétés différentes à différentes sections ou épaisseurs de la pale, notamment pour améliorer la résistance aux
15 impacts à la surface de la pale.

 Figure 6, le drapage de l'intrados étant plus large que l'empreinte, le raccordement (620) entre la préforme (515) de l'intrados et la préforme (545) de l'extrados est réalisé dans l'empreinte de la deuxième demi-coquille (312) en dehors du bord d'attaque et au-dessus du plan de joint (315) du moule. Ce raccordement est
20 réalisé selon une enture (625) en biseau sur une longueur de l'ordre de 10 fois l'épaisseur de la stratification. Le même mode de raccordement est utilisé entre la stratification de la préforme (545) de l'extrados avec la préforme (525) du bord de fuite, ainsi qu'entre cette dernière et la préforme (515) de l'intrados, de même qu'au
25 raccordement entre les stratifications des préformes (515, 525) réalisant l'aile avec celle du pied de pale.

 De manière à plaquer correctement les fibres sur le noyau (535) au niveau du bord d'attaque, une cale (610) pentée est placée dans un logement (615) de l'une des demi-coquilles de l'outillage, laquelle cale (610) repose sur la surface de plan de joint (315) de l'autre demi-coquille (311) lorsque les deux demi-coquilles sont
30 assemblées. Le logement (615) de la cale comprend une surface biseautée qui coopère avec ladite cale (610) de sorte à pousser les fibres de la préforme (515) contre le noyau (535) dans la zone de bord d'attaque de la pale lorsque l'outillage est refermé.

Ainsi la forme du bord d'attaque reproduit le profil visé au moulage. Cette disposition est avantageuse pour la réalisation de toute pièce creuse moulée en une seule opération d'injection / cuisson.

Figure 8, selon une variante du procédé objet de l'invention, la bride (841) avant est une simple couronne. Ladite bride avant est placée dans les moyens de maintien et de positionnement appropriés de la première demi-coquille (811) de l'outillage. Selon une première étape (810) de drapage, une première préforme (815), correspondant par exemple à l'intrados de la pale objet de l'invention, est drapée sur la demi-coquille (811). Selon un exemple de mise en œuvre, cette étape (810) de drapage comprend une première phase de drapage des plis de fibres de verre de l'aile de la pale suivie d'une phase de drapage du pied pale en fibres de carbone. Au cours d'une deuxième étape de drapage (820), la préforme (825) correspondant au bord de fuite de l'aile est installée dans l'outillage. Au cours d'une étape (830) de préparation du troisième drapage, un noyau (835) est placé dans l'empreinte sur la préforme (815) drapée lors du premier drapage. Selon une troisième étape (840) de drapage, la préforme (845) correspondant ici à l'extrados de la pale, est drapée sur le noyau et la bride arrière (842) est installée sous la forme de deux demi-couronnes. À titre d'exemple non limitatif, la troisième étape (840) de drapage, comprend une première phase de drapage des plis de verre correspondant à l'extrados, puis le drapage du pied pale avec des fibres de carbone. L'outillage est ensuite fermé en plaçant l'autre demi-coquille sur la première et en fermant l'alésage de la couronne, la cavité moulante est tirée au vide et selon le mode de mise en œuvre la stratification est cuite ou la résine est transférée dans la préforme pour son imprégnation, selon un procédé d'infusion ou un procédé d'injection, ou pour la cuisson de la préforme s'agissant d'une mise en œuvre à partir de plis préimprégnés.

Selon une variante de mise en œuvre à partir de fibres sèches, les préformes (815, 825, 845) sont cousues entre-elles.

En revenant à la figure 1, la pale d'hydrolienne objet de l'invention est une pièce de grande dimension, la distance entre le rayon (101) intérieur et le rayon (102) extérieur atteignant plusieurs mètres, typiquement 5 mètres à 10 mètres. Selon des exemples de mise en œuvre et en fonction des cadences de production visées, les opérations de drapage et de positionnement des préformes et du pied de pale sont

réalisées par des moyens automatisés tels que des robots ou des manipulateurs ou manuellement par des opérateurs.

En revenant aux figures 5 et 8, l'ordre des opérations décrit en référence à ces figures n'est pas limitatif et doit être adapté en fonction de la pièce réalisée, de ses dimensions et des cadences de production visées. Ainsi, selon des variantes de réalisation la préforme (525, 825) correspondant au bord de fuite est drapée ou est placée dans l'outillage avant le drapage de la préforme correspondant à l'intrados. Avantageusement des capteurs, par exemple sous la forme de fibres optiques ou de thermocouples sont intégrés à la préforme lors du drapage. De tels capteurs permettent par exemple de mesurer les contraintes mécaniques ou thermiques subies par la pale objet de l'invention lors de son utilisation ou encore de détecter des dommages.

Quel que soit le mode de réalisation, la rigidité du noyau est avantagement contrôlable en fonction des opérations et de leur mode de mise en œuvre. Par exemple, lorsque les opérations de drapage des préformes sont réalisées en drapage manuel, les opérateurs réalisant ces drapages, sont susceptibles de se déplacer sur l'outillage et notamment de marcher sur le noyau (535, 835) lors de la troisième étape (540, 840) de drapage de l'extrados selon les exemples de réalisation décrits ci-avant. Ainsi, selon cet exemple de mise en œuvre non exclusif, ledit noyau (540, 840) doit être suffisamment rigide pour supporter le poids d'un opérateur, mais suffisamment souple pour se conformer à la forme de la cavité moulante et exercer une pression uniforme sur la partie interne de l'ensemble des préformes, afin d'assurer le respect des épaisseurs des stratifications.

En revenant à la figure 6, le noyau est avantagement gonflable et comprend une bâche interne (635) et une bâche externe (636) aptes à être gonflées indépendamment l'une de l'autre. Le gonflage de la bâche (635) interne confère au noyau sa forme approximative et sa rigidité. Le gonflage de l'espace compris entre la bâche externe (636) et la bâche interne (635) permet de plaquer les préformes sur les parois de la cavité moulante et de s'adapter à la forme précise de ladite cavité moulante. À titre d'exemple non limitatif, les bâches internes et externes sont constituées d'un élastomère silicone renforcé ou non par des fibres.

