



(11)

EP 2 721 305 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

24.02.2021 Bulletin 2021/08

(51) Int Cl.:

F04D 29/44 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12734964.5**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2012/051367

(22) Date de dépôt: **19.06.2012**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2012/175855 (27.12.2012 Gazette 2012/52)

(54) **PROCÉDÉ DE DIFFUSION D'UN ÉTAGE DE COMPRESSION D'UNE TURBINE A GAZ ET ÉTAGE
DE DIFFUSION DE MISE EN OEUVRE**

VERFAHREN ZUM DIFFUNDIEREN EINER GASTURBINENKOMPRESSIONSSTUFE UND
DIFFUSIONSSTUFE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

METHOD FOR DIFFUSING A GAS TURBINE COMPRESSION STAGE, AND DIFFUSION STAGE
FOR IMPLEMENTING SAME

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **BULOT, Nicolas**
F-64510 Assat (FR)
- **PORODO, Jérôme**
F-64000 Pau (FR)

(30) Priorité: **20.06.2011 FR 1155370**

(74) Mandataire: **Gevers & Orès**
9 rue St Antoine du T
31000 Toulouse (FR)

(43) Date de publication de la demande:
23.04.2014 Bulletin 2014/17

(73) Titulaire: **Safran Helicopter Engines**
64510 Bordes (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 411 223 GB-A- 685 814
US-A- 6 123 506 US-A1- 2003 235 497
US-A1- 2010 278 643

(72) Inventeurs:

- **TARNOWSKI, Laurent**
F-64000 Pau (FR)

EP 2 721 305 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention se rapporte à un étage de diffusion de compresseur radial ou mixte de turbine à gaz.

[0002] Le domaine de l'invention concerne l'amélioration des performances et de la marge au pompage des compresseurs centrifuges et mixtes sur l'ensemble de diffusion de l'étage concerné. Cet ensemble de diffusion a pour fonction de transformer l'énergie cinétique du fluide, obtenue en sortie de la roue centrifuge constituant l'étage, en pression statique. L'opération doit se dérouler avec un minimum de perte de pression totale tout en maintenant un niveau de stabilité du compresseur satisfaisant afin de maintenir une marge au pompage acceptable pour le fonctionnement de la turbomachine.

[0003] Un compresseur centrifuge possède au moins un étage de compression radial, c'est-à-dire apte à réaliser un écoulement de l'air perpendiculaire à l'axe central du compresseur. Un compresseur mixte possède au moins un étage de compression incliné par rapport audit axe central.

[0004] Un ensemble de diffusion d'un étage de compression est composé d'une roue formée de deux flasques entre lesquelles s'écoule le fluide de manière centrifuge ou inclinée à partir du centre vers la périphérie. Des aubes sont réparties entre les flasques tout le long de la roue. Ces aubes forment une grille d'écoulement entre les bords d'attaque de ces aubes du côté du centre et les bords de fuite du côté externe.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

[0005] Les flasques des ensembles de diffusion radiaux et mixtes sont traditionnellement plans et les sections de passage du fluide entre les aubes sont avantageusement évolutives. Les évolutions des sections de passage sont définies par la section de passage au col du diffuseur et par le niveau de ralentissement entre les bords d'attaque et de fuite de la grille d'aubes..

[0006] D'autres architectures prévoient des flasques axisymétriques en liaison avec des veines évolutives pour un contrôle supplémentaire de la section de passage et optimiser ainsi la diffusion dans la grille. Une autre architecture est connue du document US2003/235497 A1.

[0007] Ces solutions ne permettent un contrôle que dans une dimension, celle de la variation de la section de passage. Aucun contrôle de l'hétérogénéité tangentielle de l'écoulement du fluide, entre deux aubes, n'est réalisé. Or ce contrôle permet de réguler et d'optimiser l'écoulement.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0008] L'invention vise à réaliser un tel écoulement par la mise en place de flasques optimisés en forme car ces

flasques représentent la plus grande surface « mouillée » par l'écoulement. Des formes non-axisymétriques dans le sens de l'écoulement et tangentiellement sont ainsi proposées.

[0009] Plus précisément, la présente invention a pour objet un étage de diffusion de compresseur radial ou mixte de turbine à gaz selon la revendication 1.

