

(19)



(11)

EP 1 598 523 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
20.01.2016 Bulletin 2016/03

(51) Int Cl.:
F01D 5/18 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05290838.1**

(22) Date de dépôt: **15.04.2005**

(54) **Structure de parois de cavité d'une aube de turbine à gaz pour améliorer le transfert de chaleur**

Wandstruktur für hohle Gasturbinenschaufeln zur Verbesserung des Wärmeübergangs

Wall structure for hollow gas turbine blades to increase the heat transfer

(84) Etats contractants désignés:
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorité: **18.05.2004 FR 0405397**

(43) Date de publication de la demande:
23.11.2005 Bulletin 2005/47

(73) Titulaire: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Daux, Stéphane**
91230 Montgeron (FR)
• **Giot, Chantal**
77380 Combs la Ville (FR)

• **Joubert, Hugues**
75011 Paris (FR)
• **Sauthier, Benjamin**
92120 Montrouge (FR)

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

(56) Documents cités:
EP-A- 1 065 345 EP-A- 1 116 537
WO-A-01/71164 WO-A-99/64791
US-A- 5 577 555 US-A- 5 975 850
US-A1- 2004 052 643 US-B2- 6 644 921

EP 1 598 523 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

Arrière-plan de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général du refroidissement d'aubes de turbine à gaz de turbomachine. Elle vise plus particulièrement à améliorer le refroidissement d'une aube munie d'une cavité de refroidissement à rapport de forme élevé.

[0002] Il est connu de munir les aubes mobiles d'une turbine à gaz de turbomachine, telles que les turbines haute et basse pression, de circuits internes de refroidissement leur permettant de supporter sans dommages les températures très élevées auxquelles elles sont soumises pendant le fonctionnement de la turbomachine. Par exemple, dans le cas d'une turbine haute-pression, les températures des gaz issus de la chambre de combustion atteignent des valeurs largement supérieures à celles que peuvent supporter sans dommages les aubes mobiles de la turbine, ce qui a pour conséquence de limiter leur durée de vie.

[0003] Grâce aux circuits internes de refroidissement, de l'air, qui est généralement introduit dans l'aube par son pied, traverse celle-ci en suivant un trajet formé par des cavités pratiquées dans l'aube avant d'être éjecté par des orifices s'ouvrant à la surface de l'aube.

[0004] Toutefois, ces circuits de refroidissement sont inadaptés à des aubes dites « fines et longues », c'est à dire des aubes présentant une largeur (distance maximale séparant l'intrados de l'extrados de l'aube) nettement plus faible que leur hauteur radiale (distance séparant le pied du sommet d'aube).

[0005] En effet, l'une des contraintes liées à de telles aubes est le faible débit d'air alloué à leur refroidissement. Ceci impose l'adoption d'une cavité de refroidissement fine, c'est à dire à rapport de forme élevé, afin d'augmenter les vitesses d'écoulement interne de l'air, et donc les coefficients d'échange. Une telle modification n'étant pas suffisante pour assurer le refroidissement de l'aube, il est également nécessaire de perturber l'écoulement interne, par exemple à l'aide de perturbateurs de type picots ou pontets.

[0006] Cependant, l'utilisation de perturbateurs classiques est rendue impossible de par la finesse de la cavité de refroidissement équipant ces aubes. En particulier, la présence de picots dans la cavité de refroidissement provoque une obturation trop importante de l'écoulement d'air circulant dans celle-ci et engendre une tenue mécanique moindre qui est à la source d'amorces de crises. Quant aux pontets, ils posent des problèmes de fabrication par fonderie des aubes.

[0007] On reconnaît aussi de US 6,644,921 des cavités de refroidissement formées par des passages à section circulaire munis de concavités.

Objet et résumé de l'invention

[0008] La présente invention a donc pour but principal

de pallier de tels inconvénients en proposant un circuit de refroidissement pour une aube de turbine à gaz, et plus particulièrement une aube de type « fine et longue », permettant un refroidissement efficace de l'aube et qui est de fabrication aisée.

[0009] A cet effet il est prévu une aube de turbine à gaz de turbomachine selon la revendication 1.

