



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2006/08/22

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2007/02/25

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2013/12/10

(30) Priorité/Priority: 2005/08/25 (FR0508740)

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

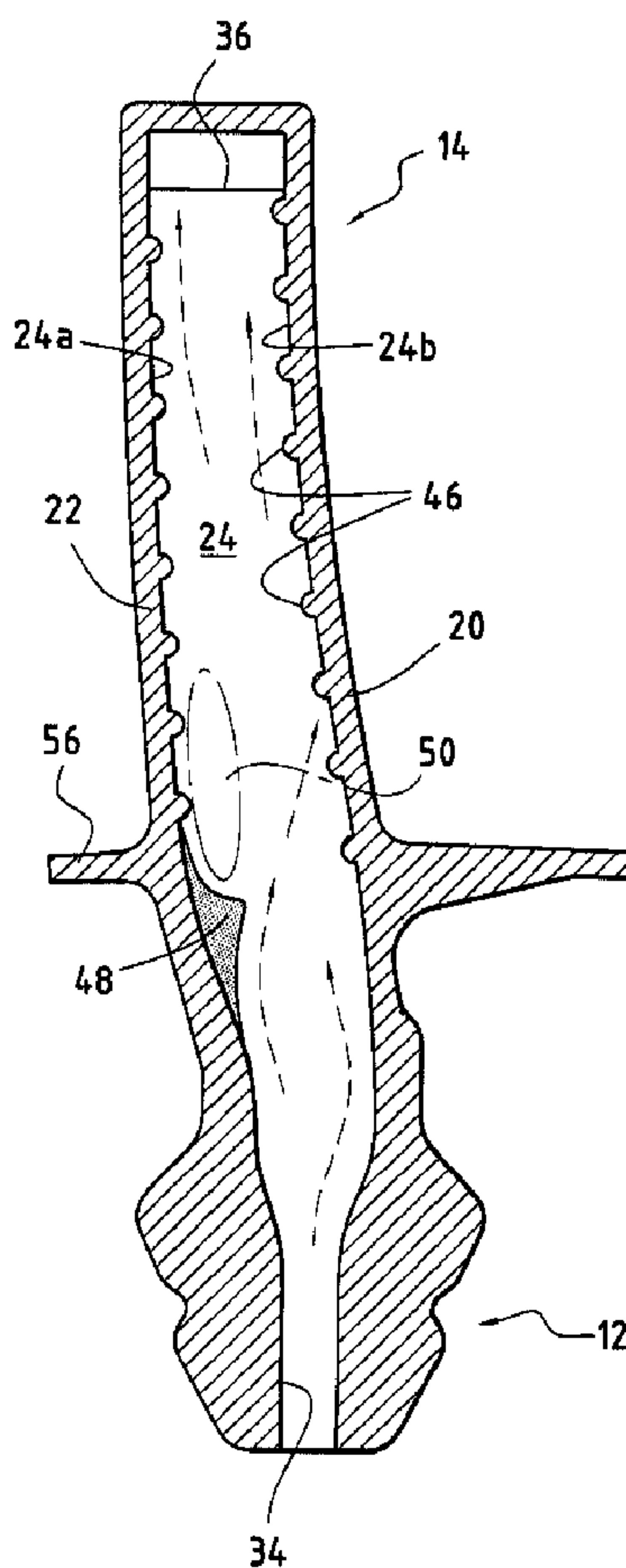
(72) Inventeurs/Inventors:
BOURY, JACQUES, FR;
ENEAU, PATRICE, FR;
MOREAU, GUY, FR

(73) Propriétaire/Owner:
SNECMA, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : DEFLECTEUR D'AIR POUR CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT POUR AUBE DE TURBINE A GAZ

(54) Title: COOLING CIRCUIT AIR DEFLECTOR FOR GAS TURBINE AIRFOIL



(57) Abrégé/Abstract:

Aube de turbine à gaz comportant un circuit de refroidissement interne se composant d'au moins une cavité (24) s'étendant radialement entre le pied (12) et le sommet (14) de l'aube, au moins une ouverture d'admission d'air (34) à une extrémité radiale de



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

la cavité (24) et au moins un orifice de sortie d'air s'ouvrant dans la cavité et débouchant sur l'une des faces (20, 22) de l'aube. Au moins l'une des parois (24a) de la cavité du circuit de refroidissement comporte au moins un déflecteur d'air (48) dont la forme et les dimensions sont adaptées pour projeter l'air s'écoulant le long de ladite paroi (24a) de la cavité vers une paroi opposée (24b) de ladite cavité tout en évitant un recollement de la couche limite immédiatement en aval dudit déflecteur d'air (48).

