

(22) Date de dépôt/Filing Date: 2002/08/15

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2003/02/28

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2010/05/04

(30) **Priorité/Priority:** 2001/08/28 (FR01 11189)

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

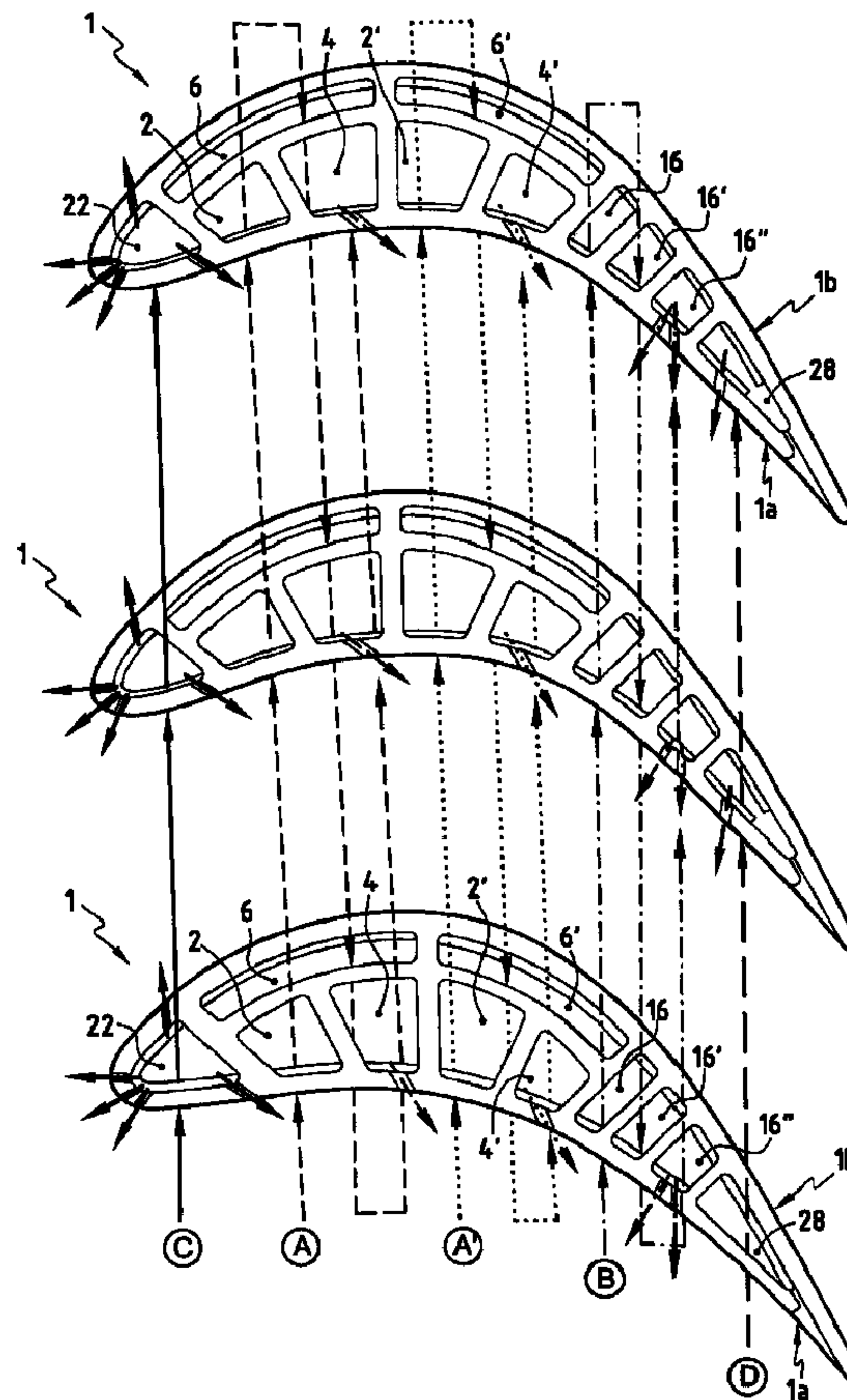
(72) Inventeurs/Inventors:
 ENEAU, PATRICE, FR;
 PICOT, PHILIPPE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR

(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT POUR AUBE DE TURBINE A GAZ

(54) Title: COOLING CIRCUITS FOR GAS TURBINE BLADE



(57) Abrégé/Abstract:

Aube (1) de turbine à gaz d'un moteur d'avion, comportant dans sa partie centrale au moins un circuit de refroidissement central (A) comprenant au moins une première (2) et une deuxième (4) cavités s'étendant radialement du côté intrados (1a) de l'aube (1),

(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

au moins une cavité (6) s'étendant du côté extradados (1b) de l'aube, une ouverture d'admission d'air à une extrémité radiale de la première cavité intrados (2) pour alimenter le circuit de refroidissement central (A) en air de refroidissement, un premier passage faisant communiquer l'autre extrémité radiale de la première cavité intrados (2) à une extrémité radiale voisine de la cavité extradados (6), un second passage faisant communiquer l'autre extrémité radiale de la cavité extradados avec une extrémité radiale voisine de la deuxième cavité intrados (4), et des orifices de sortie s'ouvrant dans la deuxième cavité intrados et débouchant sur la face intrados (1a) de l'aube.

