



(11) **EP 1 505 258 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.01.2008 Bulletin 2008/01

(51) Int Cl.:
F01D 5/20 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04291990.2**

(22) Date de dépôt: **04.08.2004**

(54) **Aube creuse de rotor pour la turbine d'un moteur à turbine à gaz**

Hohle Rotorschaukel eines Gasturbinentriebwerks

Hollow turbine blade of a gas turbine engine

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

(30) Priorité: **06.08.2003 FR 0309688**

(43) Date de publication de la demande:
09.02.2005 Bulletin 2005/06

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

(72) Inventeurs:
• **Boury, Jacques**
77720 Saint ouen en Brie (FR)

• **Judet, Maurice**
77190 Dammarie les Lys (FR)

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

(56) Documents cités:
EP-A- 0 816 636 **EP-A- 1 270 873**
FR-A- 2 563 571

EP 1 505 258 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne une aube creuse de rotor pour la turbine d'un moteur à turbine à gaz, en particulier pour une turbine de type haute pression.

[0002] Plus précisément, la présente invention se rapporte à la réalisation d'une aube creuse du type qui comporte un passage de refroidissement interne, une cavité ouverte située à l'extrémité libre de l'aube et délimitée par une paroi de fond s'étendant sur toute l'extrémité de l'aube et un rebord s'étendant entre le bord d'attaque et le bord de fuite le long de la paroi d'extrados et de la paroi d'intrados, et des canaux de refroidissement reliant ledit passage de refroidissement interne et la face extérieure de la paroi d'intrados, lesdits canaux de refroidissement étant inclinés par rapport à la paroi d'intrados de sorte qu'ils débouchent, au niveau de leur sortie, sur la face extérieure de la paroi d'intrados en direction du sommet dudit rebord.

[0003] Les canaux de refroidissement de ce type sont destinés à refroidir l'extrémité libre de l'aube car ils permettent de refouler un jet d'air de refroidissement depuis le passage de refroidissement interne, en direction de l'extrémité de l'aube au niveau de l'extrémité supérieure de la face extérieure de la paroi d'intrados. Ce jet d'air crée du « pompage thermique », à savoir une diminution de la température du métal par absorption de calories au coeur de la paroi métallique, et un film d'air de refroidissement qui protège l'extrémité des aubes côté intrados.

[0004] En effet, du fait des vitesses de travail élevées à l'extrémité de ces aubes et des températures auxquelles sont soumises ces aubes, il est nécessaire de les refroidir afin que leur température reste inférieure à celle des gaz dans lesquels elles travaillent.

[0005] C'est pour cette raison que, classiquement, les aubes sont creuses pour permettre leur refroidissement par l'air présent dans un passage de refroidissement interne.

[0006] En outre, il est connu de prévoir, à l'extrémité de l'aube, une cavité ouverte, encore dénommée « baignoire » : cette forme d'extrémité d'aube limite les surfaces en regard entre l'extrémité de l'aube et la surface annulaire correspondante du carter de turbine, afin de protéger le corps de l'aube contre les dégâts causés par le contact éventuel avec un segment annulaire.

[0007] Les documents US 6,231,307 et EP 0 816 636 présentent une telle aube creuse en outre munie de canaux de refroidissement reliant le passage de refroidissement interne et la face extérieure du rebord de la cavité au niveau de la paroi d'intrados.

[0008] Ces canaux de refroidissement situés du côté de la paroi d'intrados permettent ainsi la sortie, depuis le passage de refroidissement interne, d'un jet d'air plus froid que celui entourant la paroi d'intrados, ce jet d'air formant un film d'air de refroidissement localisé sur la face extérieure de la paroi d'intrados et qui est aspiré en direction de la paroi d'extrados.

[0009] Dans le document US 6,231,307, ces canaux

de refroidissement inclinés relient le passage de refroidissement interne et la face extérieure du rebord de la cavité au niveau de la paroi d'intrados en étant disposés (voir la figure 2 de ce document) de façon à traverser la paroi de fond de la cavité et le rebord de la cavité au niveau de la paroi d'intrados, en passant par ladite cavité.

[0010] Cette solution requiert donc une épaisseur de matière importante, que ce soit pour la paroi de fond de la cavité ou pour le rebord de la cavité, afin de ne pas remettre en cause les performances de résistance thermomécanique en bout d'aube. De plus, cette solution limite très fortement le flux d'air de refroidissement qui parvient au sommet du rebord car la plus grande partie du flux sort du passage de refroidissement interne par le premier tronçon des canaux de refroidissement et pénètre directement dans la cavité sans aboutir sur la face extérieure de la paroi d'intrados.

