

(19)



(11)

EP 2 859 239 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
16.11.2016 Bulletin 2016/46

(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)

(21) Numéro de dépôt: **13742668.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/050828

(22) Date de dépôt: **15.04.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/156725 (24.10.2013 Gazette 2013/43)

(54) CARTER DE COMPRESSEUR A CAVITÉS AU CALAGE OPTIMISÉ

VERDICHTERGEHÄUSE MIT HOHLRÄUMEN MIT OPTIMISIERTER EINSTELLUNG
COMPRESSOR CASING COMPRISING CAVITIES WITH OPTIMISED SETTING

(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**

- **GHILARDI, Céline**
F-77550 Moissy-Cramayel cedex (FR)
- **PERROT, Vincent**
F-77550 Moissy-Cramayel cedex (FR)

(30) Priorité: **19.04.2012 FR 1201159**

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

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

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

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 134 427 EP-A2- 2 025 945
EP-A2- 2 151 582 DE-A1- 3 147 713
US-A- 4 086 022

(72) Inventeurs:
• **OBRECHT, Thierry, Jean-Jacques**
F-77550 Moissy-Cramayel cedex (FR)

EP 2 859 239 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 axiało-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 et la recherche d'optimisation sur d'autres paramètres de ces cavités doit être poursuivie 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 compresseur pour turbomachine comprenant un carter, au moins un étage de compresseur constitué d'une roue d'aubes fixes et d'une roue d'aubes mobiles positionnée en aval de ladite roue d'aubes fixes, et 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 en regard du chemin de passage des aubes mobiles, lesdites cavités ayant une forme allongée selon une direction principale d'orientation et se refermant respectivement vers l'amont et vers l'aval par une face amont et par une face aval dont les intersections avec le carter forment respectivement une frontière amont et une frontière aval, lesdites cavités étant décalées par rapport aux aubes mobiles de façon à déborder vers l'amont de la roue d'aubes mobiles en recouvrant leur extrémité amont, caractérisé en ce que la frontière aval de ces cavités est orientée parallèlement à la corde en tête de l'aube mobile.

[0007] Le parallélisme entre la frontière aval des cavités et la corde de l'aube, en créant un effet de poussée qui arrive au même moment sur toute la zone aval de la cavité, provoque la diminution du tourbillon de jeu associé au passage de l'aube et permet une augmentation de la marge au pompage et une légère amélioration du rendement de l'étage de compresseur.

[0008] Avantageusement la direction d'orientation desdites cavités est perpendiculaire à celle de la corde des aubes mobiles. La forme sensiblement parallélépipédique de la cavité permet d'utiliser pleinement l'effet de poussée indiqué ci-dessus.

[0009] Dans un mode particulier de réalisation les cavités sont réparties de façon régulière sur la circonférence du carter.

[0010] Dans une autre mode de réalisation les cavités sont réparties de façon non régulière sur la circonférence du carter.

[0011] L'invention porte également sur une turbomachine comportant un compresseur tel que décrit ci-dessus.

[0012] 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.

[0013] Sur ces dessins :

- 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 comparative du positionnement d'une cavité et d'une pale dans l'invention et dans l'art antérieur ;
- la figure 5 est une vue en perspective des cavités et des pales d'un rotor selon l'art antérieur, et

- la figure 6 est une vue en perspective des cavités et des pales d'un rotor selon l'invention.

[0014] 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.

[0015] 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, 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. Ces deux frontières sont classiquement des segments de droite.

[0016] Comme on peut le voir sur la figure 1, les cavités sont décalées vers l'amont du moteur, par rapport au bord d'attaque de l'aube mobile 1. La longueur dont dépasse l'amont 7 de la cavité par rapport au bord d'attaque 11 des aubes, est toutefois limitée par l'espace existant entre la roue d'aubes mobiles 1 et la roue d'aubes fixes 2. Grâce à ces cavités, l'air parasite est aspiré à un certain pourcentage de la corde de l'aube 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.

[0017] 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. 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.