[0010] Dans cet étage de diffusion de compresseur radial ou mixte de turbine à gaz, la forme tridimensionnelle de la veine du fluide permet de redistribuer et d'homogénéiser son écoulement dans cette veine : les écoulements secondaires, générateurs de pertes de charge, sont sensiblement réduits. La position des chocs dans les aubages transsoniques est modifiée et leur intensité affaiblie. De plus, le blocage aérodynamique en entrée de la chambre de combustion qui suit l'étage de compression est également sensiblement réduit.

[0011] Selon l'invention, l'étage de diffusion présente des zones alternées en creux et en bosse entre les aubes, en particulier jusqu'à sensiblement 80 % (de préférence jusqu'à sensiblement 50%) d'une corde d'une aube, en bord d'attaque des aubes, avec un début en amont du bord d'attaque, et/ou, selon une particularité avantageuse, en bord de fuite, jusqu'en aval du bord de fuite. Ces zones alternées de creux et de bosse peuvent s'appliquer sur l'un et/ou l'autre des deux flasques de diffusion centrifuges (radiaux) et mixtes, notamment de manière symétrique, par rapport à un plan de symétrie central des flasques, ou de manière parallèle dans le cas où les deux flasques de l'étage sont concernés.

PRÉSENTATION DES FIGURES

[0012] D'autres données, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description non limitée qui suit, en référence aux figures annexées qui représentent, respectivement :

- la figure 1, une vue en coupe partielle d'une turbine à gaz comportant un diffuseur d'air ;
- les figures 2a et 2b, des vues en perspective d'un étage de diffusion à aubes comportant un et deux flasques ;
- les figures 3a à 3c, des vues schématiques de profils d'un flasque dans le sens d'écoulement de l'air le long d'une aube, avec deux zones à courbure alternée respectivement le long de l'aube, en bord de fuite jusqu'en aval de l'aube, et en bord d'attaque à partir de l'amont de l'aube ;
- la figure 4, une vue schématique partielle dans la direction tangentielle inter-aubes, avec un flasque présentant deux zones à courbure alternée ;
- la figure 5, une vue schématique inter-aubes perspective en bord d'attaque avec un flasque présentant une zone à courbure alternée ; et
- la figure 6, une vue schématique perspective en bord de fuite de deux aubes avec un flasque plan et un flasque présentant une zone à courbure alternée.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0013] Les termes « aval » et « amont » qualifient des positionnements par rapport à l'écoulement du flux d'air. Sur toutes les figures, des signes de références identiques renvoient aux passages de la description dans lesquels les éléments correspondant à ces signes de référence sont définis.

[0014] En référence à la vue schématique en coupe partielle d'une turbine à gaz 1 d'hélicoptère selon la figure 1, un flux d'air F est d'abord aspiré dans une manche d'entrée d'air frais 2, puis comprimé entre les pales 3 d'un rouet 4 de compresseur centrifuge 5 et un couvercle 10. La turbine est de symétrie axiale autour d'un axe X'X.

[0015] Le compresseur 5 est ici centrifuge et le flux F comprimé sort alors radialement du rouet 4. Lorsque le compresseur est mixte, le flux sort incliné selon un angle compris entre 0° et 90° par rapport à une direction radiale, perpendiculaire à l'axe X'X.

[0016] Le flux F passe alors par un diffuseur ou roue 6, disposé en sortie du compresseur 4, pour être redressé et acheminé vers des canaux 7 d'entrée d'une chambre de combustion 8.

[0017] Pour effectuer ce redressement, la roue 6 se compose d'une pluralité d'aubes courbes 60, agencées entre deux flasques 9 à la périphérie du rouet 4 - ici de manière radiale - et donc de révolution autour de l'axe X'X.

[0018] La figure 2b illustre plus précisément en vue perspective le diffuseur 6 à aubes 60 solidarisées à deux flasques 9. Sur la figure 2a, où un flasque a été supprimé pour plus de clarté, chaque aube 60 présente, de manière connue, une face dite extrados 6e et une face dite intrados 6i. Dans l'exemple illustré, ces faces sont reliées par un bord d'attaque effilé 6a et un bord de fuite arrondi 6f, dans le sens d'écoulement du flux d'air. Transversalement aux extrados et intrados, chaque aube 60 présente des flancs plans 6p solidarisés aux flasques 9.

[0019] Les flasques 9 des figures 2a et 2b sont classiquement plans. Selon l'invention, l'un au moins de ces flasques 9 présentent, dans l'espace E qu'ils définissent entre eux, au moins une zone à courbure alternée entre deux aubes 60.

