



(11)

EP 1 637 742 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
22.03.2006 Bulletin 2006/12

(51) Int Cl.:
F04D 29/56^(2006.01) F01D 17/16^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05291889.3**

(22) Date de dépôt: **13.09.2005**

(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: **21.09.2004 FR 0409945**

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

(72) Inventeurs:
• **Bourgoin, Sébastien**
75020 Paris (FR)

- **Follonier, Christophe**
77310 Saint Fargeau Ponthierry (FR)
- **Lejars, Claude**
91210 draveil (FR)
- **Tourne, Christophe**
91481 Varennes Jarcy (FR)
- **Pontoizeau, Bruce**
75012 Paris (FR)
- **Triconnet, Nicolas**
77310 St. Fargeau Ponthierry (FR)

(74) Mandataire: **Ramey, Daniel et al**
Ernest Gutmann - Yves Plasseraud S.A.S.
3, rue Auber
75009 Paris (FR)

(54) **Levier de commande du calage angulaire d'une aube de stator dans une turbomachine**

(57) Levier (40) de commande du calage angulaire d'une aube de stator, comprenant une première extrémité (48) destinée à être montée fixement sur un pivot d'aube, une deuxième extrémité (42) comportant un pion cylindrique (32) de montage sur un anneau de comman-

de, et une partie intermédiaire (44) plate reliant les première et deuxième extrémités (42, 48) ayant des formes et dimensions déterminées pour augmenter les fréquences propres du levier (40) en flexion et en torsion au-dessus des fréquences vibratoires de la turbomachine en amont du levier et pour conserver la raideur du levier.

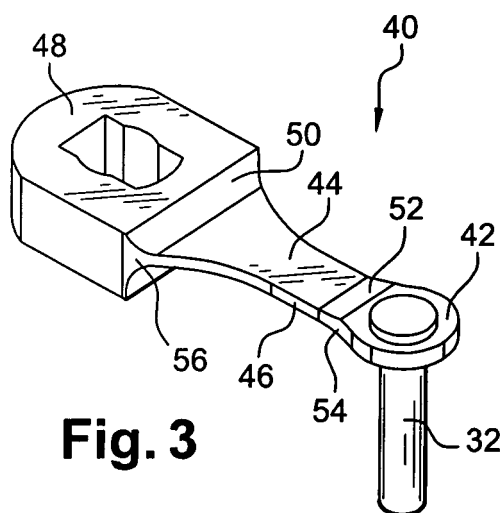


Fig. 3

Description

[0001] La présente invention concerne un levier de commande du calage angulaire d'une aube de stator dans une turbomachine et un compresseur de turbomachine comprenant une pluralité d'aubes de stator à angle de calage variable équipées de ces leviers de commande.

[0002] Le réglage du calage angulaire des aubes de stator dans une turbomachine telle qu'un turboréacteur est destiné à optimiser le rendement de cette turbomachine et à réduire sa consommation en carburant dans les différentes configurations de vol.

[0003] Ce réglage est effectué au moyen d'un levier qui comprend une première extrémité montée fixement sur un pivot de l'aube pour l'entraîner en rotation autour de son axe longitudinal, une deuxième extrémité comportant un pion cylindrique de montage sur un anneau de commande qui entoure extérieurement le stator de la turbomachine et qui est déplaçable en rotation autour de l'axe longitudinal du stator par un moyen moteur tel qu'un vérin ou un moteur électrique, et une partie intermédiaire plate reliant les première et deuxième extrémités du levier.

[0004] Le levier de commande qui est entraîné en rotation par l'anneau de commande et qui est fixé sur le pivot de l'aube, est soumis à des forces de flexion et de torsion qui s'exercent principalement au niveau de sa partie intermédiaire et de sa deuxième extrémité.

[0005] En fonctionnement de la turbomachine, ces leviers de commande sont soumis à des vibrations dues notamment aux passages des aubes de rotor devant les aubes de stator, les fréquences de ces vibrations variant avec la vitesse de rotation du rotor.

[0006] On a constaté que ces fréquences pouvaient coïncider avec un mode vibratoire des leviers précités, et que les contraintes résultantes subies par les leviers pouvaient provoquer l'apparition de criques ou de fissures dans ces leviers, notamment dans la zone reliant leur partie intermédiaire à leur deuxième extrémité reliée à l'anneau de commande, avec un risque de rupture des leviers.

