

(19)



(11)

EP 2 009 245 B2

(12)

NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

Après la procédure d'opposition

(45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:
16.12.2020 Bulletin 2020/51

(51) Int Cl.:
F01D 5/30 ^(2006.01) **F04D 29/32** ^(2006.01)
F04D 29/66 ^(2006.01)

(45) Mention de la délivrance du brevet:
04.10.2017 Bulletin 2017/40

(21) Numéro de dépôt: **08159121.6**

(22) Date de dépôt: **26.06.2008**

(54) **Rotor de soufflante**

Gebläserotor

Fan rotor

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **26.06.2007 FR 0756015**

(43) Date de publication de la demande:
31.12.2008 Bulletin 2009/01

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Belmonte, Olivier**
77176, Savigny Le Temple (FR)

• **Goga, Jean-Luc, Christina, Yvon**
77430, Champagne sur Seine (FR)
• **Mahieu, Jean-Noël**
75014 Paris (FR)

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

(56) Documents cités:
EP-A- 0 699 824 EP-A- 1 138 879
EP-A- 1 693 551 DE-A1-102005 008 509
FR-A- 2 841 609 US-A1- 2004 076 523
US-A1- 2005 207 892

EP 2 009 245 B2

Description

[0001] L'invention se rapporte généralement à un rotor de turbomachine plus particulièrement un rotor de soufflante comprenant un disque muni d'alvéoles à sa périphérie et des aubes respectivement rattachées audit rotor, chaque aube comportant un pied d'aube engagé dans une alvéole correspondante. L'invention concerne un perfectionnement à une cale allongée qui est intercalée entre le pied d'aube et le fond de l'alvéole. L'invention s'applique particulièrement au montage des aubes en matériau composite tissé 3D, qui sont de plus en plus utilisées dans les soufflantes. Elle concerne une cale bien adaptée à ce type d'aube (bien que non exclusivement), la cale pouvant elle-même être constituée du même matériau ou d'un matériau semblable. L'un des buts de l'invention est d'améliorer le comportement des aubes d'un rotor, particulièrement un rotor de soufflante, dans le cas d'un incident grave résultant par exemple de l'ingestion d'oiseau.

[0002] Il est connu du document EP 1 138 879 A un disque rotorique de turbine équipé d'ailettes à pied de sapin et un procédé de montage d'une ailette sur un disque.

[0003] Il est connu d'insérer une cale déformable dans chaque alvéole du disque de rotor, entre le fond de cette alvéole et la face intérieure du pied d'aube retenu dans ladite alvéole. Par exemple, le brevet français n° 2 841 609 illustre une cale comportant des parties métalliques et des parties en élastomère semi-rigide. La forme de cette cale permet de tenir compte des mouvements du pied de l'aube lors d'un événement critique mentionné ci-dessus. Dans de telles circonstances, l'aube de soufflante pivote sous l'impact, le pied d'aube pivotant par conséquent dans l'alvéole du disque. L'aube, en plus du mouvement de rotation subit un mouvement de plongée vers l'avant puis vers l'arrière, en réaction. Les parties avant, centrale et arrière de l'aube subissent des mouvements de torsion et de plongée axiale, d'amplitude différentes pour chacune d'elles.

[0004] Dans le cas d'une aube en matériau composite comportant une armature tissée en trois dimensions (ci-après désigné "tissé 3D") de tels chocs entraînent des risques de fissuration du pied d'aube pouvant entraîner la rupture de celui-ci et par voie de conséquence la perte complète de l'aube de soufflante.

[0005] L'invention propose un nouveau type de cale dont la forme a été définie pour réduire le choc lors du contact entre l'aube et l'alvéole, absorber une partie de l'énergie générée par l'impact et réduire les risques d'endommagement de l'aube.

