



(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/088078 A1

(43) Date de la publication internationale
20 juin 2013 (20.06.2013)

W I P O I P C T

(51) Classification internationale des brevets :
F01D 9/04 (2006.01) **F04D 29/54** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR20 12/052920

(22) Date de dépôt international :
13 décembre 2012 (13.12.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1161 660 15 décembre 2011 (15.12.2011) FR

(71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; société anonyme, 2 Boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur : KAPALA, Patrick, Edmond; 40 rue de la Tour - Montjay la Tour, F-77410 Villevaude (FR).

(74) Mandataires : CHARGUILLON, Raymond et al; GEVERS FRANCE, 41 avenue de Friedland, F-PARIS 75008 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

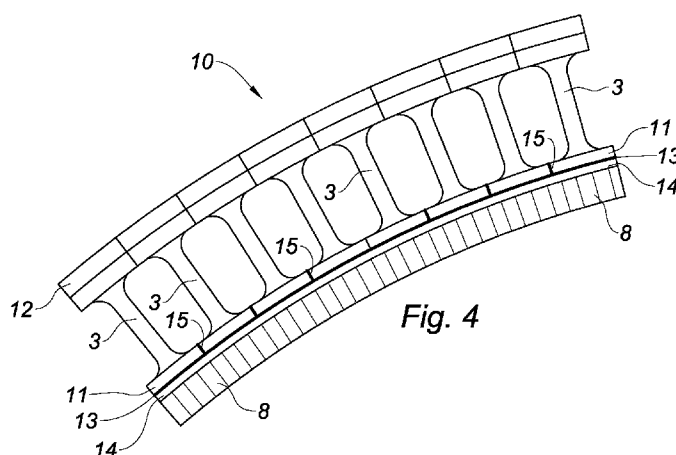
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : FLOW STRAIGHTENER SECTOR FOR A TURBOMACHINE COMPRESSOR WHICH IS PRODUCED BY BRAZING A PLATFORM OF ITS VANES TO A SHELL RING

(54) Titre : SECTEUR DE REDRESSEUR POUR UN COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE RÉALISÉ PAR BRASAGE D'UNE PLATE-FORME DE SES AUBES SUR UNE VIROLE



(57) Abstract : Flow straightener sector of a compressor of a turbomachine comprising at least two vanes (3) positioned side by side and between them forming a circulation duct for the air passing through the compressor, and which are held together by being attached, at one of their radial ends, to a circumferential shell ring (14), each of said vanes comprising at least one first platform (11) produced as one piece with its blade and said vane being attached by brazing of said first platform to said shell ring, characterized in that said vanes (3) are positioned circumferentially on said shell ring (14), leaving their said first platforms (11) non-contiguous, said braze material (13) filling the gap (15) left between the first platforms of adjacent vanes.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2013/088078 A1

Secteur de redresseur d'un compresseur d'une turbomachine comprenant au moins deux aubes (3) positionnées côte à côte et formant entre elles un canal de circulation pour l'air traversant le compresseur, et maintenues ensemble par leur rattachement, au niveau d'une de leurs extrémités radiales, à une virole circonférentielle (14), chacune desdites aubes comportant au moins une première plate-forme (11) réalisée de façon monobloc avec sa pale et ladite aube étant fixée par brasure de ladite première plate-forme sur ladite virole, caractérisé en ce que lesdites aubes (3) sont positionnées circonférentiellement sur ladite virole (14) en laissant leurs dites premières plates-formes (11) non-jointives, ladite brasure (13) remplissant l'interstice (15) laissé vide entre les premières plates-formes d'aubes adjacentes.

**SECTEUR DE REDRESSEUR POUR UN COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE
RÉALISÉ PAR BRASAGE D'UNE PLATE-FORME DE SES AUBES SUR UNE
VIOLE**

5 Le domaine de la présente invention est celui des turbomachines et, plus particulièrement celui de la fabrication des pièces qui les constituent, telles que les redresseurs de compresseur.

Une turbomachine pour un aéronef comprend généralement, d'amont en aval dans le sens de l'écoulement des gaz, une soufflante, un ou plusieurs étages de compresseurs, par exemple un compresseur basse pression et un compresseur haute pression, une chambre de combustion, un ou plusieurs étages de turbines, par exemple une turbine haute pression et une turbine basse pression, et une tuyère d'échappement des gaz. A chaque compresseur peut correspondre une turbine, les deux étant reliés par un arbre, formant ainsi, par exemple, un corps haute pression et un corps basse pression.

15 Les compresseurs sont constitués d'une pluralité d'étages composés eux-mêmes d'une roue d'aubes mobiles, entraînées en rotation par l'arbre de rotation du corps correspondant, qui circulent devant une roue d'aubages fixes, dénommés redresseurs. Ces redresseurs sont généralement réalisés sous la forme de secteurs qui contiennent un certain nombre d'aubes et qui sont assemblés les uns aux autres le long d'une circonférence de la turbomachine. Ils sont généralement fixés aux carters par des liaisons de type crochet.

20 Traditionnellement ces redresseurs sont fabriqués soit en assemblant des pales fabriquées individuellement sur des viroles (procédé mécano-brasé), soit directement par fonderie (procédé monobloc moulé en fonderie), soit enfin par usinage à partir de pièces massives (procédé monobloc usiné dans la masse).

