

(19)



(11)

EP 1 637 742 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
23.11.2016 Bulletin 2016/47

(51) Int Cl.:
F04D 29/56 ^(2006.01) **F04D 29/66** ^(2006.01)
F01D 17/16 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05291889.3**

(22) Date de dépôt: **13.09.2005**

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

Verstellhebel zur Winkelverstellung einer Leitschaufel in einer Strömungsmaschine.

Actuator lever for setting the angular position of guide vanes in a turbo machine.

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **21.09.2004 FR 0409945**

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

(73) Titulaire: **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)

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 223 194 EP-A1- 1 400 658
US-A- 4 652 208 US-A- 4 767 264
US-A- 4 979 874 US-A- 5 492 446
US-A- 6 019 574

EP 1 637 742 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

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] Le document US4767294 A divulgue un levier de commande du calage angulaire d'une aube de stator conforme au préambule de la revendication 1. Le document US4979874 A divulgue un autre levier de commande de l'art antérieur.

[0006] En fonctionnement de la turbomachine, les 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.

[0007] 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.

[0008] 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 désavantageu-

se.

[0009] 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.

[0010] 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, la deuxième extrémité ayant une épaisseur supérieure à celle de la partie intermédiaire, la partie intermédiaire étant d'épaisseur constante étant reliée aux extrémités du levier par des zones d'épaisseur progressivement croissante, ce levier étant 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, ladite partie intermédiaire présentant une portion :

- de largeur inférieure à celle de la deuxième extrémité du levier,
- qui est celle raccordant la partie intermédiaire à la deuxième extrémité,
- et qui constitue une diminution locale de la largeur de la partie intermédiaire..

[0011] 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.

[0012] On évite ainsi tout risque d'apparition de criques ou de fissures dans le levier de commande en fatigue vibratoire.

[0013] L'augmentation de l'épaisseur de la deuxième extrémité du levier de commande aura permis 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] Une augmentation progressive de l'épaisseur des zones de liaison aux extrémités du levier pourra permettre de réduire les concentrations locales de contrain-

tes.

[0015] Une partie intermédiaire du levier a bords longitudinaux incurvés de forme concave pourra permettre 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.

[0016] Une forme et des dimensions du levier de commande optimisées dynamiquement augmenteront 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.

[0017] Par ailleurs, le levier de commande selon l'invention pourra être 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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 deg. 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] La figure 3 représente schématiquement et en perspective un exemple de réalisation d'un levier de commande 40 selon l'invention.

[0031] 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.

[0032] La forme de la deuxième extrémité 42 a également été modifiée par augmentation de l'étendue angu-

laire de son bord arrondi qui s'étend sur plus de 180 deg.. Ce bord arrondi peut présenter un ou plusieurs rayons de courbure variant par exemple entre 6 et 15 mm.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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), la deuxième extrémité (42) ayant une épaisseur supérieure à celle de la partie intermédiaire (44), la partie intermédiaire (44) étant d'épaisseur constante et étant reliée aux extrémités (42, 48) du levier (40) par des zones (50, 52) d'épaisseur progressivement croissante, **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, ladite partie intermédiaire (44) présentant une portion (46) :

- de largeur inférieure à celle de la deuxième extrémité (42) du levier (40),
- qui est celle raccordant la partie intermédiaire (44) à la deuxième extrémité (42),
- et qui constitue une diminution locale de la largeur de la partie intermédiaire (44).

2. Levier de commande selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les zones (50, 52) d'épaisseur progressivement croissante comprennent:

- une première zone de liaison (50) de faible longueur et d'épaisseur progressivement croissante dont l'épaisseur varie entre celle de la partie intermédiaire (44) et celle de ladite première extrémité (48) à laquelle est reliée la partie intermédiaire (44) et,
- une seconde zone de liaison (52) d'épaisseur progressivement croissante reliant ladite portion (46) de la partie intermédiaire (44) à la deuxième extrémité (42) du levier (40).

3. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce ladite portion (46) de la partie intermédiaire (44) a une largeur de 8 mm environ, inférieure à celle de la deuxième extrémité (42) et est délimitée par des bords longitudinaux sensiblement parallèles.

4. 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.

5. Levier de commande selon la revendication 4, **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).
6. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est traité au moins partiellement par grenaillage.
7. Levier de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé en titane.
8. 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.