[0006] A cet effet, l'invention concerne en premier lieu un rotor de soufflante comprenant un disque muni d'alvéoles à sa périphérie et des aubes respectivement rattachées audit rotor, chaque aube comportant un pied d'aube engagé dans une alvéole correspondante et chaque alvéole renfermant une cale allongée intercalée entre le pied d'aube et le fond de l'alvéole, caractérisé en

ce que ladite cale est en matériau élastiquement déformable, en ce qu'au moins un tronçon longitudinal de cette cale a un profil transversal en forme d'arc pour définir deux zones latérales en contact avec des zones latérales correspondantes du pied d'aube et éloignées du fond de l'alvéole et une zone centrale en regard de la zone centrale correspondante du fond d'alvéole, ladite zone centrale dudit tronçon étant en contact avec le fond de l'alvéole.

[0007] Selon une autre caractéristique avantageuse, la zone centrale dudit tronçon est éloignée de la zone centrale correspondante du pied d'aube. Autrement dit, un léger espace subsiste entre la zone centrale du tronçon de la cale et la zone centrale en regard du pied d'aube.

[0008] Selon une autre caractéristique avantageuse, la cale est constituée de plusieurs tronçons précités réunis par des jonctions plus étroites.

[0009] Selon une autre caractéristique avantageuse, la cale a un profil ondé suivant sa propre direction longitudinale.

[0010] Plus précisément, ladite cale peut présenter longitudinalement une région centrale en contact avec le fond de l'alvéole et deux régions extrêmes (de part et d'autre de la région centrale, longitudinalement) en contact avec le pied d'aube.

[0011] De plus, la section de la cale, en fonctionnement normal, est adaptée à la forme des pièces environnantes (alvéole du disque de soufflante et aube de soufflante) et le montage se fait avec une légère contrainte entre le pied d'aube et le fond de l'alvéole. Ainsi, le pied d'aube est plaqué sur ses portées, en prenant appui sur le fond de l'alvéole (dans la partie centrale) et en dessous du pied d'aube sur les portées latérales de celui-ci. Le profil ondé mentionné ci-dessus permet d'optimiser les contacts entre les extrémités et le centre de la cale d'une part et entre l'aube et le disque, d'autre part.

[0012] La cale, par sa souplesse suit le mouvement combiné de torsion-plongée lorsque survient un événement critique. Elle vient s'intercaler pour limiter le choc entre le pied d'aube et l'alvéole du disque. De plus, la zone de contact entre la cale et le dessous du pied d'aube est de forme courbe de façon à permettre un glissement relatif des deux pièces entre elles, lors d'un pivotement de l'aube.

[0013] De préférence, la cale est divisée en trois sections qui réagissent séparément aux mouvements combinés du pied d'aube et permettent d'accompagner au mieux les mouvements et déformations spécifiques à chacune des parties du pied d'aube.

[0014] Un revêtement de type film polyuréthane ou analogue est disposé sur et/ou sous la cale pour permettre de dissiper une partie de l'énergie du choc et par conséquent de limiter les risques de rupture de la cale et de fissuration du pied d'aube.

[0015] Avantageusement, la cale est en un matériau composite élastique monobloc et de préférence en matériau composite tissé 3D.

[0016] Le résultat est particulièrement avantageux lorsque les aubes sont elles-mêmes en matériau composite de même nature.

[0017] Bien entendu, l'invention concerne également une cale destinée à être insérée dans une alvéole de rotor de soufflante, caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un matériau élastiquement déformable et en ce qu'elle comporte au moins un tronçon longitudinal à profil transversal en forme d'arc.

[0018] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement 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 vue générale en perspective d'une cale destinée à être insérée entre un pied d'aube et le fond d'une alvéole définie à la périphérie d'un disque de rotor ;
- la figure 2 illustre la même cale, vue en coupe longitudinale et en position entre un pied d'aube et le fond d'une alvéole ;
- la figure 3 est une vue schématique en coupe transversale illustrant les positions relatives de la cale et du pied d'aube à l'intérieur d'une alvéole d'un disque de rotor, la coupe correspondant à la ligne III-III de la figure 1 ; et
- la figure 4 est une vue analogue à la figure 3 illustrant le comportement de ces éléments lors d'un événement critique.