ABRÉGÉ

Aube (1) de turbine à gaz d'un moteur d'avion, comportant dans sa partie centrale au moins un circuit de refroidissement central (A) comprenant au moins une première (2) et une deuxième (4) cavités s'étendant radialement du côté intrados (1a) de l'aube (1), au moins une cavité (6) s'étendant du côté extrados (1b) de l'aube, une ouverture d'admission d'air à une extrémité radiale de la première cavité intrados (2) pour alimenter le circuit de refroidissement central (A) en air de refroidissement, un premier passage faisant communiquer l'autre extrémité radiale de la première cavité intrados (2) à une extrémité radiale voisine de la cavité extrados (6), un second passage faisant communiquer l'autre extrémité radiale de la cavité extrados avec une extrémité radiale voisine de la deuxième cavité intrados (4), et des orifices de sortie s'ouvrant dans la deuxième cavité intrados et débouchant sur la face intrados (1a) de l'aube.

Titre de l'invention

Circuits de refroidissement pour aube de turbine à gaz

5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention est relative à des perfectionnements apportés aux aubes d'une turbine à gaz de moteur d'avion. Plus particulièrement, elle vise les circuits de refroidissement de ces aubes.

10 Il est connu que les aubes mobiles d'une turbine à gaz d'un moteur d'avion, et notamment de la turbine haute-pression, sont soumises aux températures très élevées des gaz de combustion pendant le fonctionnement du moteur. Ces températures atteignent des valeurs largement supérieures à celles que peuvent supporter sans dommages les
15 différentes pièces qui sont en contact avec ces gaz, ce qui a pour conséquence de limiter leur durée de vie.

Par ailleurs, il est connu qu'une élévation de la température des gaz de la turbine haute-pression permet d'améliorer le rendement d'un moteur, donc le rapport entre la poussée du moteur et le poids d'un avion
20 propulsé par ce moteur. Par conséquent, des efforts sont entrepris afin de réaliser des aubes de turbine qui peuvent résister à des températures de plus en plus élevées.

Afin de résoudre ce problème, il est connu de munir ces aubes de circuits de refroidissement visant à réduire la température de ces
25 dernières. Grâce à de tels circuits, de l'air de refroidissement, 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.

Cependant, on constate souvent que les échanges thermiques
30 produits par la circulation de cet air de refroidissement dans les cavités de

l'aube ne sont pas uniformes et engendrent des gradients de température qui pénalisent la durée de vie de l'aube.

Par ailleurs, l'évacuation de l'air de refroidissement par des émissions positionnées côté extrados est délicate. En effet, les vitesses
5 mises en œuvre à l'extrados de l'aubage sont élevées de sorte que les pertes résultant du mélange entre l'air de refroidissement et l'air de veine sont importantes et affectent le rendement de la turbine à gaz.

Objet et résumé de l'invention

10 La présente invention vise donc à pallier de tels inconvénients en proposant des perfectionnements apportés aux aubes d'une turbine à gaz, et plus particulièrement aux circuits de refroidissement de ces dernières, de manière à obtenir un champ de température sensiblement uniforme le long des zones refroidies de l'aube tout en s'affranchissant
15 d'émissions du côté extrados.

A cet effet, il est prévu une aube de turbine à gaz d'un moteur d'avion, caractérisée en ce qu'elle comporte dans sa partie centrale au moins un premier circuit de refroidissement central comprenant au moins une première et une deuxième cavités s'étendant radialement du côté
20 intrados de l'aube, au moins une cavité s'étendant du côté extrados de l'aube, une ouverture d'admission d'air à une extrémité radiale de la première cavité intrados pour alimenter le premier circuit de refroidissement central en air de refroidissement, un premier passage faisant communiquer l'autre extrémité radiale de la première cavité
25 intrados à une extrémité radiale voisine de la cavité extrados, un second passage faisant communiquer l'autre extrémité radiale de la cavité extrados avec une extrémité radiale voisine de la deuxième cavité intrados, et des orifices de sortie s'ouvrant dans la deuxième cavité intrados et débouchant sur la face intrados de l'aube.

Plusieurs circuits de ce type peuvent être positionnés dans la partie centrale de l'aube de manière à assurer son refroidissement. Ces circuits identiques et fonctionnant de façon similaire conduisent à une répartition de température uniforme.

5 La cavité s'étendant radialement du côté extrados de l'aube possède un rapport de forme élevé qui permet d'accroître les niveaux des transferts thermiques côté extrados. Ces transferts thermiques, amplifiés par la présence de perturbateurs, permettent de s'affranchir d'émissions côté extrados.

10 En outre, dans le cas d'une aube tournante, l'alimentation du circuit de refroidissement étant du côté du pied de l'aube, la circulation de l'air en direction radiale dans les cavités intrados se fait du pied vers le sommet. Par les effets de la force de Coriolis, l'air a tendance à être plaqué contre les parois des cavités les plus proches de la face externe
15 intrados de l'aube, assurant ainsi un meilleur transfert thermique avec la partie de paroi d'aube la plus chaude. Dans la cavité extrados, l'air s'écoule du sommet vers le pied de l'aube. Les effets de la force de Coriolis permettent aussi d'améliorer le transfert thermique.

20 De plus encore, pour la fabrication de l'aube par moulage, les noyaux réservant les cavités intrados et la cavité extrados sont reliés entre eux à leurs extrémités par des parties de liaison réservant les passages entre ces cavités. Ainsi, le positionnement du noyau intrados par rapport au noyau extrados peut être aisément maîtrisé, d'où un bon respect des épaisseurs de parois lors de la coulée de l'aube.