25 Dans le cas du procédé mécano-brasé les secteurs de redresseur sont constitués des pales, d'un secteur de virole extérieure, et d'un secteur de virole intérieure. En général le redresseur comprend également un secteur en nid d'abeille, positionné à l'intérieur de la virole intérieure, pour former un élément abradable qui, assure l'étanchéité à l'intérieur du corps entre les parties fixes et les parties mobiles de ce même corps. Tous ces composants sont assemblés par brasage.

30 Les liaisons brasées entre les pales et les secteurs de virole intérieure et extérieure se font au niveau de découpes préalablement pratiquées dans les secteurs de virole. Les secteurs étant pré-assemblés, la brasure est déposée au niveau des liaisons à créer, sous forme de pâte ou

sous forme d'un feuillard. La pièce est ensuite chauffée à environ 1000°C dans un four pour l'opération de brasage proprement dite. Après refroidissement, le secteur constitue alors un ensemble rigide. La fin de gamme comporte des opérations d'usinage des surfaces dont les tolérances sont les plus serrées.

- 5 Dans le cas du procédé monobloc moulé en fonderie, les secteurs sont coulés en fonderie par le procédé de la cire perdue. Les surfaces intrados et extrados des pales et celles internes des plates-formes, qui forment les veines intérieure et extérieure de l'écoulement, restent brutes de fonderie aux cotes finies et ne subissent qu'un polissage permettant d'obtenir le faible niveau de rugosité spécifié. Le nid d'abeille est soit brasé sur le secteur redresseur, soit brasé sur un
- 10 secteur d'anneau rapporté en assemblage final. Comme pour les secteurs mécano-brasés, des usinages de finition sont nécessaires.

Enfin dans le cas du procédé monobloc usiné dans la masse, les secteurs sont usinés à partir de pièces brutes forgées. La matière des canaux inter-pales peut être enlevée soit par fraisage, soit par électroérosion, soit encore par usinage électrochimique. Une difficulté particulière

15 réside ici dans l'accessibilité aux outils de ces zones confinées et fortement tridimensionnelles. Le temps d'usinage élevé contribue au coût important de ce type de fabrication. Les opérations de polissage, brasage du nid d'abeille et d'usinage finition sont les mêmes que pour le procédé monobloc moulé en fonderie. Par rapport au procédé précédent, les avantages sont le niveau des caractéristiques mécaniques du matériau forgé, qui est

20 supérieur à celui du matériau coulé.

Ces différents procédés présentent en revanche plusieurs inconvénients :

Le procédé mécano-brasé se caractérise, tout particulièrement, par une fragilité du joint brasé, une mauvaise connaissance du rayon du congé de brasure, une maîtrise difficile de celui-ci et enfin des problèmes de qualité. En effet, les aubages redresseurs des compresseurs modernes

25 sont souvent le siège de vibrations pouvant conduire à leur endommagement en fatigue, avec l'apparition de fissurations, ou criques, pouvant, dans le pire des cas, conduire à la rupture de pales. Ces problèmes sont connus particulièrement sur les compresseurs HP modernes à charge aérodynamique élevée.

Les parties de ces redresseurs les plus sollicitées sont les pales, dans les zones de

30 raccordement avec les viroles intérieure et extérieure, là où se fait la transition entre l'épaisseur faible de la pale et la partie plus rigide formée par les viroles. L'initiation des criques se situe dans tous les cas au bord de fuite, à la sortie du rayon de raccordement pale/virole extérieure formé par la brasure qui est installée entre les deux composants.

Ces dommages de fatigue vibratoire s'expliquent par des contraintes dynamiques élevées dans une zone qui est déjà fortement sollicitée en contrainte statique. Les caractéristiques mécaniques du matériau qui constitue le joint brasé sont en effet plus faibles que celles du matériau de base et ne sont pas très bien connues. De plus, elles dépendent de paramètres qui
5 sont difficiles à maîtriser en fabrication, comme la quantité de brasure déposée ou le jeu entre les pièces assemblées. En conséquence, pour le dimensionnement, des coefficients d'abattement empiriques de l'ordre de 40% doivent être appliqués aux caractéristiques du matériau de base.

En ce qui concerne le rayon du congé de brasure, le rayon doit être le plus petit possible pour
10 ne pas dégrader l'aérodynamique, mais, sur le plan mécanique, un grand rayon a un effet favorable grâce à la réduction des pics de contrainte locale ; il a, en revanche, un effet défavorable par une diminution de la résistance du joint brasé. Enfin, en production de série, il est difficile de maîtriser le rayon du congé de brasure, à cause de la dispersion de la quantité de brasure déposée, qui est fonction de l'opérateur, de l'accessibilité de la zone et de la
15 viscosité de la pâte. Un joint brasé constitue ainsi un point faible de la fabrication d'un redresseur mécano-brasé, tant vis à vis de sa tenue mécanique que des problèmes industriels qu'il engendre.

Le procédé monobloc moulé en fonderie se caractérise par des caractéristiques mécaniques relativement faibles qui sont très dépendantes de la métallurgie et des processus de fabrication
20 mis en œuvre (alimentation, refroidissement, traitement thermique). En outre, peu de fondeurs possèdent le savoir-faire nécessaire alors que ces pièces ont des spécifications exigeantes. L'intervention d'un usineur est également nécessaire pour l'usinage de finition, de même que celle d'un spécialiste du polissage. Au final, l'industrialisation est très longue et peu souple vis à vis des modifications de conception.