[0007] Une solution permettant d'éviter cet inconvénient grave consisterait à surdimensionner chaque levier pour éviter toute apparition de criques ou fissures et donc éviter tout risque de rupture du levier. Cela conduirait cependant à augmenter de façon correspondante la raideur du levier, ainsi que la puissance nécessaire pour déplacer le levier puisque tout déplacement du levier se traduit par une déformation du levier en flexion et en torsion. Comme l'énergie consommée par l'actionnement des leviers est prélevée sur l'énergie fournie par la turbomachine, une telle solution serait très désavantageuse.

[0008] La présente invention a pour but d'éviter l'apparition de criques ou fissures dans un levier du type précité, sans modifier de façon sensible la raideur de ce levier.

[0009] Elle propose à cet effet un levier de commande du calage angulaire d'une aube de stator, en particulier dans un compresseur de turbomachine, comprenant une première extrémité destinée à être montée fixement sur un pivot d'aube, une deuxième extrémité comportant un pion cylindrique de montage sur un moyen d'entraînement, et une partie intermédiaire plate reliant les première et deuxième extrémités, ladite première extrémité ayant une épaisseur et une largeur supérieures à celles de la partie intermédiaire et de la deuxième extrémité du levier, caractérisé en ce que les formes et dimensions de la partie intermédiaire et de la deuxième extrémité sont déterminées pour augmenter les fréquences propres du levier en flexion et en torsion au-dessus des fréquences vibratoires de la turbomachine en amont du levier et pour conserver la raideur du levier.

[0010] En augmentant les fréquences propres du levier en flexion et en torsion au-delà des fréquences vibratoires de la turbomachine en amont du levier, on évite que le levier puisse entrer en résonance pendant le fonctionnement de la turbomachine, et en conservant sa raideur, on n'augmente pas la puissance nécessaire à son actionnement et on ne dégrade pas le fonctionnement de la turbomachine.

[0011] On évite ainsi tout risque d'apparition de criques ou de fissures dans le levier de commande en fatigue vibratoire.

[0012] Dans un mode préféré de réalisation de l'invention, la deuxième extrémité du levier de commande a une épaisseur supérieure à celle de la partie intermédiaire, et la partie intermédiaire a localement une largeur inférieure à celle de la deuxième extrémité du levier.

[0013] L'augmentation de l'épaisseur de la deuxième extrémité du levier de commande permet de mieux supporter les contraintes lors du sertissage du pion cylindrique, et de limiter l'apparition et la propagation de criques ou de fissures. Elle entraîne une augmentation de la raideur globale du levier, qui est compensée par une diminution locale de la largeur de la partie intermédiaire de sorte que le levier de commande conserve la même raideur et nécessite la même puissance d'actionnement qu'auparavant.

[0014] Dans ce mode de réalisation, la partie intermédiaire du levier est d'épaisseur constante et est reliée aux extrémités du levier par des zones d'épaisseur progressivement croissante.

[0015] L'augmentation progressive de l'épaisseur des zones de liaison aux extrémités du levier permet de réduire les concentrations locales de contraintes.

[0016] La partie intermédiaire du levier a des bords longitudinaux incurvés de forme concave qui permettent des transitions progressives entre des portions de largeurs différentes en évitant des concentrations de contraintes dans des parties du levier dont la largeur varierait brutalement et de façon discontinue.

[0017] La forme et les dimensions du levier de commande sont donc optimisées dynamiquement pour augmenter les fréquences propres du levier en flexion et en

torsion au-delà des fréquences vibratoires de la turbomachine en amont, et statiquement en réduisant les concentrations locales de contraintes.

[0018] Par ailleurs, le levier de commande selon l'invention est avantageusement soumis au moins partiellement à un grenaillage, ce traitement permettant de durcir la surface du levier et ainsi de le protéger contre des chocs ou des coups éventuels pendant sa manipulation et son montage sur le pivot d'aube et sur l'anneau de commande, ces chocs et ces coups pouvant être à l'origine de criques ou de microfissures.

[0019] L'invention propose également un compresseur de turbomachine, par exemple de turboréacteur comprenant une pluralité d'aubes à calage variable équipées de leviers de commande du type précité.

[0020] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe partielle d'un levier de commande du calage angulaire d'une aube de stator dans un étage de compresseur d'une turbomachine ;
- la figure 2 est une vue schématique en perspective d'un levier de commande selon la technique antérieure ;
- la figure 3 est une vue schématique en perspective d'un levier de commande selon l'invention.