[0010] A la différence des perturbateurs classiques de type picots ou pontets, les enfoncements sont des motifs à évidements de matière. De tels enfoncements permettent ainsi de perturber l'écoulement interne sans pour autant l'obstruer. Le circuit de refroidissement de l'aube selon l'invention permet également d'obtenir un refroidissement efficace de l'aube, à moindres pertes de charge et à faibles concentrations de contraintes donc à meilleure tenue mécanique. La fabrication d'une telle aube est en outre simplifiée puisque son circuit de refroidissement peut être facilement obtenu de fonderie.

[0011] Les parois de la cavité de refroidissement sont dépourvues de motifs perturbateurs d'écoulement à matière ajoutée de type picots ou pontets. En effet, la présence des enfoncements sur au moins l'une des parois de la cavité de refroidissement est suffisante pour perturber l'écoulement interne de l'air circulant dans celle-ci.

[0012] De façon plus particulière, le circuit de refroidissement peut être dépourvu d'émissions d'air sur les faces de l'aube. Dans ce cas, l'évacuation de l'air circulant dans la cavité de refroidissement s'effectue au niveau du sommet d'aube.

[0013] La présente invention s'applique de préférence à une aube présentant un rapport entre sa largeur et sa hauteur radiale entre le pied et le sommet compris entre 0,01 et 0,25.

[0014] L'aube peut également présenter un rapport entre la profondeur des enfoncements et la largeur de la cavité de refroidissement compris entre 0,15 et 0,65.

[0015] Afin d'assurer un refroidissement homogène, les enfoncements peuvent être pratiqués sur les parois de la cavité de refroidissement du côté intrados et du côté extrados de l'aube. Ils peuvent être sensiblement alignés selon un axe radial de l'aube ou bien disposés en quinconce par rapport à ce même axe. Par ailleurs, ils peuvent être pratiqués seulement sur une partie de l'aube, par exemple sur une partie inférieure de celle-ci.

[0016] Les enfoncements de la cavité de refroidissement peuvent présenter une section transversale sensiblement sphérique ou conique.

Brève description des dessins

[0017] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une aube de turbine selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue en coupe transversale de l'aube de la figure 1 ;
- les figures 3 et 4 montrent des dispositions différentes des enfoncements du circuit de refroidissement de l'aube selon l'invention ; et
- les figures 5 et 6 illustrent en coupe transversale différentes formes d'enfoncements du circuit de refroidissement de l'aube selon l'invention.

Description détaillée d'un mode de réalisation

[0018] L'aube 10 d'axe radial XX' représentée sur les figures 1 et 2 est une aube mobile de turbine haute-pression de turbomachine. Bien entendu, l'invention peut également s'appliquer à d'autres aubes de la turbomachine, par exemple aux aubes de la turbine basse-pression de celle-ci.

[0019] L'aube 10 comporte une surface aérodynamique (ou pale) qui s'étend radialement entre un pied d'aube 12 et un sommet d'aube 14. Le pied d'aube 12 est destiné à être monté sur un disque 16 du rotor de la turbine haute-pression. Comme illustré sur la figure 1, le sommet d'aube 14 peut comporter des lèchettes d'étanchéité 17 disposées en regard d'un revêtement abrasable 19 monté sur le carter (non représenté) de la turbine haute-pression.

[0020] La surface aérodynamique présente quatre zones distinctes : un bord d'attaque 18 disposé en regard de l'écoulement des gaz chauds issus de la chambre de combustion de la turbomachine, un bord de fuite 20 opposé au bord d'attaque 18, une face latérale intrados 22 et une face latérale extrados 24, ces faces latérales 22, 24 reliant le bord d'attaque 18 au bord de fuite 20.

[0021] L'aube 10 est munie d'un circuit de refroidissement comportant au moins une cavité de refroidissement 26 à rapport de forme élevé s'étendant radialement entre le pied 12 et le sommet d'aube 14 et au moins une ouverture d'admission d'air 28 à une extrémité radiale inférieure de la cavité 26 (c'est à dire au niveau du pied d'aube 12) pour alimenter celle-ci en air de refroidissement

[0022] Par cavité à rapport de forme élevé, on entend une cavité qui présente, en coupe transversale, une dimension (longueur L_1) au moins trois fois, et de préférence au moins cinq fois, supérieure à l'autre (largeur l_1). Cette caractéristique de la cavité 26 est notamment visible sur la figure 2.