Enfin le procédé monobloc usiné a pour inconvénient que peu de fournisseurs possèdent le
25 savoir-faire nécessaire (à savoir un fraisage ou un usinage par électroérosion ou électrochimique) et l'accessibilité des outils dans les canaux inter-pales n'est pas toujours possible. Par ailleurs il se caractérise par un coût de production très élevé.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant des redresseurs
30 de compresseur qui offrent une meilleure tenue mécanique en utilisation que ceux de l'art antérieur et un procédé de réalisation de ces redresseurs qui soit d'un coût raisonnable.

A cet effet, l'invention a pour objet un secteur de redresseur d'une turbomachine comprenant au moins deux aubes positionnées côte à côte et formant entre elles un canal de circulation pour l'air traversant le compresseur, et maintenues ensemble par leur rattachement, au niveau d'une de leurs extrémités radiales, à une virole circonférentielle, chacune desdites aubes
5 comportant au moins une première plate-forme réalisée de façon monobloc avec sa pale et ladite aube étant fixée par brasure de ladite première plate-forme sur ladite virole, caractérisé en ce que lesdites aubes sont positionnées circonférentiellement sur ladite virole en laissant leurs dites premières plates-formes non-jointives, ladite brasure remplissant l'interstice laissé vide entre les premières plates-formes d'aubes adjacentes. L'invention s'applique, entre autres,
10 à un secteur de redresseur d'un compresseur d'une turbomachine.

Le report de la zone brasée en dessous de la plate-forme inférieure de l'aube permet de supprimer la liaison brasée entre la pale et la plate-forme, qui était un point faible dans la tenue en service des redresseurs mécano-brasés de l'art antérieur. Et le fait que ladite brasure remplisse l'interstice laissé vide entre les premières plates-formes d'aubes adjacentes permet
15 d'obtenir une meilleure tenue des aubes sur la virole intérieure en augmentant la surface brasée.

Dans un mode particulier de réalisation les aubes comportent une seconde plate-forme située sur la pale à l'extrémité opposée à la première plate-forme, lesdites secondes plates-formes d'au moins deux aubes adjacentes étant jointives, sans assemblage, entre elles. Cette
20 configuration permet de supprimer la virole extérieure et, avec elle, les problèmes liés à sa liaison avec les pales. Les secondes plates-formes sont jointives sans que cela implique qu'il y ait une liaison entre elles.

Avantageusement la virole circonférentielle est la virole intérieure du redresseur.

Préférentiellement ladite virole a la forme d'une tôle cylindrique à génératrices rectilignes.

25 Cela facilite grandement la réalisation, de cette virole et le brasage des aubes sur elle.

L'invention porte également sur un redresseur de compresseur d'une turbomachine constitué par l'assemblage de secteurs tels que décrits ci-dessus et sur une turbomachine caractérisée en ce qu'au moins un étage d'un de ses compresseurs comporte un tel redresseur.

L'invention porte enfin sur une procédé de réalisation d'un secteur de redresseur destiné à être
30 monté sur un étage d'un compresseur de turbomachine, comprenant la réalisation individuelles d'aubes et leur fixation sur au moins une virole cylindrique dont l'extension circonférentielle correspond à l'extension recherchée pour ledit secteur, caractérisé en ce que la réalisation desdites aubes comprend :

- a) la fabrication d'une pale, d'au moins une première plate-forme monobloc avec ladite pale, située à une des extrémités de ladite pale, et d'au moins une seconde plate-forme située sur la pale à l'extrémité opposée à la première plate-forme, l'extension circonférentielle desdites secondes plates-formes étant telle qu'elles sont, après montage, jointives, sans assemblage, entre elles.
- b) la fixation desdites aubes par brasage de ladite première plate-forme sur ladite virole cylindrique.

De façon préférentielle l'aube est fabriquée avec une extension circonférentielle de ses premières plates-formes telle qu'un interstice se trouve positionné entre elles après montage.

- Avantageusement le brasage est effectué en positionnant un feuillard de brasure entre la face de ladite première plate-forme opposée à ladite pale et ladite virole.

De façon préférentielle une pression orientée radialement est appliquée entre ladite première plate-forme et ladite virole au cours dudit brasage, de façon à comprimer ledit feuillard de brasure.

- Dans un mode particulier de réalisation un anneau abrasable est brasé sur ladite virole cylindrique, antérieurement à la fixation desdites aubes sur ladite virole.

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

Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue en coupe d'une partie d'un compresseur de turbomachine ;
- la figure 2 est une vue en perspective d'un secteur de redresseur d'un compresseur réalisé selon l'art antérieur, par un procédé mécano-brasé ;
- la figure 3 est une vue en coupe du secteur de la figure 2 ;
- la figure 4 est une vue en coupe d'un secteur de redresseur selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 est une vue en coupe d'une aube de redresseur et d'une virole intérieure du secteur de la figure 4, avant leur assemblage, et
- la figure 6 est une vue en perspective de l'aube de la figure 5, après son assemblage sur l'anneau intérieur.