[0018] Sur la figure 2, représentant l'art antérieur, l'axe de ces cavités est légèrement incliné par rapport à la direction longitudinale du moteur, définie comme étant l'axe de rotation de la roue mobile 1 et illustrée par une flèche sur la figure. A contrario, sur la figure 3 qui représente un mode de réalisation de l'invention, les cavités 5 sont positionnées avec l'orientation principale de leurs grands côtés qui est nettement plus tangentielle que sur la figure 2, et qui se caractérise par un angle de calage perpendiculaire à la corde des aubes mobiles 1. On rappelle que la corde d'une aube est définie comme étant la droite joignant son bord d'attaque à son bord de fuite. Et du fait que la cavité a, dans l'exemple représenté, une forme sensiblement parallélépipédique, la frontière aval 6 de la cavité 5 est alignée avec cette corde des aubes mobiles.

[0019] Il s'ensuit, comme on peut le voir sur la figure 4 que l'encombrement axial des cavités est nettement réduit par rapport à l'art antérieur (illustré en pointillés sur la figure). Parmi les conséquences bénéfiques de cette configuration on trouve, en premier lieu, le fait que la masse additionnelle due à l'épaississement du carter au droit des cavités est plus faible. Il convient en effet de renforcer le carter 4 au droit de ces cavités 5 pour prendre en compte leur impact sur la résistance mécanique du carter. On trouve, en second lieu, une réduction du risque d'interaction aérodynamique de la cavité 5 avec l'aube fixe 2 précédant la roue mobile 1 ; une telle interaction aurait pour effet une réduction de l'amélioration des performances apportées par la cavité.

[0020] Les figures 5 et 6 montrent en perspective, et en creux, la position relative des cavités 5 par rapport à une roue d'aubes mobiles 1, respectivement dans l'art antérieur et selon l'invention. De même que précédemment, on voit que l'invention se caractérise par une orientation de la direction principale de la cavité 5 qui est perpendiculaire à celle de la corde des aubes mobiles 1. Pour prendre en compte le cas où la cavité 5 n'aurait pas la forme d'un parallélépipède rectangle aux formes arrondies, comme illustré sur les figures, la caractéristique principale de l'invention se définit prioritairement comme un parallélisme entre la frontière aval 6 de la cavité 5 et la corde de l'aube 1. La frontière aval d'une cavité, lorsqu'elle n'est pas rectiligne, se définit, quant à elle, comme le segment de droite reliant les points extrêmes aval des grands côtés formant l'intersection de la cavité avec la paroi interne du carter 4.

[0021] 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 contre le phénomène de pompage ; en second lieu, la réinjection de l'air en amont de la roue mobile

permet par une ré-énergisation de la couche limite, de gagner en limite de stabilité, et donc en marge au pompage.

[0022] 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.

[0023] L'invention a recherché tout d'abord à réduire l'extension axiale des cavités et pour cela a analysé l'influence du calage de celles-ci sur les performances du compresseur. La diminution de la trace axiale de la cavité par une augmentation du calage entraîne un rapprochement, à la fois, de l'aval de la cavité et de l'endroit de réinjection, du bord d'attaque 11, mais elle se fait ici en préservant le volume de la cavité, ce qui permet de conserver l'efficacité associée au traitement de carter par une implantation de cavités.

[0024] L'invention s'est ensuite attachée à déterminer quel est l'angle d'inclinaison optimum pour le calage des cavités. En effet, un angle trop important tend à trop rapprocher l'endroit du prélèvement du bord d'attaque de l'aube, donc de l'effectuer à un endroit où l'écart de pression entre intrados et extrados n'est pas encore grand, ce qui n'empêcherait pas le tourbillon de jeu de se développer un peu plus loin en aval. De même, la réinjection de l'air serait trop proche du bord d'attaque, et le mélange entre l'air amont principal et l'air réinjecté (de manière tangentielle) ne serait pas encore établi au bord d'attaque de l'aube, ce qui serait néfaste du point de vue de la stabilité de l'écoulement. Enfin, une cavité trop inclinée conduirait à un angle de réinjection de l'air trop grand, c'est à dire à une vitesse axiale de l'air réinjecté trop faible, nuisant à son efficacité.

[0025] Les documents EP-2025945-A2, EP-1134427-A1, EP2151582-A2, US-4086022-A et DE-3147713-A1 décrivent ainsi des cavités dont l'angle de calage n'est pas optimum.