25 Selon une particularité de l'invention, plusieurs circuits de refroidissement centraux indépendants ayant au moins deux cavités intrados communiquant avec au moins une cavité extrados pourront être prévus.

Brève description des dessins

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 d'une aube équipée des différents circuits de refroidissement selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue en coupe de la figure 1 selon la direction II - II ;
- les figures 3a et 3b sont des vues en coupe de la figure 1 respectivement selon les directions IIIA - IIIA et IIIB - IIIB ;
- la figure 4 illustre la circulation de l'air de refroidissement qui est associée aux différents circuits de refroidissement de l'aube de la figure 1.

Description détaillée d'un mode de réalisation

Si on se réfère à la figure 1, on voit que l'aube 1 d'une turbine à gaz d'un moteur d'avion selon un mode de réalisation de la présente invention comporte notamment dans sa partie centrale au moins un premier circuit de refroidissement central A.

De préférence, la partie centrale de l'aube 1 comprend deux circuits de refroidissement centraux A et A' disposés sensiblement symétriquement de part et d'autre d'un plan transversal P afin d'obtenir un champ de température substantiellement uniforme, c'est à dire sans fort gradient thermique, le long des zones refroidies de l'aube. Cette caractéristique permet d'accroître la durée de vie de l'aube.

Chaque circuit de refroidissement central A et A' comporte au moins une première et une deuxième cavités (respectivement 2, 2' et 4,

4') qui s'étendent du côté intrados 1a de l'aube 1, et au moins une cavité 6, 6' s'étendant du côté extrados 1b de l'aube.

Comme le montre plus précisément la figure 2, une ouverture d'admission d'air 8, 8' est prévue à une extrémité radiale de la première
5 cavité intrados 2, 2' (c'est à dire au niveau du pied de l'aube) pour alimenter chaque circuit de refroidissement central A, A' en air de refroidissement.

De plus, en se référant aux figures 3a et 3b, on voit qu'un premier passage 10 fait communiquer l'autre extrémité radiale de la
10 première cavité intrados 2 (c'est à dire au niveau du sommet de l'aube) à une extrémité radiale voisine de la cavité extrados 6 du circuit de refroidissement A. Un second passage 12 est également prévu au niveau du pied de l'aube pour faire communiquer l'autre extrémité radiale de la cavité extrados 6 avec une extrémité radiale voisine de la deuxième cavité
15 intrados 4. Des communications similaires sont réalisées entre les cavités 2', 6' et 4' du circuit A'.

Enfin, chaque circuit de refroidissement central A, A' comprend des orifices de sortie 14, 14' de l'air de refroidissement s'ouvrant dans la deuxième cavité intrados 4, 4' et débouchant sur la face intrados 1a de
20 l'aube 1.

Ainsi, l'air de refroidissement alimentant ce ou ces circuit(s) de refroidissement central(aux) A, A' parcourt les cavités intrados 2, 2' et 4, 4' dans une direction radiale opposée à celle dans laquelle il parcourt la cavité extrados 6, 6'.

25 Avantageusement, la cavité extrados 6, 6' de chaque circuit de refroidissement central A, A' est à rapport de forme élevé de manière à accroître les transferts thermiques internes. Une cavité de refroidissement est considérée comme ayant un rapport de forme élevé lorsque, en coupe transversale, elle présente une dimension (longueur) au moins trois fois
30 supérieure à l'autre (largeur).

Toujours avantageusement, cette même cavité extradados comporte des perturbateurs 34 sur sa paroi externe côté extradados, et les première et deuxième cavités intrados du ou des circuit(s) de refroidissement central(aux) A, A' sont également munies de perturbateurs 36 sur leur paroi externe côté intrados.

Ces perturbateurs 34 et 36 se présentent sous la forme de reliefs positionnés sur les parois des cavités, en travers de l'écoulement de l'air de refroidissement. Ils permettent ainsi de perturber l'écoulement de l'air traversant ces cavités et donc de favoriser les échanges thermiques tout en bénéficiant de pertes de charge optimisées.

Par ailleurs, toujours en se référant à la figure 1, on voit que l'aube 1 comporte également au moins un deuxième circuit de refroidissement B supplémentaire indépendant du ou des circuit(s) de refroidissement central(aux) A, A'.

Ce deuxième circuit de refroidissement B comprend au moins une cavité 16, et de préférence plusieurs, par exemple trois cavités 16, 16' et 16'', située(s) dans la partie arrière de l'aube 1, une ouverture d'admission d'air 18 au niveau du pied de l'aube pour alimenter le deuxième circuit de refroidissement, et des orifices de sortie 20 débouchant sur la face intrados 1a de l'aube. L'air est admis dans la cavité 16 et des passages font communiquer les cavités 16 et 16' au voisinage du sommet de l'aube et les cavités 16' et 16'' au voisinage du pied de l'aube. Les orifices de sortie 20 s'ouvrent dans la cavité 16''.

De cette manière, ce deuxième circuit de refroidissement B permet d'assurer le refroidissement de la partie arrière de l'aube 1. Par ailleurs, de façon à améliorer les transferts thermiques le long des parois côtés intrados et extradados des cavités 16, 16', 16'', celles-ci comportent avantageusement des perturbateurs 38 positionnés en vis à vis sur leurs parois internes.

Un troisième et un quatrième circuits de refroidissement (respectivement C et D) supplémentaires et indépendants des premier et second circuits de refroidissement permettent d'assurer le refroidissement respectivement du bord d'attaque 1c et du bord de fuite 1d de l'aube 1.