[0019] Sur les dessins, on a représenté une cale 11 destinée à être insérée dans une alvéole 13 d'un disque 15 de rotor de soufflante. Un tel disque est représenté partiellement sur les figures 2 à 4. La cale 11 est constituée d'un seul bloc de matériau élastiquement déformable et plus particulièrement ici d'un matériau composite tissé 3D connu en soi. On rappelle que le tissage en 3 dimensions définissant l'âme de la pièce est enrobé de résine.

[0020] Comme représenté, la cale comporte au moins un tronçon longitudinal à profil transversal en forme d'arc. Dans l'exemple, on a prévu trois tronçons 17a, 17b, 17c de ce genre (leurs nombre pourrait être différent) réunis par des jonctions 18 plus étroites, du même matériau, l'ensemble formant une seule pièce.

[0021] Une telle cale est destinée à être insérée dans une alvéole tangentielle 13 pratiquée à la périphérie du disque 15 de rotor. Dans l'exemple, il s'agit d'un disque de rotor de soufflante auquel sont rattachées des aubes 20. Chaque aube comporte un pied d'aube 21 engagé dans une alvéole 13 correspondante. Une cale telle que celle qui est représentée aux figures 1 et 2 est logée dans chaque alvéole 13 en étant intercalée entre le pied d'aube 21 et le fond 13a de l'alvéole 13.

[0022] Comme indiqué précédemment, la cale 11 est de préférence en matériau composite tissé 3D. D'une façon plus générale, la cale est en matériau élastique-

ment déformable.

[0023] Selon une caractéristique importante de l'invention, le ou chaque tronçon longitudinal 17a-17c de cette cale a un profil transversal en forme d'arc pour définir deux zones latérales 25a, 25b en contact avec des zones latérales 26a, 26b correspondantes du pied d'aube 20 tout en étant éloignées du fond de l'alvéole. Par ailleurs, une zone centrale 29 du tronçon de cale se situe en regard de la zone centrale 30 correspondante du fond d'alvéole.

[0024] Par ailleurs, la zone centrale dudit tronçon peut être éloignée de la zone centrale correspondante du pied d'aube, en laissant subsister un léger espace 32 entre elles.

[0025] Comme le montre la figure 2, la cale 11 a un profil ondé suivant sa direction longitudinale. Dans l'exemple représenté, la cale présente longitudinalement une région centrale 11a en contact avec le fond de l'alvéole et deux régions extrêmes 11b en contact avec le pied d'aube mais éloignées du fond de l'alvéole. Dans la présentation de la figure 2, la cale est représentée montée sous contrainte entre le pied d'aube et le fond de l'alvéole, en sorte que sa courbure longitudinale entre le centre et les extrémités est inférieure à ce qu'elle est à l'état non contraint, avant montage.

[0026] Un revêtement de type film polyuréthane ou analogue est disposé sur et/ou sous la cale. Ceci permet de dissiper une partie de l'énergie du choc, en cas d'incident, et par conséquent de limiter les risques de rupture de la cale ou de fissuration du pied d'aube.

[0027] Comme mentionné précédemment, ce type de cale est bien adapté pour maintenir une aube en matériau composite tissé 3D dans son alvéole, au repos ou en fonctionnement normal.

[0028] Des trous oblongs 35 sont en outre pratiqués dans les zones centrales d'au moins certains tronçons, pour améliorer encore la souplesse et la déformabilité des différentes parties de la cale. Comme on le voit sur la figure 3, la forme de la cale conjuguée à la forme classique du pied d'aube permet d'optimiser les contacts entre les extrémités et le centre de la cale d'une part ainsi que le contact entre le pied d'aube et les parois de l'alvéole d'autre part. On remarque que le tronçon de cale présente en outre deux amincissements 36 entre les parties latérales en contact avec le pied d'aube et la partie médiane en regard du fond de l'alvéole.

[0029] De plus, chaque jonction 18 reliant deux tronçons 17a-17c adjacents se situe sensiblement dans le prolongement et la continuité des zones centrales de ces deux tronçons, qu'elle réunit. En outre, ladite jonction a un profil transversal sensiblement identique à celui de la zone centrale d'un tronçon précité.

[0030] Ainsi, la solution proposée qui consiste à donner une forme adaptée à la cale et de préférence à la réaliser dans un matériau souple identique au matériau de l'aube composite permet de supprimer les risques de fissuration du pied d'aube.