[0011] La solution du document EP 0 816 636, visible sur la figure 5 de ce document, consiste à disposer ces canaux de refroidissement de sorte qu'ils traversent la paroi d'intrados en débouchant sur la face extérieure de cette paroi d'intrados au niveau de la base du rebord de la cavité.

[0012] Là encore, cette solution requiert une épaisseur de matière importante, que ce soit pour la paroi de fond de la cavité ou pour le rebord de la cavité, afin de ne pas remettre en cause les performances de résistance thermomécanique en bout d'aube.

[0013] Cependant, compte tenu des températures de fonctionnement des turbines toujours plus élevées, ces solutions ne permettent pas actuellement la réalisation d'une aube creuse dont le refroidissement à l'extrémité soit suffisante.

[0014] En effet, pour maintenir une résistance thermomécanique suffisante autour des canaux de refroidissement, le recours à des épaisseurs de paroi importantes entraîne un alourdissement très important de la (ou des) roue(s) mobile(s) de la turbine. En conséquence, puisque plus les épaisseurs de matière sont importantes, plus la température augmente du fait d'un refroidissement moins rapide, ces importantes épaisseurs de matière ne permettent pas la réalisation d'un refroidissement suffisant en bout d'aube pour permettre un fonctionnement de la turbine aux températures plus élevées souhaitées.

[0015] Il faut noter que si le refroidissement est insuffisant à l'extrémité de l'aube, il peut se produire des brûlures locales pouvant entraîner des pertes de métal qui augmentent les jeux, ce qui nuit au rendement aérodynamique de la turbine. Egalement, lorsque le rebord de la cavité voit sa température augmenter trop fortement, on constate des risques de brûlures avec dégradation de la paroi métallique.

[0016] La présente invention cherche à résoudre les problèmes précités.

[0017] En conséquence, la présente invention a pour objectif de fournir une aube creuse de rotor pour la turbine d'un moteur à turbine à gaz, du type cité précédemment, permettant de refroidir l'extrémité de l'aube de manière

suffisante afin d'améliorer sa fiabilité sans réduire les performances aérodynamiques et thermomécaniques de l'aube.

[0018] A cet effet, selon la présente invention, l'aube est définie par la revendication 1.

[0019] De cette manière, on comprend que, par la présence du renfort de matière, les canaux de refroidissement peuvent ainsi déboucher plus près du sommet du rebord sans modifier la distance entre ces canaux de refroidissement et la paroi de fond de la cavité.

[0020] En effet, ce renfort de matière engendre une surépaisseur dans la partie de l'extrémité de l'aube où le rebord et la paroi de fond se rejoignent, du côté de l'intérieur de la cavité.

[0021] Egalement un tel renfort est facile à mettre en oeuvre sans modifier le procédé de fabrication de l'aube car il suffit de prévoir à cet emplacement une quantité de métal plus importante dès l'étape de fonderie, notamment lors de la conception du moule correspondant à cette partie de l'aube.

[0022] Cette solution présente aussi l'avantage supplémentaire de ne pas alourdir la structure de l'aube de manière sensible.

[0023] Globalement, grâce à la solution selon la présente invention, il est possible d'améliorer le refroidissement engendré sur l'extrémité de l'aube, notamment au niveau du sommet du rebord de la paroi d'intrados, par l'air sortant des canaux de refroidissement sans modifier les performances thermomécaniques et aérodynamiques de l'aube.

[0024] De préférence, la face dudit renfort tournée en direction de la cavité forme, avec la face de la paroi de fond tournée vers la cavité, un angle (α) compris entre 170 et 100°, de préférence entre 135 et 110°.

[0025] Selon une disposition préférentielle, ledit angle (α) est sensiblement égal à 112°.

[0026] Un tel agencement permet d'optimiser le phénomène de pompage thermique et d'augmenter le refroidissement de la paroi verticale de la « baignoire », c'est-à-dire le rebord de la cavité ouverte.

[0027] De préférence, ladite face du renfort tournée en direction de la cavité est sensiblement parallèle à la direction des canaux de refroidissement.

[0028] Cette réalisation préférentielle permet d'obtenir le meilleur renforcement mécanique avec le minimum de matière au niveau du renfort.

[0029] Selon une autre disposition préférentielle, la distance (A) entre la sortie des canaux de refroidissement et ledit sommet du rebord est inférieure à la distance (B) entre la sortie des canaux de refroidissement et ladite face du renfort tournée en direction de la cavité.

[0030] Cette disposition permet de disposer la sortie des canaux de refroidissement au plus près du sommet du rebord, lequel est refroidi de manière très efficace.

