



(11) **EP 2 859 240 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
09.11.2016 Bulletin 2016/45

(21) Numéro de dépôt: **13742669.8**

(22) Date de dépôt: **15.04.2013**

(51) Int Cl.:
F04D 27/02 ^(2006.01) **F04D 29/16** ^(2006.01)
F04D 29/52 ^(2006.01) **F04D 29/54** ^(2006.01)
F04D 29/68 ^(2006.01) **F04D 17/10** ^(2006.01)
F04D 19/00 ^(2006.01) **F04D 29/42** ^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/050829

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/156726 (24.10.2013 Gazette 2013/43)

(54) **CARTER DE COMPRESSEUR Á CAVITÉS A FORME AMONT OPTIMISÉE**

VERDICHTERGEHÄUSE MIT HOHLRÄUMEN MIT EINER OPTIMIERTEN
AUFWÄRTSSTRÖMUNGSFORM

COMPRESSOR CASING COMPRISING CAVITIES HAVING AN OPTIMISED UPSTREAM SHAPE

(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**

(30) Priorité: **19.04.2012 FR 1201160**

(43) Date de publication de la demande:
15.04.2015 Bulletin 2015/16

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **OBRECHT, Thierry, Jean-Jacques**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)
• **DOMERCQ, Olivier, Stéphane**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Gevers & Orès**
41 avenue de Friedland
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 1 191 231 EP-A2- 2 025 945
EP-A2- 2 143 956 EP-A2- 2 151 582
US-A1- 2007 160 459

EP 2 859 240 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

[0001] Le domaine de la présente invention est celui de la propulsion et plus particulièrement celui des compresseurs axiaux ou axio-centrifuges pour ensemble propulsif (turboréacteur ou turbopropulseur, dénommés turbomachines dans la suite de la description) et plus spécifiquement aux compresseurs haute-pression fortement chargés.

[0002] Les turbomachines aéronautiques sont principalement constituées par un ou plusieurs compresseurs, dans lesquels l'air aspiré dans l'entrée d'air est comprimé, par une chambre de combustion dans laquelle le carburant injecté est brûlé, puis par une turbine dans laquelle les gaz brûlés sont détendus pour entraîner le ou les compresseurs et enfin par un dispositif d'éjection. Les compresseurs aéronautiques, sont constitués d'ailettes, ou aubes, qui sont mues en rotation à l'intérieur d'un carter qui assure l'étanchéité de la veine d'air avec l'extérieur du moteur. Il est connu que le jeu existant entre les extrémités des aubes mobiles du compresseur et le carter formant la paroi interne de la veine d'écoulement de l'air dégrade le rendement du moteur de la turbomachine. En outre, ce jeu peut notablement modifier et dégrader le fonctionnement du compresseur jusqu'à l'apparition d'un phénomène de « pompage », qui résulte du décrochage du flux d'air de la surface des aubes. Le contrôle de la circulation de l'air en bout des aubes constitue ainsi un enjeu primordial pour obtenir à la fois un bon rendement aérodynamique du compresseur et une marge suffisante contre le phénomène de pompage.

[0003] Une approche développée pour limiter l'impact de cet écoulement parasite entre l'extrémité de l'aube et le carter consiste à creuser des cavités disposées dans la paroi du carter au niveau du chemin de passage des aubes. Ces cavités sont placées en regard de l'aube ou préférentiellement décalées axialement, en direction de l'amont du moteur, dans le but de réinjecter l'air circulant dans le jeu entre l'aube et le carter, dans la veine en amont de l'aube en question. Un exemple d'une telle réalisation est donné dans la demande de brevet de la demanderesse qui a été publiée sous le numéro FR 2940374.

[0004] L'amélioration apportée par cette réalisation ne provient que d'une optimisation de la position axiale des cavités. Des réalisations jouant sur d'autres paramètres ont par ailleurs été proposées. Le document EP-A2-2151582 montre des cavités sous forme de canaux qui s'enfoncent dans le carter d'un compresseur et débouchent des deux côtés. Le document EP-A2-2143956 montre également des cavités creusées dans la carter. Elles forment des poches sous la paroi du carter. A contrario, US-A1-2007/0160459 propose une cavité annulaire. Il apparaît donc un besoin de poursuivre la recherche d'optimisation sur d'autres paramètres de ces cavités pour tenter d'améliorer encore le rendement aérodynamique et/ou la marge au pompage des compresseurs existants.