5 Le troisième circuit de refroidissement C est constitué d'au moins une cavité 22 située au voisinage du bord d'attaque 1c de l'aube et d'une ouverture 24 d'admission d'air à une extrémité radiale de la cavité bord d'attaque 22, du côté du pied de l'aube pour alimenter en air de refroidissement ce circuit. Des orifices de sortie 26 s'ouvrent dans cette
10 cavité 22 et débouchent sur le bord d'attaque 1c de l'aube. Ils permettent de former un film d'air de refroidissement sur la paroi extérieure du bord d'attaque.

De préférence, la cavité bord d'attaque 22 est munie de perturbateurs 40 sur sa paroi du côté bord d'attaque de l'aube afin
15 d'accroître les échanges thermiques le long de cette paroi.

Le quatrième circuit de refroidissement D est composé d'au moins une cavité 28 située sur le bord de fuite 1d de l'aube 1, d'une ouverture 30 d'admission d'air à une extrémité radiale de la cavité bord de fuite 28, du côté du pied de l'aube pour alimenter en air de
20 refroidissement ce circuit. Des orifices de sortie 32 s'ouvrent dans cette cavité bord de fuite et débouchent sur le bord de fuite 1d pour assurer le refroidissement de ce dernier.

Avantageusement, la cavité bord de fuite 28 de ce quatrième circuit de refroidissement comporte des perturbateurs 42 sur ses parois
25 côtés intrados et extrados de manière à améliorer les transferts thermiques le long de ces parois.

On décrira brièvement le mode de refroidissement de l'aube qui découle de manière évidente de ce qui précède, en se référant plus particulièrement à la figure 4.

Cette figure illustre schématiquement la circulation de l'air de refroidissement qui parcourt les différents circuits A à D de l'aube 1. Ces quatre circuits sont indépendants entre eux puisqu'ils possèdent chacun une alimentation directe en air de refroidissement.

5 Le premier circuit de refroidissement central A est alimenté en air de refroidissement par la première cavité intrados 2. L'air de refroidissement parcourt ensuite la cavité extrados 6 puis la deuxième cavité intrados 4 avant d'être émis à l'intrados de l'aube par les orifices de sortie 14 équipant cette cavité.

10 Lorsqu'il est avantageusement prévu deux circuits de refroidissement centraux A et A', la circulation de l'air de refroidissement dans le circuit A' s'effectue de façon similaire.

 Ainsi, suivant la disposition particulière de ce ou ces circuit(s) central(aux), l'air de refroidissement monte (du pied vers le sommet de l'aube) dans les cavités intrados et descend dans la cavité extrados.

15 Des circulations d'air en sens opposés du côté intrados et du côté extrados dans les circuits A et A', ainsi que la présence avantageuse de deux circuits de refroidissement disposés substantiellement symétriquement dans la partie centrale de l'aube contribuent à l'obtention d'un champ de température sensiblement uniforme c'est à dire sans fort gradient thermique. La durée de vie des aubes est ainsi accrue.

 Par ailleurs, le ou les circuit(s) de refroidissement A, A' ne présente(nt) pas de sortie émission d'air du côté extrados de l'aube, ce qui évite les problèmes de répartition de l'air à des vitesses élevées.

25 Du fait que l'air de refroidissement circule du pied vers le sommet de l'aube dans les cavités intrados, il est plaqué contre les parois externes de ces cavités par l'effet de la force de Coriolis. Les transferts thermiques sont alors favorisés le long de ces parois externes, assurant ainsi un meilleur refroidissement de la paroi externe chaude du côté intrados de l'aube.

30

De plus, l'air de refroidissement descend dans les cavités côté extradados. Les effets de la force de Coriolis permettent également de bénéficier de niveaux d'échanges thermiques augmentés assurant ainsi un meilleur refroidissement de la paroi externe de l'aube côté extradados.

5 Le refroidissement de l'extrados de l'aube étant assuré par des cavités extradados à rapport de forme élevé, cela permet d'accroître les niveaux de transfert thermique externes, lesquels sont en plus amplifiés par la présence de perturbateurs sur les parois externes des cavités.

10 Par ailleurs, la partie arrière de l'aube 1 est refroidie par le deuxième circuit de refroidissement B comportant avantageusement trois cavités 16, 16' et 16". Comme le montre la figure 4, l'air de refroidissement alimente une cavité 16, un retournement en sommet d'aube renvoie celui-ci dans la cavité 16' puis l'air alimente la cavité montante 16" avant d'être émis à l'intrados de l'aube 1 par des orifices de
15 sortie 20.

Le refroidissement du bord d'attaque 1c de l'aube 1 est assuré par la cavité bord d'attaque 22 équipée d'une alimentation directe en air de refroidissement, et celui du bord de fuite 1d par la cavité bord de fuite 28 également alimentée directement en air de refroidissement.

20 L'aube 1 selon ce mode de réalisation de l'invention est réalisée par moulage, les emplacements des cavités étant classiquement réservés par des noyaux disposés parallèlement entre eux dans le moule avant la coulée du métal. Dans les circuits A et A', ces noyaux sont reliés entre eux à leur extrémité par des parties de liaison réservant les passages entre les
25 cavités. Ainsi, le positionnement des noyaux peut être aisément maîtrisé, d'où un bon respect des épaisseurs de paroi lors de la coulée de l'aube.

Il demeure bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits ci-dessus mais qu'elle englobe toutes les variantes. Notamment, de tels circuits de
30 refroidissement peuvent être installés sur des aubes aussi bien mobiles que fixes.

