

(19)



(11)

EP 3 004 554 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
28.12.2022 Bulletin 2022/52

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F01D 5/14 ^(2006.01) **F01D 5/28** ^(2006.01)
F01D 5/30 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14731728.3**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F01D 5/147; F01D 5/282; F01D 5/3007;
F05D 2250/232; F05D 2250/294; F05D 2250/61;
F05D 2260/37

(22) Date de dépôt: **26.05.2014**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2014/051231

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/191670 (04.12.2014 Gazette 2014/49)

(54) **AUBE DE DISQUE DE ROTOR POUR TURBOMACHINE, DISQUE DE ROTOR DE TURBOMACHINE, TURBOMACHINE ET PROCÉDÉ D'ASSEMBLAGE DE PLAQUES SUR UN PIED D'AUBE**

ROTORSCHLEIBENSCHAUFEL FÜR TURBOMASCHINE, TURBOMASCHINEN-ROTORSCHLEIBE, TURBOMASCHINE UND VERFAHREN ZUR MONTAGE VON PLATTEN AUF EINEN SCHAUFELEFUSS

ROTOR DISK BLADE FOR TURBOMACHINE, TURBOMACHINE ROTOR DISK, TURBOMACHINE AND METHOD OF ASSEMBLY OF PLATES ONTO A BLADE FOOT

(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

(72) Inventeurs:

- **LOCATELLI, David**
F-64110 Gelos (FR)
- **ROUSSILLE, Clément**
F-33200 Bordeaux (FR)
- **HERRAIZ, Ivan**
F-64000 Pau (FR)

(30) Priorité: **28.05.2013 FR 1354797**

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie**
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
13.04.2016 Bulletin 2016/15

(73) Titulaires:

- **Safran Ceramics**
33185 Le Haillan (FR)
- **Safran Aircraft Engines**
75015 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 2 374 999 US-A1- 2010 189 562

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).

EP 3 004 554 B1

DescriptionArrière-plan de l'invention

5 **[0001]** La présente invention se rapporte au domaine général des aubes de turbomachine en matériau composite comportant un renfort fibreux densifié par une matrice, et plus particulièrement à une aube de disque de rotor pour turbomachine, à un disque de rotor, de turbomachine, à une turbomachine, ainsi qu'à un procédé d'assemblage de plaques sur un pied d'aube.

10 **[0002]** Le domaine visé est celui des aubes mobiles destinées à être montées sur des disques de rotor de turbines à gaz pour moteurs aéronautiques ou turbines industrielles.

[0003] Ce type d'aube est originellement issu de fonderie et comporte un pied en forme de bulbe. Le pied brut est usiné avec précision afin d'assurer une interface mécanique efficace avec son logement dans le disque de rotor.

15 **[0004]** La réalisation d'aubes similaires en matériau composite pour des turbomachines a déjà été proposée. On pourra par exemple se référer à la demande de brevet US 2011/311368 qui décrit la fabrication d'une aube de turbomachine par réalisation d'une préforme fibreuse par tissage tridimensionnel ou multicouche et densification de la préforme par une matrice. Le pied d'aube en matériau composite reprend la géométrie de bulbe afin d'assurer la reprise de l'effort centrifuge et de faciliter l'intégration des aubes en matériau composite dans l'environnement moteur existant.

20 **[0005]** Dans le cas des aubes en matériau composite, le pied d'aube est réalisé en utilisant un insert positionné dans une déliaison de la préforme textile afin de former une portion en forme de bulbe au niveau de la partie de l'aube correspondant à son pied.

[0006] Cependant, cette technique de formation de pied d'aube complexifie la fabrication industrielle de l'aube et augmente son coût de fabrication car elle engendre des pertes de matière importantes et demande des manipulations délicates qui ralentissent la vitesse de production. En outre, l'insert, lui aussi en matériau composite, doit être densifié et usiné, ce qui entraîne un coût supplémentaire et éventuellement des rejets de pièces.

25 **[0007]** Le textile de la préforme, mobile par nature, interagit mécaniquement avec l'insert et peut conduire notamment à des cisaillements du textile, rotations de l'insert, déliaisons entre l'insert et le textile, etc.

30 **[0008]** Par ailleurs, le moulage et la densification de la partie de la préforme destinée à former le pied d'aube s'avèrent délicates en particulier parce que les tolérances sur le profil du pied en forme de bulbe sont très faibles (de l'ordre du dixième de millimètre) et que les exigences en termes de propriétés mécaniques de cette partie de l'aube sont importantes, le pied de l'aube concentrant la majorité des efforts appliqués sur l'aube.

35 **[0009]** Le document US 2010/189562 divulgue une aube de turbomachine en matériau composite présentant au niveau de sa partie destinée à former le pied d'aube une portion sensiblement plane, la géométrie du pied étant obtenue en enserrant cette portion entre deux plaques métalliques maintenues en place par un pion soudé. Cette conception permet de faciliter la fabrication de l'aube en composite car la géométrie du pied en forme de bulbe ou équivalent qui est difficile à obtenir à partir de la préforme textile est assurée par adjonction de plaques métalliques sur les flancs d'une portion plane qui est simple à réaliser en matériau composite.

40 **[0010]** Cependant, comme indiqué ci-avant, le pied d'aube correspond à la partie de l'aube qui concentre la plupart des efforts appliqués sur l'aube puisqu'il est destiné à assurer le maintien de l'aube dans le disque vis-à-vis des forces centrifuges. Dans le cas du maintien des plaques métalliques par un pion soudé comme décrit dans le document US 2010/189562, les efforts appliqués par les forces centrifuges sont essentiellement repris au niveau de la portion en matériau composite de l'aube en contact avec le pion lorsque les forces de frottements entre les plaques métalliques et les flancs de l'aube en matériau composite sont insuffisantes pour reprendre ces efforts. Il existe alors dans cette situation un risque d'endommagement du matériau composite, voire de rupture par matage de celui-ci.

45 Objet et résumé de l'invention

[0011] La présente invention a donc pour but principal de proposer une aube en matériau composite dont la géométrie du pied peut être réalisée de manière aisée et reproductible tout en assurant une reprise fiable des efforts appliqués sur le pied d'aube.

50 **[0012]** Ce but est atteint grâce à une aube de disque de rotor pour turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage multicouche de fils et densifié par une matrice, l'aube comprenant une partie constitutive de pale et pied d'aube formant une seule pièce, le pied d'aube ayant deux flancs latéraux opposés sensiblement plans qui sont formés dans le prolongement respectif des surfaces intrados et extrados de la pale, le pied d'aube étant enserré entre deux plaques métalliques fixées contre les flancs latéraux du pied d'aube par une vis et un écrou traversant les plaques et le pied d'aube, telle que la vis comprend une tête en appui sur une des deux plaques et en ce que l'écrou comprend une tête en appui sur l'autre plaque, la vis et l'écrou appliquant sur les plaques métalliques un effort de serrage minimal apte à assurer une reprise, par frottement entre les plaques métalliques et les flancs latéraux du pied d'aube, d'une force centrifuge déterminée appliquée à l'aube,

et remarquable en ce que chaque plaque métallique comporte sur sa face opposée à celle en contact avec le pied d'aube au moins une portion faisant saillie, ladite portion présentant une forme apte à assurer une ou les deux fonctions suivantes : anti-basculement et étanchéité.