[0023] Comme illustré sur la figure 2, la cavité de refroidissement 26 est délimitée par une paroi intrados 26a disposée du côté intrados 22 de l'aube et par une paroi extrados 26b disposée du côté extrados 24 de l'aube. Ces parois 26a, 26b se rejoignent aux deux extrémités axiales de la cavité 26 et la distance les séparant représente la largeur l_1 de la cavité.

[0024] Le circuit de refroidissement de l'aube 10 des figures 1 et 2 comporte une seule cavité 26 qui s'étend axialement depuis le bord d'attaque 18 vers le bord de fuite 20 de l'aube 10. On peut toutefois imaginer que l'aube comporte plusieurs cavités de refroidissement à

rapport de forme élevé.

[0025] Selon l'invention, au moins l'une des parois 26a, 26b de la cavité de refroidissement 26 de l'aube 10 est munie d'une pluralité d'enfoncements 30 de façon à perturber l'écoulement d'air de refroidissement dans ladite cavité et à augmenter les échanges de chaleur. Les enfoncements 30 (ou évidements) sont des motifs perturbateurs d'écoulement à matière enlevée, c'est à dire qu'ils ne nécessitent aucun ajout de matière.

[0026] Sur l'exemple de la figure 2, les deux parois 26a, 26b de la cavité 26 sont munies d'enfoncements 30. On peut toutefois imaginer que les renfoncements ne soient pratiqués que sur l'une d'entre elles.

[0027] Selon une caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, les parois 26a, 26b de la cavité de refroidissement 26 sont dépourvues de motifs perturbateurs d'écoulement à matière ajoutée. Par exemple, les parois 26a, 26b de la cavité 26 ne comportent aucun perturbateur de type picots ou pontets. La présence unique des enfoncements 30 suffit à assurer un refroidissement efficace de l'aube 10.

[0028] Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le circuit de refroidissement de l'aube est dépourvu d'émissions d'air sur les faces de l'aube 10 (c'est à dire sur les faces latérales intrados 22 et extrados 24, ainsi que sur les bords d'attaque 18 et de fuite 20 de celle-ci).

[0029] Dans cette configuration, l'air de refroidissement circulant dans la cavité 26 du circuit de refroidissement est entièrement évacué par le sommet d'aube 14, par exemple au niveau des lèchettes d'étanchéité 17. De plus, si le circuit de refroidissement comporte plusieurs cavités à rapport de forme élevé, celles-ci sont de préférence indépendantes les unes des autres : elles sont toutes alimentées individuellement en air par le pied d'aube 12 et l'air circulant dans celles-ci est entièrement évacué par le sommet d'aube 14.

[0030] L'invention s'applique de préférence à une aube 10 dite « fine et longue » comme illustré sur la figure 1, c'est à dire présentant un rapport entre sa largeur l_2 (distance maximale séparant la face intrados 22 de la face extrados 24 de l'aube, figure 2, aussi appelée maître couple) et sa hauteur radiale h (figure 1) entre le pied 12 et le sommet d'aube 14 compris entre 0,01 et 0,25.

[0031] Selon encore une autre caractéristique avantageuse de l'invention, l'aube 10 présente un rapport entre la profondeur P des enfoncements 30 (figures 5 et 6) et la largeur l_1 de la cavité de refroidissement 26 (figure 2) compris entre 0,15 et 0,65.

[0032] Les enfoncements 30 de la cavité de refroidissement 26 de l'aube 10 peuvent être disposés en quinconce par rapport à l'axe radial XX' de l'aube (figures 1 et 3). Alternativement, les enfoncements 30 de la cavité de refroidissement 26 peuvent être sensiblement alignés selon l'axe radial XX' de l'aube (figure 4).

[0033] En outre, comme illustré sur la figure 1, les enfoncements 30 de la cavité de refroidissement 26 peuvent être pratiqués uniquement au niveau d'une partie

inférieure de l'aube 10, par exemple sur une hauteur radiale représentant environ 30% de la hauteur radiale totale h de l'aube comprise entre son pied 12 et son sommet 14. Bien entendu, les enfoncements peuvent aussi être pratiqués sur toute ou partie de la hauteur radiale de l'aube.

[0034] Les enfoncements 30 de la cavité de refroidissement 26 peuvent présenter une section transversale sensiblement sphérique (figure 5) ou sensiblement conique (figure 6). On peut également imaginer toute autre forme pour leur section : carrée, cylindrique, en forme de goutte d'eau, etc.