[0005] La présente invention a donc pour but de proposer un carter de compresseur muni de cavités, aux performances aérodynamiques encore améliorées.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un carter pour compresseur de turbomachine comportant des cavités creusées, de façon non communicantes entre elles, dans l'épaisseur dudit carter à partir de sa face interne et disposées parallèlement les unes aux autres sur une circonférence dudit carter, lesdites cavités ayant une forme allongée selon une direction principale d'orientation entre deux parois latérales et se refermant respectivement vers l'amont et vers l'aval par une face amont et par une face aval dont les intersections avec la face interne du carter forment respectivement une frontière amont et une frontière aval, caractérisé en ce que la frontière amont de ces cavités a la forme d'une ligne ondulée comportant au moins deux alternances sur sa longueur comprise entre lesdites parois latérales.

[0007] La présence d'une ligne ondulée favorise le mélange de l'air réinjecté avec l'air principal et, ainsi, améliore le rendement et/ou la marge au pompage de l'étage concerné du compresseur utilisant ledit carter.

[0008] Avantageusement lesdites parois latérales convergent l'une vers l'autre en se dirigeant de l'aval vers l'amont. Cette configuration permet d'accélérer l'air qui circule entre l'aube et le carter et d'améliorer sa réinjection dans la veine, ce qui se traduit, là encore, par une amélioration du rendement et/ou de la marge au pompage de l'étage concerné.

[0009] Dans un mode particulier de réalisation la ligne ondulée est une ligne brisée en zigzag, constituée de segments formant entre eux alternativement des angles saillants et des angles rentrants.

[0010] Préférentiellement la face amont desdites cavités est constituée par une succession de dents s'étendant, radialement, entre la frontière amont et le fond de la cavité et, axialement, alternativement vers l'amont et vers l'aval de ladite cavité.

[0011] Avantageusement la face aval a une forme convexe. Cela facilite l'aspiration de l'air en aval de la cavité.

[0012] Dans un mode particulier de réalisation les cavités sont réparties de façon régulière sur la circonférence du carter.

[0013] Dans un mode alternatif de réalisation les cavités sont réparties de façon non régulière sur la circonférence du carter.

[0014] L'invention porte également sur un compresseur pour turbomachine comportant un carter tel que décrit ci-dessus et sur une turbomachine comportant un tel compresseur.

[0015] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés.

Sur ces dessins :

[0016]

- la figure 1 est une vue schématique en coupe d'un étage de compresseur dont le carter présente une cavité de recyclage de l'air circulant entre l'aube et le carter ;
- la figure 2 est une vue schématique, de dessus, d'une pale de rotor et d'un carter selon l'art antérieur ;
- la figure 3 est une vue schématique, de dessus, d'une pale de rotor et d'un carter selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue schématique de la découpe d'une cavité dans un carter selon l'invention, et
- la figure 5 est une vue en perspective des cavités découpées dans un carter selon l'invention.

[0017] En se référant à la figure 1, on voit un étage de compresseur comportant une aube de stator, ou aube fixe 2, positionnée en amont d'une aube de rotor, ou aube mobile 1, attachée à un disque 3 (ou directement solidaire de ce disque selon une technologie dite de disque aubagé monobloc). Les aubes fixes sont maintenues en place par fixation sur un carter de compresseur 4, qui entoure les aubes mobiles 1 en laissant un jeu prédéfini avec elles.

[0018] Le carter 4 est creusé, à partir de sa face interne, de multiples cavités 5, non communicantes entre elles, qui sont régulièrement disposées sur sa circonférence, en vis-à-vis du chemin de passage des aubes mobiles 1. Ces cavités ont, grossièrement, la forme d'un parallélépipède rectangle qui s'enfonce radialement dans le carter et qui présente en coupe selon un plan axial, la forme d'un rectangle aux coins arrondis. Leur forme, en coupe dans un plan tangent à la circonférence du carter 4, est, quant à elle, sensiblement celle d'un rectangle allongé s'étendant selon deux grands côtés et comportant, à l'amont et à l'aval, deux petits côtés formant des frontières dites amont 7 et aval 6. Il convient de noter que, dans l'art antérieur, ces deux frontières sont classiquement des segments de droite.