[0026] Il a été trouvé que l'angle optimum de calage de la cavité est celui qui permet d'avoir la frontière aval 6 de la cavité 5 alignée avec le calage de l'aube mobile 1. L'explication de cet optimum peut être donnée par le fait que, lors du passage de l'aube au-dessus de la cavité, l'aube « pousse » le débit d'air dans la cavité. Le fait d'avoir une frontière aval alignée avec le calage de l'aube permet d'avoir cet effet de poussée qui arrive au même moment sur toute la zone aval de la cavité. Ceci provoque une poussée plus efficace au moment optimum, quand l'aube passe au niveau de l'aval de la cavité, et cet effet de poussée provoque la diminution du tourbillon de jeu associé au passage de l'aube.

[0027] Au final l'invention se traduit, d'une part, par une optimisation de la position axiale du début et de la fin de

la cavité par rapport au bord d'attaque de l'aube, associée au maintien d'un volume suffisant de la cavité afin d'assurer l'efficacité du traitement de carter, et, d'autre part, par une diminution de l'encombrement axial des cavités, qui a pour effet une limitation de la surépaisseur du carter nécessaire à l'intégration de celles-ci.

Revendications

1. Compresseur pour turbomachine comprenant un carter (4), au moins un étage de compresseur constitué d'une roue d'aubes fixes (2) et d'une roue d'aubes mobiles (1) positionnée en aval de ladite roue d'aubes fixes (2), et 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) en regard du chemin de passage des aubes mobiles (1), lesdites cavités ayant une forme allongée selon une direction principale d'orientation et se refermant respectivement vers l'amont et vers l'aval par une face amont et par une face aval dont les intersections avec le carter forment respectivement une frontière amont (7) et une frontière aval (6), lesdites cavités étant décalées par rapport aux aubes mobiles (1) de façon à déborder vers l'amont de la roue d'aubes mobiles en recouvrant leur extrémité amont, **caractérisé en ce que** la frontière aval (6) de ces cavités (5) est orientée parallèlement à la corde en tête de l'aube mobile (1).
2. Compresseur selon la revendication 1 dans lequel la direction d'orientation desdites cavités est perpendiculaire à celle de la corde en tête des aubes mobiles (1).
3. Compresseur selon l'une des revendications 1 à 2 dans lequel les cavités (5) sont réparties de façon régulière sur la circonférence du carter (4).
4. Compresseur selon l'une des revendications 1 à 2 dans lequel les cavités (5) sont réparties de façon non régulière sur la circonférence du carter (4).
5. Turbomachine comportant un compresseur selon l'une des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Kompressor für eine Turbomaschine, die ein Gehäuse (4), zumindest einer Kompressorstufe, die aus einem Rad mit feststehenden Schaufeln (2) und einem Rad mit beweglichen Schaufeln (1) besteht, das stromabwärts von dem Rad mit feststehenden Schaufeln (2) positioniert ist, und Hohlräume (5) um-

fasst, die derart, dass sie nicht miteinander verbunden sind, in der Dicke des Gehäuses von seiner Innenfläche gebohrt sind und parallel zueinander auf einem Umfang des Gehäuses (4) hinsichtlich des Durchgangswegs der mobilen Schaufeln (1) angeordnet sind, wobei die Hohlräume in einer Hauptorientierungsrichtung eine längliche Form aufweisen und stromaufwärts bzw. stromabwärts durch eine stromaufwärts gelegene Fläche und eine stromabwärts gelegene Fläche geschlossen sind, deren Schnittstellen mit dem Gehäuse eine stromaufwärts gelegene Grenze (7) bzw. eine stromabwärts gelegene Grenze (6) bilden, wobei die Hohlräume mit Bezug auf die beweglichen Schaufeln (1) versetzt sind, so dass sie stromaufwärts über die beweglichen Schaufeln hinausragen, wobei sie ihr stromaufwärts gelegenes Ende bedecken,

dadurch gekennzeichnet, dass die stromabwärts gelegene Grenze (6) der Hohlräume (5) parallel zu dem Strang am Kopf der mobilen Schaufel (1) ausgerichtet ist.