Selon des variantes de réalisation, les moyens mis en œuvre pour le gonflage

du noyau, différent entre la bâche interne (635) et la bâche externe (636). À titre d'exemples non limitatifs, la bâche interne ou la bâche externe est gonflée par une pression de gaz, par un fluide liquide tel que de l'huile ou de l'eau sous pression, ou encore par l'injection d'une mousse expansive. La mousse expansive est une

5 mousse à cellules majoritairement fermée dont la dureté et la résistance à la compression sont données par sa composition et son mode de mise en oeuvre. Ainsi, selon un exemple de réalisation le gonflage de l'espace compris entre la bâche interne et la bâche externe permet lors de la réalisation de la première pièce d'adapter parfaitement la forme externe du noyau à la forme de la cavité moulante

10 sous une pression de gonflage de la bâche interne donnée, et par suite de reproduire les conditions de mise en pression de la stratification lors de la réalisation des pièces suivantes.

Selon une autre variante de réalisation, compatible avec la précédente, l'espace du noyau délimité par la bâche interne ou l'espace compris entre la bâche interne et

15 la bâche externe sont séparés par des cloisons internes (630) de sorte à constituer des compartiments (631 , 632) gonflables individuellement.

Selon un exemple de réalisation, au moins un compartiment du noyau est au moins partiellement rempli d'une mousse à cellules fermées ou à cellules ouvertes, plus précisément, à cellules majoritairement ouvertes ou à cellules majoritairement

20 fermées comprenant plus de 70 % de l'une ou l'autre de ces catégories.

Figure 6, selon un exemple particulier de cette mise en oeuvre, une couche de mousse (637) à cellules fermées est insérée entre la bâche interne (635) et la bâche externe (636) du noyau, du côté de la bâche externe. Cette couche de mousse (637) procure une certaine adaptabilité de la forme du noyau à la forme de la cavité

25 moulante lorsque l'espace compris entre la bâche interne (635) et la bâche externe (636) du noyau est gonflée Selon un autre exemple de réalisation (non représenté) l'intégralité du volume compris entre la bâche interne (635) et la bâche externe (636) est rempli d'une mousse à cellules ouvertes. Une telle mousse est gonflable par l'injection d'un fluide sous pression, liquide ou gazeux, dans ladite mousse. Ainsi, les

30 propriétés de compliance de la mousse dans cet espace, permettent une première adaptation la forme du noyau à la forme de la cavité moulante lors du gonflage de la volume compris dans la bâche interne, puis d'appliquer une pression uniforme sur

la stratification en gonflant la mousse comprise dans l'espace délimité entre la bâche interne et la bâche externe du noyau. La présence de la mousse dans cet espace facilite par ailleurs la manipulation du noyau et évite la formation de plis dans les bâches. Selon un mode de réalisation combiné, l'espace compris entre la bâche interne et la bâche externe comprend une première couche de mousse à cellules
5 ouvertes et une couche de mousse à cellules fermées.

En revenant aux figures 5 et 8, lorsque le noyau (535, 835) est de type gonflable comportant une bâche interne et une bâche externe, la bâche interne est par exemple gonflée lors de la troisième étape (540, 840) de drapage afin, par
10 exemple, de permettre à un opérateur de marcher sur le noyau et notamment d'ajuster les raccordements entre la préforme (515, 815) correspondant à l'intrados et la préforme (545, 845) correspondant à l'extrados de la pale. La bâche interne est au moins partiellement dégonflée avant la fermeture du moule. La bâche interne est dégonflée, avant ou pendant le tirage au vide de la cavité moulante de l'outillage et
15 la pression dans l'espace compris entre les deux bâches est contrôlée de sorte à obtenir l'effet de conformation désiré.

En revenant à la figure 1, selon un exemple de réalisation, la pale objet de l'invention comprend un profilé (115) de renfort intégré sur la face interne de l'intrados ou sur la face interne de l'extrados ou entre les deux. Ledit profilé est par
20 exemple un profilé en T, en I, en Ω (lettre grèque Oméga) ou toute autre section comprenant un pied, ou deux pieds s'il relie les deux faces internes.

Figure 9, selon un exemple de réalisation le profilé de renfort (115) est en forme de I ou de H et comprend une âme (915) et deux pieds (916, 917) chacun desdits
pieds étant lié à une face interne de l'aile.

En référence à la séquence d'opération des figures 5 et 8, pour la réalisation d'une pale selon le mode de réalisation de la figure 9 à partir de fibres sèches, après la première (510, 810) étape de drapage, la préforme constituant l'un des pieds du
profilé est cousue à la préforme (515, 815) de l'intrados. La préforme constituant l'âme du profilé est tricotée avec la préforme constituant le pied du profilé de renfort.
30 Jusqu'à la mise en place du noyau, ladite préforme de l'âme du profilé est maintenue sensiblement verticale par une ou plusieurs traverses de maintien. Dans le cas d'une

mise en oeuvre du procédé objet de l'invention à partir de fibres préimprégnées, le profilé de renfort est précuit de sorte à obtenir une polymérisation partielle de sa matrice, la co-cuisson finale des préformes avec le profilé assure une polymérisation à travers l'interface entre la semelle du profilés et les préformes intrados et extrados de la pales, et une liaison par soudure de l'ensemble.=

Figure 10, selon cet exemple de mise en œuvre, le noyau gonflable comprend, dans sa partie opposée au pied de pale, une séparation (1036) réalisant une fente pour le maintien du profilé de renfort.

Ainsi, une fois la préforme du profilé de renfort maintenue dans cette fente par le gonflage du noyau (1035), les traverses de maintien de l'âme du profilé sont retirées. Avant la troisième étape de drapage de l'extrados sur le noyau (1035) gonflable, la préforme correspondant au second pied du profilé de renfort est tricotée avec l'âme dudit profilé, puis la préforme de l'extrados est drapée sur le noyau, par-dessus ledit pied. Le contrôle de la pression de gonflage du noyau (1035) permet de maîtriser les conditions de maintien de la préforme du profilé de renfort au cours de ces divers opérations.

