(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 832 712 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.09.2007 Bulletin 2007/37

(51) Int Cl.:
F01D 5/08 *(2006.01)* ***F01D 5/30*** *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **07103424.3**

(22) Date de dépôt: **02.03.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **08.03.2006 FR 0650800**

(71) Demandeur: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **Digard Brou de Cuissart, Sébastien**
  75020 Paris (FR)
- **Giot, Chantal**
  77380 Combs la Ville (FR)
- **Potier, Thomas**
  75004 Paris (FR)

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

(54) **Aube mobile de turbomachine à cavité commune d'alimentation en air de refroidissement**

(57) Aube mobile (10) de turbomachine, comportant une surface aérodynamique s'étendant radialement entre un pied d'aube (12) et un sommet d'aube (14) et au moins un circuit de refroidissement interne composé d'au moins une cavité radiale (20), d'au moins une ouverture d'admission d'air (22) formée au niveau du pied d'aube (12) et débouchant dans la ou les cavités (20) et d'une pluralité d'orifices de sortie (24) s'ouvrant dans la ou les cavités (20) et débouchant à l'extérieur de l'aube, le pied d'aube comportant des renflements inférieurs (12a) et supérieurs (12b) définissant des portées pour la fixation du pied sur un disque de rotor. Les ouvertures d'admission d'air (22) du ou des circuits de refroidissement s'ouvrent dans une cavité commune (26) qui est formée dans le pied d'aube (12) et qui s'étend radialement depuis la base (12f) du pied d'aube jusqu'au moins les renflements supérieurs (12b) dudit pied.

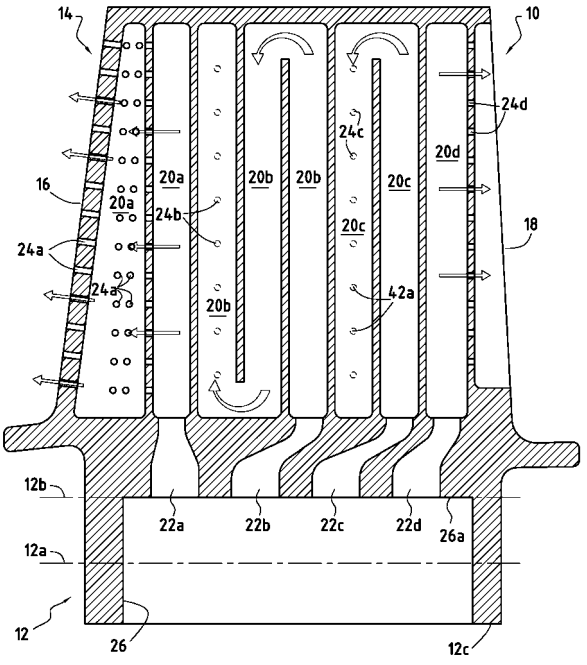


FIG.1

EP 1 832 712 A1

Description

Arrière-plan de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général du refroidissement des aubes mobiles de turbomachine, et notamment aux aubes mobiles de la turbine haute-pression.

[0002] Il est connu de munir les aubes mobiles d'une turbine à gaz de turbomachine, telles que les turbines haute et basse pression, de circuits internes de refroidissement leur permettant de supporter sans dommages les températures très élevées auxquelles elles sont soumises pendant le fonctionnement de la turbomachine. Ainsi, dans le cas d'une turbine haute-pression, les températures des gaz issus de la chambre de combustion atteignent des valeurs largement supérieures à celles que peuvent supporter sans dommages les aubes mobiles de la turbine, ce qui a pour conséquence de limiter leur durée de vie.

[0003] Grâce à de tels circuits de refroidissement, de l'air, qui est introduit dans l'aube par son pied, traverse celle-ci en suivant un trajet formé par plusieurs cavités pratiquées dans l'aube avant d'être éjecté par des orifices de sortie débouchant à la surface de l'aube.

[0004] Le procédé de fabrication par moulage d'une aube mobile de turbine à gaz munie d'un circuit de refroidissement de ce type présente des inconvénients. Une aube de ce type est généralement obtenue en coulant un métal dans un moule contenant un noyau céramique ayant pour fonction de réserver un emplacement pour chacune des cavités des circuits de refroidissement de l'aube. Or, le nombre important de cavités nécessaires au refroidissement de l'aube rend difficile la réalisation d'un noyau céramique qui soit robuste. Les risques pour qu'un tel noyau se casse sont donc importants.