ABREGÉ

Aube de turbine à gaz comportant un circuit de refroidissement interne se composant d'au moins une cavité (24) s'étendant radialement entre le pied (12) et le sommet (14) de l'aube, au moins une ouverture d'admission d'air (34) à une extrémité radiale de la cavité (24) et au moins un orifice de sortie d'air s'ouvrant dans la cavité et débouchant sur l'une des faces (20, 22) de l'aube. Au moins l'une des parois (24a) de la cavité du circuit de refroidissement comporte au moins un déflecteur d'air (48) dont la forme et les dimensions sont adaptées pour projeter l'air s'écoulant le long de ladite paroi (24a) de la cavité vers une paroi opposée (24b) de ladite cavité tout en évitant un recollement de la couche limite immédiatement en aval dudit déflecteur d'air (48).

Titre de l'invention

Déфлекteur d'air pour circuit de refroidissement pour aube de turbine à gaz

Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général du refroidissement des aubes de turbine à gaz, notamment les aubes mobiles d'une turbine à gaz de turbomachine.

10 Les aubes de turbine à gaz d'une turbomachine, telles que les aubes mobiles de la turbine haute-pression par exemple, sont soumises aux températures très élevées des gaz issus de la chambre de combustion. Ces températures atteignent des valeurs largement supérieures à celles que peuvent supporter sans dommages les aubes de la turbine, ce qui a pour conséquence de limiter leur durée de vie.

15 Afin de remédier à ce problème, il est bien connu de munir ces aubes de circuits internes de refroidissement. Grâce à de tels circuits 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.

20 Il existe de nombreuses réalisations différentes de ces circuits de refroidissement. Ainsi, certains circuits utilisent des cavités de refroidissement qui occupent toute la largeur de l'aube (c'est-à-dire qui s'étendent depuis l'intrados jusqu'à l'extrados de l'aube). D'autres circuits proposent l'utilisation de cavités de refroidissement de bord n'occupant qu'un seul côté de l'aube (intrados ou extrados) ou les deux côtés avec l'adjonction d'une grande cavité centrale entre ces cavités de bord.

25 En terme de tenue mécanique, une aube de turbine à gaz affiche une bonne durée de vie si ses faces intrados et extrados présentent des températures voisines (c'est-à-dire si le gradient thermique entre ces faces est faible). Par ailleurs, quelque soit le mode de réalisation des circuits de refroidissement, le refroidissement interne d'une aube de turbine est assuré par convection interne d'un flux d'air frais sur les parois des cavités formant ces circuits. Il en résulte un échange thermique différent sur chaque paroi de la cavité, indépendamment du fait que celle-ci soit lisse ou perturbée ou que l'aube soit fixe ou mobile.

30

35

Or, l'échange thermique avec les gaz chauds circulant à l'extérieur de l'aube est plus important du côté intrados que du côté extrados de l'aube. Aussi, pour compenser ce phénomène et ainsi obtenir un faible gradient thermique entre les faces intrados et extrados de l'aube, il est nécessaire de refroidir fortement les parois internes des cavités du circuit de refroidissement qui sont disposées du côté intrados de l'aube.

Pour une aube mobile de turbine à gaz, lorsque l'écoulement de l'air dans les cavités du circuit de refroidissement est centrifuge, et malgré les effets de la force de Coriolis qui augmentent les échanges thermiques internes à l'intrados de l'aube, l'écart avec les échanges thermiques s'effectuant à l'extrados de l'aube reste trop important pour obtenir un faible gradient thermique. De même, lorsque l'écoulement de l'air dans les cavités du circuit de refroidissement de l'aube mobile est centripète, l'échange thermique est naturellement favorable à l'extrados de l'aube, ce qui accentue encore l'écart de température entre les faces intrados et extrados de l'aube.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de pallier de tels inconvénients en proposant une aube de turbine à gaz pour laquelle le circuit interne de refroidissement permet de minimiser l'écart de température entre les faces intrados et extrados de celle-ci.