5 [0013] En assurant par le serrage des plaques un contact non glissant entre celles-ci et les flancs du pied d'aube, la reprise de la force centrifuge (efforts de traction) au niveau du pied d'aube est répartie sur la totalité de la surface de contact entre les plaques et les flancs du pied en composite. On évite ainsi la concentration de contraintes au niveau de la zone de contact entre l'organe de fixation des plaques et la portion correspondante du pied en matériau composite qui peut conduire à un endommagement du pied de l'aube. Par ce contact non glissant, on réduit également la sensibilité au manque de compensation du moment centrifuge par le moment aérodynamique de la pale de l'aube qui peut entraîner un basculement du pied de l'aube dans l'alvéole du disque dans laquelle il est logé.

10 [0014] Selon un premier aspect de l'aube de l'invention, la vis et l'écrou comporte une tête de forme conique tandis que les plaques comportent un chanfrein correspondant permettant d'intégrer totalement la vis et l'écrou dans les plaques.

15 [0015] Selon un deuxième aspect de l'aube de l'invention, le pied d'aube comporte un trou oblong ou festonnage s'étendant dans la direction de la longueur de l'aube pour le passage de la vis et de l'écrou. Le trou oblong ou festonnage permettant de relâcher les contraintes thermodynamiques.

[0016] Selon un troisième aspect de l'aube de l'invention, la face de chaque plaque en regard avec le pied d'aube présente une surface structurée de manière à augmenter le frottement entre les plaques et le pied d'aube. La face de chaque plaque en regard avec le pied d'aube peut notamment comporter un moletage droit ou croisé orienté en fonction de la direction des efforts centrifuges auxquels l'aube est soumise.

20 [0017] Selon un quatrième aspect de l'aube de l'invention, les plaques métalliques ont un coefficient de dilatation thermique inférieur au coefficient de dilatation thermique de la vis et de l'écrou. L'effort de serrage est ainsi maintenu lors des montées en température.

25 [0018] Selon un cinquième aspect de l'aube de l'invention, les plaques métalliques, la vis et l'écrou présentent des coefficients de dilatation thermique évoluant de manière similaire sur tout ou partie d'une plage de température comprise entre 0°C et 800°C, ce qui permet de mieux contrôler le maintien du serrage sur toute la plage de température.

[0019] L'invention concerne également un disque de rotor de turbomachine comprenant à sa périphérie extérieure une pluralité d'alvéoles métalliques sensiblement axiales et une pluralité d'aubes telles que définies précédemment, chaque aube étant montée par son pied dans une alvéole du disque. L'invention concerne encore une turbomachine comportant au moins un tel disque de rotor.

30 [0020] L'invention concerne encore un procédé d'assemblage de plaques sur un pied d'aube, ladite aube étant réalisée en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage multicouche de fils et densifié par une matrice, l'aube comprenant une partie constitutive de pale et pied d'aube formant une seule pièce, le pied d'aube ayant deux flancs latéraux opposés sensiblement plans qui sont formés dans le prolongement respectif des surfaces intrados et extrados de la pale, le pied d'aube étant enserré entre deux plaques métalliques fixées contre les flancs latéraux du pied d'aube par une vis et un écrou traversant les plaques et le pied d'aube, tel que que la vis comprend une tête en appui sur une des deux plaques, l'écrou comprenant une tête en appui sur l'autre plaque, et en ce qu'on applique sur les plaques métalliques lors du serrage de la vis avec l'écrou un effort de serrage minimal apte à assurer une reprise, par frottement entre les plaques métalliques et les flancs latéraux du pied d'aube, d'une force centrifuge déterminée appliquée à l'aube,

35 et remarquable en ce que chaque plaque métallique comporte sur sa face opposée à celle en contact avec le pied d'aube au moins une portion faisant saillie, ladite portion présentant une forme apte à assurer une ou les deux fonctions suivantes : anti-basculement et étanchéité.

40 [0021] Comme expliqué ci-avant, en fixant les plaques métalliques sur le pied d'aube selon un contact non glissant par un effort de serrage minimal, on répartit la reprise de la force centrifuge (efforts de traction) au niveau du pied d'aube sur la totalité de la surface de contact entre les plaques et les flancs du pied en composite. On évite ainsi la concentration de contraintes au niveau de la zone de contact entre l'organe de fixation des plaques et la portion correspondante du pied en matériau composite qui peut conduire à un endommagement du pied de l'aube. Par ce contact non glissant, on réduit également la sensibilité au manque de compensation du moment centrifuge par le moment aérodynamique de la pale de l'aube qui peut entraîner un basculement du pied de l'aube dans l'alvéole du disque dans laquelle il est logé.

45 [0022] Selon un aspect du procédé de l'invention, l'effort de serrage minimal est déterminé en divisant la force centrifuge déterminée par le coefficient de frottement entre les plaques métalliques et les flancs latéraux de pied d'aube.

Brève description des dessins

55 [0023] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue en perspective montrant une aube de turbomachine selon un mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 2 et 3 est une vue en perspective montrant le montage de plaques sur le pied d'aube de la figure 1 selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue en perspective montrant le pied d'aube des figures 2 et 3 une fois monté ;
- la figure 5 est une vue en perspective montrant un pied d'aube comportant un trou oblong selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 est une vue partielle en perspective montrant le montage du pied d'une aube de la figure 4 sur un disque de rotor ;
- la figure 7 est une vue partielle en perspective du disque de rotor de la figure 6 muni d'aubes de la figure 4.

Description détaillée de modes de réalisation

[0024] L'invention est applicable à différents types d'aubes mobiles en matériau composite de turbomachine, notamment des aubes de compresseur et de turbine de différents corps de turbines à gaz, par exemple une aube de disque de rotor de turbine basse-pression, telle que celle illustrée par la figure 1.

[0025] De façon connue en soi, l'aube 10 de la figure 1 comprend une pale 12, un pied 14 formé par une partie de plus forte épaisseur et prolongé par une échasse 16, et une plateforme 18 située entre l'échasse 16 et la pale 12. L'aube peut également comporter, comme illustré ici, un talon 19 au voisinage de l'extrémité libre 20 de la pale.

[0026] La pale 12 forme une surface aérodynamique qui s'étend en direction longitudinale depuis la plateforme 18 jusqu'à son extrémité libre 20. Elle présente un profil incurvé d'épaisseur variable formé d'une surface intrados 12a et d'une surface extrados 12b reliées transversalement par un bord d'attaque 12c et un bord de fuite 12d.

