



(11) **EP 1 739 282 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
03.01.2007 Bulletin 2007/01

(51) Int Cl.:
F01D 5/28 (2006.01) **F04D 29/02** (2006.01)
C22C 47/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06116258.2**

(22) Date de dépôt: **28.06.2006**

(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 NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **29.06.2005 FR 0506629**

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

(72) Inventeurs:
• **AUMONT, Caroline**
75012, PARIS (FR)
• **CHATEL, Sandrine**
77000, VAUX LE PENIL (FR)

- **DAMBRINE, Bruno**
77820, LE CHATELET EN BRIE (FR)
- **ESCURE, Didier**
77176, NANDY (FR)
- **FROMENTIN, Jean-François**
77240, CESSON LA FORET (FR)
- **GUEDOU, Jean-Yves**
77350, LE MEE SUR SEINE (FR)
- **MOLLIEUX, Ludovic**
91800, BRUNOY (FR)
- **ROUSSELIN, Stéphane**
77850, HERICY (FR)

(74) Mandataire: **Barbin le Bourhis, Joël et al**
Cabinet Beau de Loménie,
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **Rotor de turbomachine comprenant au moins un disque renforce par un anneau composite**

(57) Rotor de turbomachine comprenant au moins un disque pourvu d'un anneau constitué par exemple d'une bobine de fil de carbure de silicium ou d'alumine enrobé de métal.

L'anneau composite (18) est logé dans une cavité annulaire close définie par exemple en usinant une gorge (16) dans une partie élargie (14) du disque et en la refermant par une plaque annulaire (20) après mise en place de l'anneau.

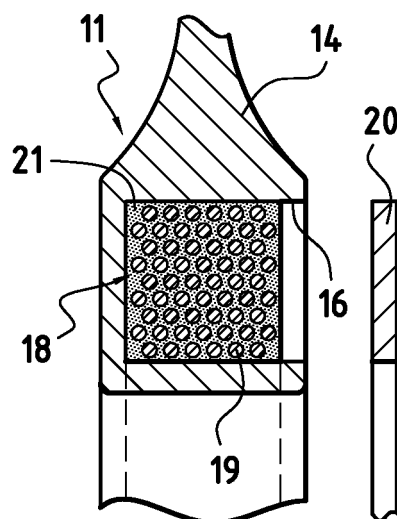


FIG.4

Description

[0001] L'invention se rapporte à un rotor de turbomachine constitué de plusieurs disques assemblés côte à côte coaxialement, chaque disque portant une série d'aubes réparties régulièrement circonférenciellement, au moins l'un de ces disques étant pourvu d'un anneau en matériau composite monté à sa partie radialement la plus interne. Elle concerne plus particulièrement un perfectionnement visant l'intégration d'un tel anneau.

[0002] Le document US 2003/0233822 décrit un rotor du genre mentionné ci-dessus comportant au moins un disque muni, à sa partie radialement la plus interne, d'un anneau composite. Un tel anneau peut par exemple être constitué d'un fil résistant bobiné (tel que du carbure de silicium) englobé dans une matrice métallique. Par exemple, il est connu de fabriquer un tel anneau en enrobant en continu un fil de carbure de silicium d'une enveloppe de titane et en formant une bobine à partir d'un tel fil enrobé.

[0003] Selon le document indiqué ci-dessus, différents types d'assemblage entre l'anneau et le disque sont envisagés. Certains impliquent de donner une forme particulière à la partie radialement la plus interne du disque, pour servir de socle à l'anneau, fixé latéralement. Dans tous les cas, le montage implique que le métal du disque et celui de la matrice de l'anneau soient identiques.

[0004] L'invention concerne un perfectionnement permettant une meilleure intégration de l'anneau à la structure du disque.

[0005] Plus particulièrement, l'invention concerne un rotor de turbomachine muni d'au moins un disque comprenant un anneau composite agencé à la partie radialement la plus interne du disque, caractérisé en ce que ledit anneau est logé dans une cavité annulaire close aménagée dans une partie élargie dudit disque, en forme de moyeu et en ce que ladite cavité annulaire est formée par une gorge annulaire usinée dans ladite partie élargie et refermée par une plaque métallique annulaire après mise en place dudit anneau. Un tel "moyeu" se trouve classiquement à la partie radialement la plus interne du disque.

[0006] L'invention vise aussi un disque de rotor, en tant que tel, ayant ces caractéristiques.