[0021] En figure 1, on a représenté une partie d'un compresseur haute-pression 10 d'une turbomachine, dans laquelle chaque étage du compresseur comprend une rangée d'aubes directrices 12 montées sur le stator et une rangée d'aubes 14 portées par le rotor.

[0022] Les aubes 12 du stator sont des redresseurs dont l'orientation ou calage angulaire est réglable à l'aide de leviers de commande 16 entraînés par un anneau de commande 18 actionné par des moyens moteurs (non représentés) du type vérin ou moteur électrique.

[0023] Chaque levier de commande 16 comprend une première extrémité 20 fixée sur un pivot radial 22 d'une aube 12, guidé en rotation dans un palier 24 monté dans une cheminée radiale d'un carter externe 26, une deuxième extrémité 28 et une partie intermédiaire plate 30 reliant les extrémités 20 et 28.

[0024] La deuxième extrémité 28 du levier de commande 16 porte un pion cylindrique 32 qui est serti sur cette extrémité 28 et est guidé en rotation dans une douille cylindrique 34 de l'anneau de commande 18.

[0025] Un déplacement angulaire de l'anneau de commande 18 autour de l'axe du carter 26 se traduit par une rotation des leviers 16 autour des axes 36 des pivots 22 et par l'entraînement en rotation des aubes 12 autour de ces axes 36, ainsi que par des déformations en flexion et en torsion des leviers 16.

[0026] Comme on le voit mieux en figure 2, la première extrémité 20 du levier 16 a une épaisseur et une largeur

supérieures à celles de la partie intermédiaire 34 et de la deuxième extrémité 28 du levier 16. Par exemple, l'épaisseur de la première extrémité 20 est d'environ 10 mm et sa largeur est d'environ 22 mm.

[0027] La deuxième extrémité 28 du levier 16 qui porte le pion cylindrique 32 de montage sur l'anneau de commande 18 présente un bord circulaire s'étendant sur environ 180° autour de la tête sertie du pion cylindrique 32. Par exemple, l'épaisseur de la deuxième extrémité est d'environ 1,1 mm et sa largeur est d'environ 10 mm.

[0028] La partie intermédiaire 34 qui relie les première et deuxième extrémités 20 et 28 a la même épaisseur que la deuxième extrémité 28 et une forme triangulaire et est reliée à la première extrémité 20 par une zone de liaison 38 d'épaisseur progressivement croissante. Par exemple, l'épaisseur de la partie intermédiaire 34 est d'environ 1,1 mm et sa largeur varie entre environ 10 et 22 mm.

[0029] En fonctionnement du compresseur haute-pression, les fréquences propres des leviers 16 en flexion et en torsion peuvent coïncider avec les fréquences vibratoires de la partie amont du compresseur et provoquer alors des vibrations importantes des leviers 16 se traduisant par la formation de criques ou de fissures, en particulier au niveau des zones de sertissage des pions cylindriques 32 sur les secondes extrémités 28 des leviers 16. Cette fréquence vibratoire dépend de la vitesse de rotation du rotor et est de 6500 Hz environ pour un exemple particulier de compresseur haute-pression considéré.

[0030] Selon l'invention, les formes et dimensions de la partie intermédiaire 34 et de la deuxième extrémité 28 sont modifiées pour que les fréquences propres du levier 16 en flexion et en torsion soient supérieures aux fréquences vibratoires de la partie amont du compresseur, sans augmenter de façon sensible la raideur du levier.

[0031] La figure 3 représente schématiquement et en perspective un exemple de réalisation d'un levier de commande 40 selon l'invention.

[0032] La deuxième extrémité 42 du levier 40 a une épaisseur supérieure à celle de la deuxième extrémité 28 du levier 16 de la technique antérieure afin de mieux supporter les contraintes dues au sertissage du pion cylindrique 32 et retarder la propagation de criques ou de fissures. Par exemple, cette épaisseur est de 1,8 mm environ.

[0033] La forme de la deuxième extrémité 42 a également été modifiée par augmentation de l'étendue angulaire de son bord arrondi qui s'étend sur plus de 180°. Ce bord arrondi peut présenter un ou plusieurs rayons de courbure variant par exemple entre 6 et 15 mm.