[0019] Comme on peut le voir sur la figure 1, les cavités 5 sont décalées vers l'amont du moteur, par rapport au bord d'attaque 11 de l'aube mobile 1. La longueur dont dépasse l'amont 7 de la cavité 5 par rapport au bord d'attaque des aubes, est toutefois limitée par l'espace existant entre la roue d'aubes mobiles 1 et la roue d'aubes fixes 2. Du fait de l'implantation de ces cavités, l'air parasite est aspiré à un certain pourcentage de la corde de l'aube mobile et réinjecté dans la veine en amont de l'aube. Cette configuration permet le recyclage de l'air qui passe dans le jeu entre l'aube 1 et le carter 4 ; ce jeu peut en effet être le lieu de violentes turbulences qui perturberaient la configuration de l'écoulement entre les différents étages et donc qui pourraient entraîner une dégradation des performances du compresseur ou, à l'extrême, provoquer un phénomène dit de « pompage »

ou de « décrochage ». Un tel phénomène se caractérise par une chute instantanée du taux de compression et une inversion transitoire du débit d'air traversant le compresseur, qui sort alors par l'amont du compresseur.

[0020] En se référant maintenant aux figures 2 et 3, on voit la position circonférentielle d'une série de cavités 5 alignées le long du carter 4, respectivement selon l'art antérieur et selon l'invention. Le nombre de cavités est très supérieur au nombre d'aubes 1 constituant la roue mobile de l'étage de compresseur. Ce nombre est dans la pratique compris entre 2 et 4 fois le nombre d'aubes mobiles 1. La répartition circonférentielle des cavités, telle que montrée sur les figures est une disposition uniforme ; il a, par ailleurs, déjà été proposé de rendre cette disposition irrégulière pour casser l'excitation aérodynamique sur les aubages qui pourrait être provoquée par ces cavités, notamment aux extrémités de chacune des deux demi-coquilles qui constituent le carter.

[0021] Sur la figure 2, qui représente l'art antérieur, la découpe que forment les cavités 5 à leur intersection avec la face interne du carter 4 a une forme sensiblement rectangulaire avec les deux grands côtés sensiblement parallèles. A contrario, sur la figure 3 qui représente un mode de réalisation de l'invention, la découpe des cavités a une forme trapézoïdale, avec deux petits côtés à l'amont et à l'aval qui sont sensiblement parallèles et deux grands côtés qui sont convergents vers l'amont, de sorte que la frontière aval 6 a une longueur plus importante que celle de la frontière amont 7.

[0022] La figure 4 montre en détail la forme de la découpe d'une cavité 5 dans un carter 4, selon l'invention, au niveau de la face interne du carter 4. Alors que le petit côté aval, c'est à dire la frontière aval 6, est, comme dans l'art antérieur, rectiligne, le petit côté amont, c'est-à-dire la frontière amont 7, ne l'est pas mais il présente une forme en chevrons qui se développent de part et d'autre de la ligne circonférentielle reliant les frontières amont des différentes cavités 5.

[0023] La figure 5 montre en perspective et en creux, la forme des cavités 5 et leur position relative par rapport à une roue d'aubes mobiles 1, dans le cas d'un carter 4 selon l'invention. La face avant du parallélépipède formant la cavité 5 est ondulée selon une forme en chevrons qui s'étendent tout le long de la face avant de la cavité, en prenant naissance dans le fond de la cavité pour se terminer par une ligne en zigzag au niveau de la face interne du carter 4 et de la frontière amont 7.

[0024] On va maintenant expliquer l'apport de l'invention, en rappelant tout d'abord le principe de fonctionnement des traitements de carters par l'implantation dans leur épaisseur de cavités 5. Deux effets aérodynamiques sont combinés : en premier lieu, l'aspiration de l'air au bord d'attaque en sommet de rotor permet de contrer le développement du tourbillon de jeu entre le rotor et le carter, ce qui permet de gagner en rendement et en limite de stabilité ; en second lieu, la réinjection de l'air en amont de la roue mobile permet par une ré-energisation de la couche limite, de gagner en limite de stabilité, et

donc en marge au pompage.