[0005] Par ailleurs, compte tenu de la forme particulière d'une aube mobile de turbine à gaz, une même cavité d'un circuit de refroidissement n'est pas située dans un même plan ; la partie de la cavité située au niveau du pied d'aube est décalée par rapport au reste de la cavité. En d'autres termes, les cavités sont courbées. Il résulte de cette courbure des cavités que l'écoulement de l'air dans ces cavités est perturbé ce qui nuit au refroidissement de l'aube.

Objet et résumé de l'invention

[0006] La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant une aube mobile munie de circuits internes de refroidissement dont la fabrication par moulage est simplifiée et l'écoulement de l'air dans les cavités facilité.

[0007] Ce but est atteint grâce à une aube mobile de turbomachine, comportant une surface aérodynamique s'étendant radialement entre un pied d'aube et un sommet d'aube et au moins un circuit de refroidissement interne composé d'au moins une cavité radiale, d'au moins une ouverture d'admission d'air formée au niveau du pied d'aube et débouchant dans la ou les cavités et d'une pluralité d'orifices de sortie s'ouvrant dans la ou les cavités et débouchant à l'extérieur de l'aube, le pied d'aube comportant des renflements inférieurs et supérieurs définissant des portées pour la fixation du pied sur un disque de rotor, l'aube étant caractérisée en ce que les ouvertures d'admission d'air du ou des circuits de refroidissement s'ouvrent dans une cavité commune qui est formée dans le pied d'aube et qui s'étend radialement depuis la base du pied d'aube jusqu'au moins les renflements supérieurs du pied.

[0008] Le procédé de fabrication par moulage d'une telle aube est simplifié. En effet, le noyau céramique est consolidé par la présence de l'emplacement réservé à la cavité commune d'alimentation en air des cavités du ou des circuits de refroidissement. Par ailleurs, la présence d'une telle cavité commune au niveau du pied d'aube évite de courber les cavités du ou des circuits circuit de refroidissement, ce qui améliore l'écoulement de l'air dans ces dernières. En outre, la présence de la cavité commune permet de réaliser des aubes à fort maître-couple - et donc à pied élargi - sans pour autant augmenter considérablement leur masse (l'utilisation d'aubes à fort maître-couple ayant pour but de diminuer le nombre total d'aubes mobiles d'un même étage d'une turbine à gaz).

[0009] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, la cavité commune comporte des moyens pour assurer un détrompage d'une plaque de calibrage des débits d'air alimentant les cavités du ou des circuits de refroidissement.

[0010] La cavité commune peut être ouverte en partie au niveau d'une paroi amont de façon à faciliter l'alimentation en air de celle-ci.

[0011] Le fond de la cavité commune peut être incliné d'amont en aval par rapport à la base du pied d'aube, toujours de façon à faciliter l'alimentation en air de la cavité.

[0012] La cavité commune peut comporter une paroi radiale formant raidisseur qui est disposée de façon à diviser la cavité en deux sous cavités.

[0013] L'invention a également pour objet une turbine haute-pression de turbomachine et une turbomachine comportant une pluralité d'aubes mobiles telles que définies précédemment.

Brève description des dessins

[0014] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une aube mobile selon l'invention ;
- les figures 2A et 2B sont des vues partielles et en

perspective du pied de l'aube de la figure 1 ; et

- les figures 3A et 3B sont des vues partielles et en coupe d'aubes mobiles selon d'autres modes de réalisation de l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation

[0015] Les figures 1, 2A et 2B représentent une aube mobile 10 de turbomachine, telle qu'une aube mobile de turbine haute-pression. Bien entendu, l'invention peut également s'appliquer à d'autres aubes mobiles de la turbomachine, par exemple aux aubes de la turbine basse-pression de celle-ci.

[0016] L'aube 10 comporte une surface aérodynamique (ou pale) qui s'étend radialement entre un pied d'aube 12 et un sommet d'aube 14. Cette surface aérodynamique se compose d'un bord d'attaque 16 disposé en regard de l'écoulement des gaz chauds issus de la chambre de combustion de la turbomachine, d'un bord de fuite 18 opposé au bord d'attaque 16, d'une face latérale intrados et d'une face latérale extrados, ces faces latérales (non représentées sur les figures) reliant le bord d'attaque 16 au bord de fuite 18.