[0031] La précontrainte au montage permet de bien

plaquer le pied d'aube sur ses portées, en prenant appui sur le fond de l'alvéole du disque.

[0032] La forme ondulée de la cale, dans le sens axial, permet d'optimiser les contacts entre les extrémités et le centre de la cale d'une part et entre l'aube et le disque d'autre part.

[0033] Comme représenté dans la figure 4, la cale, par sa souplesse, suit le mouvement combiné de torsion/plongée du pied d'aube, lors d'un événement critique. La cale vient s'intercaler pour limiter le choc entre le pied d'aube et l'alvéole du disque. De plus, la zone en contact entre la cale et le dessous du pied d'aube est de forme courbe, ce qui permet un glissement relatif des deux pièces lors d'un pivotement important.

[0034] Les trois tronçons de la cale réagissent séparément au mouvement de l'aube, ce qui permet d'accompagner au mieux le déplacement de chacune des parties du pied de l'aube.

Revendications

1. Rotor de soufflante comprenant un disque muni d'alvéoles à sa périphérie et des aubes respectivement rattachées audit rotor, chaque aube (20) comportant un pied d'aube (21) engagé dans une alvéole (13) correspondante et chaque alvéole renfermant une cale (11) allongée intercalée entre le pied d'aube et le fond de l'alvéole, ladite cale étant en matériau élastiquement déformable, **caractérisé en ce qu'**au moins un tronçon longitudinal (17a-17c) de cette cale a un profil transversal en forme d'arc pour définir deux zones latérales en contact avec des zones latérales correspondantes du pied d'aube et éloignées du fond de l'alvéole et une zone centrale (29) en regard de la zone centrale correspondante du fond d'alvéole, ladite zone centrale (29) dudit tronçon étant en contact avec le fond de l'alvéole (13).
2. Rotor selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite zone centrale (29) dudit tronçon est éloignée de la zone centrale correspondante du pied d'aube.
3. Rotor selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ladite cale est constituée de plusieurs tronçons (17a-17c) précités réunis par des jonctions (18) plus étroites.
4. Rotor selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** chaque jonction (18) se situe sensiblement dans le prolongement et la continuité des zones centrales des deux tronçons qu'elle réunit.
5. Rotor selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ladite jonction (18) a un profil transversal sensiblement identique à celui de la zone centrale d'un tronçon précité.

6. Rotor selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, suivant sa direction longitudinale, ladite cale (11) a un profil ondulé (figure 2).
7. Rotor selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** ladite cale présente longitudinalement une région centrale (11a) en contact avec le fond de l'alvéole et deux régions extrêmes (11b) en contact avec le pied d'aube.
8. Rotor selon l'une des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce que** ladite cale (11) est montée sous contrainte entre le pied d'aube (21) et le fond (13a) de l'alvéole.
9. Rotor selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite cale est en un matériau composite tissé 3D.
10. Rotor selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les aubes (20) sont en matériau composite tissé 3D.
11. Turbomachine **caractérisée en ce qu'**elle comporte un rotor selon l'une des revendications 1 à 10.

Patentansprüche

1. Gebläserotor, umfassend eine Scheibe, die mit Vertiefungen an ihrer Peripherie versehen ist, und Schaufeln, die jeweils am Rotor befestigt sind, wobei jede Schaufel (20) einen Schaufelfuß (21), umfasst, der in einer entsprechenden Vertiefung (13) in Eingriff ist, und wobei jede Vertiefung einen länglichen Keil (11) einschließt, der zwischen dem Schaufelfuß und dem Boden der Vertiefung zwischengefügt ist, wobei der Keil aus einem elastisch verformbaren Material ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Längsabschnitt (17a-17c) dieses Keils ein Querprofil in Bogenform hat, um zwei seitliche Kontaktzonen mit entsprechenden seitlichen Zonen des Schaufelfußes, die vom Boden der Vertiefung entfernt sind, und eine zentrale Zone (29) gegenüber der entsprechenden zentralen Zone des Bodens der Vertiefung zu definieren, wobei die zentrale Zone (29) der Abschnitt mit dem Boden der Vertiefung (13) in Kontakt ist.
2. Rotor gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zentrale Zone (29) des Abschnitts von der entsprechenden zentralen Zone des Schaufelfußes entfernt ist.
3. Rotor gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keil von mehreren vorgenannten Abschnitten (17a-17c) gebildet ist, die durch schmalere Verbindungen (18) verbunden sind.