[0035] La taille, la profondeur P et l'espacement entre deux enfoncements 30 adjacents est également variable suivant le niveau de perturbation que l'on cherche à obtenir.

Revendications

1. Aube (10) de turbine à gaz de turbomachine, comportant un circuit de refroidissement comportant au moins une cavité de refroidissement (26) qui présente, en coupe transversale, une dimension au moins trois fois supérieure à une autre dimension, et qui s'étend radialement entre un pied (12) et un sommet d'aube (14) et au moins une ouverture d'admission d'air (28) à une extrémité radiale inférieure de la cavité pour alimenter celle-ci en air de refroidissement, **caractérisée en ce que** au moins l'une des parois (26a, 26b) de la cavité de refroidissement (26) est munie d'une pluralité d'enfoncements (30) de façon à perturber l'écoulement d'air de refroidissement dans ladite cavité et à augmenter les échanges de chaleur, les parois de la cavité de refroidissement (26) étant dépourvues de motifs perturbateurs d'écoulement à matière ajoutée.
2. Aube selon la revendication 1, dans laquelle le circuit de refroidissement est dépourvu d'émissions d'air sur des faces (18, 20, 22, 24) de l'aube (10).
3. Aube selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle l'aube (10) présente un rapport entre sa largeur (l_2) et sa hauteur radiale (h) entre le pied (12) et le sommet (14) compris entre 0,01 et 0,25.
4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle l'aube (10) présente un rapport entre la profondeur (P) des enfoncements (30) et la largeur (l_1) de la cavité de refroidissement (26) compris entre 0,15 et 0,65.
5. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les enfoncements (30) de la cavité de refroidissement (26) sont sensiblement alignés selon un axe radial (XX') de l'aube.

6. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les enfoncements (30) de la cavité de refroidissement (26) sont disposés en quinconce par rapport à un axe radial (XX') de l'aube.
7. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle les enfoncements (30) sont pratiqués sur les parois (26a, 26b) de la cavité de refroidissement (26) du côté intrados (22) et du côté extrados (24) de l'aube.
8. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle les enfoncements (30) de la cavité de refroidissement (26) sont pratiqués sur une partie inférieure de l'aube.
9. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle les enfoncements (30) de la cavité de refroidissement (26) présentent une section transversale sensiblement sphérique.
10. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle les enfoncements (30) de la cavité de refroidissement (26) présentent une section transversale sensiblement conique.
11. Turbomachine comportant au moins une aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

Patentansprüche

1. Schaufel (10) einer Gasturbine einer Turbomaschine, umfassend einen Kühlkreis mit wenigstens einem Kühlhohlraum (26), der im Querschnitt eine Abmessung aufweist, die wenigstens drei Mal größer als eine andere Abmessung ist, und der sich zwischen einem Fuß (12) und einer Schaufelspitze (14) radial erstreckt, sowie wenigstens einer Luftzuführöffnung (28) an einem radialen, unteren Ende des Hohlraums, um diesen mit Kühlluft zu beaufschlagen, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Wände (26a, 26b) des Kühlhohlraums (26) mit einer Vielzahl von Einbuchtungen (30) versehen ist, um die Kühlluftströmung in dem Hohlraum zu stören und um die Wärmeaustauschvorgänge zu erhöhen, wobei die Wände des Kühlhohlraums (26) keine strömungsstörenden Muster mit Zusatzmaterial aufweisen.
2. Schaufel nach Anspruch 1, wobei der Kühlkreis keine Luftausströmungen an Flächen (18, 20, 22, 24) der Schaufel (10) aufweist.
3. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei die Schaufel (10) ein Verhältnis zwischen ihrer Breite (l_2) und ihrer radialen Höhe (h) zwischen dem Fuß (12) und der Spitze (14) im Bereich zwischen 0,01

und 0,25 aufweist.

4. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Schaufel (10) ein Verhältnis zwischen der Tiefe (P) der Einbuchtungen (30) und der Breite (I1) des Kühlhohlraums (26) im Bereich zwischen 0,15 und 0,65 aufweist
5. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Einbuchtungen (30) des Kühlhohlraums (26) entlang einer radialen Achse (XX') der Schaufel im Wesentlichen ausgerichtet sind.
6. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Einbuchtungen (30) des Kühlhohlraums (26) in Bezug auf eine radiale Achse (XX') der Schaufel versetzt angeordnet sind.
7. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Einbuchtungen (30) an den Wänden (26a, 26b) des Kühlhohlraums (26) auf der Vorderseite (22) und auf der Rückseite (24) der Schaufel ausgebildet sind.
8. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Einbuchtungen (30) des Kühlhohlraums (26) an einem unteren Teil der Schaufel ausgebildet sind.
9. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Einbuchtungen (30) des Kühlhohlraums (26) einen im Wesentlichen kugelförmigen Querschnitt aufweisen.
10. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Einbuchtungen (30) des Kühlhohlraums (26) einen im Wesentlichen konischen Querschnitt aufweisen.
11. Turbomaschine, die wenigstens eine Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 10 umfasst.

Claims

1. A blade (10) for a turbomachine gas turbine, the blade comprising a cooling circuit having at least one cooling cavity (26), said cooling cavity having, in transversal section, a dimension at least three times higher than another dimension, said cooling cavity extending radially between a root (12) and a tip (14) of the blade, and at least one air admission opening (28) at a radially inner end of the cavity to feed it with cooling air, **characterized in that** at least one of the walls (26a, 26b) of the cooling cavity (26) is provided with a plurality of indentations (30) so as to disturb the flow of cooling air in said cavity and increase heat exchange, and **in that** the walls of the cooling cavity (26) do not have any flow-disturbing patterns of added material.

2. A blade according to claim 1, in which the cooling circuit does not eject any air through the faces (18, 20, 22, 24) of the blade (10).
3. A blade according to claim 1 or claim 2, in which the blade (10) presents a ratio of its thickness (I2) over its radial height (h) between the root (12) and the tip (14) lying in the range 0.01 to 0.25.
4. A blade according to any one of claims 1 to 3, in which the blade (10) presents a ratio of the depth (P) of the indentations (30) over the width (I1) of the cooling cavity (26) lying in the range 0.15 to 0.65.
5. A blade according to any one of claims 1 to 4, in which the indentations (30) of the cooling cavity (26) are substantially in alignment parallel with a radial axis (XX') of the blade.
6. A blade according to any one of claims 1 to 4, in which the indentations (30) of the cooling cavity (26) are disposed in a staggered configuration relative to a radial axis (XX') of the blade.
7. A blade according to any one of claims 1 to 6, in which the indentations (30) are formed in the walls (26a, 26b) of the cooling cavity (26) on the pressure side (22) and on the suction side (24) of the blade.
8. A blade according to any one of claims 1 to 7, in which the indentations (30) of the cooling cavity (26) are formed in a lower portion of the blade.
9. A blade according to any one of claims 1 to 8, in which the indentations (30) of the cooling cavity (26) are of substantially spherical shape.
10. A blade according to any one of claims 1 to 8, in which the indentations (30) of the cooling cavity (26) are of substantially conical shape.
11. A turbomachine comprising at least one blade according to any one of claims 1 to 10.