[0025] On considère en général qu'il convient de prendre en compte trois paramètres particuliers pour obtenir le meilleur résultat avec un traitement de carter par incorporation de cavités 5. Le premier concerne la position axiale de l'aval de la cavité, qui définit l'endroit d'aspiration de l'air, le second, la position axiale de l'amont de la cavité qui définit l'endroit de réinjection de l'air et, le troisième, le volume de la cavité qui détermine la quantité d'air prélevé et réinjecté, donc l'efficacité du traitement de carter. Mais il convient de prendre également en compte un point qui influence directement l'efficacité du traitement de carter et qui concerne la qualité de la réinjection de l'air en amont de la roue mobile. En particulier, d'une part, la vitesse de réinjection doit être la plus élevée possible pour obtenir le plus d'amélioration de la marge au pompage, et, d'autre part, l'air réintroduit dans la veine doit se mélanger le mieux possible avec l'écoulement principal, faute de quoi on risque de générer des pertes de rendement.

[0026] Pour traiter ces deux points, l'invention propose, tout d'abord, d'avoir des cavités 5 dont la largeur est variable et qui vont en se rétrécissant latéralement de l'aval vers l'amont. Le fait de garder une grande largeur à la cavité vers l'aval est importante pour aspirer l'air de recirculation dans de bonnes conditions et éviter l'apparition d'un tourbillon de jeu ; et la diminution de la cavité vers l'amont permet d'augmenter la vitesse de l'air qui sera réinjecté dans la veine. Ensuite l'aménagement de chevrons permet d'améliorer le mélange de l'air réinjecté avec l'air principal, de la même manière que des chevrons sur la tuyère d'une turbomachine permettent d'améliorer le mélange entre l'air chaud en sortie du flux primaire et l'air froid en sortie du flux secondaire.

[0027] Avec ces aménagements effectués sur les cavités 5 d'un carter 4 de compresseur, on améliore l'efficacité d'aspiration du tourbillon de jeu et on obtient ainsi, en plus d'une augmentation de la marge au pompage, une légère amélioration du rendement de l'étage de compresseur.

Revendications

1. Carter pour compresseur de turbomachine comportant des cavités (5) creusées, de façon non communicantes entre elles, dans l'épaisseur dudit carter à partir de sa face interne et disposées parallèlement les unes aux autres sur une circonférence dudit carter (4), lesdites cavités ayant une forme allongée selon une direction principale d'orientation entre deux parois latérales et se refermant respectivement vers l'amont et vers l'aval par une face amont et par une face aval dont les intersections avec la face interne du carter (4) forment respectivement une frontière amont (7) et une frontière aval (6),
caractérisé en ce que la frontière amont (7) de ces cavités (5) a la forme d'une ligne ondulée comportant

au moins deux alternances sur sa longueur comprise entre lesdites parois latérales.

2. Carter pour compresseur selon la revendication 1 dans lequel lesdites parois latérales convergent l'une vers l'autre en se dirigeant de l'aval vers l'amont.
3. Carter pour compresseur selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel la ligne ondulée est une ligne brisée en zigzag, constituée de segments formant entre eux alternativement des angles saillants et des angles rentrants.
4. Carter pour compresseur selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel la face amont desdites cavités est constituée par une succession de dents s'étendant, radialement, entre la frontière amont (7) et le fond de la cavité (5) et, axialement, alternativement vers l'amont et vers l'aval de ladite cavité.
5. Carter pour compresseur selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel la face aval a une forme convexe.
6. Carter pour compresseur selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel les cavités (5) sont réparties de façon régulière sur la circonférence du carter (4).
7. Carter pour compresseur selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel les cavités (5) sont réparties de façon non régulière sur la circonférence du carter (4).
8. Compresseur pour turbomachine comportant un carter selon l'une des revendications 1 à 7.
9. Turbomachine comportant un compresseur selon la revendication précédente.

Patentansprüche

1. Gehäuse für einen Kompressor einer Turbomaschine mit in der Wand des Gehäuses von seiner Innenfläche ausgehende und parallel zueinander auf einem Umfang des Gehäuses (4) angeordnete, nicht miteinander kommunizierende ausgehöhlte Hohlräume (5) umfasst, wobei die Hohlräume eine längliche Form entlang einer Hauptorientierungsrichtung zwischen zwei Seitenwänden haben und jeweils strömungsaufwärts und strömungsabwärts durch eine strömungsaufwärtige Seite bzw. eine strömungsabwärtige Seite verschlossen sind, deren Überschneidungen mit einer Innenseite des Gehäuses (4) eine strömungsaufwärtige Grenze (7) bzw. eine strömungsabwärtige (6) Grenze bilden,
dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsauf-

wärtige Grenze (7) von diesen Hohlräumen (5) die Gestalt einer Wellenlinie hat, die wenigstens zwei Halbwellen über ihre Länge zwischen den Seitenwänden aufweist.