A cet effet, il est prévu une aube de turbine à gaz comportant un circuit de refroidissement interne se composant d'au moins une cavité s'étendant radialement entre le pied et le sommet de l'aube, au moins une ouverture d'admission d'air à une extrémité radiale de la cavité et au moins un orifice de sortie d'air s'ouvrant dans la cavité et débouchant sur l'une des faces de l'aube, caractérisée en ce que au moins l'une des parois de ladite cavité du circuit de refroidissement comporte au moins un déflecteur d'air dont la forme et les dimensions sont adaptées pour projeter l'air s'écoulant le long de ladite paroi de la cavité vers une paroi opposée de ladite cavité tout en évitant un recollement de la couche limite immédiatement en aval dudit déflecteur d'air.

En positionnant judicieusement le déflecteur d'air dans la cavité du circuit de refroidissement selon que l'écoulement dans celle-ci soit centrifuge ou centripète, il est possible de projeter l'air circulant dans la

cavité vers la paroi de la cavité qui est disposée du côté intrados de l'aube. Ainsi, un tel déflecteur d'air permet d'augmenter l'échange thermique interne à l'intrados de l'aube et donc de réduire le gradient thermique entre les parois extrados et intrados de la cavité du circuit de refroidissement. De la sorte, tout écart de température entre les faces intrados et extrados de l'aube peut être évité.

Selon une disposition avantageuse de l'invention, le déflecteur d'air présente une rampe inclinée de façon à projeter l'air s'écoulant le long de la paroi de la cavité vers la paroi opposée. Une telle rampe peut posséder une longueur comprise entre 2 et 4 fois sa hauteur et présenter un rayon de courbure compris entre 20 et 30 mm.

Selon une application particulière de l'invention, la paroi de la cavité du circuit de refroidissement comportant le déflecteur d'air peut être disposée du côté extrados de l'aube et la paroi de la cavité sur laquelle est projetée l'air peut être disposée du côté intrados de l'aube.

Lorsque l'écoulement de l'air dans la cavité du circuit de refroidissement est centrifuge, le déflecteur d'air est avantageusement disposé sur la paroi de la cavité du circuit de refroidissement au niveau d'une zone d'attache de l'aube.

Alternativement, lorsque l'écoulement de l'air dans la cavité du circuit de refroidissement est centripète, le déflecteur d'air est avantageusement disposé sur la paroi de la cavité du circuit de refroidissement au niveau du sommet de l'aube.

Selon encore une autre alternative pour laquelle le circuit de refroidissement comporte au moins deux cavités, le déflecteur d'air peut être positionné au niveau d'un passage faisant communiquer l'extrémité radiale de l'une des cavités avec une extrémité radiale voisine de l'autre cavité.

L'invention a également pour objet une turbine à gaz et une turbomachine ayant une pluralité d'aubes telles que définies précédemment.

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 longitudinale d'une aube mobile de turbine à gaz selon un mode de réalisation de l'invention ;
 - 5 - la figure 2 est une vue en coupe selon II-II de la figure 1 ;
 - la figure 3 est une loupe d'un détail de la figure 2 ;
 - la figure 4 est une vue en coupe selon IV-IV de la figure 1 ; et
 - la figure 5 est une vue partielle et en coupe longitudinale d'une aube mobile de turbine à gaz selon un autre mode de réalisation de l'invention.
- 10

Description détaillée d'un mode de réalisation

Les figures 1 à 4 représentent une aube mobile 10 de turbomachine, telle qu'une aube mobile de turbine haute-pression. Bien entendu, l'invention peut aussi bien s'appliquer à d'autres aubes mobiles d'une turbine à gaz de turbomachine, ainsi qu'à des aubes fixes d'une turbine à gaz de turbomachine.

15

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. Cette surface aérodynamique se compose d'un bord d'attaque 16 disposé en regard de l'écoulement des gaz chauds issus de la chambre de combustion de la turbomachine, d'un bord de fuite 18 opposé au bord d'attaque 16, d'une face latérale intrados 20 et d'une face latérale extrados 22, ces faces latérales 20, 22 reliant le bord d'attaque 16 au bord de fuite 18.