4. Rotor gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Verbindung (18) im Wesentlichen in der Verlängerung und der Kontinuität der zentralen Zonen der zwei Abschnitte, die sie verbindet, angeordnet ist. 5
5. Rotor gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung (18) ein Querprofil im Wesentlichen identisch mit jenem der zentralen Zone eines vorgenannten Abschnitts hat. 10
6. Rotor gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keil (11) entlang seiner Längsrichtung ein welliges Profil hat (Fig. 2). 15
7. Rotor gemäß Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keil längs einen zentralen Bereich (11a) in Kontakt mit dem Boden der Vertiefung und zwei äußerste Bereiche (11b) in Kontakt mit dem Schaufelfuß aufweist. 20
8. Rotor gemäß einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keil (11) unter Spannung zwischen dem Schaufelfuß (21) und dem Boden (13a) der Vertiefung montiert ist. 25
9. Rotor gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keil aus einem 3D-gewebten Verbundstoff ist. 30
10. Rotor gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (20) aus einem 3D-gewebten Verbundstoff sind. 35
11. Turbomaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Rotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 umfasst. 40

Claims

1. A fan rotor comprising a disk with slots in its periphery and respective blades attached to said rotor, each blade (20) including a blade root (21) engaged in a corresponding slot (13), and each slot containing an elongate spacer (11) interposed between the blade root and the bottom of the slot, said spacer being made of an elastically deformable material, the rotor being **characterized in that** at least one longitudinal segment (17a-17c) of said spacer presents a transverse profile of arcuate shape to define two lateral zones in contact with corresponding lateral zones of a blade root and spaced apart from the bottom of the slot, together with a central zone (29) facing the corresponding central zone of the bottom of the slot, said central zone (29) of said segment being in contact with the bottom of the slot (13). 45 50 55

2. A rotor according to claim 1, **characterized in that** said central zone (29) of said segment is spaced apart from the corresponding central zone of the blade root.
3. A rotor according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** said spacer is constituted by a plurality of said segments (17a-17c) interconnected by narrower junctions (18).
4. A rotor according to claim 3, **characterized in that** each junction (18) is situated substantially extending and in continuity with the central zones of the two segments it unites.
5. A rotor according to claim 4, **characterized in that** said junction (18) has a transverse profile that is substantially identical to that of the central zone of a said segment.
6. A rotor according to any preceding claim, **characterized in that** said spacer (11) presents a wave profile (Figure 2) in its longitudinal direction.
7. A rotor according to claim 6, **characterized in that** said spacer presents, longitudinally, a central region (11a) in contact with the bottom of the slot and two end regions (11b) in contact with the blade root.
8. A rotor according to claim 6 or claim 7, **characterized in that** said spacer (11) is mounted under stress between the blade root (21) and the bottom (13a) of the slot.
9. A rotor according to any preceding claim, **characterized in that** said spacer is made of a 3D-woven composite material.
10. A rotor according to any preceding claim, **characterized in that** the blades (20) are made of 3D-woven composite material.
11. A turbomachine, **characterized in that** it includes a rotor according to any one of claims 1 to 10.