2. Gehäuse für einen Kompressor nach Anspruch 1, bei dem die Seitenwände in Richtung von strömungsabwärts nach strömungsaufwärts zueinander konvergieren.
3. Gehäuse für einen Kompressor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem die Wellenlinie eine Zickzacklinie ist, die aus Segmenten gebildet ist, die untereinander abwechselnd vorspringende und zurück springende Winkel einschließen.
4. Gehäuse für einen Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die strömungsaufwärtige Seite der Hohlräume durch eine Abfolge von Zinken gebildet ist, die sich in radialer Richtung zwischen der strömungsaufwärtigen Seite (7) und dem Boden des Hohlraumes (5) und in axialer Richtung abwechselnd zu der strömungsaufwärtigen bzw. der strömungsabwärtigen Seite des Hohlraumes erstrecken.
5. Gehäuse für einen Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die strömungsabwärtige Seite eine konvexe Form hat.
6. Gehäuse für einen Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Hohlräume (5) regelmäßig auf dem Umfang des Gehäuses (4) verteilt sind.
7. Gehäuse für einen Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Hohlräume (5) unregelmäßig auf dem Umfang des Gehäuses (4) verteilt sind.
8. Kompressor für eine Turbomaschine, die ein Gehäuse nach einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist.
9. Turbomaschine, die einen Kompressor nach dem vorstehenden Anspruch aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

with the internal face of the casing (4) form an upstream boundary (7) and a downstream boundary (6) respectively,

characterised in that the upstream boundary (7) of these cavities (5) is in the form of an undulating line comprising at least two half-waves on its length lying between said lateral walls.

2. Casing for a compressor according to claim 1, wherein said lateral walls converge towards each other while being directed from downstream to upstream.
3. Casing for a compressor according to any of claims 1 or 2, wherein the undulating line is a broken zigzag line, consisting of segments forming with one another alternately projecting angles and re-entrant angles.
4. Casing for a compressor according to any of claims 1 to 3, wherein the upstream face of said cavities is formed by a succession of teeth extending, radially, between the upstream boundary (7) and the bottom of the cavity (5) and, axially, alternately towards the upstream end and towards the downstream end of said cavity.
5. Casing for a compressor according to any of claims 1 to 4, wherein the downstream face has a convex shape.
6. Casing for a compressor according to any of claims 1 to 5, wherein the cavities (5) are distributed evenly over the circumference of the casing (4).
7. Casing for a compressor according to any of claims 1 to 5, wherein the cavities (5) are distributed unevenly over the circumference of the casing (4).
8. Compressor for a turbine engine comprising a casing according to any of claims 1 to 7.
9. Turbine engine comprising a compressor according to the preceding claim.

Claims

1. Casing for a turbine engine compressor comprising cavities (5) hollowed out, so as not to communicate with one another, in the thickness of said casing from its internal face and disposed parallel to one another on a circumference of said casing (4), said cavities having an elongate form in a principal orientation direction between two lateral walls and being closed towards the upstream end and towards the downstream end by an upstream face and by a downstream face respectively, the intersections of which