Patentansprüche

1. Hebel (40) zur Bedienung des Anstellwinkels einer Statorschaufel (12), insbesondere im Kompressor einer Turbomaschine, welcher ein erstes Ende (48) umfasst, das dazu bestimmt ist, fest auf dem Drehzapfen (22) einer Schaufel montiert zu werden, ein zweites Ende (42), welches einen zylindrischen Stift (32) für die Montage auf einem Antriebsmittel (18) umfasst, und ein flaches Zwischenteil (44), welches das erste und das zweite Ende miteinander verbindet (42, 48), wobei besagtes erstes Ende (48) eine Stärke und eine Breite hat, die größer ist als die des Zwischenteils (44) und des zweiten Endes (42) des Hebels (40), und das zweite Ende (42) eine Stärke hat, die größer ist als die des Zwischenteils (44), wobei das Zwischenteil (44) eine konstante Stärke aufweist und mit den Enden (42, 48) des Hebels (40) durch Bereiche (50, 52) mit zunehmender Stärke verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Formen und Größen des Zwischenteils (44) und das zweite Ende (42) so konzipiert sind, dass sie die Eigenfrequenzen des Hebels (40) in der Biegung und in der Drehung oberhalb der Vibrationsfrequenzen der Turbomaschine vor dem Hebel steigern, um die Steife des Hebels aufrecht zu erhalten, wobei besagtes Zwischenteil (44) einen Abschnitt (46) aufweist:

- der weniger breit ist als der des zweiten Endes (42) des Hebels (40),
- der das Zwischenteil (44) mit dem zweiten Ende (42) verbindet,
- und der eine örtliche Verringerung der Breite des Zwischenteils (44) darstellt.

2. Bedienhebel nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass die Bereiche (50, 52) mit zunehmender Stärke folgendes umfassen:

- einen ersten Verbindungsbereich (50) mit geringer Länge und zunehmender Stärke, dessen Stärke zwischen der des Zwischenteils (44) und der des ersten Endes (48), mit welchem das Zwischenteil (44) verbunden ist, variiert.
- einen zweiten Verbindungsbereich (52) mit zunehmender Stärke, welcher den Abschnitt (46) des Zwischenteils (44) mit dem zweiten Ende (42) des Hebels (40) verbindet.

3. Bedienhebel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** besagter Abschnitt (46) des Zwischenteils (44) ungefähr 8 mm breit ist, weniger breit ist als das zweite Ende (42) und durch im Wesentlichen parallele Längskanten begrenzt wird.

4. Bedienhebel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** besagtes Zwischenteil (44) Längskanten (54, 56) hat, die konkav gebogen sind.

5. Bedienhebel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Krümmungsradien der Kanten (54, 56) des Zwischenteils (44) vom zweiten Ende (42) des Hebels (40) an bis zum ersten Ende (48) zunehmen.

6. Bedienhebel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mindestens teilweise kugelgestrahlt wurde.

7. Bedienhebel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er aus Titan besteht.

8. Kompressor einer Turbomaschine, welcher eine Vielzahl von Schaufeln (12) mit veränderlicher Anstellung umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Schaufel (12) mit veränderlicher Anstellung mit einem Bedienhebel (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgestattet ist.

Claims

1. A lever (40) for the control of the angular setting of a stator blade (12), in particular in a turboshaft engine compressor, comprising a first end (48) intended to be fitted in a fixed manner on a blade pivot (22), a second end (42) comprising a cylindrical pin (32) for fitting on a drive means (18), and a flat intermediate part (44) connecting the first and second ends (42, 48), said first end (48) having a thickness and a width greater than those of the intermediate part (44)

and of the second end (42) of the lever (40), the second end (42) having a thickness greater than that of the intermediate part (44), the intermediate part (44) being of a constant thickness and being connected to the respective ends (42,48) of the lever (40) by zones (50,52) of progressively increasing thickness, **characterized in that** shapes and dimensions of the intermediate part (44) and of the second end (42) are determined in order to increase the natural frequencies of the lever (40) in flexion and in torsion above the vibratory frequencies of the turboshaft engine upstream of the lever and in order to retain the stiffness of the lever, the intermediate part (44) locally having a portion (46):

- of a width less than that of the second end (42) of the lever (40);
- which is the portion that is connecting the intermediate part (44) to the second end (42),
- and which define a local decreasing of width of the intermediate part (44).

2. Control lever according to claim 1, **characterized in that** the zones (50,52) of progressively increasing thickness comprise:
 - a first zone (50) of short length and of progressively increasing thickness, whose thickness varies between that of the intermediate part (44) and that of said first end (48) which the intermediate part (44) is connected to, and
 - a second zone (52) of progressively increasing thickness connecting said portion (46) of the intermediate part (44) to the second end (42) of the lever (40).
3. Control lever according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** said portion (46) of the intermediate part (44) has a width of about 8 mm, less than that of the second end (42), and is delimited by substantially parallel longitudinal edges.
4. Control lever according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** said intermediate part (44) has incurved longitudinal edges (54,56) of concave shape.
5. Control lever according to claim 4, **characterized in that** the radii of curvature of the edges (54,56) of the intermediate part (44) increase from the second end (42) of the lever (40) towards the first end (48).
6. Control lever according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** it is treated, at least partially, by shot peening.
7. Control lever according to anyone of the preceding claims, **characterized in that** it is made of titanium.