[0027] L'aube 10 est réalisée en matériau composite à partir de procédés connus de l'homme du métier. Par « matériau composite », on entend ici tout matériau formé à partir d'un renfort fibreux comblé par une matrice comme par exemple les matériaux à matrice céramique (CMC) (renfort en fibres de carbone ou céramique comblé par une matrice au moins partiellement céramique), les matériaux carbone/carbone (C/C) (renfort en fibres de carbone et matrice en carbone), les matériaux oxyde/oxyde (renfort en fibres oxyde et matrice oxyde), les matériaux à matrice organique (CMO) (renfort en fibres de verre, carbone ou autre et matrice organique), etc. On pourra par exemple se référer à la demande de brevet US 2011/311368 qui décrit la fabrication d'une telle aube comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage tridimensionnel de fils et densifié par une matrice. Avec un tel procédé, la partie constitutive de pale 12 forme une seule pièce avec le pied 14 de l'aube. Dans l'exemple décrit ici, l'aube est réalisée en matériau composite à matrice céramique (CMC).

[0028] De par son procédé de fabrication particulier, l'aube 10 présente en outre, au niveau de son pied 14, deux flancs latéraux opposés 22, 24 qui sont sensiblement plans et qui sont formés dans le prolongement respectif des surfaces intrados 12a et extrados 12b de la pale 12.

[0029] Selon l'invention et comme représenté sur les figures 2 à 4, le pied 14 de l'aube 10 est enserré entre deux plaques métalliques 26, 28 fixées respectivement contre les flancs latéraux 22, 24 du pied.

[0030] La fixation des plaques métalliques 26 et 28 s'effectue au moyen d'au moins une vis 30 et un écrou 40 traversant, selon une direction sensiblement perpendiculaire aux flancs latéraux, des orifices 260 et 280 ménagés respectivement dans les plaques 26 et 28 et un orifice 25 ménagé au travers du pied 14 de l'aube. L'écrou 40 est de préférence un écrou auto-freiné. L'orifice 25 du pied de l'aube est ajouté au cours du processus de fabrication de l'aube, soit par l'utilisation d'un insert de forme correspondante lors du tissage, soit par le perçage du pied après la première infiltration. Dans le mode de réalisation décrit ici, la vis 30 comporte une tête 31 de forme tronconique coopérant avec un chanfrein 261 ménagé dans la plaque 26 tandis que l'écrou 40 comporte une tête 41 également de forme tronconique coopérant avec un chanfrein 281 ménagé dans la plaque 28. De cette manière, la tête de vis et la tête d'écrou ne dépassent pas de la surface externe des plaques 26 et 28 et permettent l'insertion du pied de l'aube dans des logements de petites dimensions. La vis 30 comporte une tige filetée 32 coopérant avec un taraudage 43 formé à l'intérieur d'une tige creuse 42 de l'écrou 40 lors du serrage de la liaison de fixation des plaques. L'écrou 40 comporte au niveau de sa tête 41 un méplat 410 destiné à coopérer avec un méplat 282 ménagé dans le chanfrein 281 de la plaque 28 afin de contrer la rotation de l'écrou 40 lors de son serrage avec la vis 30.

[0031] Conformément à l'invention, le serrage de la vis 30 avec l'écrou 40 est réalisé suivant un effort de serrage minimal apte à assurer une reprise par frottement entre les plaques métalliques 26 et 28 et les flancs latéraux 22 et 24 du pied d'aube d'une force centrifuge ou effort de traction déterminé appliqué à l'aube. En effet, l'effort de serrage minimal doit permettre d'assurer un contact non glissant entre, d'une part, la face interne 26a de la plaque métallique 26 et le flanc 22 du pied d'aube 14 et, d'autre part, la face interne 28a de la plaque métallique 28 et le flanc 24 du pied d'aube 14. Le contact entre les plaques métalliques et les flancs du pied d'aube doit rester non glissant face à l'effort de traction maximal rencontré en fonctionnement qui correspond à la force centrifuge maximale exercée sur l'aube durant son utilisation. L'effort de serrage minimal à appliquer sur les plaques est calculé à partir de la formule suivante :

Effort de serrage=force centrifuge appliquée à l'aube/coefficient de frottement

5 **[0032]** Le serrage de la vis est par exemple réalisé avec une clé dynamométrique qui permet de contrôler l'effort de serrage appliqué.

[0033] Les faces internes 26a et 28a des plaques métalliques 26 et 28 respectivement en regard des flancs 22 et 24 du pied d'aube 14 peuvent comporter une surface structurée afin de réaliser un ancrage mécanique des plaques métalliques sur les flancs du pied d'aube. Dans l'exemple décrit ici, les faces internes 26a et 28a des plaques métalliques 26 et 28 comportent chacune un moletage droit 265, 285 orienté perpendiculairement à l'axe de l'aube et, par conséquent, au sens de l'effort de traction appliqué à l'aube. Avec un tel moletage, on obtient un coefficient de frottement entre les plaques et les flancs du pied d'aube proche de 1, l'effort de serrage à appliquer dans ce cas étant égal à la force centrifuge maximale. Le moletage peut être également croisé ou strié. Le coefficient de frottement entre les plaques et les flancs du pied d'aube peut être également augmenté en formant une couche rugueuse ou abrasive, telle qu'une couche de brasure, entre les plaques métalliques et les flancs du pied d'aube.

[0034] En outre, afin d'éviter l'apparition de contraintes locales entre la liaison vis-écrou et le matériau composite de l'aube et permettre le relâchement des contraintes thermomécaniques, l'orifice de passage de la liaison ménagé dans le pied d'aube peut présenter une forme oblongue, comme illustré sur la figure 5 qui montre un pied 114 d'une aube 100 comportant un orifice de passage 125 de forme oblongue s'étendant dans la longueur de l'aube 100. L'orifice de passage de la liaison ménagé dans le pied d'aube peut présenter d'autres formes adaptées telles qu'un festonnage.

[0035] Afin de maintenir l'effort de serrage sur toute la plage de température que l'aube est susceptible de rencontrer en fonctionnement, plage comprise typiquement entre 0°C et 800°C, on choisit pour la vis et l'écrou un matériau présentant un coefficient de dilatation thermique supérieur au coefficient de dilatation thermique des plaques de manière à ce que, lors des montées en températures, le système vis-écrou se dilate moins que les plaques assurant ainsi le maintien de la précontrainte appliquée sur les plaques. A titre d'exemples non limitatifs, la vis et l'écrou peuvent être réalisés en alliage haute performance à base de nickel de type Haynes® 242® ou Waspaloy® tandis que les plaques sont réalisées en acier inoxydable A286 ou en Inconel® 718.