[0031] Selon un mode de réalisation préférentiel et avantageux, la distance (B) entre la sortie des canaux de refroidissement et ladite face du renfort tournée en direction de ladite cavité est au moins égale, et en par-

ticulier exactement égale, à la distance (C) séparant l'intersection (C1) entre la face intérieure du rebord au niveau de la paroi d'extrados et la face de la paroi de fond tournée en direction de ladite cavité de l'intersection (C2) entre la face extérieure de la paroi d'extrados et la face de la paroi de fond tournée en direction opposée à ladite cavité.

[0032] De cette manière, en effet, on réalise à l'emplacement du renfort, donc du côté de la paroi d'intrados de l'extrémité de l'aube, une structure aussi résistante que celle située à l'extrémité de l'aube du côté de la paroi d'extrados.

[0033] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre une vue en perspective d'une aube de rotor creuse pour turbine à gaz conventionnelle,
- la figure 2 montre en perspective, de manière agrandie, l'extrémité libre de l'aube de la figure 1,
- la figure 3 est une vue analogue à celle de la figure 2, après que le bord de fuite de l'aube ait été retiré par une coupe longitudinale,
- la figure 4 est une vue en coupe longitudinale selon la direction IV-IV de la figure 3, et
- la figure 5 est une vue analogue à celle de la figure 4 montrant les adaptations de l'aube selon la présente invention.

[0034] Sur la figure 1 est visible, en perspective, un exemple d'une aube 10 de rotor creuse conventionnelle pour une turbine à gaz. De l'air de refroidissement (non représenté) s'écoule à l'intérieur de l'aube depuis le bas du pied 12 de l'aube dans la direction radiale (verticale) vers l'extrémité libre 14 de l'aube (en haut sur la figure 1), puis cet air de refroidissement s'échappe par une sortie pour rejoindre le flux de gaz principal.

[0035] En particulier, cet air de refroidissement circule dans un passage de refroidissement interne situé à l'intérieur de l'aube et qui aboutit à l'extrémité libre 14 de l'aube au niveau de perçages débouchants 15.

[0036] Le corps de l'aube est profilé de sorte qu'il définit une paroi d'intrados 16 (à gauche sur toutes les figures) et une paroi d'extrados 18 (à droite sur toutes les figures). La paroi d'intrados 16 présente une forme générale concave et se présente la première face au flux de gaz chauds, c'est-à-dire du côté pression des gaz, tandis que la paroi d'extrados 18 est convexe et se présente par la suite au flux de gaz chauds, c'est-à-dire du côté aspiration des gaz.

[0037] Les parois d'intrados 16 et d'extrados 18 se rejoignent à l'emplacement du bord d'attaque 20 et à l'emplacement du bord de fuite 22 qui s'étendent radialement entre l'extrémité libre 14 de l'aube et le haut du pied 12 de l'aube.

[0038] Comme il ressort des vues agrandies des figures 2 à 5, au niveau de l'extrémité libre 14 de l'aube, le

passage de refroidissement interne 24 est délimité par la face intérieure 26a d'une paroi de fond 26 qui s'étend sur toute l'extrémité libre 14 de l'aube, entre la paroi d'intrados 16 et la paroi d'extrados 18, donc depuis le bord d'attaque 20 jusqu'au bord de fuite 22.

[0039] Au niveau de l'extrémité libre 14 de l'aube, les parois d'intrados et d'extrados 16, 18 forment le rebord 28 d'une cavité ouverte 30 dans la direction opposée au passage de refroidissement interne 24, soit radialement vers l'extérieur (vers le haut sur toutes les figures).

[0040] Comme il apparaît sur les figures, cette cavité ouverte 30 est donc délimitée latéralement par la face interne de ce rebord 28 et en partie basse par la face extérieure 26b de la paroi de fond 26.

[0041] Le rebord 28 forme donc une paroi mince le long du profil de l'aube qui protège l'extrémité libre 14 de l'aube 10 du contact avec la surface annulaire correspondante du carter de turbine.

[0042] Comme on peut le voir plus précisément sur les vues en coupe des figures 4 et 5, des canaux de refroidissement 32 inclinés traversent la paroi d'intrados 16 pour relier le passage de refroidissement interne 24 à la face extérieure de la paroi d'intrados 16.

[0043] Ces canaux de refroidissement 32 sont inclinés de façon à ce qu'ils débouchent en direction du sommet 28a du rebord afin de refroidir autant que possible ce sommet 28a, le long de la paroi d'intrados 16.

[0044] Comme on peut le voir sur les figures 4 et 5 par les flèches épaisses noires 33, à la sortie des canaux de refroidissement, un jet d'air se dirige vers le sommet 28a du rebord le long de la paroi d'intrados 16.