[0020] En référence à la figure 3a, un tel flasque 9 est illustré de profil, dans le sens d'écoulement du flux d'air F le long des aubes 60, de l'entrée en bord d'attaque 6a de l'aube jusqu'au canal 7 de sortie vers la chambre de combustion. Deux zones à courbure alternée Z1 et Z2 sont réalisées dans le flasque 9, le long des aubes 60. Chacune de ces zones présente du côté du flux F, et par rapport à la portion de face plane 9p du flasque 9, une portion en creux 91 et une portion en bosse 92. Les zones Z1 et Z2 s'étendent globalement, dans l'exemple illustré non limitatif, sur environ 80% de la longueur de la corde 6c des aubes 60.

[0021] Le flasque 9 présente sur les figures une épaisseur filiforme pour simplifier la présentation, mais il présente en réalité une certaine épaisseur et les zones à

courbure alternée sont formées sur la face interne 9i du flasque où s'écoule le flux d'air F. La face externe 9e du flasque 9 peut rester plane ou épouser également des formes à courbure alternée en bosse et creux, inversées dans cet exemple par rapport aux formes en creux et bosse de la face interne 9i. Dans le premier cas, le flasque présente une épaisseur variable et, dans le second cas, une épaisseur constante. La forme des flasques peut dépendre en particulier de la méthode utilisée pour réaliser les zones de courbure alternée : par fraisage, laser, électroérosion, formage, emboutissage, etc.

[0022] Sur les figures 3b et 3c, les deux zones à courbure alternée Z1 et Z2 sont respectivement formées en bord de fuite 6f des aubes 60 et jusqu'en aval des aubes dans l'entrée du canal 7, et en bord d'attaque 6a à partir de l'entrée amont des aubes 60.

[0023] La figure 4 illustre une vue schématique partielle de l'étage de diffusion « dans la direction tangentielle » 6t inter-aubes, c'est-à-dire entre deux aubes 60. La flèche F indique le sens d'écoulement de l'air. La face interne 9i du flasque 9 présente deux zones à courbure alternée Z1 et Z2 qui s'étendent principalement entre les faces intrados 6i et extrados 6e deux aubes 60.

[0024] La vue en perspective inter-aubes en bord d'attaque 6a de la figure 5 montre, plus précisément, le flasque 9 avec une zone à courbure alternée Z1 entre les deux aubes 60. La zone présente la portion à courbure en creux 91, à l'intrados 6i d'une aube 60, et la portion à courbure en bosse 92, à l'extrados 6e de l'autre aube 60. Cette alternance de courbures permet un équilibrage des pressions entre l'intrados et l'extrados de chaque aube 60. La section au col 6s entre les bords d'attaque 6a est conservée.

[0025] Aux bords de fuite 6f, l'homogénéisation de l'écoulement du flux d'air F est illustrée en perspective par la figure 6. Avec un flasque plan 90 (représenté hachuré sur la figure) entre deux aubes 60, un blocage aérodynamique se crée dans la zone Z0 à très faible quantité de mouvement. Dans cette configuration de l'état de la technique, l'écoulement d'air principal (flèche F) est à fort nombre de Mach. Par contraste, avec un flasque 9 à courbure alternée selon l'invention, la zone de blocage aérodynamique est supprimée et l'écoulement de l'air F est homogénéisé en occupant toute la section de passage offerte, avec un nombre de Mach plus faible.

[0026] L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits et représentés. Ainsi, dans les exemples illustrés les courbures sont alternées dans le sens d'écoulement du fluide F mais également dans la direction tangentielle 6t. Dans d'autres variantes, les zones à courbure alternée peuvent se juxtaposer de sorte que des portions de surface de même courbure, en creux ou en bosse, peuvent se côtoyer.