[0036] Par ailleurs, l'aube, les plaques métalliques, la vis et l'écrou sont réalisés avec des matériaux qui présentent de préférence des coefficients de dilatation thermique évoluant de manière similaire sur tout ou partie d'une plage de température comprise entre 0°C et 800°C. En effet, en ayant une quasi-homothétie dans les courbes d'évolution des coefficients de dilatation thermique de l'ensemble de ces éléments, la tenue du serrage est mieux contrôlée lors des variations de température. A titre d'exemples non limitatifs, une aube en matériau composite avec des plaques en acier inoxydable A286 ou en Inconel® 718 et un système vis-écrou en alliage haute performance à base de nickel de type Haynes® 242® ou Waspaloy® présentent des coefficients de dilatation thermique évoluant de manière identique. Les plaques métalliques sont usinées suivant une forme permettant de conférer au pied d'aube une géométrie adaptée au logement du disque ou roue dans lequel il doit être inséré. Dans l'exemple décrit ici, les plaques 26 et 28 sont usinées de manière à former respectivement des portions d'épaisseur réduites 262 et 282 conférant au pied d'aube une fois montées sur celui-ci une forme de bulbe apte à coopérer avec un logement 51 d'un disque de rotor 50 tel que représenté sur les figures 6 et 7. Comme illustrées sur les figures 6 et 7, chaque aube 10 est montée sur le disque 50 en engageant le pied 14 enserré entre les plaques 26 et 28 dans un logement ou alvéole 51. Chaque logement 51 est séparé du logement adjacent par une dent 52 comportant une partie supérieure 53 ayant une forme renflée destinée à retenir l'aube lors de la rotation du disque.

[0037] Selon l'invention, les plaques 26 comportent deux portions 263 et 264 faisant saillie depuis la surface externe de la plaque et s'étendant sensiblement perpendiculairement à cette surface. De même, les plaques 28 comportent deux portions 283 et 284 faisant saillie depuis la surface externe de la plaque et s'étendant sensiblement perpendiculairement à cette surface. Comme illustrées sur la figure 7, les portions 263, 264, 283 et 284 jouent à la fois le rôle de muret anti-basculement pour l'aube et assurent une fonction d'étanchéité, les portions 263 et 264 d'une aube venant respectivement en contact des portions 283 et 284 d'une autre aube adjacente.

[0038] L'utilisation de plaques métalliques permet de conférer au pied d'aube une géométrie précise et reproductible, et ce dans de petites dimensions, le pied d'aube de compresseur basse pression décrite ci-avant présentant typiquement une largeur l de l'ordre de 10 mm (figure 6) et devant être insérée dans un logement ayant des dimensions équivalentes sans dégagement.

55 Revendications

1. Aube (10) de disque de rotor (50) pour turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage multicouche de fils et densifié par une matrice, l'aube (10) comprenant une partie constitutive de pale

EP 3 004 554 B1

(12) et pied d'aube (14) formant une seule pièce, le pied d'aube (14) ayant deux flancs latéraux opposés (22, 24) sensiblement plans qui sont formés dans le prolongement respectif des surfaces intrados (12a) et extrados (12b) de la pale (10), le pied d'aube (14) étant enserré entre deux plaques métalliques (26, 28) fixées contre les flancs latéraux (22, 24) du pied d'aube par une vis (30) et un écrou (40) traversant les plaques (26, 28) et le pied d'aube (14), la vis (30) comprenant une tête (31) en appui sur une (26) des deux plaques, l'écrou (40) comprenant une tête (41) en appui sur l'autre plaque (28), la vis et l'écrou (30, 40) appliquant sur les plaques métalliques (26, 28) un effort de serrage minimal apte à assurer une reprise, par frottement entre les plaques métalliques (26, 28) et les flancs latéraux (22, 24) du pied d'aube (14), d'une force centrifuge déterminée appliquée à l'aube (10),
caractérisée en ce que chaque plaque métallique (26 ; 28) comporte sur sa face opposée à celle en contact avec le pied d'aube (14) au moins une portion (263 ; 283) faisant saillie, ladite portion présentant une forme apte à assurer une ou les deux fonctions suivantes : anti-basculement et étanchéité.

2. Aube selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la vis (30) et l'écrou (40) comporte une tête (31 ; 41) de forme conique et **en ce que** les plaques métalliques (26, 28) comportent un chanfrein correspondant (261 ; 281).
3. Aube selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le pied d'aube (14) comporte un trou oblong (125) ou un festonnage s'étendant dans le sens de la longueur de l'aube (10) pour le passage de la vis et de l'écrou.
4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la face (26a ; 28a) de chaque plaque (26 ; 28) en regard avec le pied d'aube présente une surface structurée.
5. Aube selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la face (26a ; 28a) de chaque plaque (26 ; 28) en regard avec le pied d'aube (14) comporte un moletage (265 ; 285).
6. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** les plaques métalliques (26, 28) ont un coefficient de dilatation thermique inférieur au coefficient de dilatation thermique de la vis (30) et de l'écrou (40).
7. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** l'aube (10), les plaques métalliques (26, 28), la vis (30) et l'écrou (40) présentent des coefficients de dilatation thermique évoluant de manière similaire sur tout ou partie d'une plage de température comprise entre 0°C et 800°C.
8. Disque de rotor (50) de turbomachine comprenant à sa périphérie extérieure une pluralité d'alvéoles métalliques (51) sensiblement axiales, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une pluralité d'aubes (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, chaque aube (10) étant montée par son pied dans une alvéole du disque.
9. Turbomachine comportant au moins un disque de rotor (50) selon la revendication 8.
10. Procédé d'assemblage de plaques (26, 28) sur un pied d'aube (14), ladite aube étant réalisée en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage multicouche de fils et densifié par une matrice, l'aube (10) comprenant une partie constitutive de pale (12) et pied (14) d'aube formant une seule pièce, le pied d'aube (14) ayant deux flancs latéraux opposés (22, 24) sensiblement plans qui sont formés dans le prolongement respectif des surfaces intrados (12a) et extrados (12b) de la pale (12), le pied d'aube (14) étant enserré entre deux plaques métalliques (26, 28) fixées contre les flancs latéraux (22, 24) du pied d'aube (14) par une vis (30) et un écrou (40) traversant les plaques (26, 28) et le pied d'aube (14), la vis (30) comprenant une tête (31) en appui sur une (26) des deux plaques, l'écrou (40) comprenant une tête (41) en appui sur l'autre plaque (28), procédé dans lequel on applique sur les plaques métalliques (26, 28) lors du serrage de la vis (30) avec l'écrou (40) un effort de serrage minimal apte à assurer une reprise, par frottement entre les plaques métalliques (26, 28) et les flancs latéraux (22, 24) du pied d'aube (14), d'une force centrifuge déterminée appliquée à l'aube (10),
caractérisé en ce que chaque plaque métallique (26 ; 28) comporte sur sa face opposée à celle en contact avec le pied d'aube (14) au moins une portion (263 ; 283) faisant saillie, ladite portion présentant une forme apte à assurer une ou les deux fonctions suivantes : anti-basculement et étanchéité.
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'effort de serrage minimal est déterminé en divisant la force centrifuge déterminée par le coefficient de frottement entre les plaques métalliques (26, 28) et les flancs latéraux (22, 24) de pied d'aube (14).