[0017] L'aube 10 comporte également deux renflements (ou dents) inférieurs 12a qui sont disposés latéralement de part et d'autre du pied d'aube 12 et deux renflements supérieurs 12b également disposés latéralement de part et d'autre du pied, ces renflements 12a, 12b définissant des portées pour la fixation du pied dans une alvéole d'un disque de rotor (non représenté). On définit par col inférieur 12c la section du pied d'aube délimitée entre les renflements inférieurs 12a et supérieurs 12b, et par col supérieur 12d la section délimitée entre les renflements supérieurs 12b et la face inférieure de la plate-forme 12e du pied.

[0018] De façon connue en soi, l'aube 10 comporte au moins un circuit interne de refroidissement. Celui-ci se compose d'une ou plusieurs cavités 20 s'étendant radialement sur toute la hauteur de la pale, d'une ou plusieurs ouvertures d'admission d'air 22 formées au niveau du pied d'aube 12 et débouchant dans la ou les cavités 20 et d'une pluralité d'orifices de sortie 24 s'ouvrant dans la ou les cavités et débouchant à l'extérieur de l'aube.

[0019] Sur l'exemple de réalisation de la figure 1, il est prévu quatre circuits internes de refroidissement de l'aube 10 : un circuit situé au voisinage du bord d'attaque 16 de l'aube et formé de deux cavités radiales 20a qui sont alimentées par une ouverture d'admission d'air 22a ; deux circuits situés dans la partie centrale de l'aube et formé pour l'un de trois cavités radiales 20b qui sont alimentées par une ouverture d'admission d'air 22b et pour l'autre de deux cavités radiales 20c qui sont alimentées par une ouverture d'admission d'air 22c ; et un circuit situé au voisinage du bord de fuite 18 de l'aube et formé d'une cavité radiale 20d qui est alimentée par une ouverture d'admission d'air 22d.

[0020] Tous ces circuits de refroidissement sont par ailleurs équipés d'orifices de sortie, respectivement 24a à 24d, qui s'ouvrent dans les cavités radiales 20a à 20d et débouchent à l'extérieur de l'aube. Bien entendu, le nombre de circuits de refroidissement et la quantité de cavités radiales, d'ouvertures d'admission d'air et d'orifices de sortie composant chacun de ces circuits peuvent être différents.

[0021] L'aube 10 est typiquement obtenue en coulant un métal dans un moule contenant un noyau céramique ayant pour fonction de réserver un emplacement pour chacune des cavités radiales 20 du ou des circuits internes de refroidissement de l'aube.

[0022] Selon l'invention, les ouvertures d'admission d'air 22 du ou des circuits internes de refroidissement de l'aube 10 s'ouvrent toutes dans une cavité commune 26 formée dans le pied d'aube 12.

[0023] La présence d'une telle cavité commune 26 au niveau du pied d'aube présente de nombreux avantages. D'une part, le procédé de fabrication par moulage de l'aube est simplifié. En effet, les dimensions de cette cavité commune font que le noyau céramique nécessaire à ce type de procédé de fabrication est consolidé au niveau de l'emplacement réservé à la cavité commune. D'autre part, la présence d'une cavité commune permet d'améliorer l'écoulement de l'air dans les cavités du circuit de refroidissement de l'aube. Enfin, la présence de la cavité commune permet de réaliser une aube à pied élargi sans pour autant augmenter considérablement sa masse.

[0024] La cavité commune 26 peut présenter une forme sensiblement parallélépipédique comme représenté sur les figures 1, 2A et 2B. A titre d'exemple, une telle cavité commune peut présenter une section de l'ordre de 2000mm^2 environ, les cavités du ou des circuits de refroidissement ayant une section habituelle de 4 à 30mm^2 environ.

[0025] Comme illustré sur la figure 1, la cavité commune 26 s'étend radialement depuis la base 12f du pied d'aube 12 jusqu'au moins les renflements supérieurs 12b de celui-ci. Une telle disposition permet d'obtenir une cavité « haute » qui limite les pertes de charge d'alimentation des cavités de refroidissement 20a à 20d. En outre, l'alimentation en air de refroidissement de ces cavités est plus homogène.