REVENDICATIONS

1. Aube (1) de turbine à gaz d'un moteur d'avion, comportant dans sa partie centrale au moins un circuit de refroidissement central (A) comprenant une première (2) et une deuxième (4) cavité s'étendant radialement d'un côté intrados (1a) de l'aube (1), une troisième cavité (6) s'étendant d'un côté extrados (1b) de l'aube, une première ouverture (8) d'admission d'air à une première extrémité radiale de la première cavité intrados (2) pour alimenter le circuit de refroidissement central (A) en air de refroidissement, un premier passage (10) faisant communiquer une seconde extrémité radiale de la première cavité intrados (2) à une première extrémité radiale voisine de la troisième cavité extrados (6), un second passage (12) faisant communiquer une seconde extrémité radiale de la troisième cavité extrados avec une extrémité radiale voisine de la deuxième cavité intrados (4), et des premiers orifices de sortie (14) s'ouvrant dans la deuxième cavité intrados et débouchant sur le côté intrados (1a) de l'aube, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre au moins un circuit de refroidissement arrière (B) indépendant dudit au moins un circuit de refroidissement central (A), comprenant au moins une quatrième cavité (16) située dans une partie arrière de l'aube (1), une seconde ouverture (18) d'admission d'air à une extrémité radiale de la quatrième cavité (16) pour alimenter ledit circuit de refroidissement arrière (B) et des seconds orifices de sortie (20) s'ouvrant dans ladite quatrième cavité et débouchant sur le côté intrados (1a) de l'aube, et au moins un circuit de refroidissement bord de fuite (D) indépendant des circuits de refroidissement central (A) et arrière (B) respectivement, comprenant au moins une cinquième cavité (28) située au voisinage d'un bord de fuite (1d) de l'aube (1), une troisième ouverture (30) d'admission d'air à une extrémité radiale de la cinquième cavité (28) pour alimenter ledit circuit de refroidissement bord de fuite (D), et des troisièmes orifices (32) de sortie

s'ouvrant dans ladite cinquième cavité et débouchant sur le bord de fuite (1d) de l'aube.

2. L'aube selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle
5 comporte en outre au moins un circuit de refroidissement bord d'attaque (C) indépendant des circuits de refroidissement central (A), arrière (B) et bord de fuite (D), comprenant au moins une sixième cavité (22) située au voisinage d'un bord d'attaque (1c) de l'aube (1), une quatrième ouverture (24)
10 d'admission d'air à une extrémité radiale de la sixième cavité (22) pour alimenter le quatrième circuit de refroidissement (C), et des quatrième orifices (26) de sortie s'ouvrant dans ladite sixième cavité et débouchant sur le bord d'attaque (1c) de l'aube.

3. L'aube selon la revendication 2, caractérisée en ce que la
15 sixième cavité (22) du circuit de refroidissement bord d'attaque (C) comporte des premiers perturbateurs (40) sur une paroi côté bord d'attaque (1c) de l'aube (1) de manière à accroître des transferts thermiques le long de ladite paroi.

20 4. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la troisième cavité (6) du circuit de refroidissement central (A) est à rapport de forme élevé de manière à accroître des transferts thermiques internes.

25 5. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la troisième cavité (6) du circuit de refroidissement central (A) comporte des seconds perturbateurs (34) sur une paroi externe côté extrados de manière à accroître des transferts thermiques le long de ladite paroi tout en conservant des pertes de charge optimisées.

6. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que les première et deuxième cavités du circuit de refroidissement central (A) comportent des troisièmes perturbateurs (36) sur une paroi externe côté intrados de manière à accroître des transferts thermiques le long desdites parois tout en conservant des pertes de charge optimisées.

7. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la quatrième cavité (16) comporte des quatrièmes perturbateurs (38) positionnés en vis à vis sur ses parois côtés intrados et extrados de manière à améliorer des transferts thermiques le long desdites parois.

8. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que la cinquième cavité (28) comporte des cinquièmes perturbateurs (42) sur ses parois côtés intrados et extrados de manière à accroître des transferts thermiques le long desdites parois.

9. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins deux circuits de refroidissement centraux (A, A') substantiellement symétriques de façon à obtenir un champ de température sensiblement uniforme dans la partie centrale de l'aube (1).

10. L'aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle est réalisée par moulage, des emplacements des cavités intrados et extrados étant réservés par des noyaux disposés parallèlement et reliés entre eux à leur extrémité afin de réserver des passages entre les cavités et de garantir un positionnement maîtrisé des noyaux entre eux.