[0045] Dans le cas des aubes connues, comme il est montré plus précisément sur la figure 4, afin de maintenir une résistance thermomécanique suffisante à l'extrémité libre de l'aube 14, il convient de laisser une distance B suffisante entre la sortie des canaux de refroidissement 32 (le point de repère étant l'axe de ces canaux) et l'intersection (B1) entre la face intérieure du rebord 28 au niveau de la paroi d'intrados 16 et la face 26b extérieure de la paroi de fond 26 tournée en direction de ladite cavité 30.

[0046] Cette situation qui résulte d'une nécessité de construction mécanique entraîne le fait que la distance A, mesurée entre la sortie des canaux de refroidissement 32 (le point de repère étant l'axe de ces canaux) et le sommet 28a du rebord 28 côté paroi d'intrados, qui est très largement supérieure à la distance B précitée, n'est pas suffisante pour refroidir de manière suffisamment importante le sommet 28a.

[0047] Afin de pallier cet inconvénient, selon la présente invention, et comme il apparaît sur la figure 5, un renfort 34 de matière est prévu entre la face du rebord 28 tournée vers la cavité 30, le long de la paroi d'intrados 16, et la face 26b de la paroi de fond 26 tournée vers la cavité 30.

[0048] Ce renfort de matière 34 est avantageusement réalisé de façon à former une face 34a tournée en direction de la cavité 30 qui soit sensiblement plane, de sorte

que la transition entre la face extérieure 26b de la paroi de fond 26 tournée vers la cavité 30 et la face intérieure du rebord 28 s'effectue par paliers.

[0049] Ainsi, comme on peut le voir sur la figure 5, grâce à ce renfort de matière 34, la distance B précitée qui doit être maintenue pour assurer la résistance thermomécanique en bout d'aube, devient une distance B' mesurée entre la sortie des canaux de refroidissement 32 (le point de repère étant l'axe de ces canaux) et ladite face 34a du renfort 34.

[0050] Cette distance B' étant maintenue à la valeur de la distance B de la figure 4, la présence du renfort 34 permet à la sortie des canaux de refroidissement de se rapprocher de manière très importante du sommet 28a du rebord 28 le long de la paroi d'intrados 16 puisque la distance A précitée est maintenant inférieure à la distance B' (voir la figure 5).

[0051] Ce renfort 34 est placé le long d'au moins une partie de la paroi d'intrados. Ce renfort 34 peut être constitué d'une bande continue ou d'une série de protubérances, pourvu que ce renfort 34 de matière soit présent dans chaque plan transversal passant par un canal de refroidissement 32.

[0052] Dans un exemple de réalisation mis en oeuvre conformément à la figure 5 et pour la turbine haute pression d'un moteur de type M88, on a réalisé une aube 10 en alliage à base nickel de type AM1 (NTa8GKWA) où le renfort de matière est directement issu de l'étape de fonderie, en formant un cordon tout le long de la paroi d'intrados 16. En particulier, les dimensions de cet exemple sont les suivants:

- hauteur du rebord 28 (du sommet 28a jusqu'à la surface extérieure 26b de la paroi de fond 26) : 1 mm ;
- épaisseur du rebord 28 et des paroi d'intrados 16 et d'extrados 18 : 0,65 mm ;
- épaisseur constante de la paroi de fond 26 : 0,8 mm ;
- diamètre des canaux de refroidissement 32 : 0,3 mm (on peut envisager un diamètre compris entre 0,25 mm et 0,35 mm) ;
- distance A : 1,7 mm ;
- distance B : 1,2 mm.

[0053] En mettant en oeuvre la solution de la présente invention, par ajout du renfort de matière 34 sur une largeur de 0,5 mm mesurée sur la surface supérieure 26b de la paroi de fond 26, on aboutit à la situation de la figure 5 avec la distance $B = B' = 1,2$ mm tandis que la distance A est maintenant égale à 1 mm seulement.

[0054] Ce rapprochement de 0,7 mm de la sortie des canaux de refroidissement 32 par rapport au sommet 28a permet de gagner 40°C sur le refroidissement obtenu pendant le fonctionnement de la turbine haute pression.

[0055] Egalement, la face dudit renfort tournée en direction de la cavité est sensiblement plane et forme, avec la face de la paroi de fond tournée vers la cavité, un angle α égal à 112°.

[0056] Le rebord 28 qui forme avantageusement une

paroi mince, présente donc une faible épaisseur, à savoir moins de 1,5 mm, de préférence moins de 1 mm et de façon privilégiée une épaisseur comprise entre 0,3 et 0,8 mm.