Revendications

1. Étage de diffusion de compresseur radial ou mixte

de turbine à gaz, comportant une roue (6) formée de deux flasques (9) entre lesquelles s'écoule le fluide de manière centrifuge ou inclinée à partir du centre vers la périphérie, des aubes (60) d'une grille étant réparties entre les flasques (9) tout le long de la roue (6) pour canaliser l'écoulement du fluide entre les bords d'attaque (6a) de ces aubes (60) du côté du centre et les bords de fuite (6f) du côté de la périphérie, au moins l'un des flasques (9) présente une face interne (9i) comportant au moins une zone (Z1, Z2) à courbures alternées en creux (91) et en bosse (92) entre deux aubes adjacentes (60) dans le sens d'écoulement le long des aubes, et dans lequel au moins l'un des flasques (9) présente une face interne (9i) comportant également au moins une zone (Z1, Z2) à courbures alternées en creux (91) et en bosse (92) entre deux aubes adjacentes (60) dans une direction tangentielle inter-aubes (6t) sensiblement perpendiculaires au sens d'écoulement le long des aubes, **caractérisé en ce qu'il** présente des zones de creux et de bosse (Z1, Z2) en bord d'attaque (6a) des aubes (60), avec un début en amont du bord d'attaque (6a).

2. Étage de diffusion selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** présente des zones (Z1, Z2) alternées en creux (91) et en bosse (92) entre les aubes, en particulier jusqu'à sensiblement 80 %, de préférence jusqu'à sensiblement 50%, d'une corde (6c) d'une aube (60).
3. Étage de diffusion en bord d'attaque des aubes selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce qu'il** présente des zones de creux et de bosse (Z1, Z2) en bord de fuite (6f) des aubes (60), jusqu'en aval du bord de fuite (6f).
4. Étage de diffusion en bord d'attaque des aubes selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel ces zones alternées de creux et de bosse (Z1, Z2) s'appliquent sur l'un et/ou l'autre des deux flasques (9) de diffusion centrifuges et mixtes.
5. Étage de diffusion selon la revendication précédente, dans lequel ces zones alternées (Z1, Z2) s'appliquent sur les flasques (9) de manière symétrique par rapport à un plan de symétrie central des flasques (9) ou de manière parallèle.

Patentansprüche

1. Diffusionsstufe eines radialen oder gemischten Gasturbinenkompressors, welcher ein Rad (6) umfasst, das aus zwei Flanschen (9) gebildet ist, zwischen denen das Fluid zentrifugal oder geneigt aus der Mitte zur Peripherie strömt, wobei Schaufeln (60) eines Gitters zwischen den Flanschen (9) entlang des Ra-

des (6) verteilt sind, um die Strömung des Fluids zwischen den Vorderkanten (6a) dieser Schaufeln (60) auf Seiten der Mitte, und den Hinterkanten (6f) auf Seiten der Peripherie zu kanalisieren, wobei mindestens einer der Flansche (9) eine Innenseite (9i) aufweist, die mindestens einen Bereich (Z1, Z2) mit abwechselnden vertieften (91) und buckeligen (92) Krümmungen zwischen zwei benachbarten Schaufeln (60) in der Strömungsrichtung entlang der Schaufeln umfasst, und wobei mindestens einer der Flansche (9) eine Innenseite (9i) aufweist, die ebenfalls mindestens einen Bereich (Z1, Z2) mit abwechselnden vertieften (91) und buckeligen (92) Krümmungen zwischen zwei benachbarten Schaufeln (60) in einer tangentialen Richtung zwischen den Schaufeln (6t), im Wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung entlang der Schaufeln umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Vertiefungs- und Buckelbereiche (Z1, Z2) an der Vorderkante (6a) der Schaufeln (60), mit einem Beginn stromaufwärts der Vorderkante (6a) aufweist.

2. Diffusionsstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie abwechselnde vertiefte (91) und buckelige (92) Bereiche (Z1, Z2) zwischen den Schaufeln, insbesondere bis zu im Wesentlichen 80%, vorzugsweise bis zu im Wesentlichen 50% einer Bogensehne (6c) einer Schaufel (60) aufweist.
3. Diffusionsstufe an der Vorderkante der Schaufeln nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Vertiefungs- und Buckelbereiche (Z1, Z2) an der Hinterkante (6f) der Schaufeln (60) bis stromabwärts der Hinterkante (6f) aufweist.
4. Diffusionsstufe an der Vorderkante der Schaufeln nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei diese abwechselnden Vertiefungs- und Buckelbereiche (Z1, Z2) auf den einen und/ oder den anderen der beiden Flansche (9) einer zentrifugalen und gemischten Diffusion angewendet werden.
5. Diffusionsstufe nach dem vorstehenden Anspruch, wobei diese abwechselnden Bereiche (Z1, Z2) auf die Flansche (9) in Bezug auf eine mittlere Symmetrieebene der Flansche (9) symmetrisch oder parallel angewendet werden.