2. Kompressor nach Anspruch 1, wobei die Orientierungsrichtung der Hohlräume senkrecht zu derjenigen des Strangs am Kopf der mobilen Schaufeln (1) ist.
3. Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Hohlräume (5) gleichmäßig über den Umfang des Gehäuses (4) verteilt sind.
4. Kompressor nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Hohlräume (5) nicht gleichmäßig über den Umfang des Gehäuses (4) verteilt sind.
5. Turbomaschine, die einen Kompressor nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

Claims

1. Compressor for a turbine engine comprising a casing (4), at least one compressor stage consisting of a fixed-vane wheel (2) and a movable-blade wheel (1) positioned downstream of said fixed-vane wheel (2), and 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) opposite the passage path of the movable blades (1), said cavities having an elongate shape in a principal orientation direction and being closed towards the upstream side and towards the downstream side by an upstream face and by a downstream face respectively, the intersections of which with the casing forming an upstream boundary (7) and a downstream boundary (6) respectively, said cavities being offset

with respect to the movable blades (1) so as to project towards the upstream side of the movable-blade wheel while covering the upstream end thereof,

characterised in that the downstream boundary (6) of these cavities (5) is oriented parallel to the chord at the head of the movable blade (1).

2. Compressor according to claim 1, wherein the direction of orientation of said cavities is perpendicular to that of the chord at the head of the movable blades (1).
3. Compressor according to any of claims 1 to 2, wherein the cavities (5) are distributed evenly over the circumference of the casing (4).
4. Compressor according to any of claims 1 to 2, wherein the cavities (5) are distributed unevenly over the circumference of the casing (4).
5. Turbine engine comprising a compressor according to any of the preceding claims.