[0057] En outre, comme il ressort de la figure 5 illustrant le mode de réalisation préférentiel :

- au niveau de la cavité 30, le rebord 28, et en particulier son extrémité, présente une direction générale orthogonale à la paroi de fond 26 de la cavité, ou plus précisément à la face extérieure 26b de la paroi de fond 26 qui est sensiblement plane (et horizontale sur la figure 5) ;
- le renfort 34 est situé à la base du rebord 28 ; et
- les canaux de refroidissement 32 présentent une section constante sur toute leur longueur.

Revendications

1. Aube (10) creuse de rotor pour la turbine d'un moteur à turbine à gaz comportant un passage de refroidissement interne (24), une cavité (30) ouverte située à l'extrémité libre (14) de l'aube (10) et délimitée par une paroi de fond (26) s'étendant sur toute l'extrémité (14) de l'aube et un rebord (28) s'étendant entre le bord d'attaque (20) et le bord de fuite (22) le long de la paroi d'extrados (18) et de la paroi d'intrados (16), et des canaux de refroidissement (32) reliant ledit passage de refroidissement interne (24) et la face extérieure de la paroi d'intrados (16), lesdits canaux de refroidissement (32) étant inclinés par rapport à la paroi d'intrados (16) de sorte qu'ils débouchent sur la face extérieure de la paroi d'intrados (16) en direction du sommet (28a) dudit rebord, ledit rebord (28) formant une paroi mince et **caractérisée en ce qu'un renfort de matière (34) est présent entre le rebord (28) et la paroi de fond (26) de la cavité (30) le long d'au moins une partie de la paroi d'intrados (16), la face (34a) dudit renfort (34) tournée en direction de la cavité (30) étant sensiblement plane, ce par quoi ledit rebord (28) est élargi à sa base de façon adjacente à ladite paroi de fond (26) de sorte que les canaux de refroidissement (32) débouchent à proximité du sommet (28a) du rebord (28) sans altérer la résistance mécanique de l'extrémité (14) de l'aube (10).**
2. Aube (10) de turbine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la face (34a) dudit renfort (34) tournée en direction de la cavité (30) forme, avec la face (26b) de la paroi de fond (26) tournée vers la cavité (30), un angle (α) compris entre 170 et 100°, de préférence entre 135 et 110°.
3. Aube de turbine (10) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** ledit angle (α) est sensiblement égal à 112°.

4. Aube de turbine (10) selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, **caractérisée en ce que** ladite face (34a) dudit renfort (34) est sensiblement parallèle à la direction des canaux de refroidissement (32).
5. Aube de turbine (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la distance (A) entre la sortie des canaux de refroidissement (32) et ledit sommet (28a) du rebord (28) est inférieure à la distance (B') entre la sortie des canaux de refroidissement (32) et ladite face (34a) du renfort (34).
6. Aube de turbine (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la distance (B') entre la sortie des canaux de refroidissement (32) et ladite face (34a) du renfort (34) est au moins égale à la distance (C) séparant l'intersection (C1) entre la face intérieure du rebord (28) au niveau de la paroi d'extrados (28) et la face (26b) de la paroi de fond (26) tournée en direction de ladite cavité (30) de l'intersection (C2) entre la face extérieure de la paroi d'extrados (18) et la face (26a) de la paroi de fond (26) tournée en direction opposée à ladite cavité (30).

Claims

1. Hollow rotor blade (10) for the turbine of a gas turbine engine, which has an internal cooling passage (24), an open cavity (30) located at the free tip (14) of the blade (10) and bounded by an end wall (26) extending over the entire tip (14) of the blade and a rim (28) extending between the leading edge (20) and the trailing edge (22) along the suction wall (18) and along the pressure wall (16), and cooling channels (32) that connect the said internal cooling passage (24) to the outer face of the pressure wall (16), the said cooling channels (32) being inclined to the pressure wall (16) in such a way that they emerge on the outer face of the pressure wall (16) towards the top (28a) of the said rim, the said rim (28) forming a thin wall and **characterised in that** a reinforcement of material (34) is present between the rim (28) and the end wall (26) of the cavity (30) along at least one portion of the pressure wall (16), the face (34a) of said reinforcement (34) turned towards the cavity (30) being approximately plane, whereby the said rim (28) is widened at its base adjacent to the said end wall (26) in such a way that the cooling channels (32) emerge near the top (28a) of the rim (28) without reducing the mechanical strength of the tip (14) of the blade (10).
2. Turbine blade (10) according to Claim 1, **characterised in that** the face (34a) of the said reinforcement

(34) turned towards the cavity (30) makes, with the face (26b) of the end wall (26) turned towards the cavity (30), an angle (α) between 170° and 100° , preferably between 135° and 110° .