FIG.1

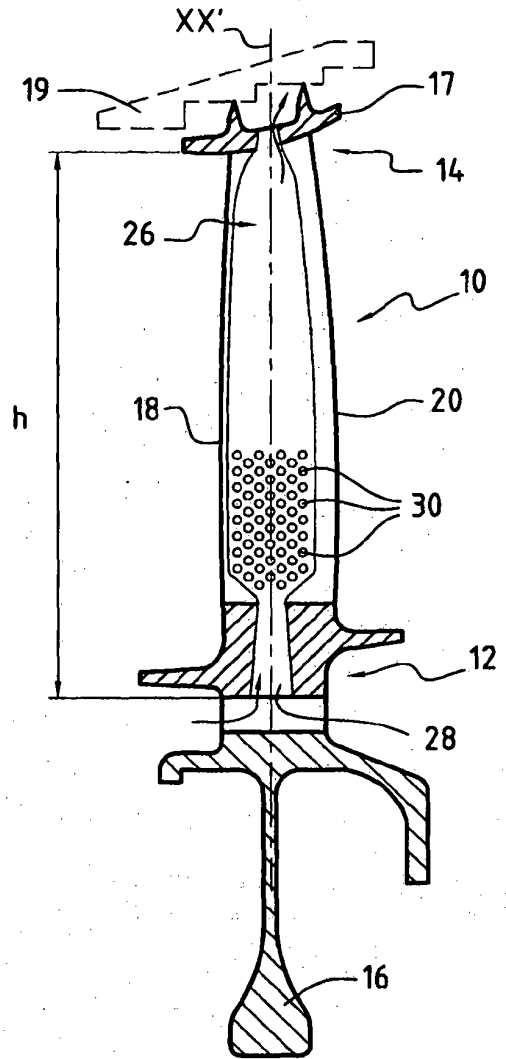
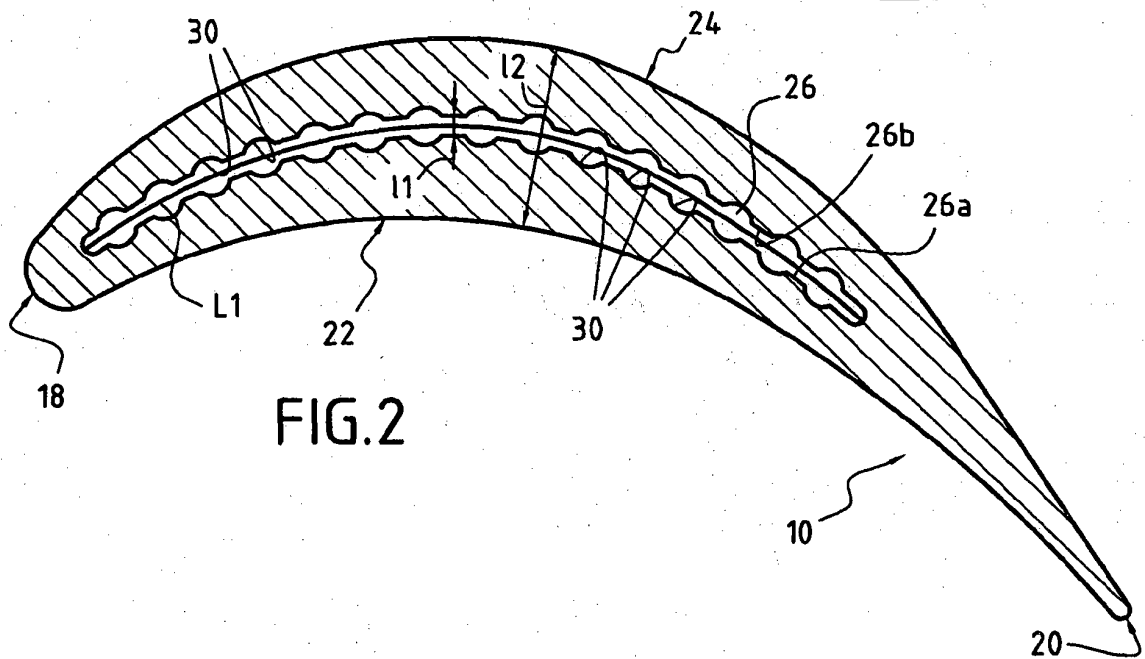


FIG.2



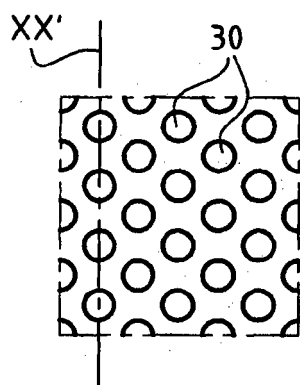


FIG. 3

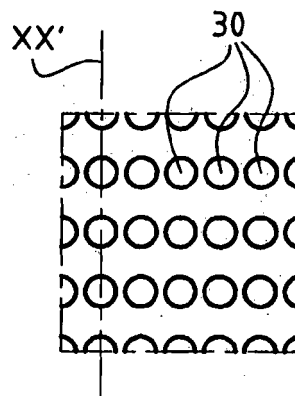


FIG. 4

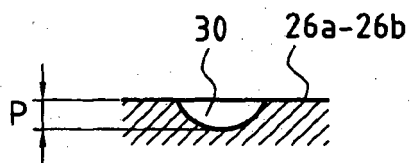


FIG. 5

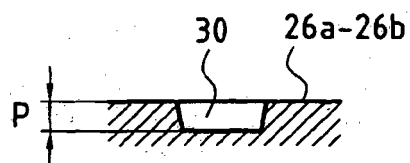


FIG. 6

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 6644921 B [0007]