[0034] La partie intermédiaire 44 du levier 40 est d'épaisseur constante, supérieure à celle de la partie intermédiaire 34 du levier 16 de la technique antérieure mais inférieure à celle de la deuxième extrémité 42 du levier 40. Par exemple, l'épaisseur de la partie intermédiaire 44 du levier 40 est de 1,4 mm environ.

[0035] L'augmentation de raideur du levier 40 due à

l'augmentation de l'épaisseur de la partie intermédiaire 44 et de la deuxième extrémité 42 est compensée par une diminution de la largeur d'au moins une portion 46 de la partie intermédiaire 44 du levier 40, ce qui permet de conserver la même raideur globale que dans la technique antérieure, cette portion 46 étant reliée à la deuxième extrémité 42 du levier.

[0036] Dans l'exemple de réalisation de la figure 3, la portion 46 a une largeur de 8 mm environ, inférieure à celle de la deuxième extrémité 42 et est délimitée par des bords longitudinaux sensiblement parallèles.

[0037] La partie intermédiaire 44 du levier 40 est reliée à la première extrémité 48 par une zone de liaison 50 de faible longueur et d'épaisseur progressivement croissante qui est pour l'essentiel identique à la zone de liaison 38 du levier 16 de la technique antérieure et dont l'épaisseur varie entre celle de la partie intermédiaire 44 du levier 40 et celle de sa première extrémité 48.

[0038] Une autre zone 52 d'épaisseur progressivement croissante relie la portion 46 de la partie intermédiaire 44 à la deuxième extrémité 42 du levier 40.

[0039] Les bords 54, 56 des zones de liaison 50 et 52 et de la partie intermédiaire 44 sont incurvés et concaves et reliés aux bords rectilignes de la portion 46 précitée. Les bords 54 peuvent présenter un ou plusieurs rayons de courbure qui sont typiquement compris entre 6 et 15 mm par exemple, et les bords 56 peuvent également présenter un ou plusieurs rayons de courbure qui sont typiquement compris entre 15 et 30 mm par exemple. Les rayons de courbure des bords 54, 56 augmentent donc de la deuxième extrémité 42 du levier 40 vers la première extrémité 48.

[0040] Le levier de commande 40 selon l'invention est de préférence traité au moins partiellement par grenaillage, par exemple sur la partie intermédiaire 44 et/ou sur la deuxième extrémité 42 du levier 40. Ce traitement permet de durcir la surface du levier et donc d'améliorer sa protection contre des chocs ou des coups qui peuvent notamment intervenir pendant le montage du levier de commande 40 et qui peuvent provoquer des amorces de criques ou de fissures.

[0041] Le levier de commande 40 selon l'invention est réalisé avantageusement en titane.

Revendications

1. Levier (40) de commande du calage angulaire d'une aube (12) de stator, en particulier dans un compresseur de turbomachine, comprenant une première extrémité (48) destinée à être montée fixement sur un pivot d'aube (22), une deuxième extrémité (42) comportant un pion cylindrique (32) de montage sur un moyen d'entraînement (18), et une partie intermédiaire (44) plate reliant les première et deuxième extrémités (42, 48), ladite première extrémité (48) ayant une épaisseur et une largeur supérieures à celles de la partie intermédiaire (44) et de la deuxième

extrémité (42) du levier (40), **caractérisé en ce que** les formes et dimensions de la partie intermédiaire (44) et de la deuxième extrémité (42) sont déterminées pour augmenter les fréquences propres du levier (40) en flexion et en torsion au-dessus des fréquences vibratoires de la turbomachine en amont du levier et pour conserver la raideur du levier.

2. Levier de commande selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la deuxième extrémité (42) a une épaisseur supérieure à celle de la partie intermédiaire (44) et **en ce que** la partie intermédiaire (44) a localement une largeur inférieure à celle de la deuxième extrémité (42) du levier (40).

3. Levier de commande selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la portion (46) de plus faible largeur de la partie intermédiaire (44) est celle raccordant la partie intermédiaire (44) à la deuxième extrémité (42).

4. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la partie intermédiaire (44) est d'épaisseur constante et est reliée aux extrémités (42, 48) du levier (40) par des zones (50, 52) d'épaisseur progressivement croissante.

5. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite partie intermédiaire (44) a des bords longitudinaux (54, 56) incurvés de forme concave.