3. Turbine blade (10) according to Claim 2, **characterised in that** the said angle (α) is approximately equal to 112° .
4. Turbine blade (10) according to either of Claims 2 and 3, **characterised in that** the said face (34a) of the said reinforcement (34) is approximately parallel to the direction of the cooling channels (32).
5. Turbine blade (10) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the distance (A) between the outlet of the cooling channels (32) and the said top (28a) of the rim (28) is less than the distance (B') between the outlet of the cooling channels (32) and the said face (34a) of the reinforcement (34).
6. Turbine blade (10) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the distance (B') between the outlet of the cooling channels (32) and the said face (34a) of the reinforcement (34) is at least equal to the distance (C) that separates the intersection (C1) between the inner face of the rim (28) level with the suction wall (18) and the face (26b) of the end wall (26) turned towards the said cavity (30) from the intersection (C2) between the outer face of the suction wall (18) and the face (26a) of the end wall (26) turned away from the said cavity (30).

Patentansprüche

1. Hohle Rotorscheufel (10) für die Turbine eines Gasturbinentriebwerks, umfassend einen inneren Kühldurchgang (24), einen offenen Hohlraum (30), der am freien Ende (14) der Schaufel (10) gelegen ist und der durch eine bodenseitige Wand (26), die sich über das gesamte Ende (14) der Schaufel erstreckt, und durch einen Rand (28), der sich zwischen der Eintrittskante (20) und der Austrittskante (22) entlang der außenseitigen Wand (18) und der innenseitigen Wand (16) erstreckt, begrenzt ist, sowie Kühlkanäle (32), die den inneren Kühldurchgang (24) und die Außenseite der innenseitigen Wand (16) verbinden, wobei die Kühlkanäle (32) gegenüber der innenseitigen Wand (16) geneigt sind, so daß sie an der Außenseite der innenseitigen Wand (16) in Richtung des Scheitels (28a) des Randes ausmünden, wobei der Rand (28) eine dünne Wand bildet, und **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Materialverstärkung (34) zwischen dem Rand (28) und der bodenseitigen Wand (26) des Hohlraums (30) entlang wenigstens eines Teils der innenseitigen Wand (16)

vorhanden ist, wobei die dem Hohlraum (30) zugewandte Fläche (34a) der Verstärkung (34) im wesentlichen eben ist, wodurch der Rand (28) an seiner Basis benachbart zur bodenseitigen Wand (26) verbreitert wird, so daß die Kühlkanäle (32) in der Nähe des Scheitels (28a) des Randes (28) ausmünden, ohne die mechanische Festigkeit des Endes (14) der Schaufel (10) ungünstig zu beeinflussen.

2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die dem Hohlraum (30) zugewandte Fläche (34a) der Verstärkung (34) mit der dem Hohlraum (30) zugewandten Fläche (26b) der bodenseitigen Wand (26) einen Winkel (α) zwischen 170° und 100° , vorzugsweise zwischen 135° und 110° bildet.
3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkel (α) im wesentlichen gleich 112° beträgt.
4. Turbinenschaufel nach irgendeinem der Ansprüche 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die genannte Fläche (34a) der Verstärkung (34) im wesentlichen parallel zur Richtung der Kühlkanäle (32) verläuft.
5. Turbinenschaufel nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstand (A) zwischen dem Ausgang der Kühlkanäle (32) und dem Scheitel (28a) des Randes (28) geringer ist als der Abstand (B') zwischen dem Ausgang der Kühlkanäle (32) und der Fläche (34a) der Verstärkung (34).
6. Turbinenschaufel (10) nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstand (B') zwischen dem Ausgang der Kühlkanäle (32) und der Fläche (34a) der Verstärkung (34) wenigstens gleich dem Abstand (C) ist, welcher den Schnittpunkt (C1) zwischen der Innenseite des Randes (28) im Bereich der außenseitigen Wand (18) und der dem Hohlraum (30) zugewandten Fläche (26b) der bodenseitigen Wand (26) von dem Schnittpunkt (C2) zwischen der Außenseite der außenseitigen Wand (18) und der dem Hohlraum (30) abgewandten Fläche (26a) der bodenseitigen Wand (26) voneinander trennt.