[0007] Cette intégration de l'anneau à l'intérieur du "moyeu" du disque est avantageuse car il n'est plus nécessaire que la matrice métallique de l'anneau soit du même métal que le disque.

[0008] En effet, pour de hautes températures, il est nécessaire de réaliser le disque dans un alliage à base de nickel. Par ailleurs, on ne peut envisager actuellement de réaliser l'anneau composite avec une matrice à base de nickel. L'invention permet notamment de surmonter cette difficulté puisqu'il suffit d'insérer l'anneau dans la cavité annulaire ménagée à cet effet et refermer celle-ci.

[0009] L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un disque de rotor métallique présentant une partie élargie en forme de moyeu, caractérisé en ce

qu'il consiste

- à creuser une gorge annulaire dans ladite partie élargie, ladite gorge étant centrée sur l'axe de rotation dudit disque et débouchant latéralement d'un côté de celui-ci,
- à fabriquer séparément, de façon connue en soi, un anneau en matériau composite aux dimensions de ladite gorge,
- à mettre en place ledit anneau dans ladite gorge ; et
- à refermer ladite gorge au moyen d'une plaque métallique annulaire et à la fixer à ladite partie élargie.

[0010] Il est aussi possible de procéder à une brasure de l'anneau à l'intérieur de la gorge, au moyen d'un matériau de brasage approprié, compatible avec les deux métaux et se présentant par exemple sous forme de poudre. La poudre est introduite dans la cavité avec l'anneau et la brasure peut se faire automatiquement au cours d'une opération ultérieure de compactage isostatique à chaud dudit disque.

[0011] Pour ce qui concerne l'assemblage de la plaque annulaire, on peut de préférence souder cette plaque à ladite partie élargie. La soudure peut avantageusement être du type faisant usage d'un faisceau électronique sous-vide.

[0012] En ce qui concerne l'anneau lui-même, il pourra être réalisé sous forme d'une bobine d'un fil de carbure de silicium enrobé dans une base métallique. Cette base métallique est par exemple un alliage de titane. On peut aussi remplacer le fil de carbure de silicium par un fil d'alumine.

[0013] La fixation de la plaque annulaire peut être suivie d'une opération de compactage isostatique à chaud dudit disque. Entre autres avantages, ce traitement opère une distribution de contraintes dans la soudure entre ladite partie élargie et la plaque annulaire, ce qui améliore la fermeture de la gorge.

[0014] On termine la pièce par un usinage de finition classique.

[0015] A titre d'exemple, l'anneau en matériau composite peut être réalisé en bobinant un fil de carbure de silicium, en englobant ce fil dans un alliage à base de titane. L'alliage « TI6242 » convient jusqu'à une température d'utilisation de l'ordre de 450°C.

[0016] La partie composite ainsi réalisée offre des caractéristiques mécaniques nettement supérieures à celles du matériau métallique de base. Cet anneau peut être intégré dans la cavité annulaire ménagée dans ladite partie élargie en forme de moyeu. Le disque peut être réalisé dans un alliage à base de nickel (INCO 718, par exemple).

[0017] L'invention permet de placer l'anneau composite le plus près possible de l'axe de rotation pour optimiser son efficacité. Comme l'anneau est placé à faible rayon, la température maximum atteinte par celui-ci est inférieure à 300°C alors que la température de la jante (au niveau de la veine) est supérieure à 600°C.

[0018] Par exemple, on a pu comparer les caractéristiques obtenues avec l'invention pour la conception d'un disque de l'étage 5 d'un compresseur basse pression d'un turboréacteur, comprenant un anneau composite tel que décrit ci-dessus intégré dans une partie élargie en « INCO718 ». La masse du disque avec anneau composite est de 75 kg au lieu de 137 kg pour un disque entièrement métallique.

[0019] Plus généralement, il est possible d'installer un anneau composite à matrice X dans la cavité d'un disque d'une matière Y sous réserve de la compatibilité entre les matériaux. Si besoin une enveloppe en matériau Z, différente de X et Y, peut être intercalée autour de l'anneau composite pour assurer la compatibilité entre couples respectifs X-Z et Z-Y.