Figure 11, selon un autre exemple de réalisation, le noyau est constitué d'une pluralité de baudruches (1135, 1136, 1137) ce qui en facilite la réalisation et le placement dans l'empreinte du moule, mais permet également de maintenir un raidisseur ou une paroi interne entre deux baudruches. En dehors de l'utilisation de deux baudruches, ou plus, pour maintenir un élément interne, les baudruches sont, selon un mode de réalisation assemblées entre elles par tout moyen connu de l'art antérieur, notamment par des bandes de crochets et boucles textiles de type Velcro®. Ce mode de réalisation permet en outre de contrôler individuellement la pression de gonflage de chaque baudruche (113, 1136, 1137) des sorte à adapter son effet sur la stratification de plis de la préforme, notamment au cours de la cuisson, en fonction, par exemple, des différences d'épaisseur de ladite stratification dans les zones d'action desdites baudruches. Chaque baudruche ou vessie est gonflable par une pression de gaz, par un fluide telle que de l'eau ou de l'huile ou par l'intermédiaire de l'injection d'une mousse expansive. Selon des modes de réalisation, l'ensemble de baudruches constituant le noyau comprend une ou plusieurs baudruches ou vessie comprenant une bâche interne et une bâche externe

comme représenté figure 6.

La description ci-avant et les exemples de réalisation, montrent que l'invention atteint le but visé, et permet la réalisation d'une pièce creuse, notamment une pale d'hydrolienne en matériau composite, intégrant ses interfaces métalliques de fixation
5 en une seule opération de moulage.

Bien que le procédé et l'outillage objets de l'invention soient décrits pour la réalisation d'une pale intégrant un pied de pale et une bride, l'outillage et le procédé sont adaptés à la réalisation, ne mettant en oeuvre qu'une seule opération de cuisson / injection-cuisson, d'un grand nombre de pièces creuses de grande
10 dimension, sans pied de pale et sans bride d'assemblage. Dans une telle version de mise en oeuvre, l'outillage ne comprend pas de moyens (340) de positionnement de la bride dans l'outillage et le procédé ne comprend pas les étapes de drapage du pied pale sur la bride et d'assemblage de la bride avec l'outillage, toutes les autres étapes et caractéristiques restant les mêmes. L'extrémité de l'outillage correspondant
15 à la partie inférieure de la pièce, et où se place la bride en cas de réalisation d'une pale, est alors fermée par le contact des bords des deux demi coquilles et des moyens d'étanchéité adaptés, ou comprend une ouverture permettant d'insérer le noyau, laquelle ouverture est fermée avant le tirage au vide de la cavité moulante.

REVENDEICATIONS

1. Pale (100) d'hélice creuse, notamment une pale d'hydrolienne, constituée d'un matériau composite à renfort fibreux continu et comportant une aile (110) et un pied (130) de pale comprenant une bride (140) métallique pour la liaison de ladite pale avec un rotor, dans laquelle ladite bride (140) est liée au pied de pale lors du moulage de ladite pale, et dans laquelle, la bride comprend une bride avant (241), sous la forme d'un tube épaulé (2412) comprenant l'interface de montage avec un rotor, et une bride arrière (242), sous la forme d'une couronne (2411), caractérisée en ce que la pale comporte un raccord de pied de pale (232) constitué d'un matériau composite à renfort fibreux continu, enroulé autour du tube de la bride avant et comprenant une extension radiale (231) prise axialement en sandwich entre la bride avant et la bride arrière
2. Pale selon la revendication 1, dans laquelle le renfort fibreux du pied de pale est un non tissé de fibres à haute performances.
3. Pale selon l'une des revendications 1 à 2, dans laquelle les renforts fibreux des faces extrados et intrados de l'aile sont raccordés selon une enture (625) en biseau en dehors du bord d'attaque.
4. Pale selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant une zone (712) de raccordement progressif, s'évasant vers le rayon (102) extérieur de la pale, entre le pied et l'aile de ladite pale du côté du bord de fuite (112).
5. Pale selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant un profilé de renfort (115) s'étendant à l'intérieur de ladite pale entre les faces internes de l'extrados et de l'intrados de l'aile (110).
6. Outillage pour la réalisation d'une pale selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant :

- 5
- u. une première demi-coquille (311) comprenant une empreinte (320) d'une face de la pale creuse ;
- v. une deuxième demi-coquille (312) comprenant une empreinte de l'autre face de la pale creuse ;
- 10
- w. des moyens pour assembler les deux demi-coquilles de manière étanche de sorte à former une cavité moulante à la forme de la pale creuse ;
- x. un noyau (535, 835, 1035) reproduisant la forme intérieure de la pale creuse, sous la forme d'une baudruche gonflable apte à être inséré dans la cavité moulante ;
- y. des moyens (365) de tirage au vide de la cavité moulante ;
- 15
- t. des moyens (430) de positionnement de la bride du pied de pale s'étendant entre les deux demi-coquilles (311, 811, 312) et des moyens pour assembler ladite bride de manière étanche avec les deux demi-coquilles.
7. Outillage selon la revendication 6, dans lequel le noyau comprend deux baudruches (1135, 1136, 1137) gonflables individuellement.
8. Outillage selon l'une quelconques des revendication 6 à 7, dans lequel le noyau gonflable comprend plusieurs compartiments (631, 632) gonflables individuellement
- 20
9. Outillage selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel le noyau (535, 835, 1035) comprend une bâche interne (635) et une bâche externe (636) et des moyens pour contrôler la pression dans la bâche interne (635) et dans l'espace compris entre la bâche interne (635) et la bâche externe (636).
- 25
10. Outillage selon l'une des revendications 6 à 10, pour la réalisation d'une pale selon la revendication 5, dans lequel le noyau (1035) comprend une zone (1036) de maintien de la préforme du profilé (115) de renfort.