En se référant à la figure 1, on voit les derniers étages du compresseur haute pression d'une turbomachine. Celle-ci comporte un rotor haute pression 1 sur lequel sont montées des aubes mobiles 2 qui circulent en amont d'aubes fixes 3 ou aubes de redresseur. Celles-ci ont pour fonction de ramener l'écoulement de l'air comprimé dans une direction sensiblement axiale après sa sortie de la roue d'aubes mobiles qui est située immédiatement en amont. Les aubes fixes 3 sont assemblées côte à côte sur des viroles intérieure 4 et extérieure 5 cylindriques et forment avec celles-ci un redresseur pour l'étage en question. La virole extérieure 5 comporte, du côté amont et du côté aval, des crochets 6 dont le but est d'assurer l'accrochage du redresseur sur la structure de la turbomachine. La virole intérieure 4 porte une pièce de support 7 (visible sur la figure 3) sur laquelle est brasé un anneau 8 en nid d'abeille. Sur cet anneau viennent frotter des léchettes 9, c'est-à-dire des nervures fines s'étendant radialement à partir du rotor 1 pour pénétrer dans le nid d'abeille et assurer une étanchéité inter-étages dans le compresseur.

La figure 2 montre un redresseur de l'art antérieur en cours de réalisation selon le procédé mécano-brasé. Les viroles intérieure 4 et extérieure 5 sont percées régulièrement en leur centre, le long de leur circonférence, par des découpes reproduisant le profil des pales formant les aubes fixes 3. Ces découpes ont pour fonction de laisser passer les extrémités hautes et basses des pales, qui débordent ainsi radialement des viroles sur lesquelles elles peuvent être brasées. Le redresseur est, pour des raisons de facilité de fabrication, réalisé sous la forme de secteurs circulaires qui sont assemblés les uns aux autres pour former une couronne circulaire sur 360°.

La figure 3 montre en coupe le positionnement relatif d'une pale d'aube fixe 3 et des viroles intérieure 4 et extérieure 5 sur lesquelles elle est brasée. La partie supérieure de l'aube 3 dépasse de la virole extérieure 5 et des cordons de soudure sont disposés autour de la pale au niveau de chacune des faces de la virole. Le brasage s'effectue par chauffage de l'ensemble dans un four aux alentours de 1000°C. Il en est de même pour la jonction entre la partie inférieure de l'aube 3 et la virole intérieure 4. A la partie inférieure de la virole intérieure est fixé par sertissage un support 7 qui est porteur de l'anneau en nid d'abeille 8 sur lequel viendront frotter les léchettes 9 du rotor.

En se référant maintenant à la figure 4 on voit, en coupe transversale, un secteur de redresseur réalisé selon le procédé de l'invention. Il est constitué par l'assemblage de 8 aubes fixes 3 monoblocs, comprenant chacune une pale et deux plates-formes, celles-ci s'étendant axialement aux deux extrémités de la pale. Les aubes sont positionnées côte à côte et forment

entre elles un canal de circulation pour l'air qui traverse le compresseur. Elles sont assemblées au niveau de leurs plates-formes inférieures 11 par brasage sur un secteur de virole intérieure 14, alors que leurs plates-formes supérieures 12 sont simplement juxtaposées, sans assemblage entre elles (les mentions supérieure et inférieure sont prises en relation avec leur éloignement de l'axe de rotation de la turbomachine, lorsqu'elles sont montées sur elle). Les plates-formes supérieures ont une extension circonférentielle telle qu'elles sont en appui simple l'une contre l'autre, sans liaison physique à ce niveau. Une telle configuration permet l'amortissement des vibrations de ces plates-formes par la souplesse qu'elle apporte.

Les aubes 3 sont usinées par un taillage dans la masse et posées sur le secteur 14 de virole intérieure qui a, ici, la forme d'une simple tôle cylindrique à génératrices rectilignes. Sur cette virole sont disposées les plates-formes inférieures 11 qui sont fixées par un cordon de brasure 13. L'extension circonférentielle des plates-formes inférieures 11 est telle, à la différence de celle des plates-formes supérieures 12, qu'elles ne sont pas jointives et qu'il existe un interstice 15 dans lequel peut s'immiscer de la brasure lors de l'opération de brasage de l'aube 3 sur la virole, comme cela sera expliqué plus loin. Les plans de joint entre les pales, qui forment l'interstice 15, sont représentés ici avec une direction axiale (en référence à l'axe de rotation de la turbomachine) mais ils peuvent, tout aussi bien, présenter un angle d'inclinaison par rapport à cette direction. Le cordon de brasure s'étend ainsi, d'une part, sous la plate-forme inférieure 11 des aubes, entre celles-ci et la virole intérieure 14 et, d'autre part, sur les deux faces latérales de ces plates-formes inférieures dans les interstices 15 laissés entre deux aubes adjacentes 3.

Sur la face intérieure du secteur de virole intérieure 14 est fixé, également par brasage, un anneau abradable en nid d'abeille 8, de la même façon que dans l'art antérieur, à la différence toutefois qu'il n'y a pas, ici, de pièce intermédiaire de support. Le décalage radial de l'anneau abradable 8 par rapport à la veine, qui était nécessaire dans l'art antérieur, est remplacé, ici, par l'épaisseur de la plate-forme inférieure 11. La fixation du nid d'abeille sur les secteurs de redresseurs selon l'invention est ainsi facilitée par le fait qu'il est fixé directement sur la virole intérieure et, par ailleurs, que celle-ci a une forme cylindrique simple, à génératrices rectilignes.