[0020] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une demi coupe partielle d'un compresseur basse pression pour turboréacteur, comprenant un rotor selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique en coupe radiale d'un disque de rotor susceptible de faire l'objet du perfectionnement selon l'invention ; et
- les figures 3 à 5 illustrent trois étapes successives de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

[0021] La figure 1 illustre une partie d'un compresseur 30 comprenant un carter 32, un rotor 34 d'axe de rotation X-X, comportant cinq étages a - e d'aubes mobiles 36a-36e monté à la périphérie d'un moyen 38 constitué de l'assemblage côte à côte de disques 39a-39e.

[0022] Des aubes fixes 40a, 40d sont montées dans la veine 42 entre les étages d'aubes mobiles.

[0023] L'agencement décrit ci-dessus est classique. Le perfectionnement selon l'invention peut s'appliquer à n'importe quel disque, mais préférentiellement à ceux des derniers étages, par exemple d et e, comme représenté.

[0024] Sur la figure 2, on a représenté schématiquement un disque de rotor 11 classique, comprenant principalement une jante 12 portant extérieurement des aubes (non représentée), un voile annulaire 13, encore appelé "toile" relativement mince et une partie élargie 14 en forme de moyeu, se situant aussi près que possible de l'axe de rotation X.

[0025] Selon la technique classique, un tel disque de rotor portant un étage d'aubes mobiles est réalisé dans un même métal, par exemple un alliage de titane ou un alliage de nickel si la température atteinte à ce niveau du rotor le justifie.

[0026] C'est cette structure classique qui est modifiée conformément à l'invention pour y insérer un anneau composite, par exemple en SiC/Ti. Pour ce faire, on définit une cavité annulaire close dans la partie élargie 14.

[0027] Selon une première étape (figure 3) on usine une gorge 16 dans ladite partie élargie 14. L'ouverture de cette gorge s'étend sur une surface latérale perpendiculaire à l'axe de rotation X. Bien entendu, on peut usiner cette gorge dans une ébauche déjà pourvue d'une partie annulaire évidée, l'usinage n'ayant pour effet que de donner à la gorge sa forme et ses dimensions définitives correspondant à celles d'un anneau composite 18 fabriqué séparément, comme indiqué ci-dessus et consistant en un bobinage 19 d'un fil de carbure de silicium noyé dans un alliage 21 à base de titane.

[0028] Une plaque annulaire 20 est par ailleurs découpée ; elle est du même métal que celui du disque. Ses dimensions sont choisies pour qu'elle puisse venir refermer la gorge 16 en s'ajustant le long des bords intérieur et extérieur de celle-ci.

[0029] L'anneau composite 18 est placé (figure 4) dans la gorge 16, éventuellement avec introduction d'une poudre de brasage compatible avec le métal du disque et celui de la matrice de l'anneau.

[0030] Puis (figure 5) la plaque annulaire 20 est mise en place pour refermer la cavité et on procède à sa fixation à ladite partie élargie. Comme indiqué précédemment, on peut fixer la plaque annulaire au moyen d'une soudure faisant usage d'un faisceau électronique sous vide.

[0031] Les opérations peuvent être complétées par un compactage isostatique à chaud et un usinage final.

Revendications

1. Rotor de turbomachine comportant au moins un disque (11) muni d'un anneau composite (18) agencé à la partie radialement la plus interne du disque, **caractérisée en ce que** ledit anneau est logé dans une cavité annulaire close aménagée dans une partie élargie (14) dudit disque, en forme de moyeu et **en ce que** ladite cavité annulaire est formée par une gorge annulaire (16) usinée dans ladite partie élargie et refermée par une plaque métallique annulaire (20) après mise en place dudit anneau.
2. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit anneau (18) est constitué d'une bobine d'un fil de carbure de silicium enrobé de métal.
3. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit anneau (18) est constitué d'une bobine d'un fil d'alumine enrobé de métal.
4. Rotor selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** ledit métal est un alliage à base de titane.
5. Rotor selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit anneau (18) est brasé dans ladite gorge annulaire.