11. Outillage selon la revendication 8 ou la revendication 9, dans lequel le noyau gonflable comprend un compartiment rempli, au moins partiellement, d'une mousse à cellules ouvertes.
- 5 12. Outillage selon la revendication 8 ou la revendication 9, dans lequel le noyau gonflable comprend un compartiment rempli, au moins partiellement, d'une mousse (637) à cellules fermées.
13. Outillage selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, comprenant des moyens (360) d'adduction de résine dans la cavité moulante.
- 10 14. Outillage selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, comprenant :
- 15 z. une cale pentée (610) reposant sur la surface formant plan de joint (315) d'assemblage de l'une des demi-coquilles avec l'autre demi-coquille et dans un logement (615) de l'autre demi-coquille, ledit logement comprenant une surface en bois coopérant avec ladite cale pentée pour plaquer les fibres d'une préforme sèche sur le noyau lors du rapprochement des deux demi-coquilles (311, 312) pour la fermeture de la cavité moulante.
- 20 15. Procédé pour la fabrication d'une pale creuse utilisant un outillage selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
- 25 i. assembler la bride (241, 242, 841) du pied de pale avec l'outillage
- ii. draper (510, 810) une préforme dans l'empreinte de l'une des demi-coquilles (311, 811) de l'outillage ;
- iii. insérer (530, 830) le noyau (535, 835) dans l'empreinte sur la préforme réalisée à l'étape ii) et gonfler ledit noyau à une première pression de gonflage ;

- iv. draper (540, 840) une préforme (545, 845) correspondant à la partie complémentaire de celle réalisée à l'étape i) sur le noyau (535, 835) inséré et gonflé à l'étape ii).
- 5 **16.** Procédé selon la revendication 15, comprenant avant l'étape i) une étape consistant à réaliser une préforme (230) du pied de pale intégrant les brides (241, 242) avant et arrière, et dans lequel l'étape i) consiste à placer la préforme (230) du pied de pale ainsi obtenue à l'extrémité de la demi-coquille (311) sur laquelle est drapée la préforme (515) à l'étape ii).
- 10 **17.** Procédé selon la revendication 16, dans lequel la première étape ii) de drapage (810) comprend une phase de drapage des plis de l'aile de la pale suivie d'une phase de drapage des plis de l'aile situés au niveau du pied pale.
- 15 **18.** Procédé selon la revendication 15, dans lequel l'intrados de l'aile de la pale est drapé (510, 810) au cours de l'étape ii) sur une surface plus large que l'empreinte (320) de la demi-coquille (311, 811) correspondante, le raccordement entre l'intrados et l'extrados de l'aile de la pale étant réalisé par une enture (625) en biseau placée dans l'empreinte de la deuxième demi-coquille et sur le noyau, à distance du plan de joint (315) d'assemblage des deux demi-coquilles (311, 312).
- 20 **19.** Procédé selon l'une des revendications 15 à 18, dans lequel les plis des préformes de l'aile de la pale, drapées lors des étapes ii) et iv) sont constitués de fibres de verre continues et les plis correspondant à la préforme du pied de pale sont constitués d'un non-tissé de fibres de carbone.
- 25 **20.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 18 et utilisant un outillage selon la revendication 9, comprenant après l'étape iv) les étapes consistant à :
- v. fermer le moule en assemblant les deux demi coquilles ;

- 5 vi. tirer au vide la cavité moulante entre les deux demi-coquilles et
 comprenant les préformes
 et dans lequel la pression est contrôlée dans la bâche interne
 (635) et dans l'espace compris entre la bâche interne (635) et
 la bâche externe (636) du noyau (535, 835, 1035) au cours des
 étapes v) et vi) de sorte à contrôler l'épaisseur du de la
 préforme au cours des opérations subséquentes.
- 10 **21.** Procédé selon la revendication 20, dans lequel le gonflage de la bâche
 externe ou de la bâche interne du noyau est réalisé par l'injection de
 mousse expansible dans ladite bâche.
- 22.** Procédé selon la revendication 20, utilisant un noyau gonflable selon
 la revendication 11, dans lequel le gonflage du noyau comprend
 l'injection d'un fluide sous pression dans la mousse à cellules ouvertes.
- 15 **23.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 22 dans
 lequel les plis drapés sont des fibres préimprégnées d'un polymère.
- 24.** Procédé selon les revendications 15 à 22, dans lequel les opérations
 de drapage des préformes sont réalisées avec des plis de fibres
 sèches et utilisant un outillage selon la revendication 13, comprenant
 après l'étape vi) une étape consistant à :
- 20 vii. transférer de la résine dans les préformes.
- 25.** Procédé selon la revendication 24, comprenant une étape de couture
 des préformes entre-elles.