[0026] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, la cavité commune 26 comporte des moyens 28 pour assurer un détrompage d'une plaque 30 de calibrage des débits d'air alimentant les cavités 20 du ou des circuits internes de refroidissement de l'aube.

[0027] L'utilisation d'une plaque 30 de calibrage des débits d'air alimentant les cavités du ou des circuits internes de refroidissement d'une aube est bien connue en soi. Typiquement, il s'agit d'une plaque métallique 30 qui est fixée (par brasure ou soudure par exemple) au niveau de la base du pied d'aube. La plaque 30 est percée de trous de calibrage 32 disposés en regard des ouvertures d'admission d'air lorsqu'elle est montée en situation. Selon la section des trous 32 de la plaque, il est ainsi possible de calibrer de façon précise les débits d'air

alimentant les cavités du ou des circuits internes de refroidissement de l'aube.

[0028] Dans le cadre de l'invention, une telle plaque 30 de calibrage est fixée dans le fond 26a de la cavité commune 26 comme cela est représenté sur les figures 3A et 3B. L'avantage d'un montage de la plaque de calibrage dans le fond de la cavité commune est de permettre une homogénéisation de l'air dans la cavité commune avant d'alimenter les cavités radiales du ou des circuits de refroidissement.

[0029] Afin d'assurer un détrompage de cette plaque 30 de calibrage (c'est-à-dire pour éviter que la plaque ne soit montée dans le mauvais sens), la plaque 30 présente une découpe 34 (par exemple formée au niveau de l'un de ses coins comme illustré sur la figure 2B) et la cavité commune 26 présente, en section droite, une géométrie sensiblement identique à celle de la plaque (sur la figure 2B, la cavité présente dans un ses angles, un ajout de matière 28 de forme complémentaire à la découpe 34 de la plaque).

[0030] On comprend aisément de la figure 2B qu'il n'est pas possible de monter la plaque 30 de calibrage dans le mauvais sens. Ainsi, tout risque d'erreur dans le calibrage des débits d'air alimentant les cavités du ou des circuits internes de refroidissement de l'aube est écarté.

[0031] Les figures 3A et 3B représentent deux autres modes de réalisation de la cavité commune de l'aube mobile selon l'invention. Sur ces figures, l'aube mobile 10', 10" est montée entre un flasque aval 36 et un flasque amont 38 et l'alimentation en air des circuits de refroidissement de l'aube s'effectue au niveau du flasque amont 38 comme cela schématisé par la flèche.

[0032] Sur la variante de réalisation de la figure 3A, la cavité commune 26 formée dans le pied 12 de l'aube 10' pour l'alimentation en air des cavités des circuits internes de refroidissement est ouverte en partie au niveau d'une paroi amont 26b de façon à faciliter l'alimentation en air de celle-ci.

[0033] Sur la variante de réalisation de la figure 3B, le fond 26a de la cavité commune 26 formée dans le pied 12 de l'aube 10" pour l'alimentation en air des cavités des circuits internes de refroidissement est incliné d'amont en aval par rapport à la base 12f du pied d'aube de façon à faciliter l'alimentation en air de la cavité.

[0034] Bien entendu, ces deux variantes de réalisation de la cavité commune peuvent se combiner : celle-ci peut être ouverte en partie au niveau de sa paroi amont et avoir un fond incliné d'amont en aval par rapport à la base du pied d'aube.

[0035] Selon encore une autre variante de réalisation de la cavité commune non représentée sur les figures, la cavité commune peut comporter une paroi radiale qui est disposée de façon à diviser la cavité commune en deux sous cavités. Une telle paroi radiale permet de former un raidisseur de la cavité commune afin d'améliorer sa tenue mécanique.

Revendications

1. Aube mobile (10, 10', 10") de turbomachine, comportant une surface aérodynamique s'étendant radialement entre un pied d'aube (12) et un sommet d'aube (14) et au moins un circuit de refroidissement interne composé d'au moins une cavité radiale (20), d'au moins une ouverture d'admission d'air (22) formée au niveau du pied d'aube (12) et débouchant dans la ou les cavités (20) et d'une pluralité d'orifices de sortie (24) s'ouvrant dans la ou les cavités (20) et débouchant à l'extérieur de l'aube, le pied d'aube (12) comportant des renflements inférieurs (12a) et supérieurs (12b) définissant des portées pour la fixation du pied sur un disque de rotor, **caractérisée en ce que** les ouvertures d'admission d'air (22) du ou des circuits de refroidissement s'ouvrent dans une cavité commune (26) qui est formée dans le pied d'aube (12) et qui s'étend radialement depuis la base (12f) du pied d'aube jusqu'au moins les renflements supérieurs (12b) dudit pied.