8. A turboshaft engine compressor comprising a plurality of variable setting angle blades (12), **characterized in that** each variable setting angle blade (12) is equipped with a control lever (40) according to anyone of the preceding claims.

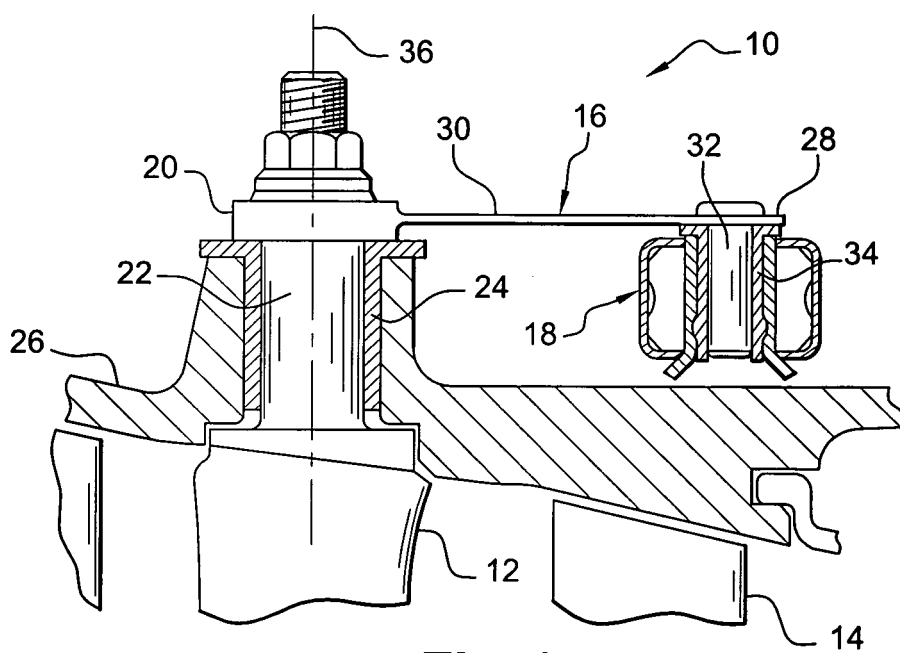


Fig. 1

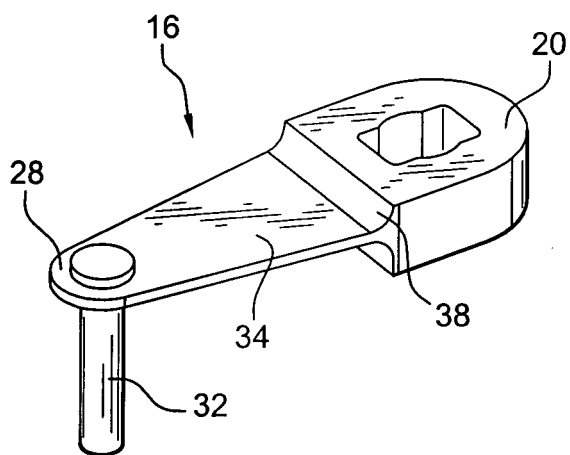


Fig. 2

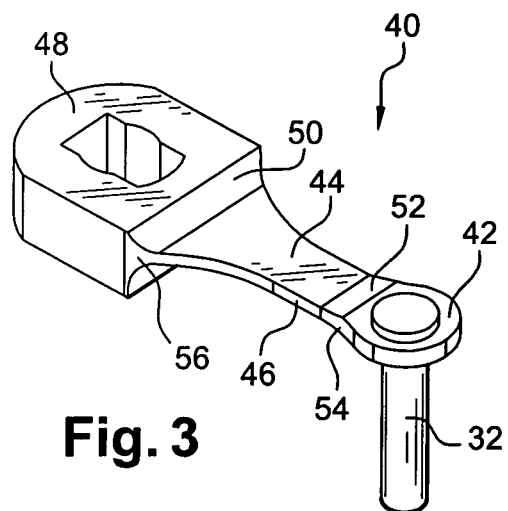


Fig. 3

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 4767294 A [0005]
- US 4979874 A [0005]