La figure 5 montre, en coupe, les deux parties constitutives d'un secteur de redresseur 10. On trouve, en premier lieu l'aube 3, qui comporte une pale entourée de sa plate-forme inférieure 4 et de sa plate-forme supérieure 5, et en second lieu, la virole intérieure 14 sur laquelle a été brasé l'anneau en nid d'abeille 8. Ces deux éléments étant présentés l'un en face de l'autre,

dans la position qu'ils ont après assemblage ; un espace est laissé libre entre la face inférieure de la plate-forme inférieure 11 et la face supérieure de la virole intérieure 14, de sorte que de la brasure peut être apportée, préférentiellement sous forme d'un feuillard, pour assurer leur fixation réciproque.

- 5 Enfin, la figure 6 montre, en perspective, ces deux éléments de la figure 5, après leur assemblage. Le cordon de soudure 13 a rempli l'espace laissé libre entre la plate-forme inférieure 11 et la virole intérieure 14 ainsi que l'interstice 15 entre l'aube présentée et une aube adjacente, non représentée. Ce faisant, la face latérale de la plate-forme inférieure 14 est noyée par le cordon de soudure 13, ce qui assure une solidarisation des aubes adjacentes au
- 10 niveau de la tranche de leurs plates-formes inférieures.

On va maintenant décrire le déroulement du procédé de réalisation d'un redresseur de compresseur selon l'invention.

- D'une part, les aubes 3 sont fabriquées directement, avec leurs plates-formes inférieure 11 et supérieure 12, par un procédé d'usinage classique, tel qu'un forgeage ou une fonderie. Dans le
- 15 cas, préféré, d'un forgeage, une ébauche de l'aube est réalisée, qui est ensuite usinée de façon électrochimique au niveau de sa pale et des faces de ses plates-formes qui forment la veine pour l'air qui traverse le compresseur. Elle subit ensuite une opération de polissage par tribofinition.

- 20 Cette aube fait alors l'objet d'une mise à longueur de ses dimensions par usinage, notamment au niveau de l'extension circonférentielle de ses plates-formes, afin que les plates-formes supérieures 12 d'un même secteur soient parfaitement jointives et que les plates-formes inférieures 11 présentent entre elles un jeu correspondant à la largeur souhaitée pour l'interstice 15.

- 25 D'autre part, le secteur 14 de virole intérieure est découpé dans une tôle, dans des dimensions choisies en fonction de la longueur circonférentielle recherchée pour le secteur 10. Un secteur de nid d'abeille 8 est brasé sur la face inférieure du secteur de virole intérieure 14, pour servir d'abradable aux léchettes 9 du rotor 1. Ce brasage s'effectue de façon classique, avec, par exemple, une brasure NiSiB chauffée à 1060°C.

- 30 La réalisation d'un secteur de redresseur 10 consiste ensuite à assembler un nombre prédéterminé d'aubes (8 dans le cas présenté sur la figure 4, sans que ce nombre soit impératif) sur le secteur de virole intérieure 14. Le nombre de pales par secteur est généralement choisi autour d'une dizaine, l'angle couvert par chaque secteur étant alors

d'environ 30 à 50°. Dans certains cas la notion de secteur peut s'éloigner de cette valeur et aller de quelques pales jusqu'à la demi-couronne ou même jusqu'à une couronne entière sur 360°. Dans ce dernier cas, il convient de gérer le problème du cumul des tolérances sur la largeur des plates-formes, par exemple en jouant sur l'envergure d'un jeu de fermeture de la

5 roue, dont la taille des plates-formes est alors ajustable par usinage.

Pour effectuer l'assemblage des aubes, celles-ci sont positionnées au dessus du secteur 14 de virole intérieure, en laissant un espace entre leurs plates-formes inférieures et la virole intérieure, dans lequel prendra place la brasure. Elles sont positionnées sur la circonférence du secteur de virole intérieure de façon que leurs plates-formes supérieures soient en contact les

10 unes avec les autres. Étant ainsi positionnées les plates-formes inférieures 11 ne sont pas jointives et un interstice 15, calibré du fait de la mise aux dimensions des plates-formes inférieures, apparaît entre elles.

L'assemblage des aubes sur la virole intérieure 14 s'effectue par brasage, en positionnant un feuillard de brasure du type NiPdCrB 980 ou NiCrBSi 1000 dans l'espace laissé libre entre les

15 plates-formes inférieures et la virole intérieure, et en portant le tout à une température respectivement de 1010° ou 1030°C selon le type de brasure choisi. Cet assemblage s'effectue sous une mise en pression des aubes contre la virole au cours du brasage. La brasure, en se liquéfiant remplit l'espace laissé entre les plates-formes inférieures 11 et le secteur de virole intérieure 14 et migre, sous l'effet de la pression appliquée, pour remplir les interstices 15

20 existant entre deux plates-formes consécutives sur la virole.

Le cordon de brasure a ainsi la forme d'un tapis cylindrique duquel s'étendent des extensions radiales qui entourent les plates-formes inférieures, comme on peut le voir sur la figure 6.

Un traitement thermique classique complète la réalisation des secteurs de redresseur 10, qui sont ensuite assemblés entre eux pour former une roue complète de redresseur.

Un usinage final, du type rectification, est enfin réalisé pour parfaire les dimensions des crochets 6 de la plate-forme supérieure complète 5, des différentes extrémités et du diamètre intérieur du nid d'abeille 8.