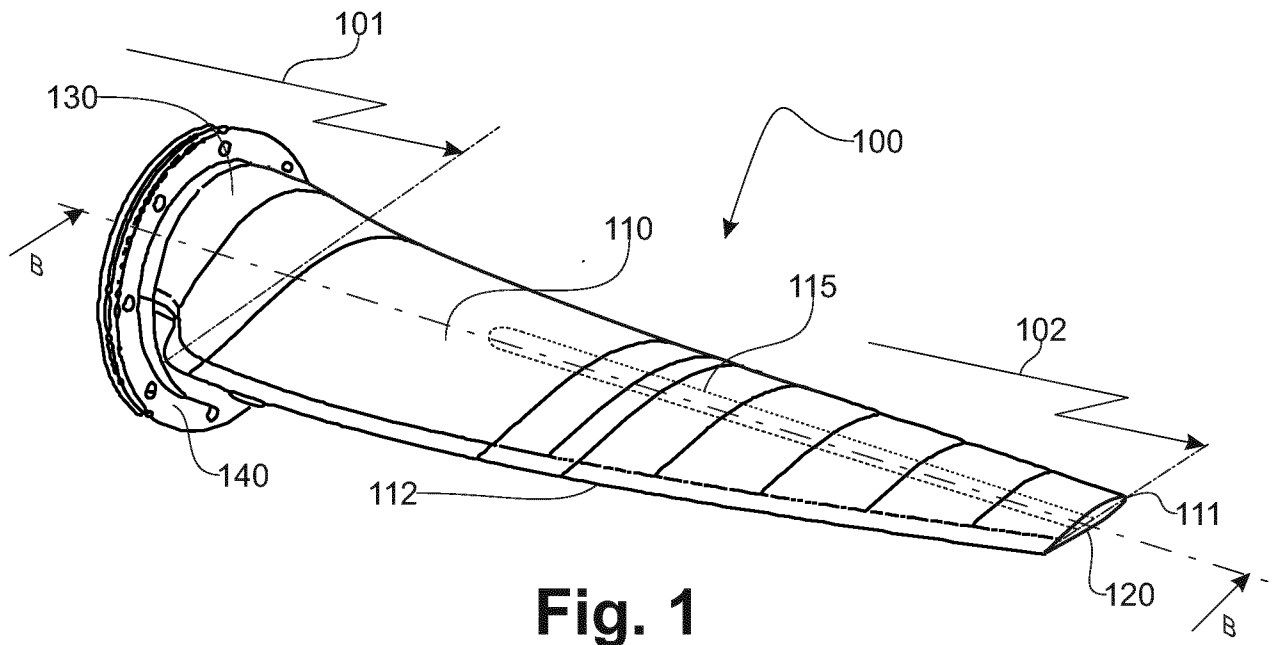


Fig. 1

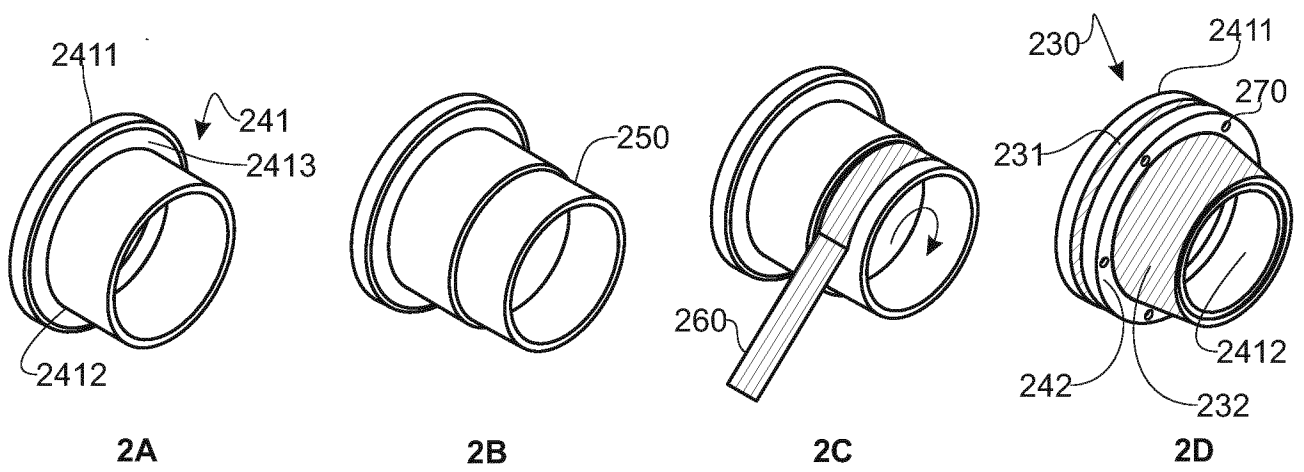


Fig. 2

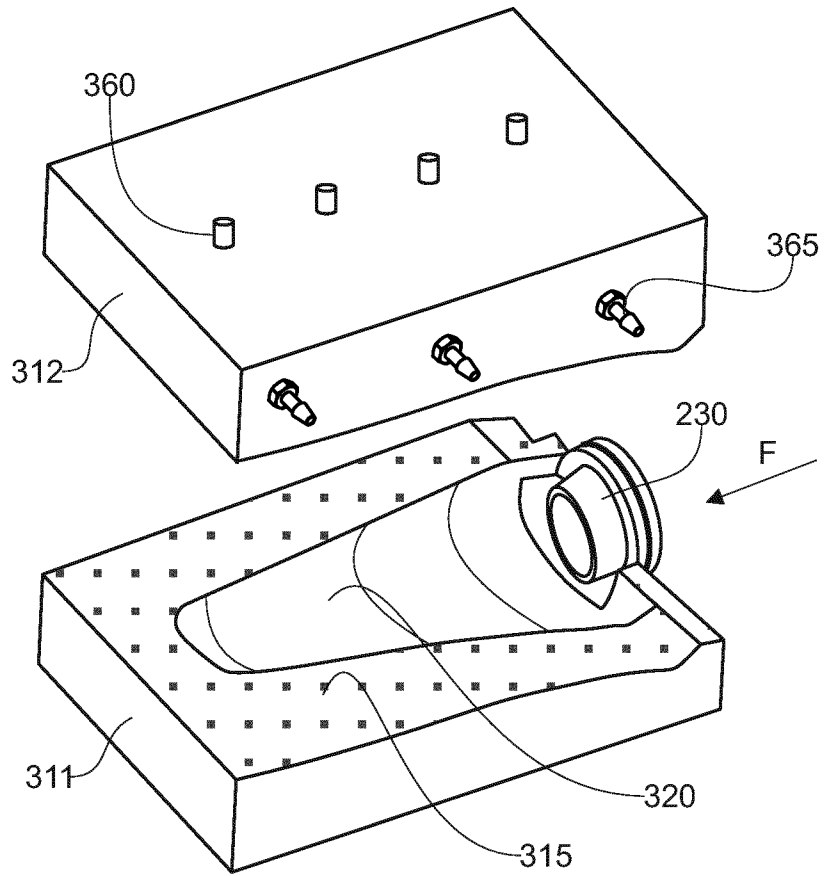


Fig. 3

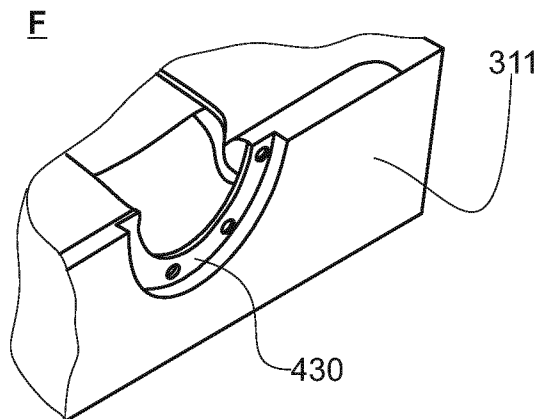


Fig. 4

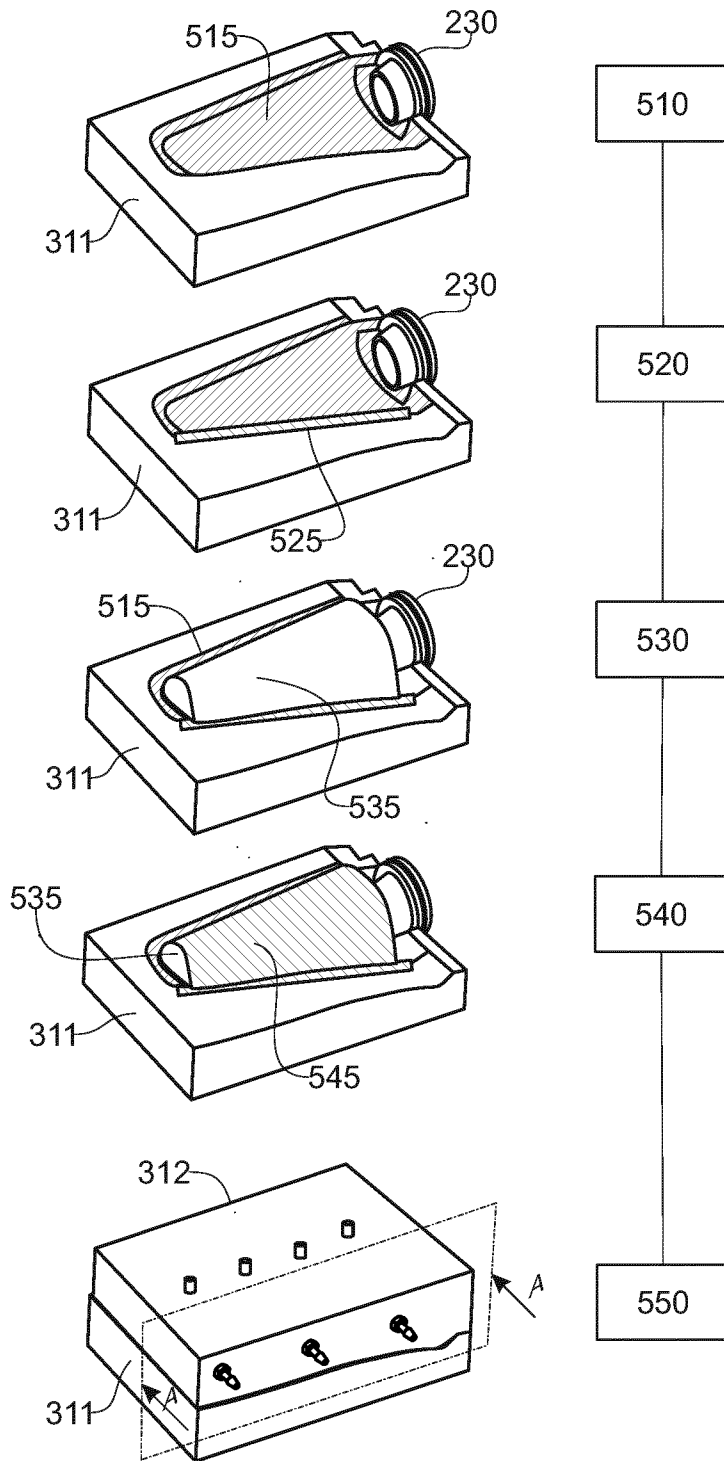


Fig. 5