Claims

1. Diffusion stage of a radial or mixed gas turbine engine compressor comprising an impeller (6) formed by two plates (9), between which the fluid flows in a centrifugal or inclined manner from the centre towards the periphery, blades (60) of a cascade being distributed around said impeller (6) between said plates (9) so as to channel the flow of the fluid be-

tween the leading edges (6a) of said blades (60) at the centre and the trailing edges (6f) at the periphery, at least one of said plates (9) has an internal face (9i) comprising at least one zone (Z1, Z2) with alternating hollow (91) and bump (92) curvatures between two adjacent blades (60) in the direction of flow along said blades (60), and wherein at least one of said plates (9) has an internal face (9i) further comprising at least one zone (Z1, Z2) with alternating hollow (91) and bump (92) curvatures between two adjacent blades (60) in an inter-blade tangential direction (6t) substantially perpendicular to the direction of flow (F) along said blades, **characterized in that** it has hollow and bump zones (Z1, Z2) at said leading edge (6a) of said blades (60), starting upstream of said leading edge (6a).

2. Diffusion stage according to claim 1, **characterised in that** it has alternating hollow (91) and bump (92) zones (Z1, Z2) between said blades, in particular up to substantially 80%, and preferably up to substantially 50%, of a chord line (6c) of a blade (60).
3. Diffusion stage at the leading edge of said blades according to any one of claims 1 to 2, **characterised in that** it has hollow and bump zones (Z1, Z2) at said trailing edge (6f) of said blades (60), continuing to downstream of said trailing edge (6f).
4. Diffusion stage at the leading edge of said blades according to any one of claims 1 to 3, wherein said alternating hollow and bump zones (Z1, Z2) are applied to one and/or the other of said two plates (9) for centrifugal and mixed diffusion.
5. Diffusion stage according to the preceding claim, wherein said alternating zones (Z1, Z2) are applied to said plates (9) in a symmetrical manner, relative to a central plane of symmetry of said plates (9), or in a parallel manner.