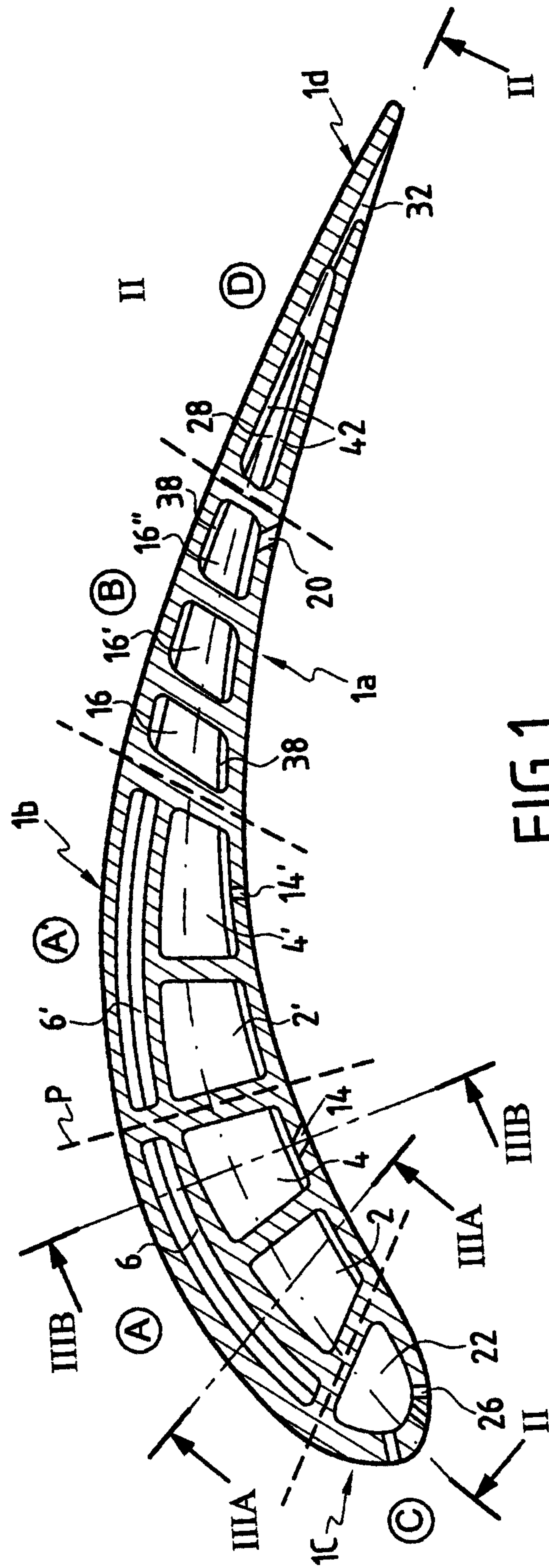


FIG. 1

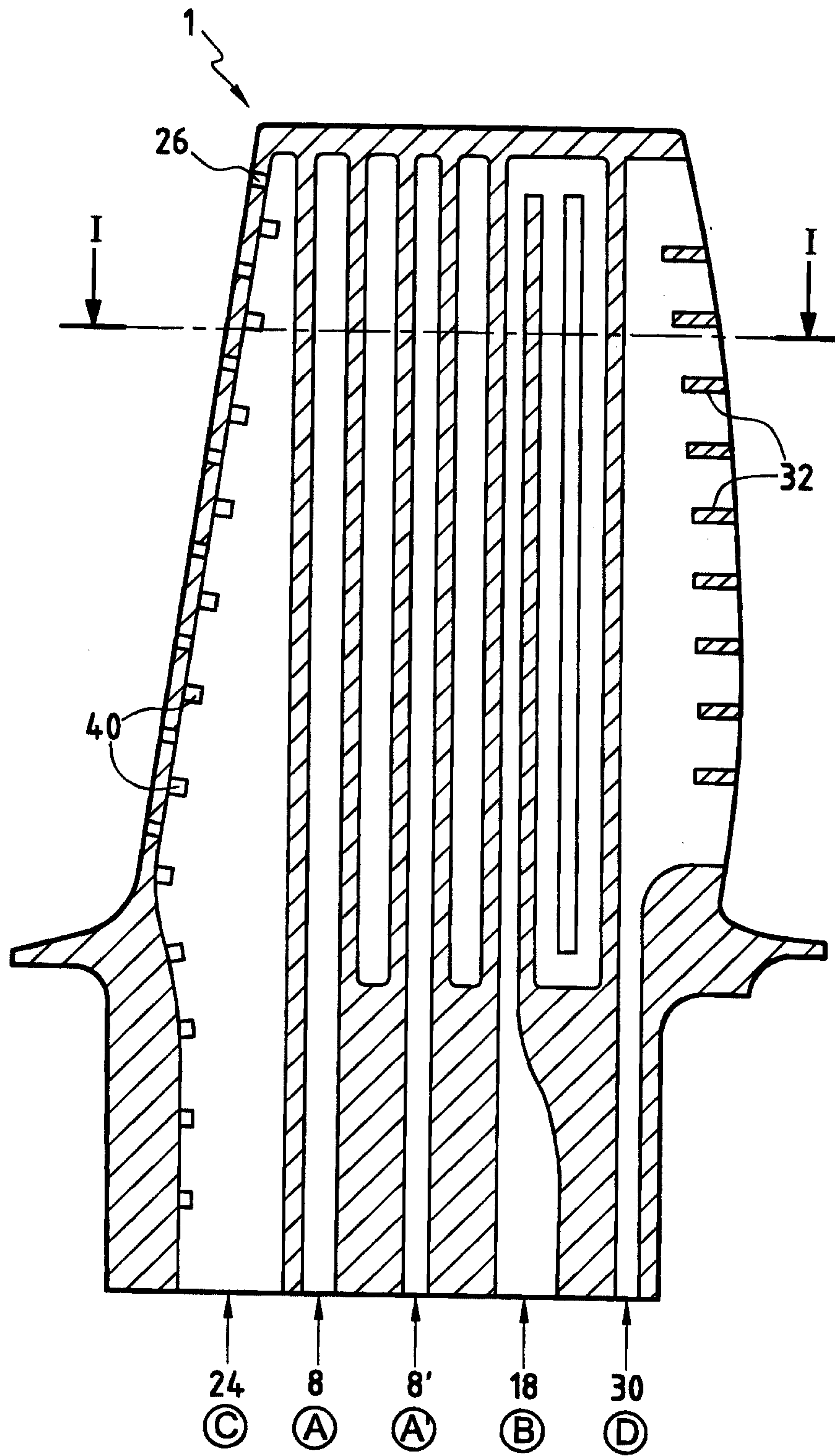