2. Aube selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la cavité commune (26) comporte des moyens (28) pour assurer un détrompage d'une plaque (30) de calibrage des débits d'air alimentant les cavités (20) du ou des circuits de refroidissement.

3. Aube selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** la cavité commune (26) est ouverte en partie au niveau d'une paroi amont (26b) de façon à faciliter l'alimentation en air de ladite cavité commune.

4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le fond (26a) de la cavité commune (26) est incliné d'amont en aval par rapport à la base (12f) du pied d'aube (12) de façon à faciliter l'alimentation en air de ladite cavité commune.

5. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** la cavité commune (26) comporte une paroi radiale formant raidisseur disposée de façon à diviser la cavité en deux sous cavités.

6. Turbine haute-pression de turbomachine, **caractérisée en ce qu'**elle comporte une pluralité d'aubes mobiles (10, 10', 10") selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

7. Turbomachine **caractérisée en ce qu'**elle comporte une pluralité d'aubes mobiles (10, 10', 10") selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

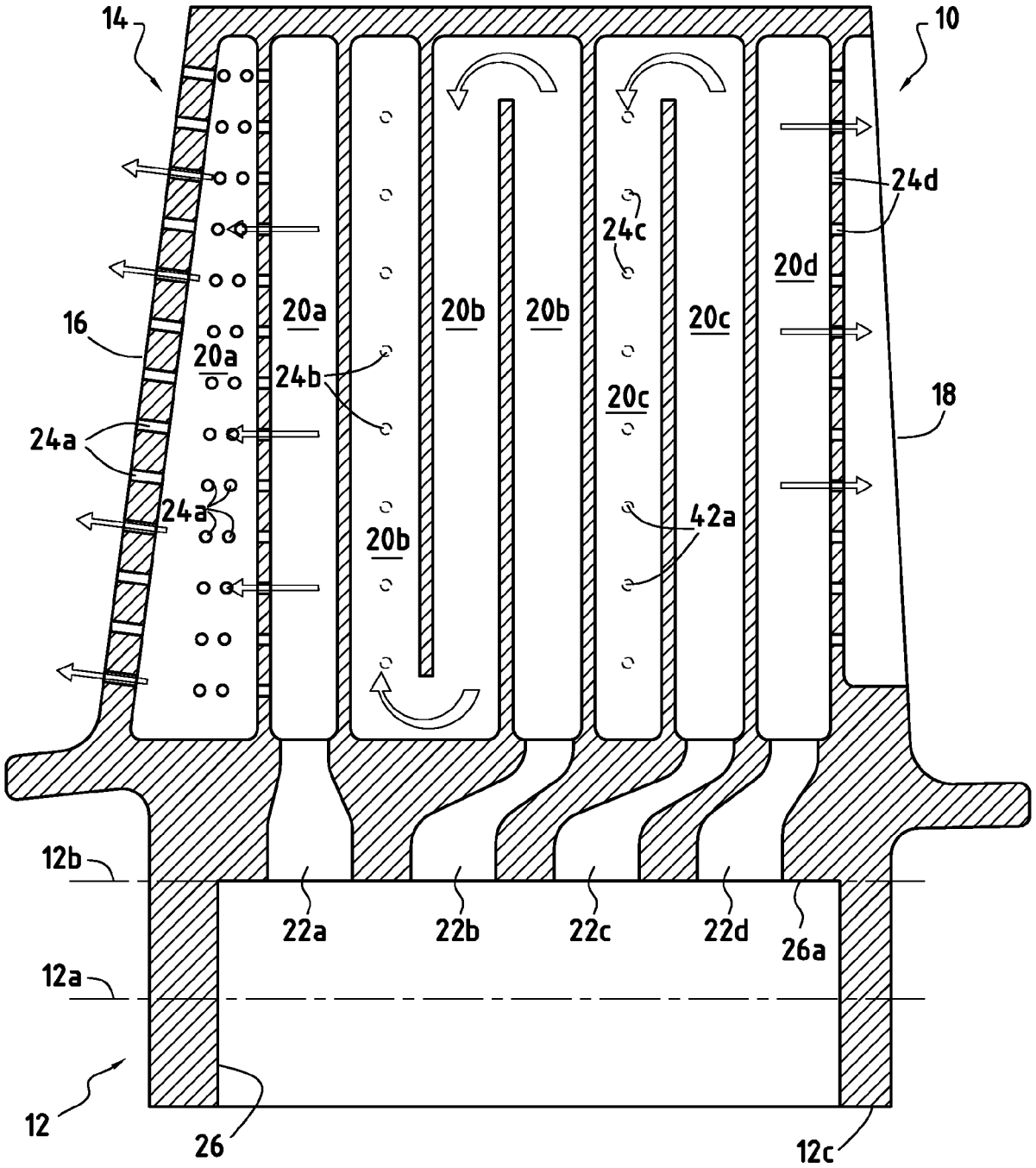

14
10
24d
24c
20d
16
20a
20b
20b
20c
20a
24b
18
24a
20c
24a
42a
20b
12b
22a
22b
22c
22d
26a
12a
12
26
12c