25

L'invention a ainsi pour intérêt de combiner les procédés mécano-brasé et usiné dans la masse, en choisissant pour chaque partie du redresseur le procédé le mieux adapté. Les

30 liaisons brasées en pied et tête des profils, qui étaient le siège de départs de criques, n'existent plus. Elles sont reportées vers un seul joint brasé de forme cylindrique entre les plates-formes des aubes et la virole, ce qui est d'une pratique courante dans le métier et qui est bien plus

facilement réalisable. Enfin les contraintes sont mieux réparties que dans le cas d'une liaison pale/virole plus ponctuelle.

Le procédé proposé procure, en particulier, les avantages suivants :

- 5 - un joint brasé 13 qui est peu sollicité, puisqu'il est reporté en dessous des plates-formes de l'aube,
- une géométrie des zones critiques bien maîtrisée ; leur géométrie est faite non plus par les congés de brasure, à la forme aléatoire, mais par les rayons obtenus lors de la fabrication des pales unitaires par des procédés classiques et bien connus,
- 10 - l'apport, dans les zones critiques, de bonnes caractéristiques mécaniques dues à l'utilisation d'un matériau forgé,
- un secteur de virole extérieure souple et naturellement amorti, du fait de la liberté laissée aux plates-formes supérieures 12 et à leur positionnement en appui les unes contre les autres,
- 15 - la suppression du besoin d'une virole extérieure, qui est remplacée par les plates-formes supérieures 12 jointives,
- et la suppression de la réalisation d'ouvertures dans les secteurs des viroles intérieure 4 et extérieure 5.

On peut noter que la partie extérieure du secteur de redresseur 10 est, contrairement à ce qui est pratiqué couramment dans le domaine des turbomachines, sectorisée entre les pales et que
20 les aubes ne sont pas maintenues ensemble au niveau de leur plate-forme supérieure 12. Cette caractéristique, qui a déjà été expérimentée sur des projets de la demanderesse moyennant toutefois l'introduction de pièces intermédiaires d'amortissement, qui ne sont pas retenus dans le procédé de la présente invention (voir les demandes de brevet FR2902843, FR0955439 et FR0955440), ne pose pas de problème particulier car, d'une part l'ensemble est tenu au
25 niveau de la virole intérieure et d'autre part, les gorges du stator de la turbomachine maintiennent l'ensemble par les crochets 6. Elle constitue même un avantage vis à vis de la réduction des contraintes vibratoires par l'apport de souplesse et l'amortissement qu'elle procure.

REVENDICATIONS

1. Secteur de redresseur d'une turbomachine comprenant au moins deux aubes (3) positionnées côte à côte et formant entre elles un canal de circulation pour l'air traversant le compresseur, et maintenues ensemble par leur rattachement, au niveau d'une de leurs extrémités radiales, à une virole circonférentielle (14), chacune desdites aubes comportant au moins une première plate-forme (11) réalisée de façon monobloc avec sa pale et ladite aube étant fixée par brasure de ladite première plate-forme sur ladite virole, caractérisé en ce que lesdites aubes (3) sont positionnées circonférentiellement sur ladite virole (14) en laissant leurs dites premières plates-formes (11) non-jointives, ladite brasure (13) remplissant l'interstice (15) laissé vide entre les premières plates-formes d'aubes adjacentes.

2. Secteur de redresseur selon la revendication 1 dans lequel les aubes (3) comportent une seconde plate-forme (12) située sur la pale à l'extrémité opposée à la première plate-forme (11), lesdites secondes plates-formes d'au moins deux aubes adjacentes étant jointives, sans assemblage entre elles.

3. Secteur de redresseur selon la revendication 2 dans lequel la virole circonférentielle (14) est la virole intérieure du redresseur.

4. Secteur de redresseur selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel ladite virole (14) a la forme d'une tôle cylindrique à génératrices rectilignes.

5. Redresseur de compresseur d'une turbomachine constitué par l'assemblage de secteurs selon l'une des revendications 1 à 4.

6. Turbomachine caractérisée en ce qu'au moins un étage d'un de ses compresseurs comporte un redresseur selon la revendication 5.

7. Procédé de réalisation d'un secteur de redresseur destiné à être monté sur un étage d'un compresseur de turbomachine, comprenant la réalisation individuelles d'aubes (3) et leur fixation sur au moins une virole cylindrique dont l'extension circonférentielle correspond à l'extension recherchée pour ledit secteur (10), caractérisé en ce que la réalisation desdites aubes (3) comprend :

c) la fabrication d'une pale, d'au moins une première plate-forme (11) monobloc avec ladite pale, située à une des extrémités de ladite pale, et d'au moins une seconde plate-forme (12) située sur la pale à l'extrémité opposée à la première plate-forme (11),

l'extension circonférentielle desdites secondes plates-formes étant telle qu'elles sont, après montage, jointives, sans assemblage, entre elles.

d) la fixation desdites aubes par brasage de ladite première plate-forme (11) sur ladite virole cylindrique (14).

5 8. Procédé selon la revendication 7 dans lequel l'aube est fabriquée avec une extension circonférentielle de ses premières plates-formes telle qu'un interstice (15) se trouve positionné entre elles après montage.

 9. Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8 dans lequel le brasage est effectué en positionnant un feuillard de brasure (13) entre la face de ladite première plate-forme (11)
10 opposée à ladite pale et ladite virole (14).

 10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel une pression orientée radialement est appliquée entre ladite première plate-forme et ladite virole au cours dudit brasage, de façon à comprimer le feuillard de brasure (13).