Patentansprüche

- 5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
1. Schaufel (10) einer Rotorscheibe (50) für Turbomaschine aus Verbundmaterial, umfassend eine Faserverstärkung, die durch mehrschichtiges Weben von Fäden erhalten und durch eine Matrix verdichtet wird, wobei die Schaufel (10) einen Teil umfasst, der aus einem Blatt (12) und Schaufelfuß (14) besteht, der ein einziges Teil bildet, wobei der Schaufelfuß (14) zwei etwa ebene gegenüberliegende seitliche Flanken (22, 24) hat, die in der jeweiligen Verlängerung der Vorderkanten- (12a) und Hinterkantenoberflächen (12b) des Blatts (10) gebildet sind, wobei der Schaufelfuß (14) zwischen zwei Metallplatten (26, 28) eingeschlossen ist, die an den seitlichen Flanken (22, 24) des Schaufelfußes anhand einer Schraube (30) und einer Mutter (40) befestigt sind, die die Platten (26, 28) und den Schaufelfuß (14) durchqueren, wobei die Schraube (30) einen Kopf (31) in Abstützung auf einer (26) der zwei Platten umfasst, wobei die Mutter (40) einen Kopf (41) in Abstützung auf der anderen Platte (28) umfasst, wobei die Schraube und die Mutter (30, 40) auf die Metallplatten (26, 28) eine minimale Spannkraft ausüben, die imstande ist, eine Übernahme durch Reibung zwischen den Metallplatten (26, 28) und den seitlichen Flanken (22, 24) des Schaufelfußes (14) einer bestimmten Zentrifugalkraft sicherzustellen, die auf die Schaufel (10) ausgeübt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Metallplatte (26; 28) auf ihrer Fläche, die gegenüber derjenigen ist, die mit dem Schaufelfuß (14) in Kontakt ist, mindestens einen hervorstehenden Abschnitt (263; 283) aufweist, wobei der Abschnitt eine Form aufweist, die imstande ist, eine oder die zwei folgenden Funktionen sicherzustellen: Kippsicherung und Dichtigkeit.
 2. Schaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schraube (30) und die Mutter (40) einen konischen Kopf (31; 41) aufweisen und dass die Metallplatten (26, 28) eine entsprechend Schräge (261; 281) aufweisen.
 3. Schaufel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaufelfuß (14) ein Langloch (125) oder eine Einkerbung aufweist, das/die sich in Richtung der Länge der Schaufel (10) für den Durchgang der Schraube und der Mutter erstreckt.
 4. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fläche (26a; 28a) jeder Platte (26; 28), die dem Schaufelfuß zugewandt ist, eine strukturierte Oberfläche aufweist.
 5. Schaufel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fläche (26a; 28a) jeder Platte (26; 28), die dem Schaufelfuß (14) zugewandt ist, eine Rändelung (265; 285) aufweist.
 6. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallplatten (26, 28) einen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, der kleiner als der Wärmeausdehnungskoeffizient der Schraube (30) und der Mutter (40) ist.
 7. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (10), die Metallplatten (26, 28), die Schraube (30) und die Mutter (40) Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, die sich über den gesamten oder einen Teil eines Temperaturbereichs, der zwischen 0°C und 800°C liegt, ähnlich entwickeln.
 8. Rotorscheibe (50) einer Turbomaschine, die an ihrer äußeren Peripherie eine Vielzahl von etwa axialen Metallwaben (51) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ferner eine Vielzahl von Schaufeln (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist, wobei jede Schaufel (10) anhand ihres Fußes in einer Wabe der Scheibe angebracht ist.
 9. Turbomaschine, die mindestens eine Rotorscheibe (50) nach Anspruch 8 aufweist.
 10. Verfahren zur Verbindung von Platten (26, 28) auf einem Schaufelfuß (14), wobei die Schaufel aus Verbundmaterial hergestellt ist, umfassend eine Faserverstärkung, die durch mehrschichtiges Weben von Fäden erhalten und durch eine Matrix verdichtet wird, wobei die Schaufel (10) einen Teil umfasst, der aus einem Blatt (12) und Schaufelfuß (14) besteht, der ein einziges Teil bildet, wobei der Schaufelfuß (14) zwei etwa ebene gegenüberliegende seitliche Flanken (22, 24) hat, die in der jeweiligen Verlängerung der Vorderkanten- (12a) und Hinterkantenoberflächen (12b) des Blatts (12) gebildet sind, wobei der Schaufelfuß (14) zwischen zwei Metallplatten (26, 28) eingeschlossen ist, die an den seitlichen Flanken (22, 24) des Schaufelfußes (14) anhand einer Schraube (30) und einer Mutter (40) befestigt sind, die die Platten (26, 28) und den Schaufelfuß (14) durchqueren, wobei die Schraube (30) einen Kopf (31) in Abstützung auf einer (26) der zwei Platten umfasst, wobei die Mutter (40) einen Kopf (41) in Abstützung auf der anderen Platte (28) umfasst, wobei bei dem Verfahren auf die Metallplatten (26, 28) beim Spannen der Schraube (30) mit der Mutter (40) eine minimale Spannkraft ausgeübt wird, die imstande ist, eine Übernahme durch Reibung zwischen den Metallplatten (26, 28) und den seitlichen Flanken (22, 24) des Schaufelfußes (14) einer bestimmten

Zentrifugalkraft sicherzustellen, die auf die Schaufel (10) ausgeübt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass jede Metallplatte (26; 28) auf ihrer Fläche, die gegenüber derjenigen ist, die mit dem Schaufelfuß (14) in Kontakt ist, mindestens einen hervorstehenden Abschnitt (263; 283) aufweist, wobei der Abschnitt eine Form aufweist, die imstande ist, eine oder die zwei folgenden Funktionen sicherzustellen: Kippsicherung und Dichtigkeit.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die minimale Spannkraft durch Division der Zentrifugalkraft bestimmt wird, die durch den Reibungskoeffizienten zwischen den Metallplatten (26, 28) und den seitlichen Flanken (22, 24) des Schaufelfußes (14) bestimmt wird.