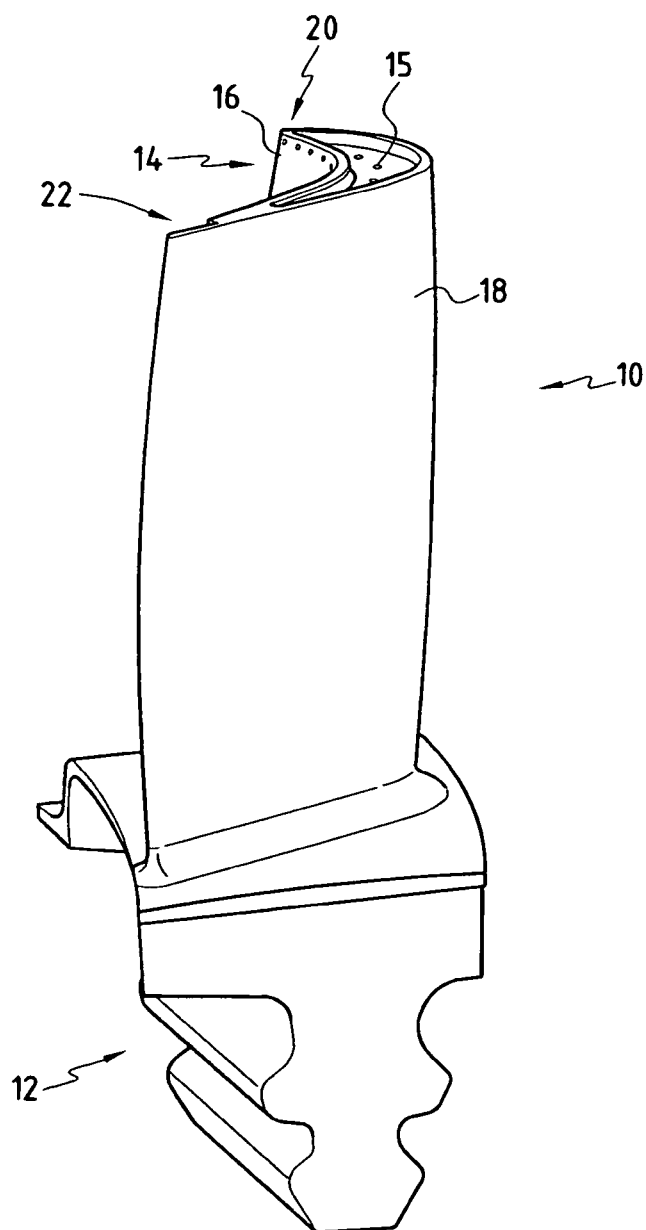


FIG.1

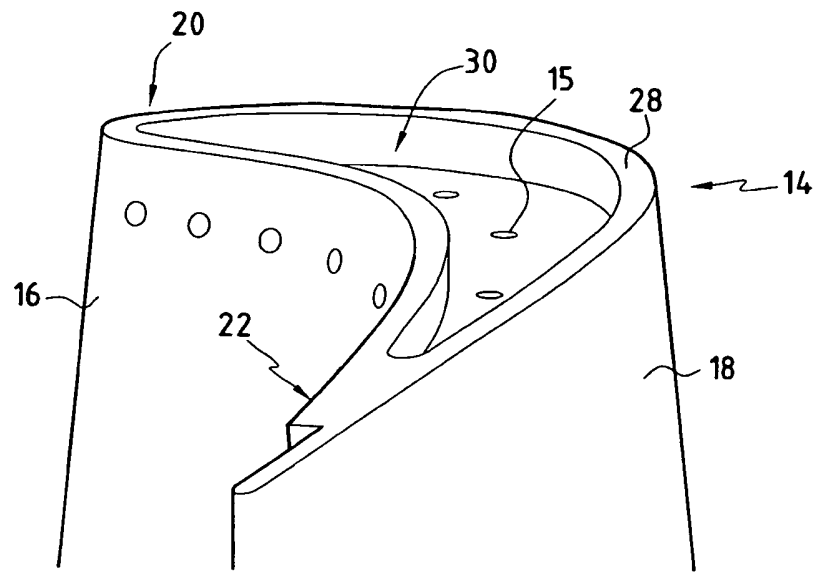


FIG. 2

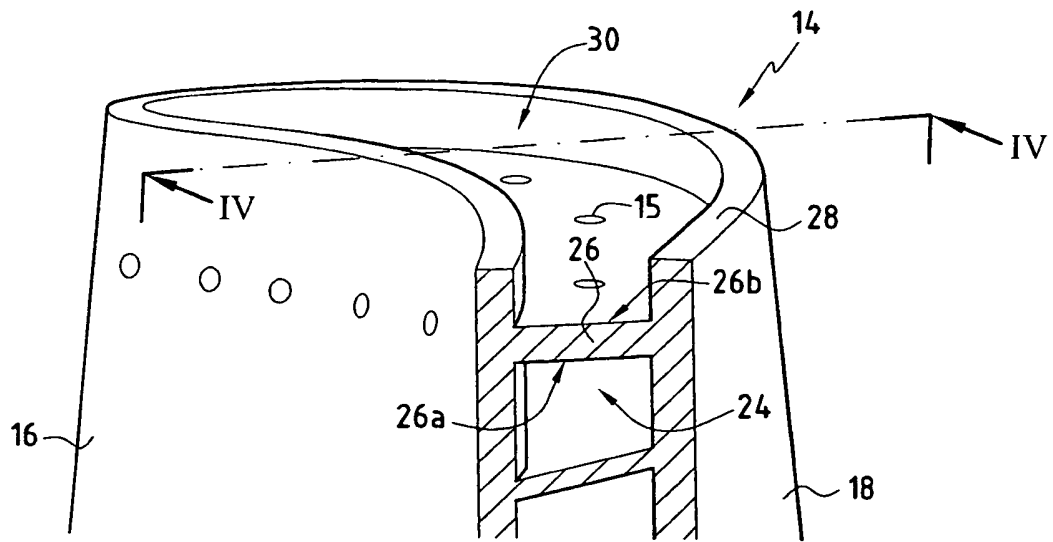


FIG. 3

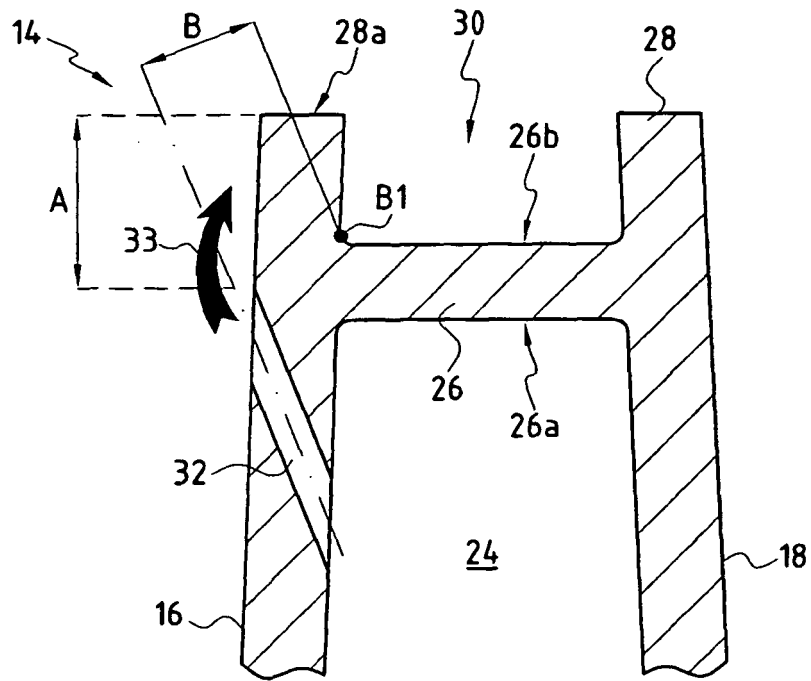