FIG.1

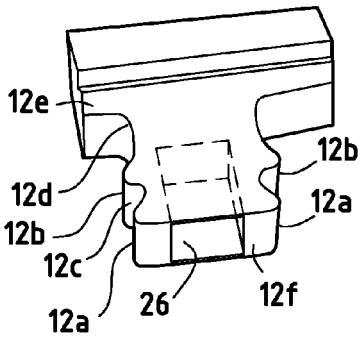


FIG.2A

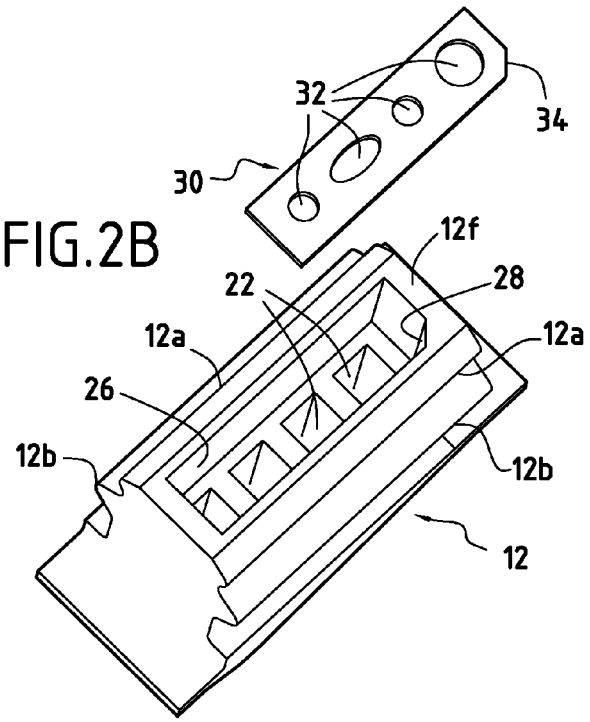


FIG.2B

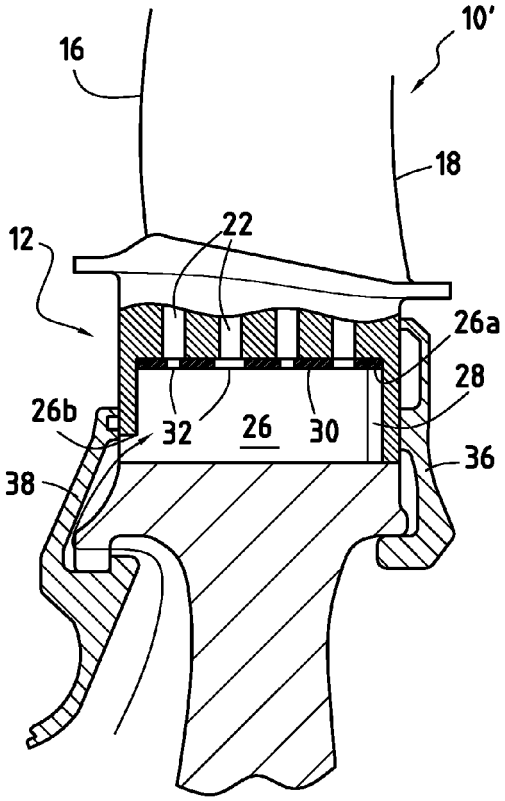


FIG.3A

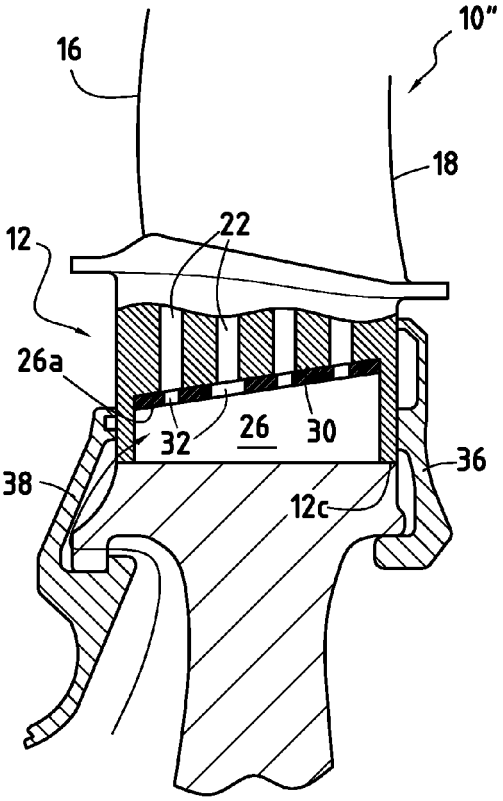


FIG.3B

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 07 10 3424

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	DE 10 2004 002327 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD BADEN [CH]) 4 août 2005 (2005-08-04) * figure 2 *	1-7	INV. F01D5/08 F01D5/30
X	EP 1 365 108 A (GEN ELECTRIC [US]) 26 novembre 2003 (2003-11-26) * figure 4 *	1-7	
X	EP 1 253 292 A (GEN ELECTRIC [US]) 30 octobre 2002 (2002-10-30) * figure 3 *	1-7	
Y	WO 2005/095761 A (ALSTOM TECHNOLOGY LTD; TSCHUOR, REMIGI; NEUHOFF, HEINZ; STRELKOV, IOUR) 13 octobre 2005 (2005-10-13) * figures *	1-7	
Y	EP 1 355 042 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 22 octobre 2003 (2003-10-22) * figures *	1-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	EP 0 340 149 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 2 novembre 1989 (1989-11-02) * figures *	1-7	F01D
Y	US 2 641 440 A (WILLIAMS SAMUEL B) 9 juin 1953 (1953-06-09) * figure 7 *	1-7	
Y	US 6 036 440 A (TOMITA YASUOKI [JP] ET AL) 14 mars 2000 (2000-03-14) * figure 1 *	1-7	