6. Disque de rotor comportant un anneau composite (18) agencé à la partie radialement la plus interne du disque, **caractérisé en ce que** ledit anneau est logé dans une cavité annulaire close aménagée dans une partie élargie (14) dudit disque, en forme de moyeu et **en ce que** ladite cavité annulaire est formée par une gorge annulaire (16) usinée dans ladite partie élargie et refermée par une plaque métallique annulaire (20) après mise en place dudit anneau. 5 10
7. Disque selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ledit anneau (18) est constitué d'une bobine d'un fil de carbure de silicium enrobé de métal. 15
8. Disque selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ledit anneau (18) est constitué d'une bobine d'un fil d'alumine enrobé de métal.
9. Disque selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** ledit métal est un alliage à base de titane. 20
10. Disque selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** ledit anneau (18) est brasé dans ladite gorge annulaire. 25
11. Procédé de réalisation d'un disque de rotor métallique présentant une partie élargie en forme de moyeu définie dans sa partie radialement la plus interne, **caractérisé en ce qu'il** consiste 30
- à creuser une gorge annulaire (16) dans ladite partie élargie, ladite gorge étant centrée sur l'axe de rotation de ladite roue et débouchant latéralement d'un côté de celle-ci, à fabriquer séparément, de façon connue en soi, un anneau composite (18) aux dimensions de ladite gorge, 35
 - à mettre en place ledit anneau dans ladite gorge ; et
 - à refermer ladite gorge au moyen d'une plaque métallique annulaire (20) et à la fixer à ladite partie élargie. 40
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ledit anneau est brasé dans ladite cavité après sa mise en place dans celle-ci. 45
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** ladite plaque est assemblée à ladite partie élargie, par soudure. 50
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** ladite soudure est du type faisant usage d'un faisceau électronique sous-vide. 55
15. Procédé selon l'une des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre, après fixation de ladite plaque annulaire, une opération de compactage isostatique à chaud de ladite roue.