FIG.4

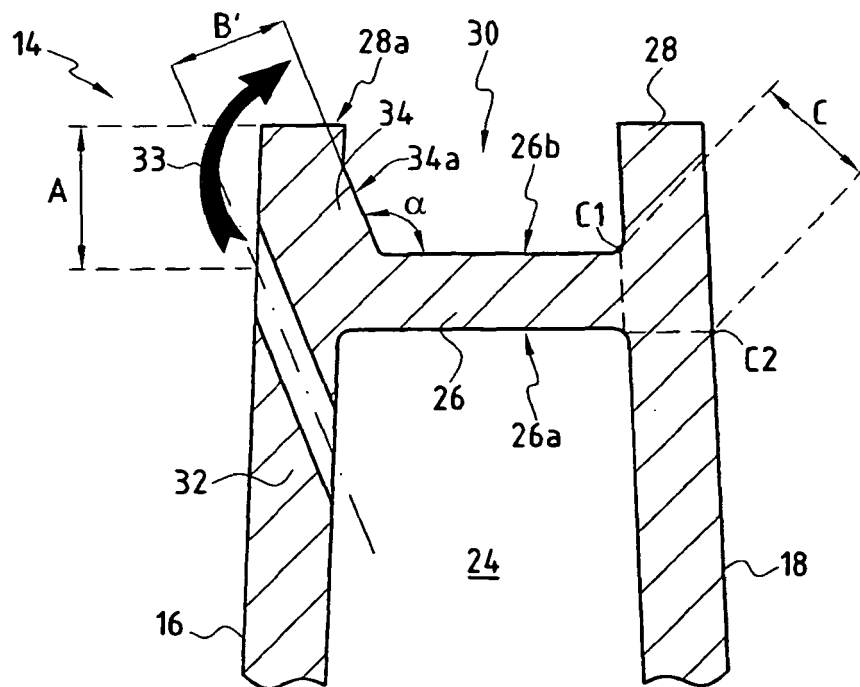


FIG.5

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 6231307 B [0007] [0009]
- EP 0816636 A [0007] [0011]