 11. Procédé selon l'une des revendications 7 à 10 dans lequel un anneau abradable (8)
15 est brasé sur ladite virole cylindrique, antérieurement à la fixation desdites aubes sur ladite virole.

1 / 2

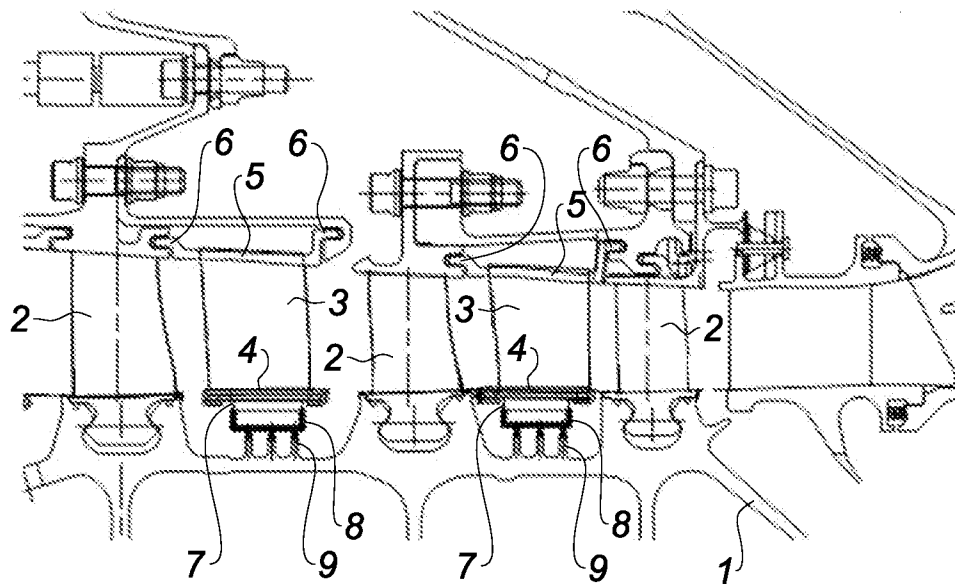


Fig. 1

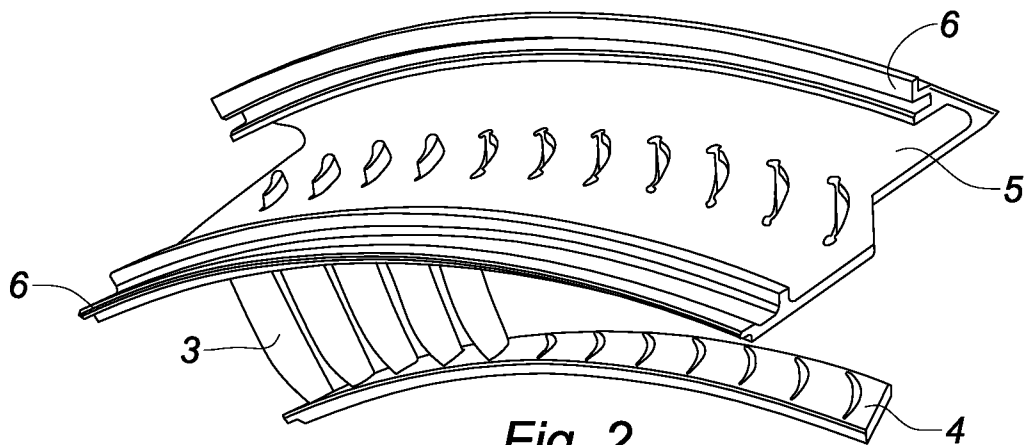


Fig. 2

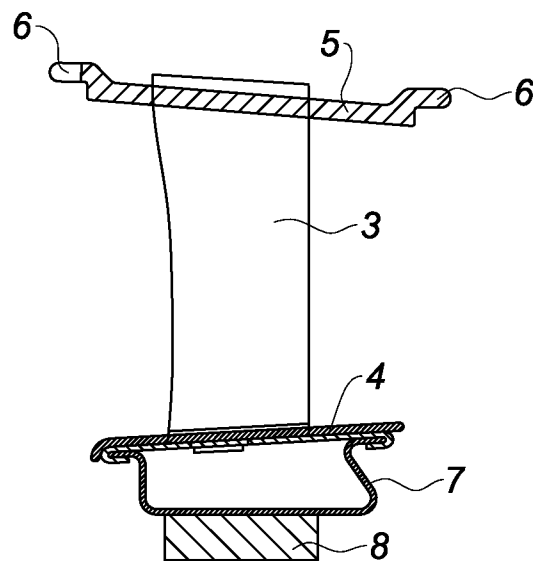
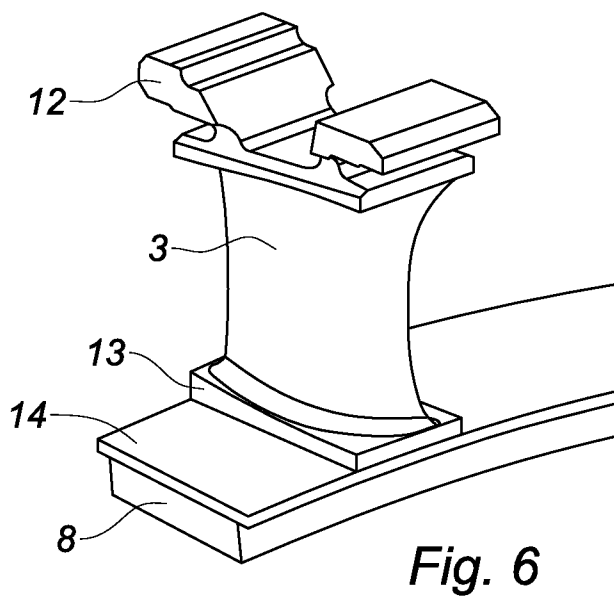
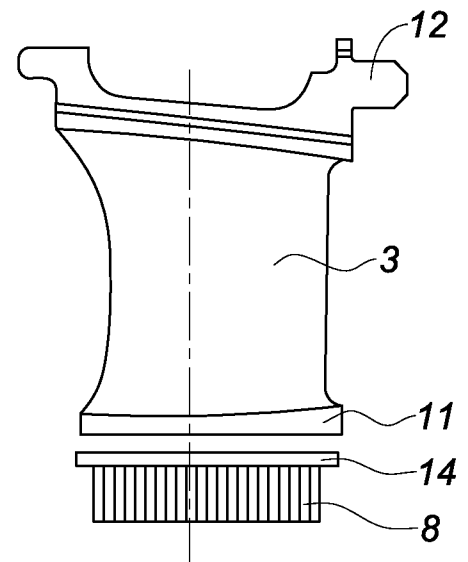
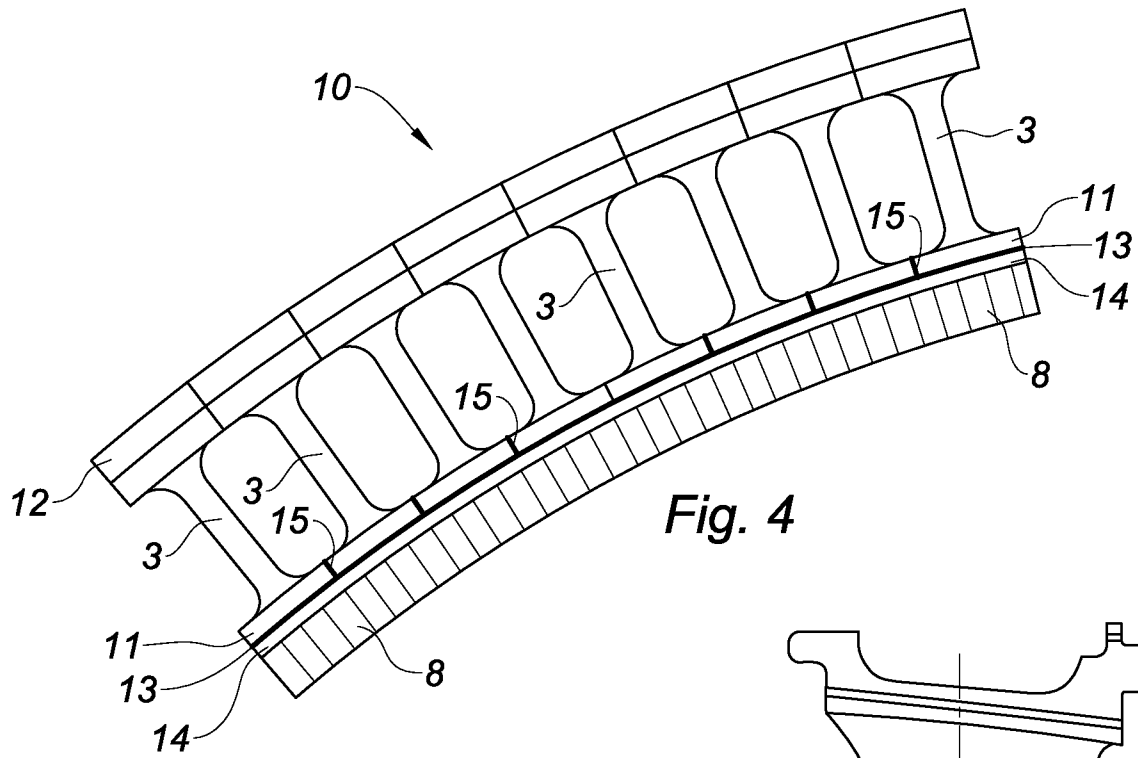


Fig. 3

2 / 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/052920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F01D9/04 F04D29/54
 ADD ..

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification System followed by classification symbols)
 F04D F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 942 638 A1 (SNECMA) 3 September 2010 (2010-09-03) page 7, lines 14-23; figure 3 -----	7-11
A	EP 2 031 255 A1 (TECHSPACE AERO [BE]) 4 March 2009 (2009-03-04) abstract; figures 1,5 -----	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Spécial catégories de cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 March 2013

Date of mailing of the international search report

26/03/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Martino, Marcel lo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/052920

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2942638	A1	03-09-2010	NONE

EP 2031255	A1	04-03-2009	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052920

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F01D9/04 F04D29/54
ADD..

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
F04D F01D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 942 638 A1 (SNECMA) 3 septembre 2010 (2010-09-03) page 7, ligne 14-23; figure 3 -----	7 - 11
A	EP 2 031 255 A1 (TECHSPACE AERO [BE]) 4 mars 2009 (2009-03-04) abrégé; figures 1,5 -----	1 - 11



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 mars 2013

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/03/2013

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

de Martino, Marcel lo

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/052920

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2942638	A l	03-09-2010	AUCUN
EP 2031255	A l	04-03-2009	AUCUN