50

55

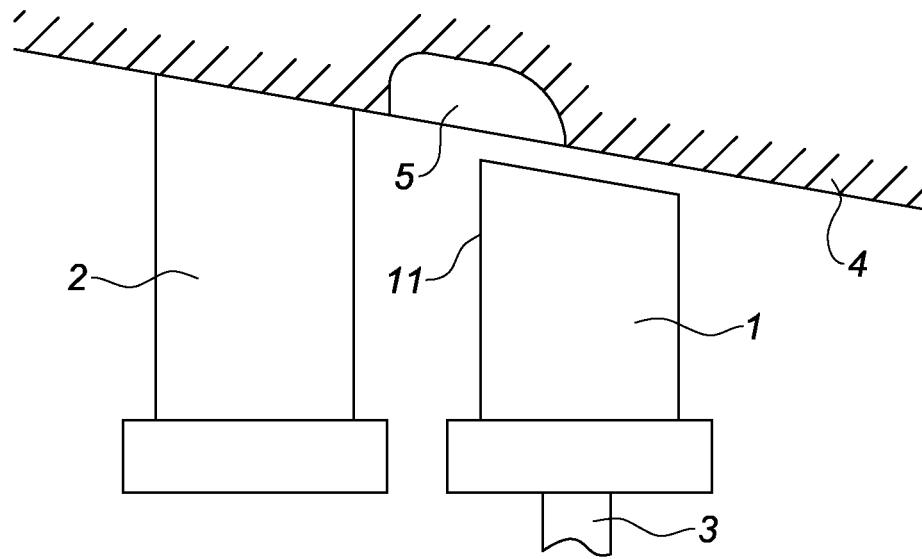


Fig. 1

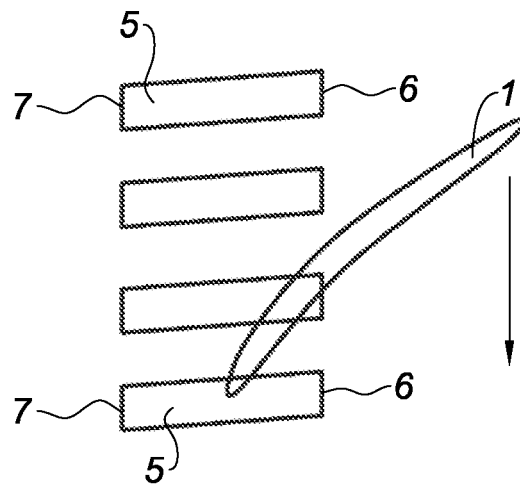


Fig. 2

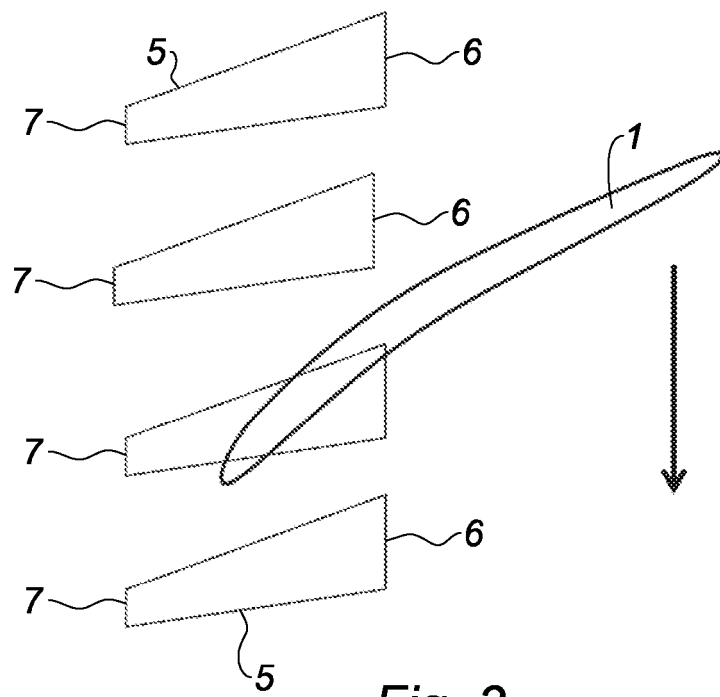


Fig. 3

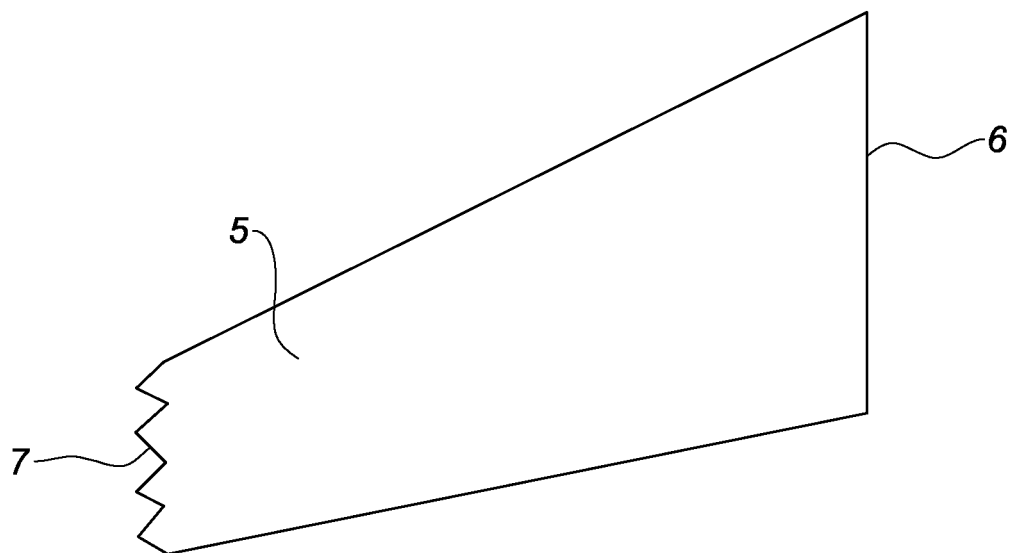