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	27 mars 2007	Raspo, Fabrice

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 07 10 3424

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits members sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27-03-2007

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102004002327 A1	04-08-2005	CN 1910343 A	07-02-2007
		EP 1709298 A1	11-10-2006
		WO 2005068783 A1	28-07-2005
		US 2006292006 A1	28-12-2006
EP 1365108 A	26-11-2003	CN 1459550 A	03-12-2003
		JP 2004003486 A	08-01-2004
		US 2003219338 A1	27-11-2003
EP 1253292 A	30-10-2002	JP 2003027962 A	29-01-2003
		US 2002159888 A1	31-10-2002
WO 2005095761 A	13-10-2005	AU 2005229202 A1	13-10-2005
		EP 1730389 A1	13-12-2006
		US 2007041836 A1	22-02-2007
EP 1355042 A	22-10-2003	CN 1451849 A	29-10-2003
		DE 10217389 A1	30-10-2003
		JP 2003314202 A	06-11-2003
		US 2004022629 A1	05-02-2004
EP 0340149 A	02-11-1989	DE 68906594 D1	24-06-1993
		DE 68906594 T2	26-08-1993
		JP 2023202 A	25-01-1990
		JP 2877345 B2	31-03-1999
US 2641440 A	09-06-1953	AUCUN	
US 6036440 A	14-03-2000	CA 2233821 A1	01-10-1998
		DE 19814680 A1	15-10-1998
		JP 10280904 A	20-10-1998

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82