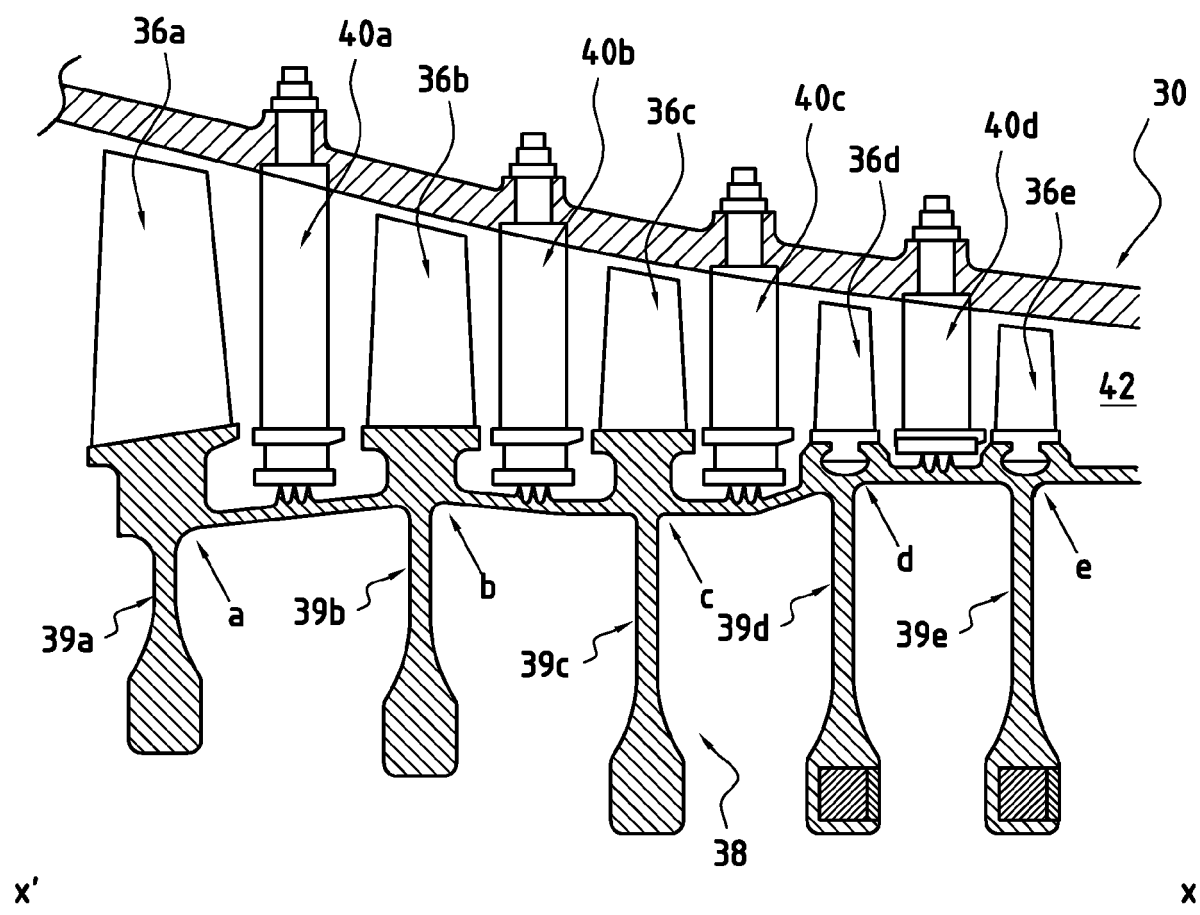


FIG.1

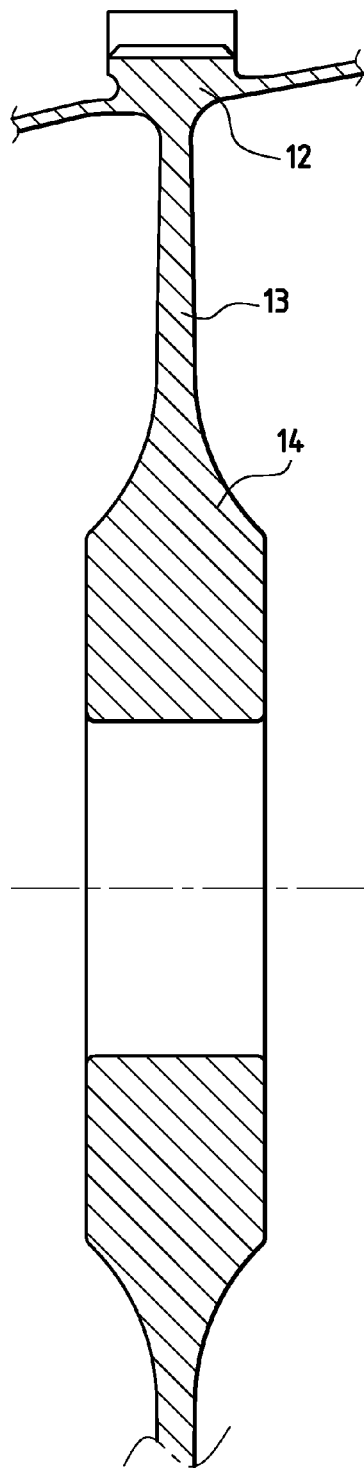


FIG. 2

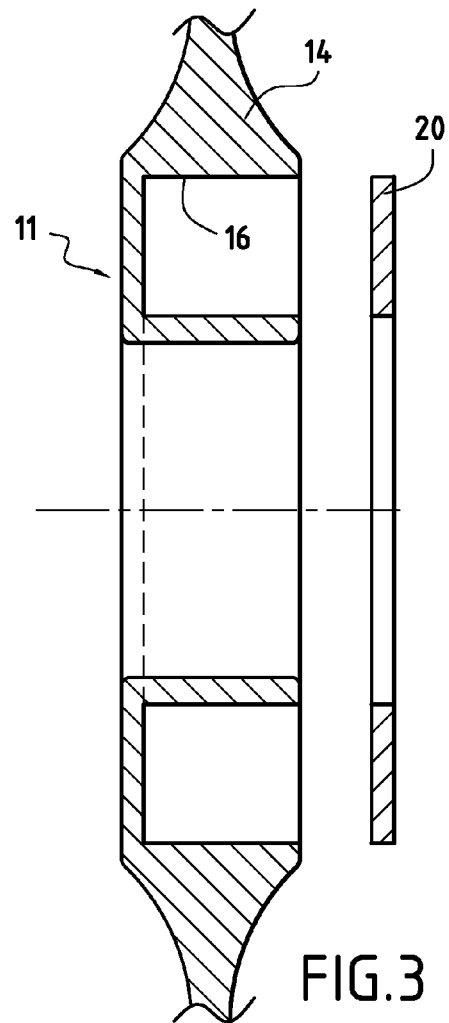


FIG. 3

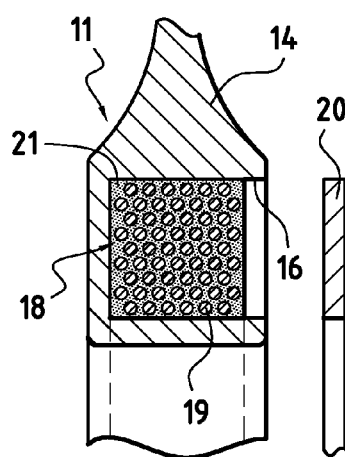


FIG. 4

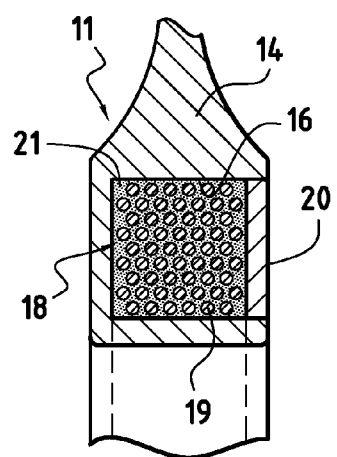


FIG. 5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 06 11 6258

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	US 5 305 520 A (DOORBAR ET AL) 26 avril 1994 (1994-04-26)	1,2,4-7, 9-15	INV. F01D5/28
Y	* colonne 3, ligne 46 - colonne 4, ligne 56 * * colonne 6, ligne 11 - ligne 49 * * figures 1-8 *	3,8	F04D29/02 C22C47/14
X	DE 70 33 020 U (MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MUENCHEN) 6 avril 1972 (1972-04-06) * page 4, alinéa 5 * * page 6, ligne 1 - ligne 12 * * page 7, ligne 9 - ligne 21 * * figures 3-5 *	1,4-6, 9-13	
X	US 4 919 594 A (WRIGHT ET AL) 24 avril 1990 (1990-04-24) * colonne 4, ligne 20 - ligne 48 * * colonne 6, ligne 28 - colonne 7, ligne 16 * * figures 8-10 *	1,2,4,6, 7,9,11, 15	
X	US 4 782 992 A (DOBLE ET AL) 8 novembre 1988 (1988-11-08) * colonne 2, ligne 66 - colonne 3, ligne 2 * * colonne 4, ligne 60 - colonne 5, ligne 51 * * colonne 6, ligne 50 - ligne 52 *	1,4,6, 11,15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F01D F04D C22C
Y	US 5 470 524 A (KRUEGER ET AL) 28 novembre 1995 (1995-11-28)	3,8	
A	* colonne 2, ligne 5 - ligne 30 * * colonne 3, ligne 29 - ligne 64 * * colonne 5, ligne 38 - ligne 45 *	2,4,7,9	
----- -/-			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 28 août 2006	Examineur Steinhauser, U
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	

5

EPO FORM 1503 03-82 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 06 11 6258