Claims

1. A rotor disk blade (10) for a turbine engine, the blade being made of composite material comprising fiber reinforcement obtained by multilayer weaving of yarns and densified by a matrix, the blade (10) having a portion constituting an airfoil (12) and a blade root (14) forming a single piece, the blade root (14) having two substantially plane opposite lateral flanks (22, 24) that are formed respectively extending the pressure side surface (12a) and the suction side surface (12b) of the airfoil (10), the blade root (14) being clamped between two metal plates (26, 28) fastened against the lateral flanks (22, 24) of the blade root by a bolt (30) and a nut (40) passing through the plates (26, 28) and the blade root (14), the bolt (30) having a head (31) bearing against one of the two plates (26) the nut (40) having a head (41) bearing against the other plate (28), the bolt and the nut (30, 40) applying some minimum level of clamping force against the metal plates (26, 28) for ensuring that a determined centrifugal force applied to the blade (10) is taken up by friction between the metal plates (26, 28) and the lateral flanks (22, 24) of the blade root (14), **characterized in that** each metal plate (26; 28) includes on its face opposite from its face in contact with the blade root (14) at least one projecting portion (263; 283), said projecting portion presenting a shape suitable for providing one or both of the following functions: opposing tilting and providing sealing.
2. A blade according to claim 1, **characterized in that** the bolt (30) and the nut (40) have respective heads (31; 41) of conical shape, and **in that** the metal plates (26, 28) include corresponding countersinks (261; 281).
3. A blade according to claim 1 or 2, **characterized in that** the blade root (14) includes an oblong hole (125) or festooning extending in the long direction of the blade (10) for passing the bolt and the nut.
4. A blade according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the face (26a; 28a) of each plate (26; 28) facing the blade root presents a surface that is structured.
5. A blade according to claim 4, **characterized in that** the face (26a; 28a) of each plate (26, 28) facing the blade root (14) includes knurling (265; 285).
6. A blade according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the metal plates (26, 28) have a coefficient of thermal expansion that is less than the coefficient of thermal expansion of the bolt (30) and of the nut (40).
7. A blade according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** the blade (10), the metal plates (26, 28), the bolt (30), and the nut (40) present coefficients of thermal expansion that vary in similar manner over all or part of a temperature range extending from 0°C to 800°C.
8. A turbine engine rotor disk (50) having a plurality of substantially axial metal slots (51) in its outer periphery, the disk being **characterized in that** it further includes a plurality of blades (10) according to any one of claims 1 to 7, each blade (10) being assembled by means of its root in a slot of the disk.
9. A turbine engine including at least one rotor disk (50) according to claim 8.
10. A method of assembling plates (26, 28) on a blade root (14), said blade being made of a composite material comprising fiber reinforcement obtained by multilayer weaving of yarns and densified by a matrix, the blade (10) having a portion constituting an airfoil (12) and a blade root (14) forming a single piece, the blade root (14) having two substantially plane opposite lateral flanks (22, 24) that are formed respectively extending the pressure side surface (12a) and the suction side surface (12b) of the airfoil (12), the blade root (14) being clamped between two metal plates (26, 28) fastened against the lateral flanks (22, 24) of the blade root (14) by a bolt (30) and a nut (40)

EP 3 004 554 B1

5 passing through the plates (26, 28) and the blade root (14), the bolt (30) having a head (31) bearing against one of the two plates (26), the nut (40) having a head (41) bearing against the other plate (28), wherein, when tightening the bolt (30) with the nut (40), some minimum level of clamping force is applied to the metal plates (26, 28) to ensure that a determined centrifugal force applied to the blade (10) is taken up by friction between the metal plates (26, 28) and the lateral flanks (22, 24) of the blade root (14), **characterized in that** each metal plate (26; 28) includes on its face opposite from its face in contact with the blade root (14) at least one projecting portion (263; 283), said projecting portion presenting a shape suitable for providing one or both of the following functions: opposing tilting and providing sealing.

10 **11.** A method according to claim 10, **characterized in that** the minimum clamping force is determined by dividing the determined centrifugal force by the coefficient of friction between the metal plates (26, 28) and the lateral flanks (22, 24) of the blade root (14).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