45

50

55

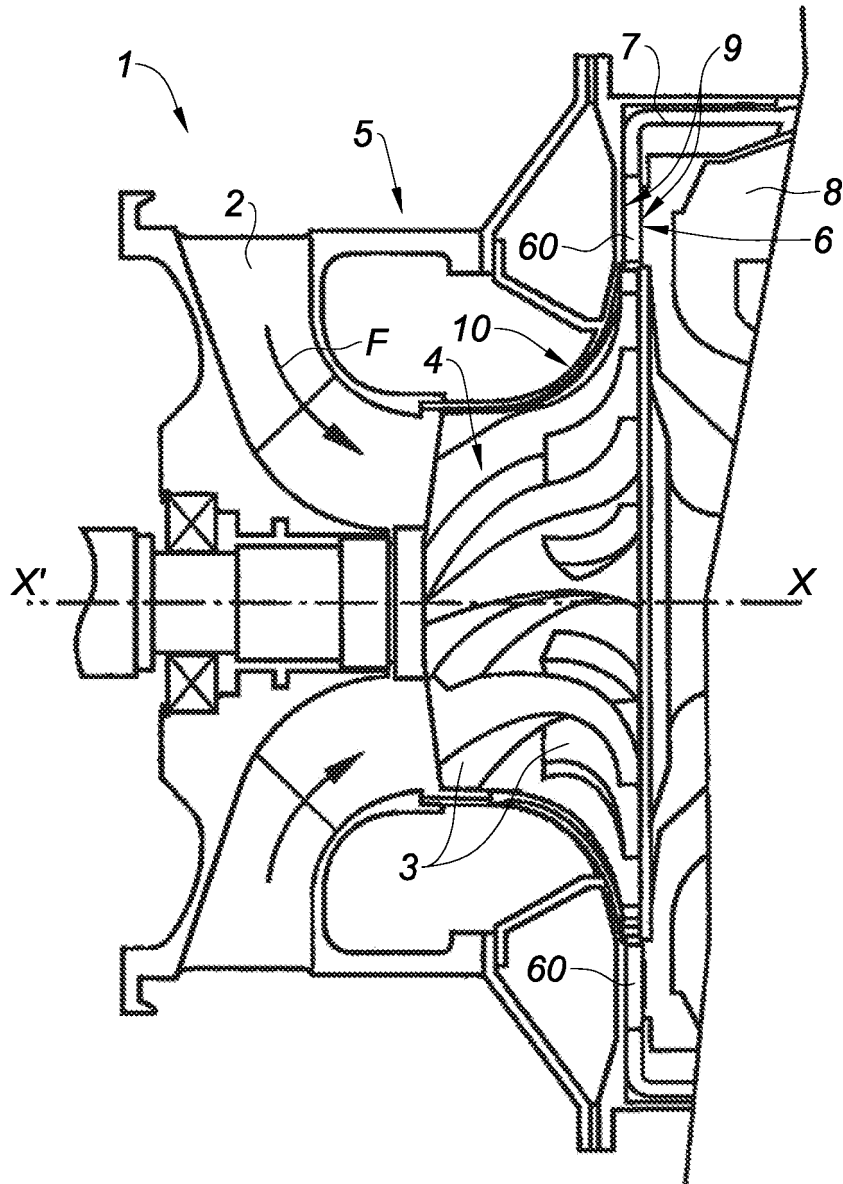


Fig. 1

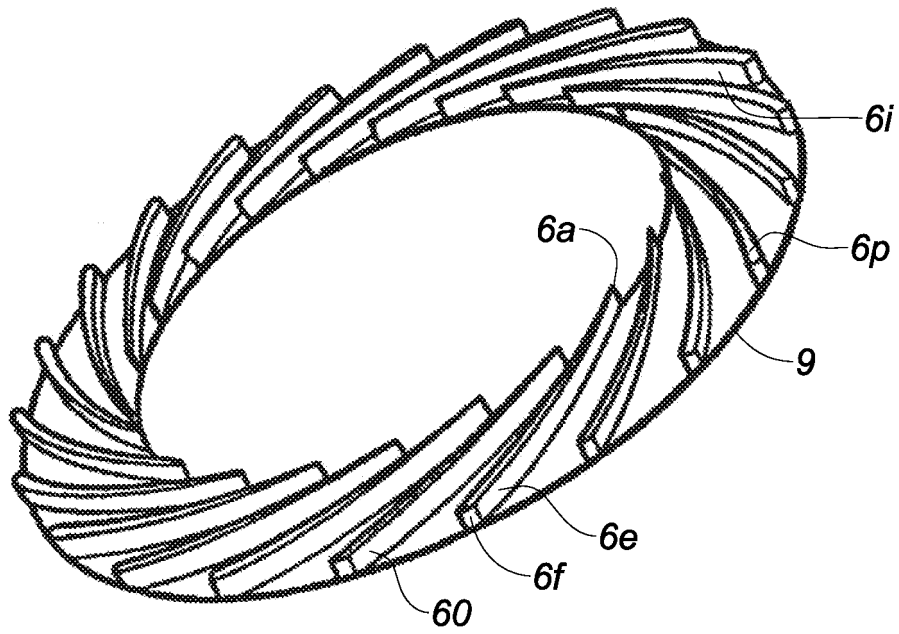