6. Levier de commande selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les rayons de courbure des bords (54, 56) de la partie intermédiaire (44) augmentent de la deuxième extrémité (42) du levier (40) vers la première extrémité (48).

7. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est traité au moins partiellement par grenaillage.

8. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé en titane.

9. Compresseur de turbomachine comprenant une pluralité d'aubes (12) à angle de calage variable, **caractérisé en ce que** chaque aube (12) à calage variable est équipée d'un levier de commande (40) selon l'une des revendications précédentes.

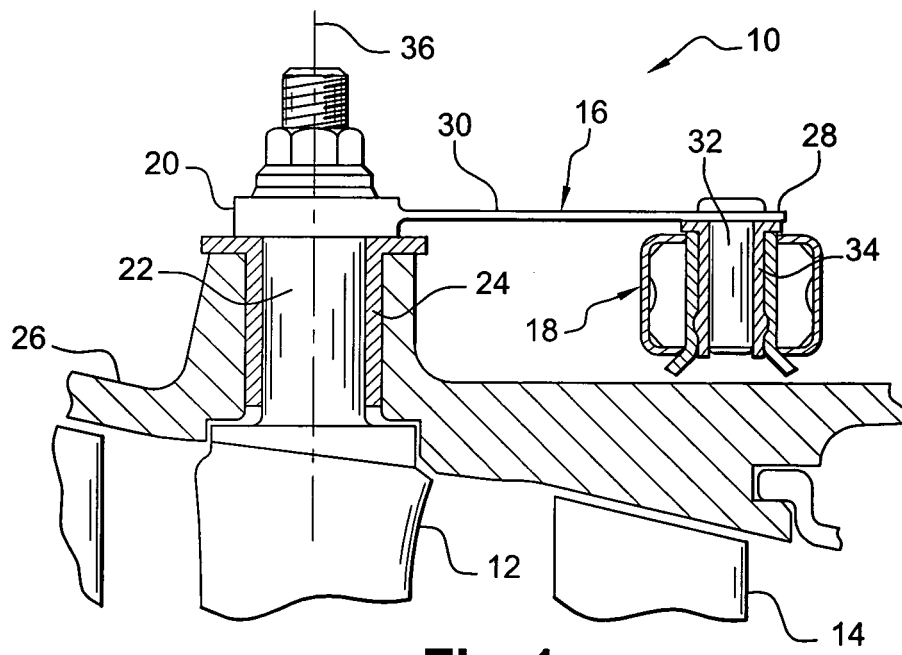


Fig. 1

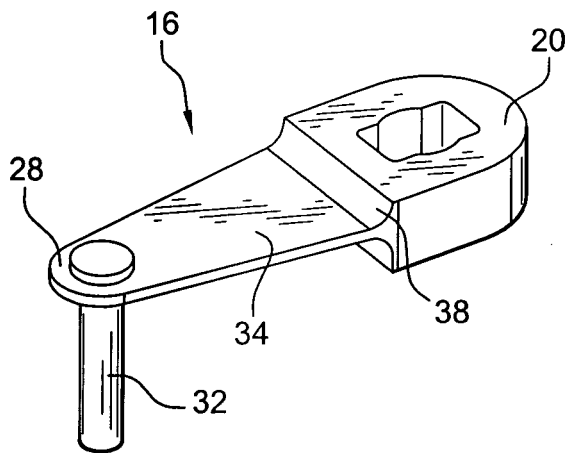


Fig. 2

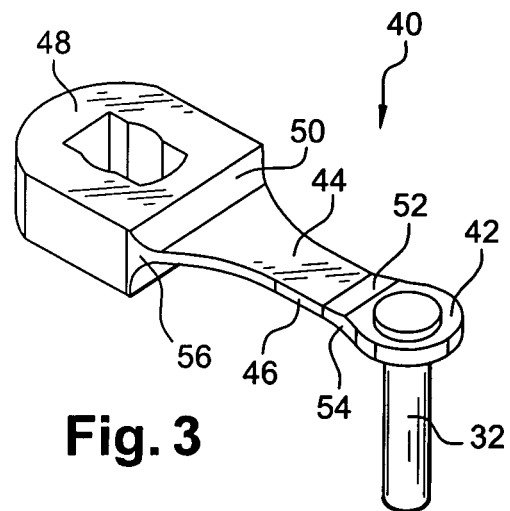


Fig. 3