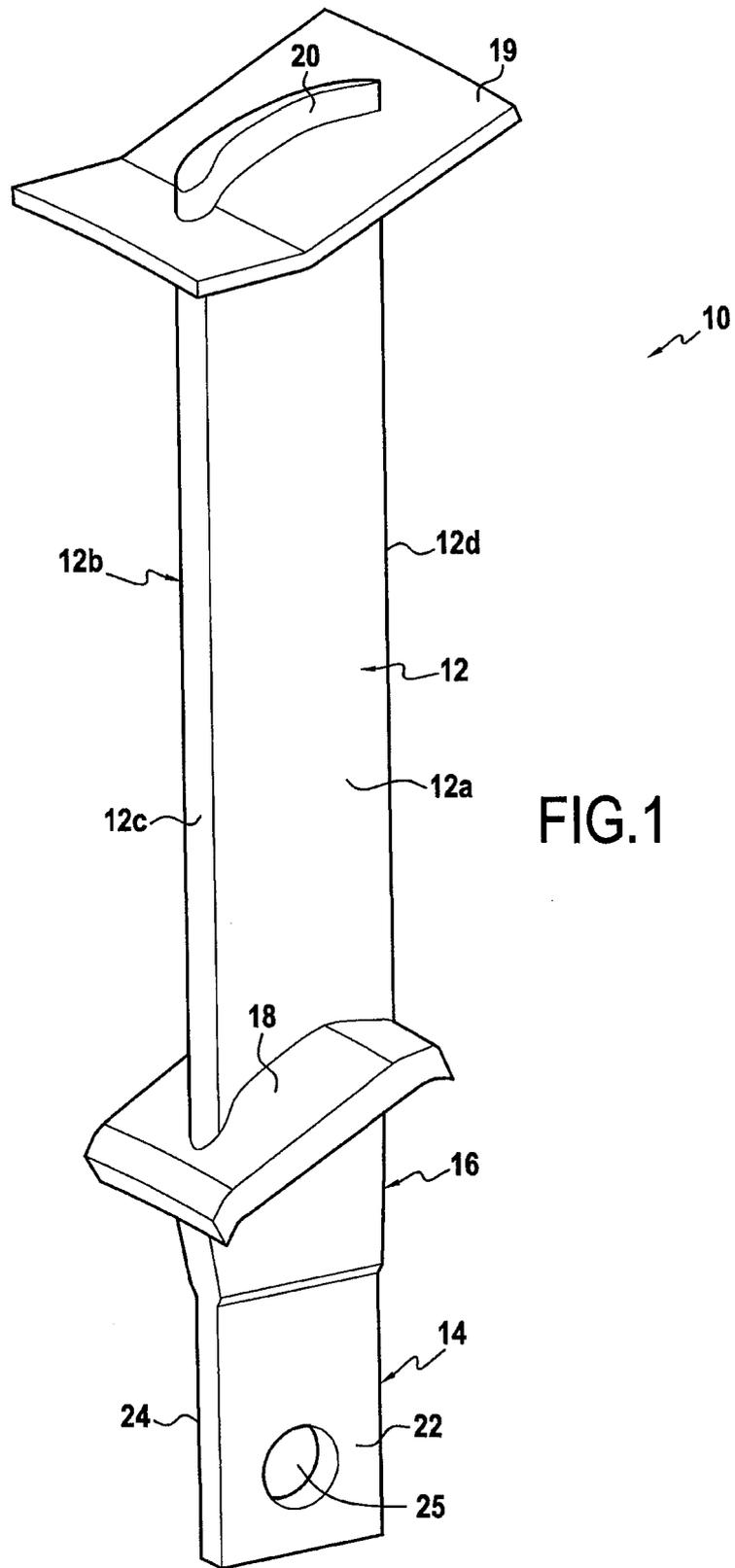


FIG.1

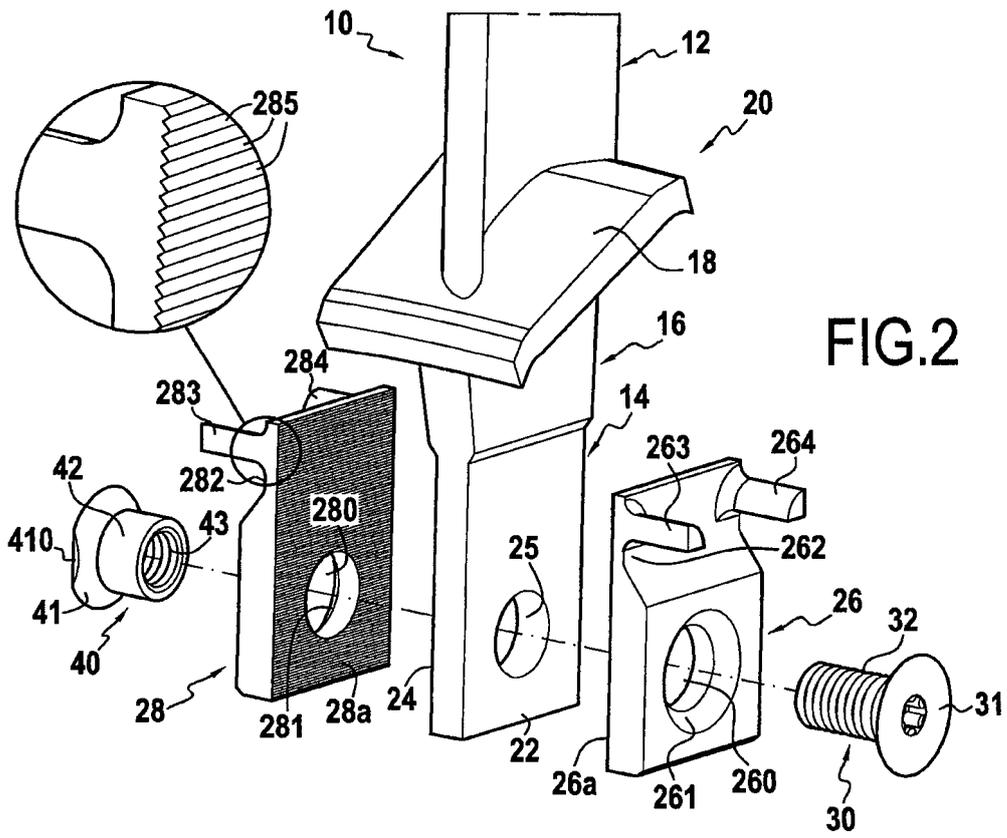


FIG. 2

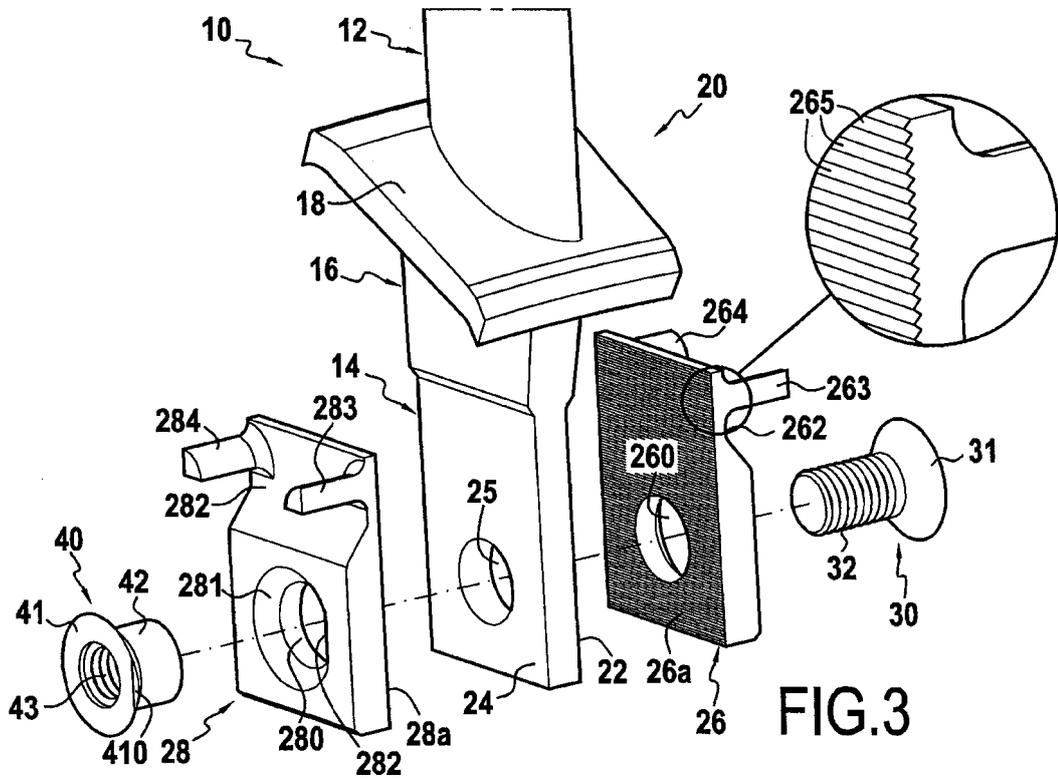


FIG. 3

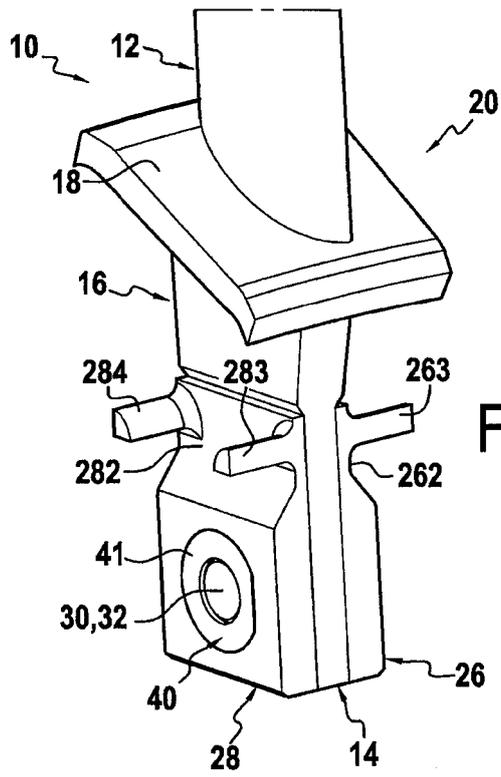


FIG. 4

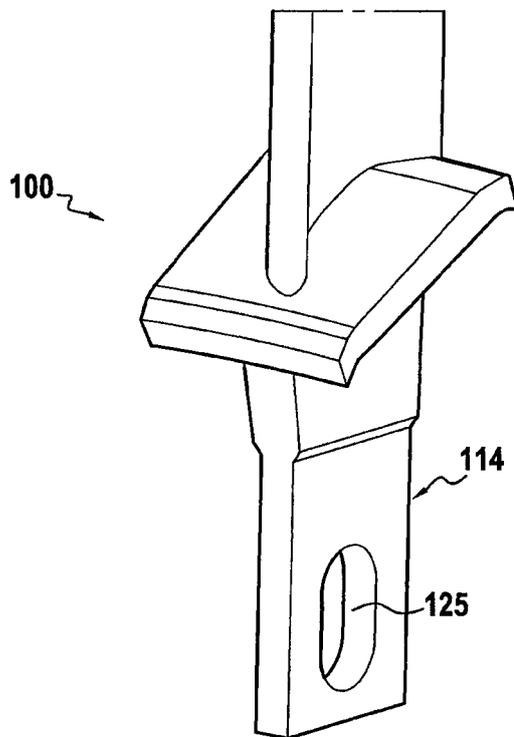