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
P,X	WO 2005/065002 A (MTU AERO ENGINES GMBH; ANDREES, GERHARD; BERTHAN, MANFRED; KOPPERGER,) 21 juillet 2005 (2005-07-21) * page 3, alinéa 7 - page 4, alinéa 3 * * page 5, alinéa 2 - alinéa 3 *	1,2,4,6,7,9,11,15	
P,X	FR 2 874 232 A (ROLLS ROYCE PLC PUBLIC LIMITED COMPANY) 17 février 2006 (2006-02-17) * page 8, ligne 1 - ligne 28 * * figures 3,5 *	1-4,6-9,11,13,15	
A	HIROSE A ET AL: "JOINING PROCESSES FOR STRUCTURAL APPLICATIONS OF CONTINUOUS FIBER REINFORCED MMCS" KEY ENGINEERING MATERIALS, AEDERMANNSDORF, CH, vol. 104-107, no. PART 2, 1995, pages 853-872, XP009041009 * tableau 1 *	3,8	
-----			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		28 août 2006	Steinhauser, U
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 intermédiaire 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			

5

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 06 11 6258

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 membres 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.

28-08-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5305520	A	26-04-1994	AUCUN	
DE 7033020	U	06-04-1972	AUCUN	
US 4919594	A	24-04-1990	AUCUN	
US 4782992	A	08-11-1988	CA 1315657 C FR 2607071 A1 GB 2198675 A	06-04-1993 27-05-1988 22-06-1988
US 5470524	A	28-11-1995	DE 4319727 A1 EP 0629770 A2 ES 2124813 T3	22-12-1994 21-12-1994 16-02-1999
WO 2005065002	A	21-07-2005	DE 102004001260 A1	04-08-2005
FR 2874232	A	17-02-2006	AUCUN	

EPO FORM P0460

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

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 20030233822 A [0002]