FIG.1

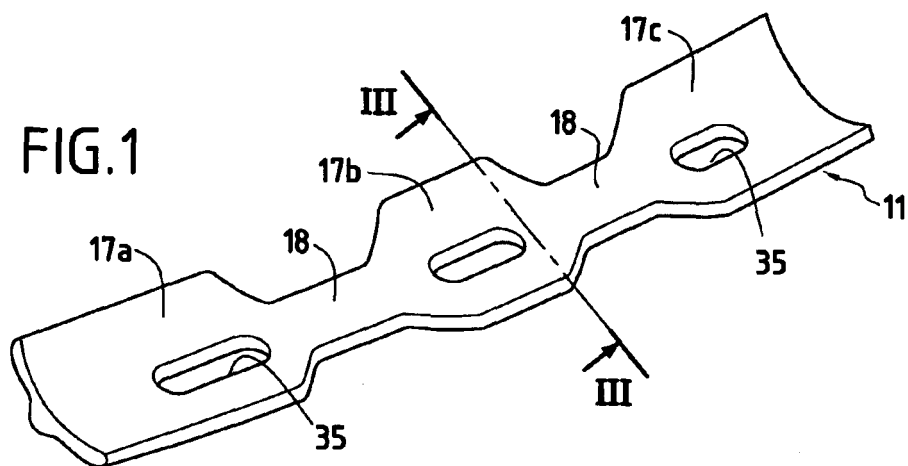


FIG.2

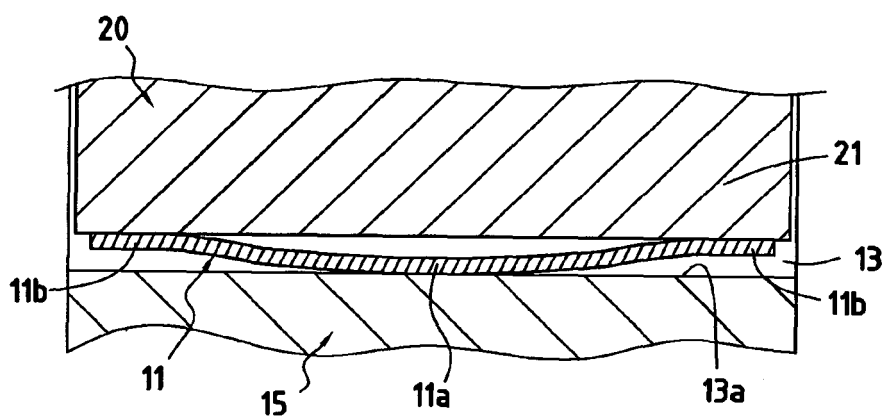


FIG.3

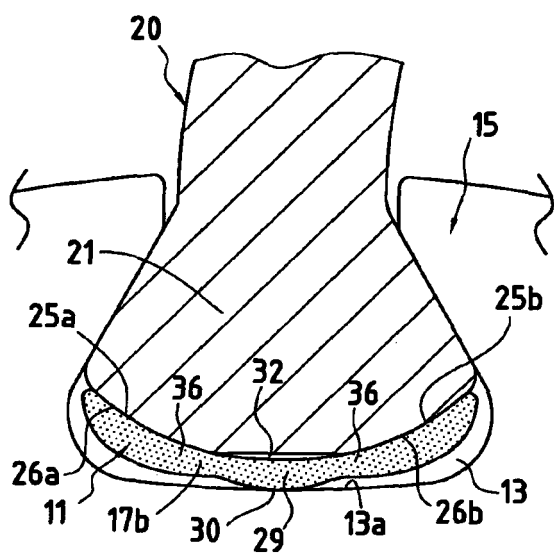
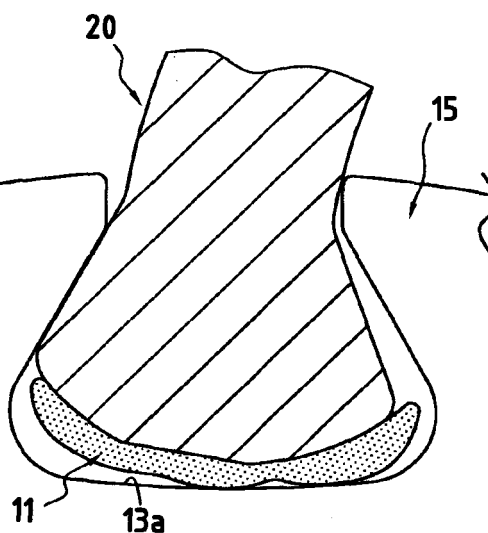


FIG.4



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

- EP 1138879 A [0002]
- FR 2841609 [0003]