FIG. 2

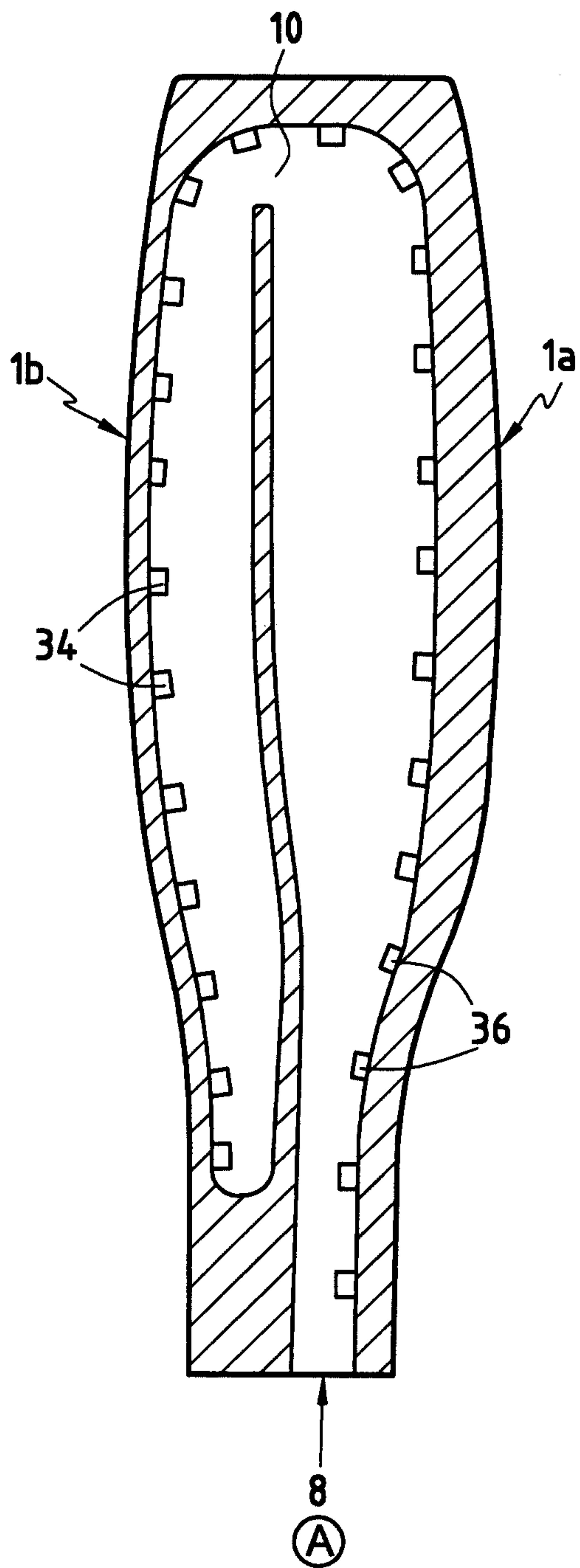


FIG. 3A