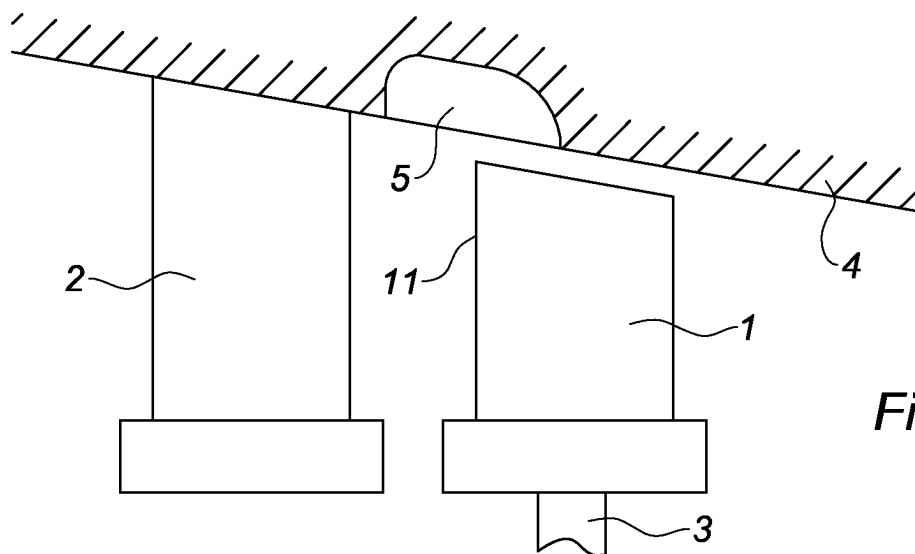


Fig. 1

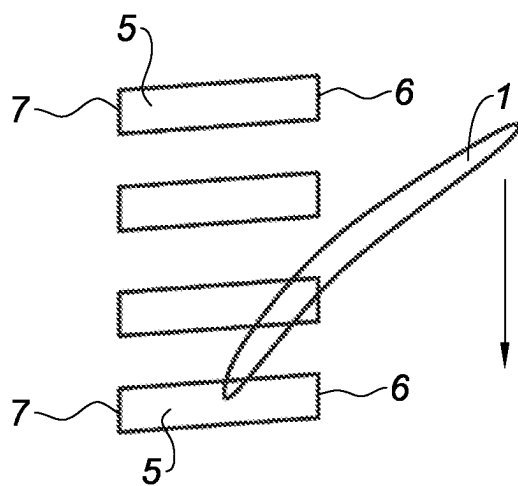


Fig. 2

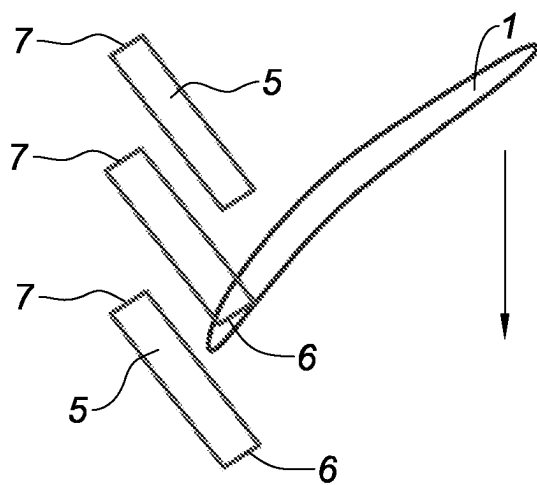


Fig. 3

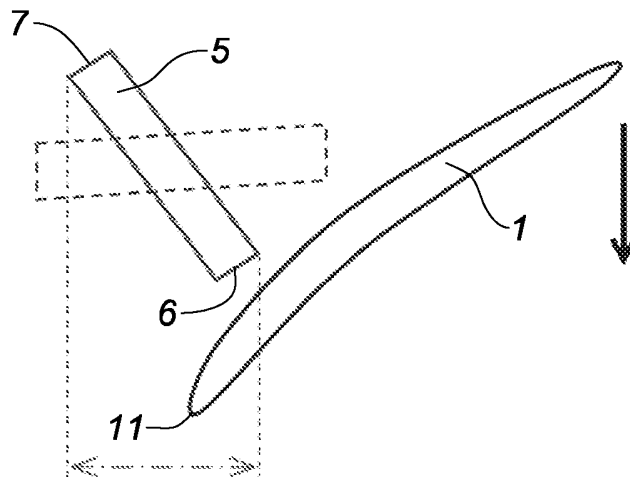


Fig. 4

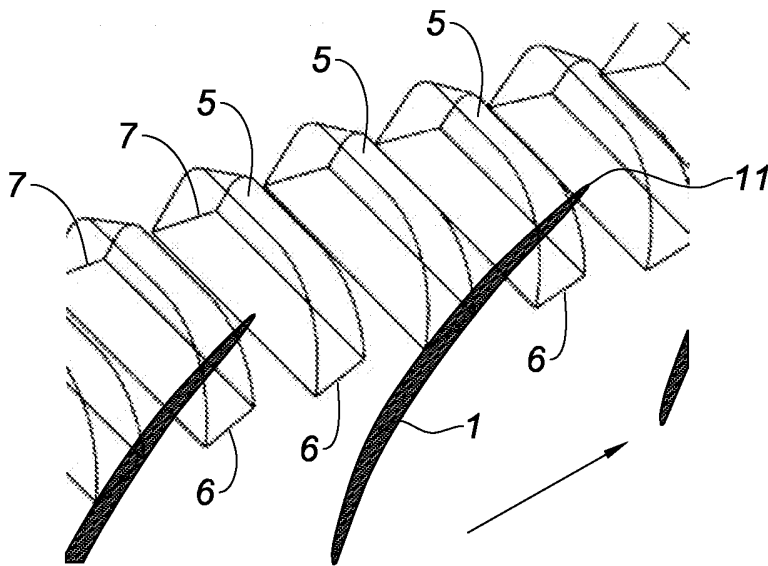


Fig. 5

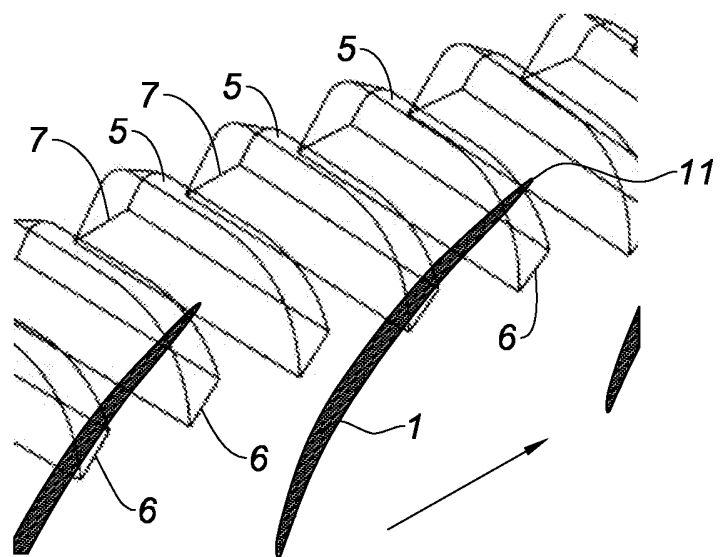


Fig. 6

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

- FR 2940374 [0003]
- EP 2025945 A2 [0025]
- EP 1134427 A1 [0025]
- EP 2151582 A2 [0025]
- US 4086022 A [0025]
- DE 3147713 A1 [0025]