FIG. 5

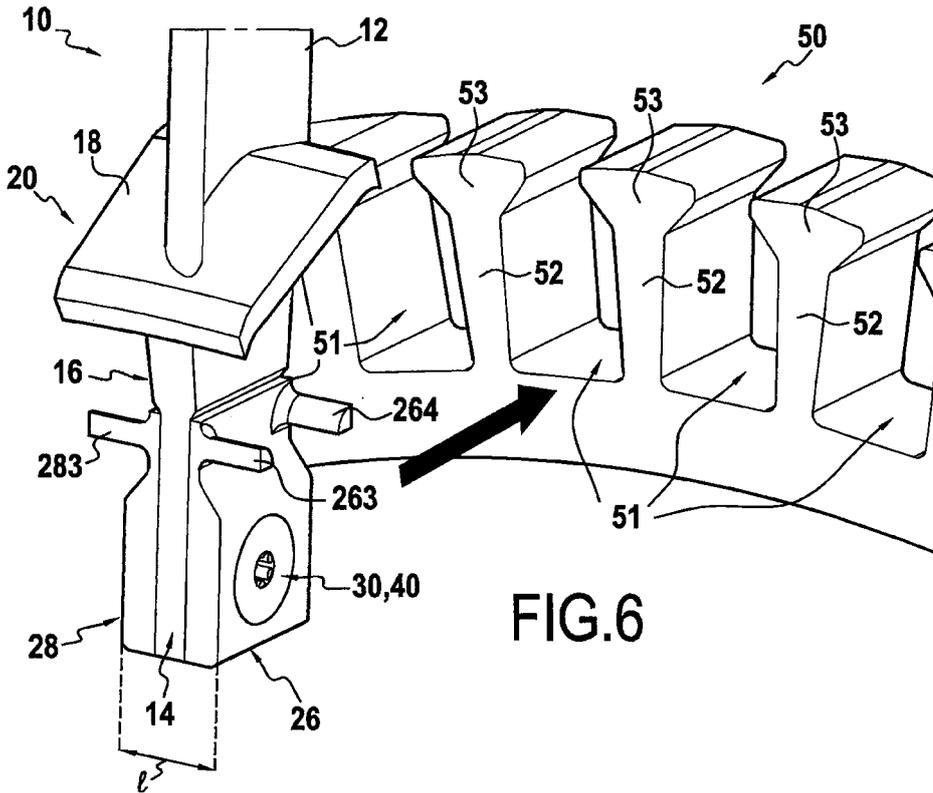


FIG. 6

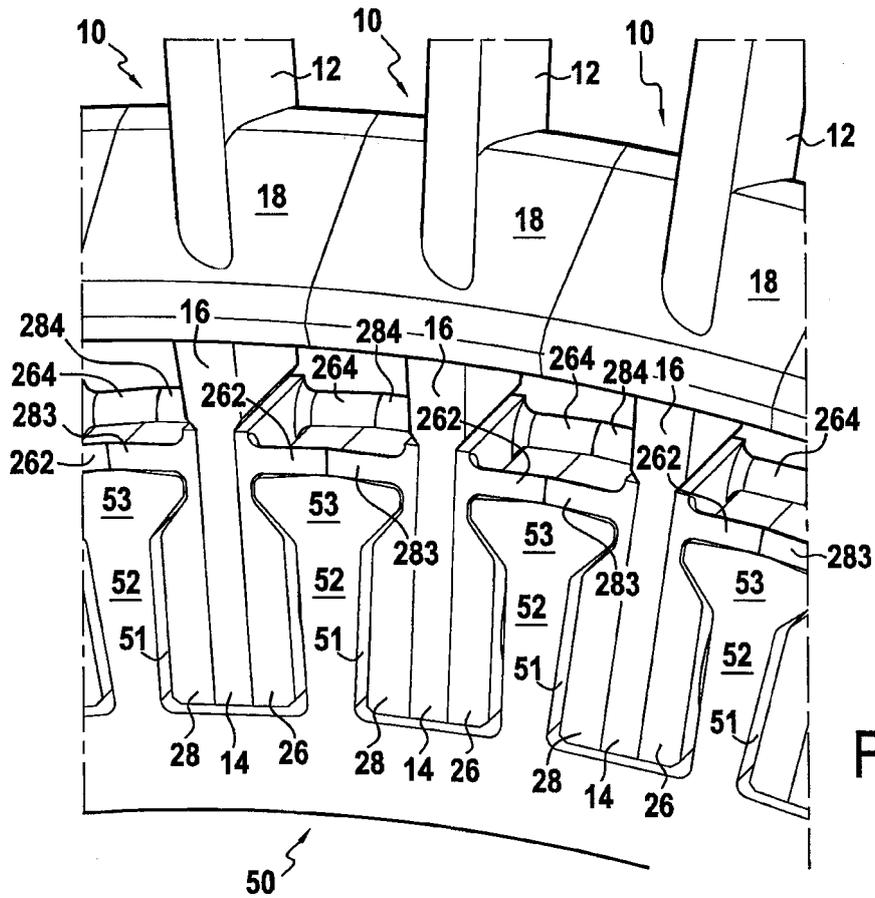


FIG. 7

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 2011311368 A [0004] [0027]
- US 2010189562 A [0009] [0010]