Fig. 2a

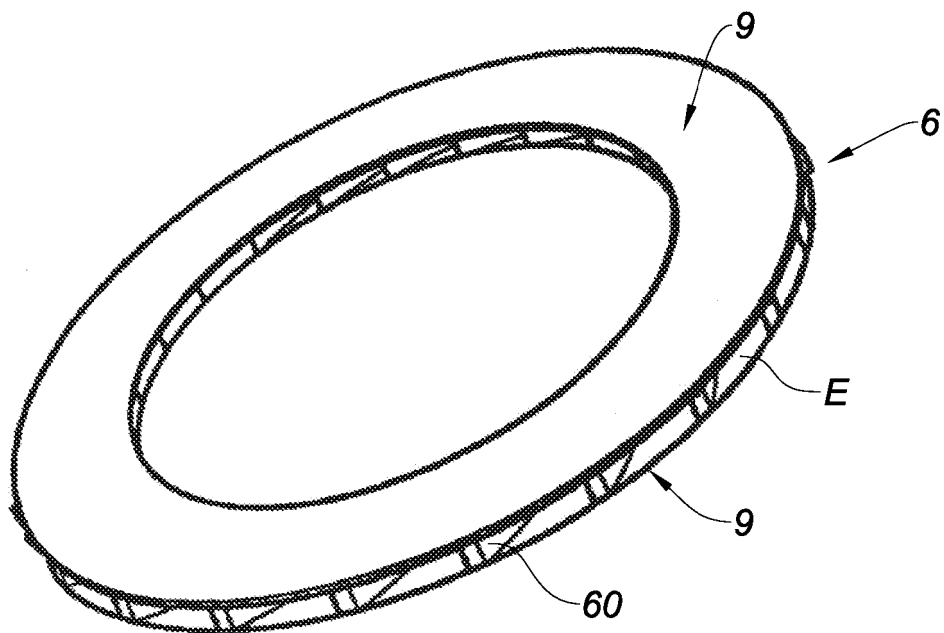
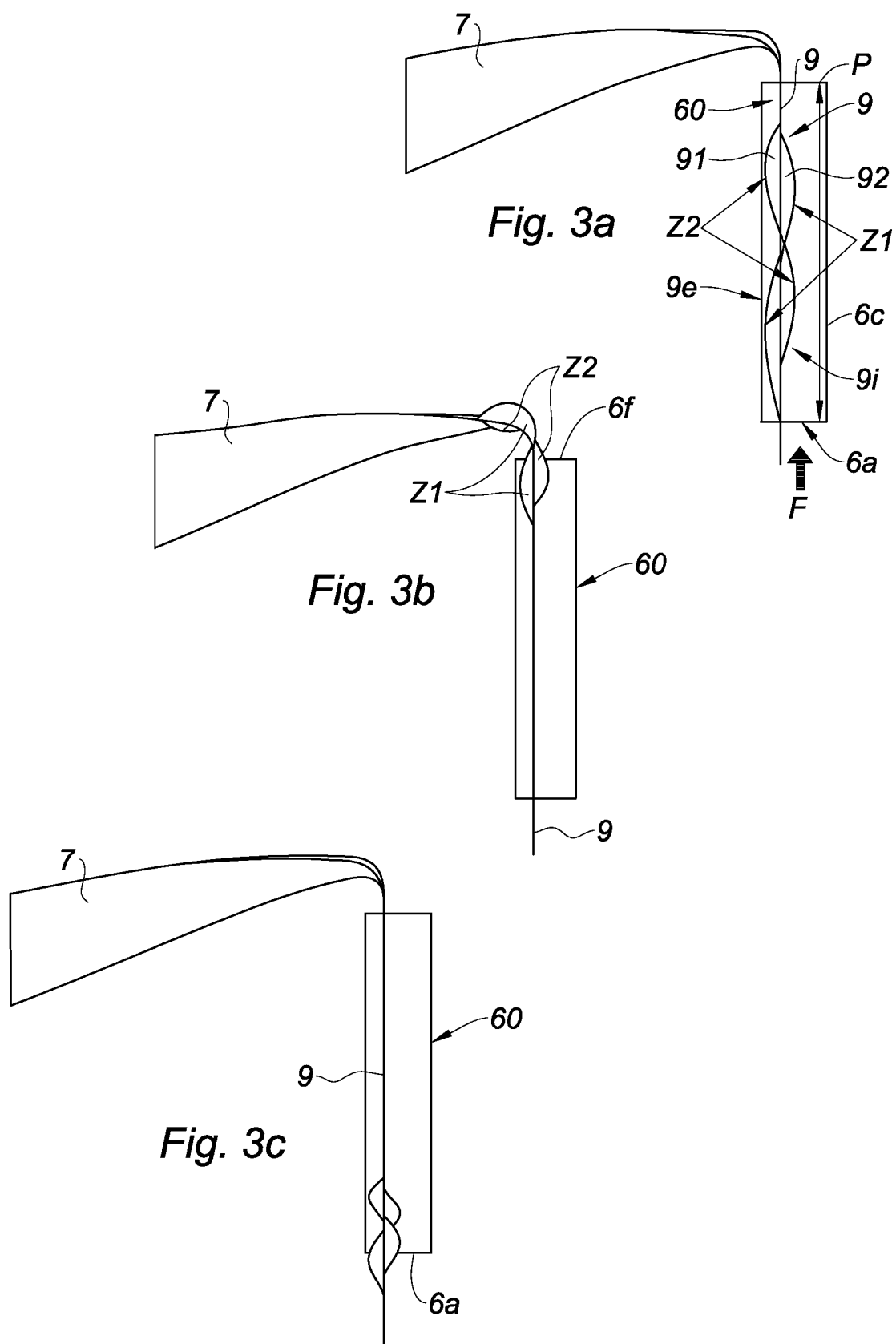