Fig. 4

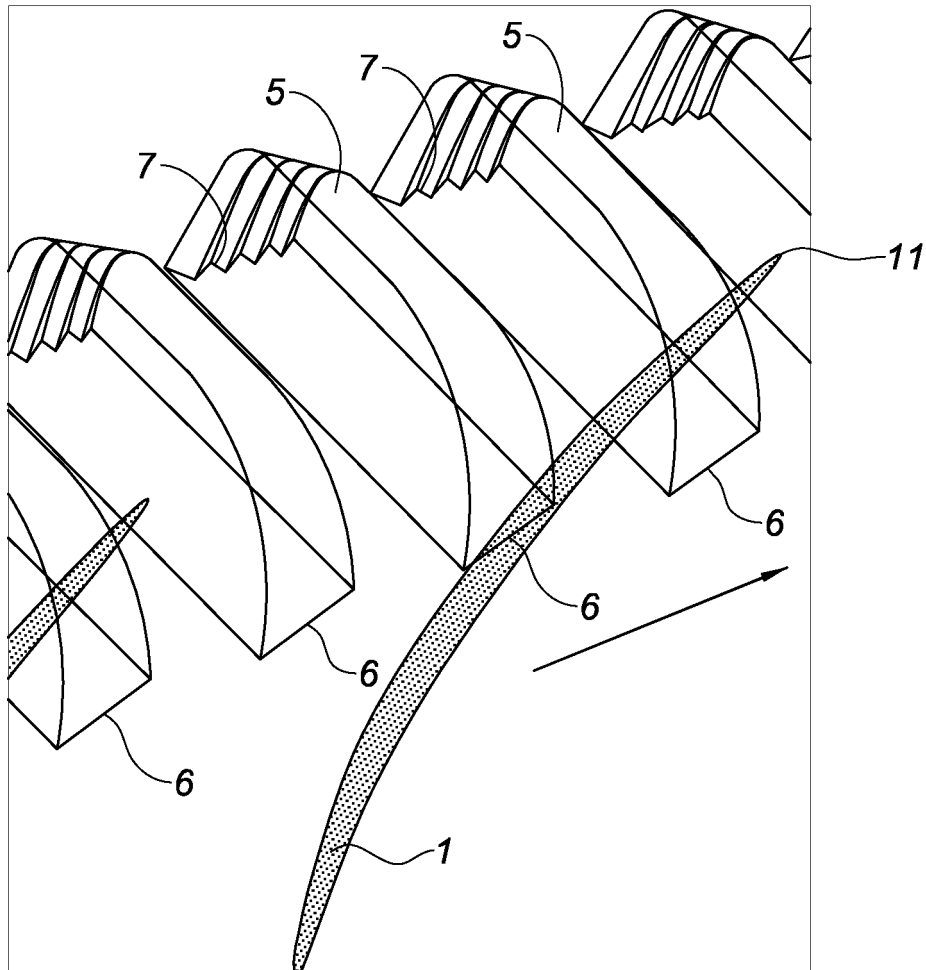


Fig. 5

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

- FR 2940374 [0003]
- EP 2151582 A2 [0004]
- EP 2143956 A2 [0004]
- US 20070160459 A1 [0004]