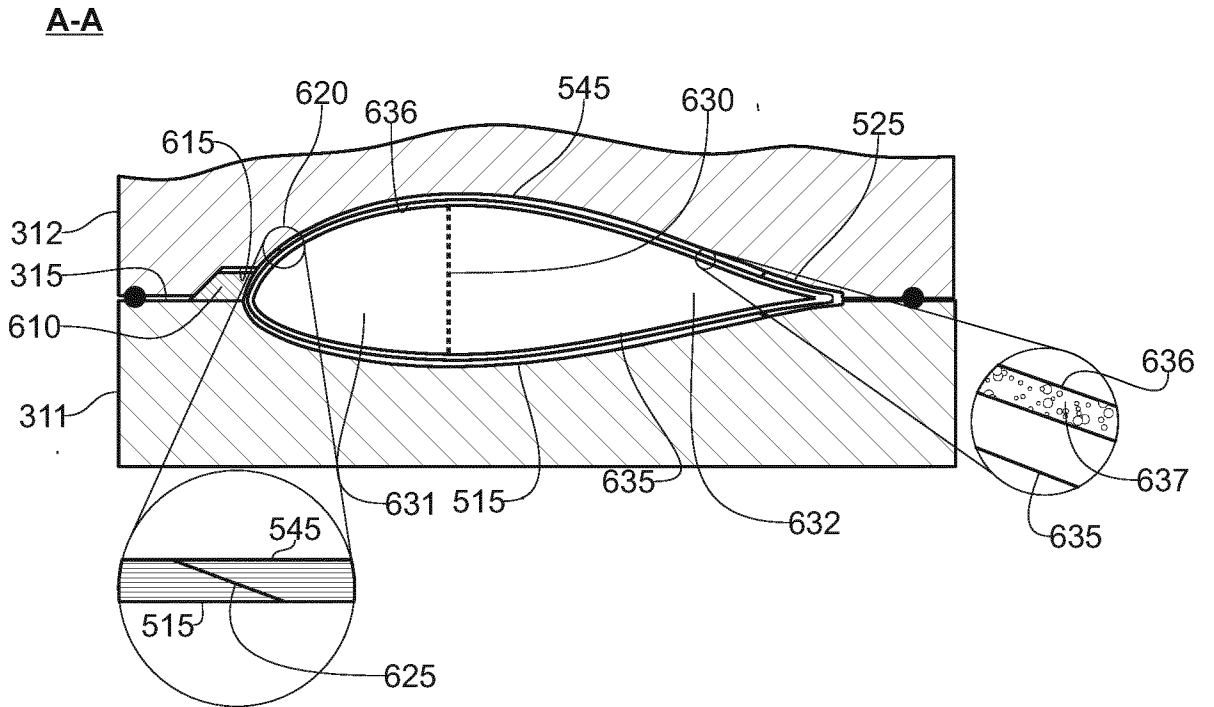


Fig. 6

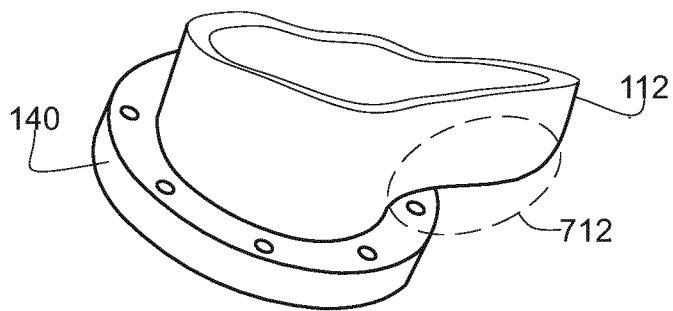


Fig. 7

5/6

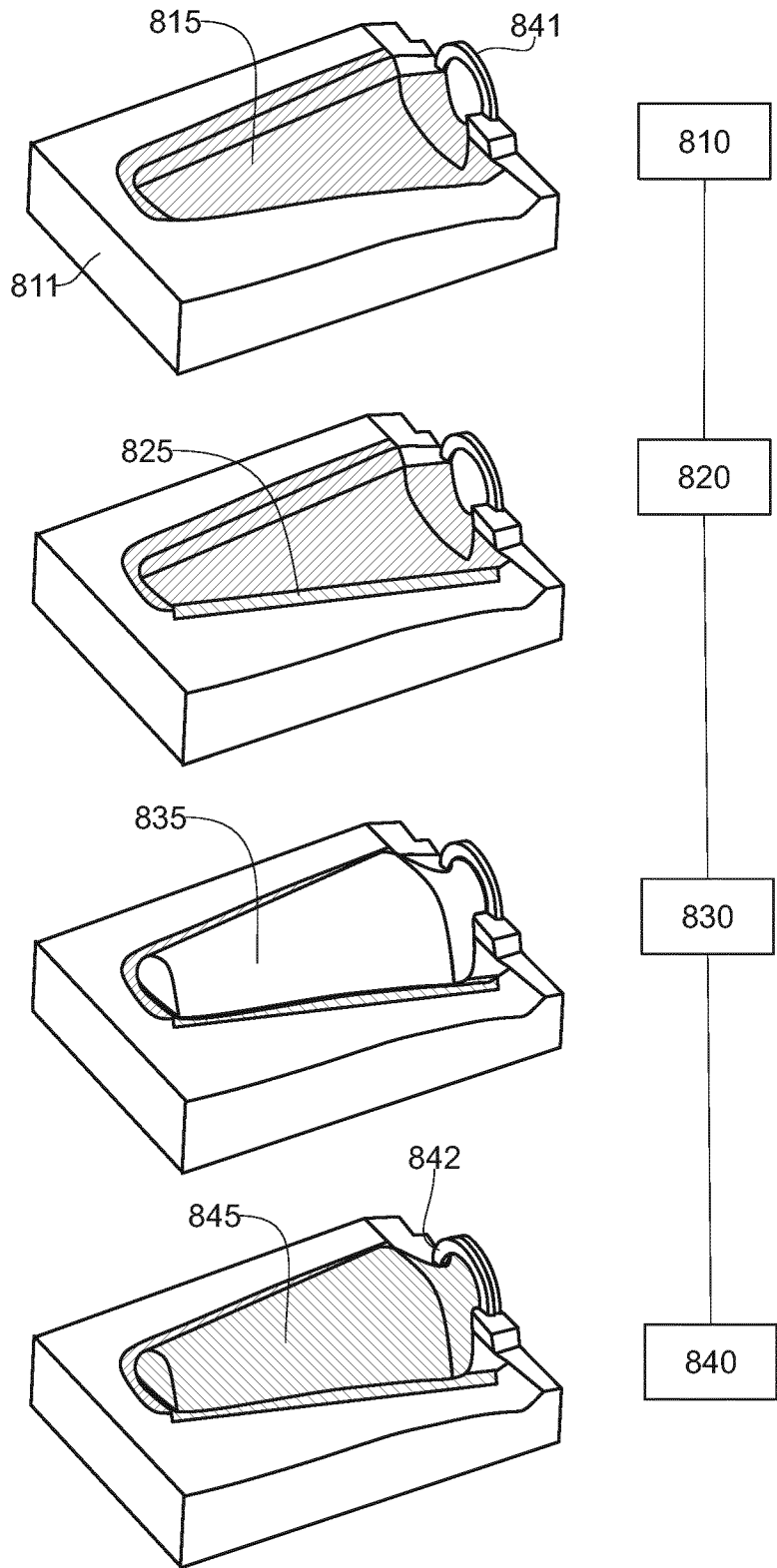


Fig. 8

BB

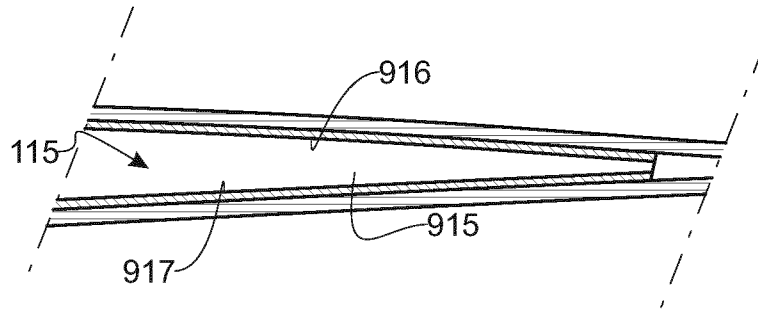


Fig. 9

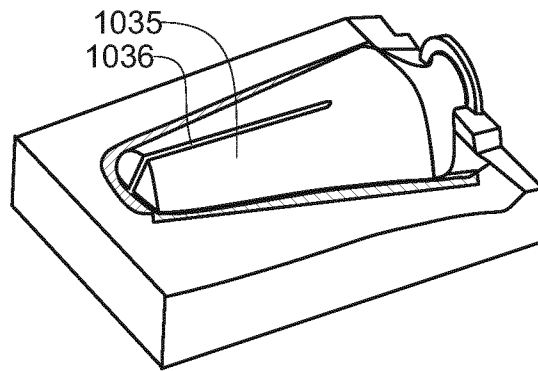


Fig. 10

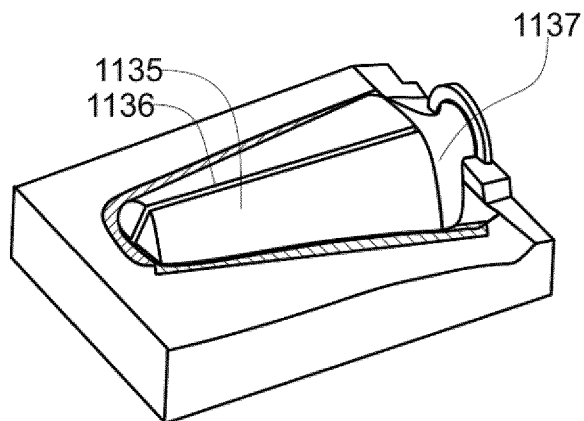


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/055228

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29D99/00
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)
F03D B29C B29D B29L