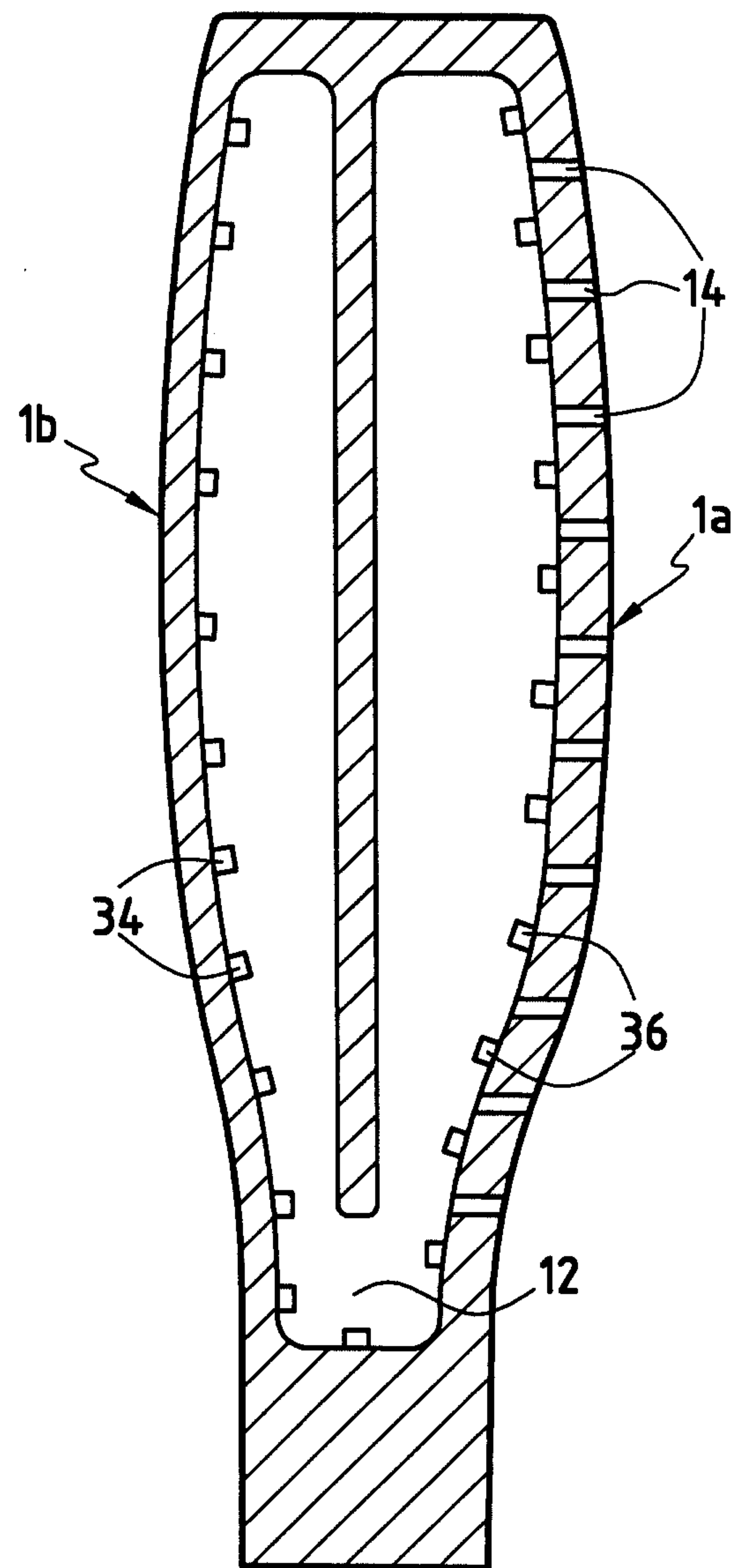


FIG. 3B

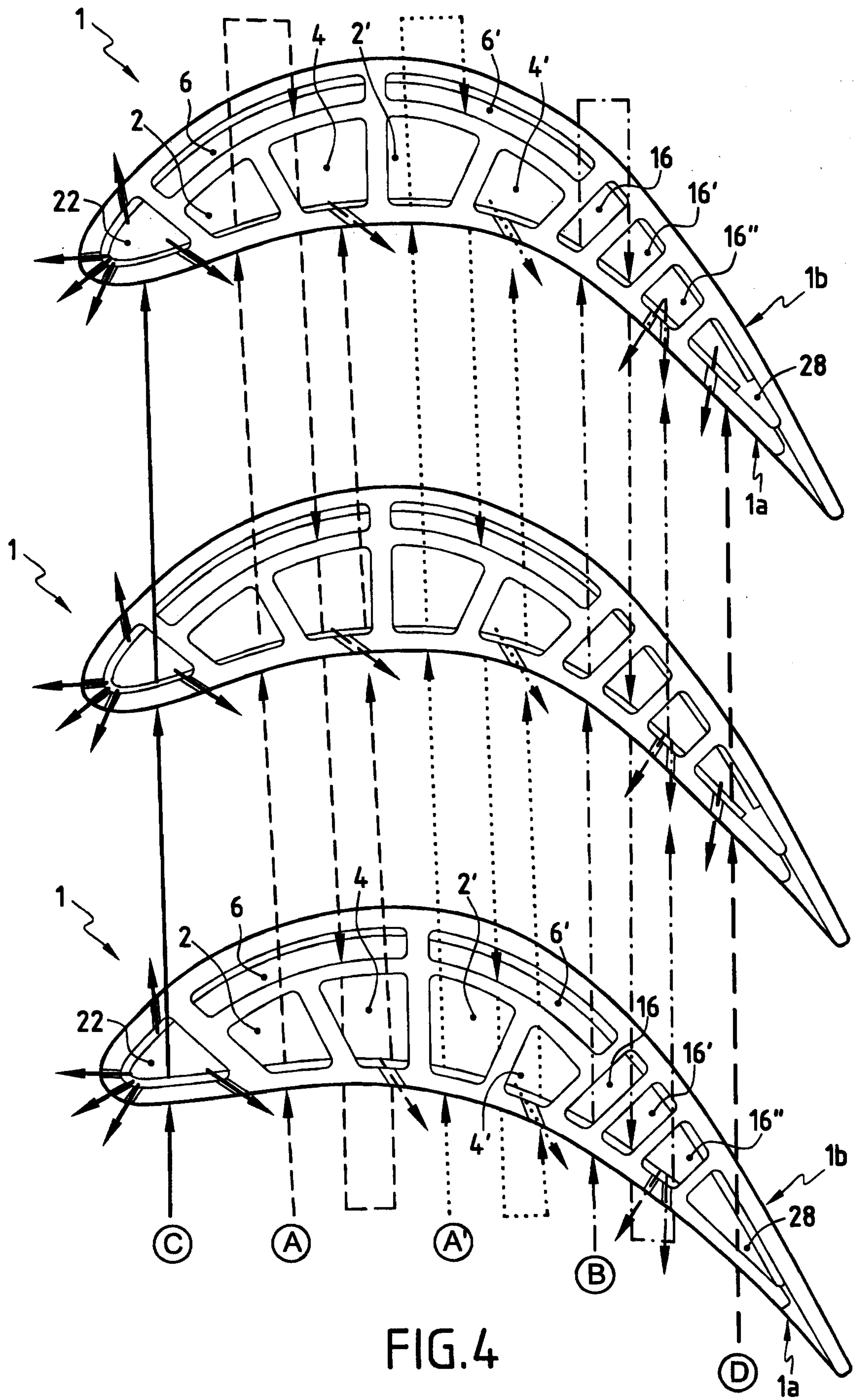


FIG. 4