Fig. 2b



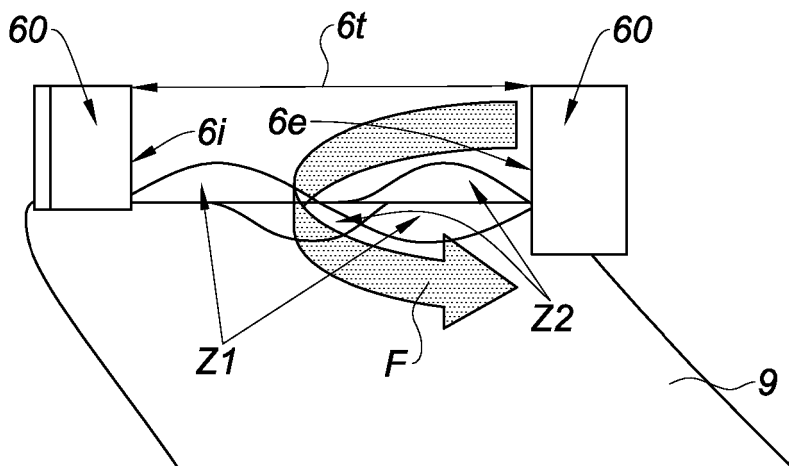


Fig. 4

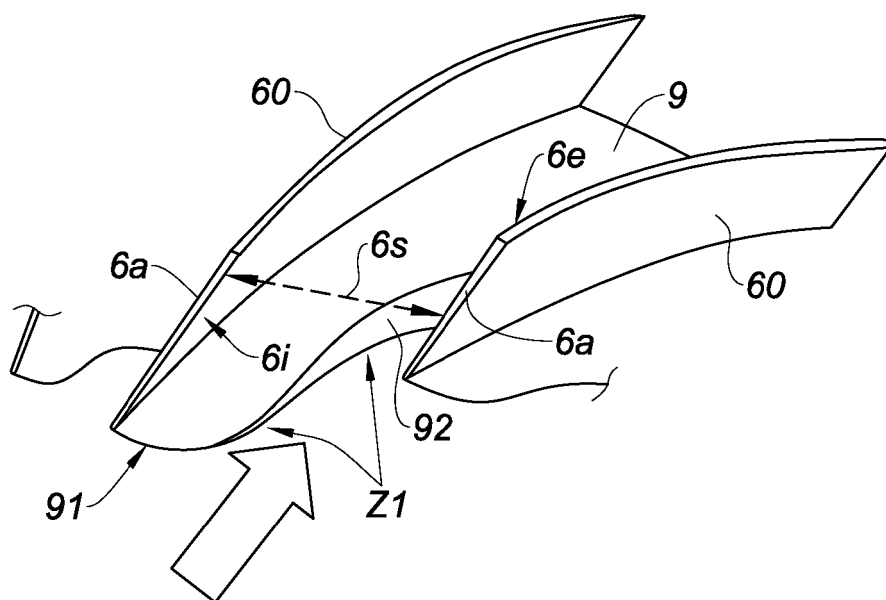


Fig. 5

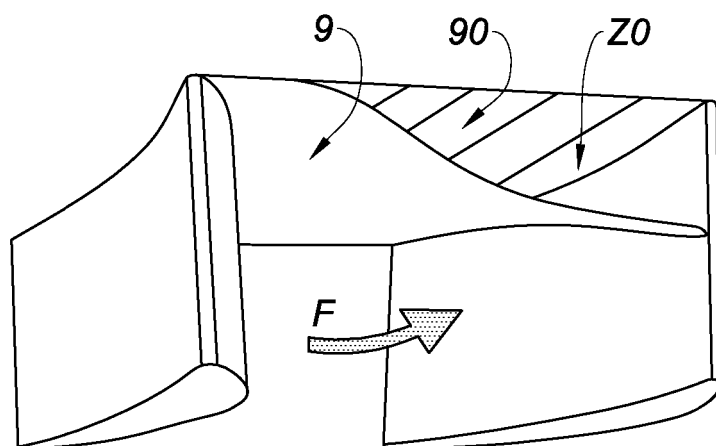


Fig. 6

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 2003235497 A1 [0006]