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/354541 A1 (GROVE-NIELSEN ERIK [DK]) 10 December 2015 (2015-12-10) figure 2 page 1, paragraphs [0014], [0019], [0020] page 2, paragraphs [0041], [0043] -----	1-5
A	DE 37 38 216 C1 (MT PROPELLER ENTWICKLUNG GMBH) 1 June 1989 (1989-06-01) figure 1 column 4, lines 38-58, 65-68 -----	1-5
A	WO 2012/042261 A1 (VESTAS WIND SYS AS [DK]; VUILLAUME AMAURY [GB]; HANCOCK MARK [GB]) 5 April 2012 (2012-04-05) figures 7, 8, 10 page 14, lines 22-26 -----	1-5
	-/--	

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

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 22 May 2017	Date of mailing of the international search report 25/07/2017
--	--

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/EP2017/055228

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 260 332 A (WEINGART OSCAR ET AL) 7 April 1981 (1981-04-07) figures 1, 2 -----	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2017/055228

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-5

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-5

A hollow turbine blade, in particular a marine current turbine blade, composed of a composite material with a continuous fibre reinforcement and comprising a wing and a blade root with a metal flange for connecting said blade with a rotor, wherein the flange is joined with the blade root when the blade is moulded, and wherein the flange includes a front flange, in the form of a stepped tube comprising the interface for mounting the blade to a rotor, and a rear flange, in the form of a ring, the blade having a blade root coupling composed of a composite material with a continuous fibre reinforcement, wound about the tube of the front flange and comprising a radial extension axially sandwiched between the front flange and the rear flange.

2. Claims 6-25

Tooling for producing a hollow part by transferring resin into a dry fibrous preform, comprising:

- u. a first half shell comprising a cavity for one face of the hollow part;
- v. a second half shell comprising a cavity for the other face of the hollow part;
- w. means for sealingly assembling the two half-shells to form a moulding cavity assembly in the shape of the hollow part;
- x. a core reproducing the inner shape of the hollow part, and able to be inserted into the moulding cavity assembly;
- y. means for vacuum tapping the moulding cavity assembly and means for supplying resin into said cavity assembly in order to transfer the resin into the preform;
- z. a sloping wedge positioned on the surface forming a parting line for assembling one of the half-shells with the other half-shell, and inside a recess of the other half-shell, said recess comprising an oblique surface cooperating with said sloping wedge to press the fibres of a dry preform onto the core when the two half-shells are moved towards each other to close the moulding cavity assembly.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/055228

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2015354541	A1	10-12-2015	CN 105134480 A	09-12-2015
			EP 2952735 A1	09-12-2015
			US 2015354541 A1	10-12-2015

DE 3738216	C1	01-06-1989	NONE	

WO 2012042261	A1	05-04-2012	NONE	

US 4260332	A	07-04-1981	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/055228

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29D99/00 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) F03D B29C B29D B29L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2015/354541 A1 (GROVE-NIELSEN ERIK [DK]) 10 décembre 2015 (2015-12-10) figure 2 page 1, alinéas [0014], [0019], [0020] page 2, alinéas [0041], [0043] -----	1-5
A	DE 37 38 216 C1 (MT PROPELLER ENTWICKLUNG GMBH) 1 juin 1989 (1989-06-01) figure 1 colonne 4, lignes 38-58, 65-68 -----	1-5
A	WO 2012/042261 A1 (VESTAS WIND SYS AS [DK]; VUILLAUME AMAURY [GB]; HANCOCK MARK [GB]) 5 avril 2012 (2012-04-05) figures 7, 8, 10 page 14, lignes 22-26 ----- -/--	1-5
<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 "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 22 mai 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 25/07/2017
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
A	US 4 260 332 A (WEINGART OSCAR ET AL) 7 avril 1981 (1981-04-07) figures 1, 2 -----	1-5

Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :

2. Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :

3. Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.

2. Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.

3. Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}:

4. Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}:
1-5

- Remarque quant à la réserve**
- Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
 - Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
 - Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-5

Pale d'hélice creuse, notamment une pale d'hydrolienne, constituée d'un matériau composite à renfort fibreux continu et comportant une aile et un pied de pale comprenant une bride métallique pour la liaison de ladite pale avec un rotor, dans laquelle ladite bride est liée au pied de pale lors du moulage de ladite pale, et dans laquelle, la bride comprend une bride avant, sous la forme d'un tube épaulé comprenant l'interface de montage avec un rotor, et une bride arrière, sous la forme d'une couronne, la pale comportant un raccord de pied de pale constitué d'un matériau composite à renfort fibreux continu, enroulé autour du tube de la bride avant et comprenant une extension radiale prise axialement en sandwich entre la bride avant et la bride arrière

2. revendications: 6-25

Outillage pour la réalisation d'une pièce creuse par transfert de résine dans une préforme fibreuse sèche, comprenant :

- u. une première demi-coquille comprenant une empreinte d'une face de la pièce creuse ;
- v. une deuxième demi-coquille comprenant une empreinte de l'autre face de la pièce creuse ;
- w. des moyens pour assembler les deux demi-coquilles de manière étanche de sorte à former une cavité moulante à la forme de la pièce creuse ;
- x. un noyau reproduisant la forme intérieure de la pièce creuse, et apte à être inséré dans la cavité moulante ;
- y. des moyens de tirage au vide de la cavité moulante et des moyens d'adduction de résine dans ladite cavité en vue de son transfert dans la préforme ;
- z. une cale pentée reposant sur la surface formant plan de joint d'assemblage de l'une des demi-coquilles avec l'autre demi-coquille et dans un logement de l'autre demi-coquille, ledit logement comprenant une surface en biais coopérant avec ladite cale pentée pour plaquer les fibres d'une préforme sèche sur le noyau lors du rapprochement des deux demi-coquilles pour la fermeture de la cavité moulante.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/055228

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
US 2015354541	A1	10-12-2015	CN 105134480 A	09-12-2015
			EP 2952735 A1	09-12-2015
			US 2015354541 A1	10-12-2015

DE 3738216	C1	01-06-1989	AUCUN	

WO 2012042261	A1	05-04-2012	AUCUN	

US 4260332	A	07-04-1981	AUCUN	