20

25

L'aube 10 est munie d'un circuit interne de refroidissement du type formé par au moins une cavité s'étendant radialement entre le pied 12 et le sommet 14 de l'aube, au moins une ouverture d'admission d'air à une extrémité radiale de la cavité et au moins un orifice de sortie d'air s'ouvrant dans la cavité et débouchant sur l'une des faces de l'aube.

30

Sur l'exemple de réalisation des figures 1 à 4, le circuit interne de refroidissement de l'aube se compose d'une cavité bord d'attaque 24 disposée du côté du bord d'attaque 16 de l'aube, de trois cavités centrales 26, 28 et 30 disposées dans une partie centrale de l'aube et d'une cavité bord de fuite 32 disposée du côté du bord de fuite 18 de l'aube. Ces

35

différentes cavités 24, 26, 28, 30 et 32 s'étendent depuis la face intrados 20 jusqu'à la face extradados 22 de l'aube.

5 Une ouverture d'admission d'air 34 est prévue à une extrémité radiale de la cavité bord d'attaque 24 (ici au niveau du pied 12 de l'aube) afin d'alimenter en air le circuit de refroidissement.

10 Un premier passage 36 fait communiquer l'autre extrémité radiale de la cavité bord d'attaque 24 avec une extrémité radiale voisine de la cavité centrale 26 adjacente. Un deuxième passage 38 et un troisième passage 40 font communiquer respectivement la cavité centrale 26 avec la cavité centrale 28 adjacente et cette dernière avec la cavité centrale 30 restante. Enfin, un quatrième passage 42 fait communiquer la cavité centrale 30 avec la cavité bord de fuite 32.

15 Le circuit de refroidissement intrados comporte aussi des orifices de sortie 44 s'ouvrant dans la cavité bord de fuite 32 et débouchant sur la face intrados 20 de l'aube au niveau du bord de fuite 18 de cette dernière. Ces orifices 44 sont régulièrement répartis sur toute la hauteur radiale de l'aube.

20 Des perturbateurs d'écoulement de l'air 46 destinés à accroître les transferts thermiques peuvent être prévus le long des parois des différents cavités 24, 26, 28, 30 et 32 du circuit de refroidissement. Ces perturbateurs d'écoulement 46 peuvent se présenter sous la forme de nervures qui sont droites ou inclinées par rapport à l'axe de rotation de l'aube, sous la forme de picots ou encore sous toutes autres formes équivalentes.

25 Bien entendu, tout autre mode de réalisation du circuit interne de refroidissement de l'aube du type décrit précédemment est applicable à l'invention. Notamment, le nombre, la forme et la disposition des cavités, ainsi que la quantité et la disposition des orifices d'admission d'air, des passages de communication et des orifices de sortie peuvent varier selon le circuit de refroidissement.

30 Selon l'invention, au moins l'une des parois de l'une (ou de plusieurs) des cavités 24, 26, 28, 30 et 32 du circuit de refroidissement comporte au moins un déflecteur d'air 48, 48'.

35 Un exemple d'emplacement d'un tel déflecteur d'air 48 est notamment visible sur les figures 2 et 3. Sur ces figures, le déflecteur d'air

48 est positionné sur la paroi 24a de la cavité bord d'attaque 24 qui est disposée du côté extradados 22 de l'aube.

Un autre exemple d'emplacement d'un tel déflecteur d'air 48' est représenté sur la figure 4. Sur cette figure, le déflecteur d'air 48' est disposé sur la paroi 26a de la cavité centrale 26 adjacente à la cavité bord d'attaque 24 qui est disposée du côté extradados 22 de l'aube.

Toujours selon l'invention, la forme et les dimensions du déflecteur d'air 48, 48' sont adaptées pour projeter l'air s'écoulant le long de la paroi 24a, 26a de la cavité 24, 26 vers une paroi opposée 24b, 26b de la cavité tout en évitant un recollement de la couche limite immédiatement en aval du déflecteur d'air.

Par recollement de la couche limite immédiatement en aval du déflecteur d'air 48, 48', il faut comprendre que l'écoulement de l'air en aval du déflecteur s'effectue principalement le long de la paroi 24b, 26b opposée à la paroi 24a, 26a sur laquelle est implanté le déflecteur d'air. Aussi, dans la zone 50, 50' immédiatement en aval du déflecteur d'air 48, 48', l'écoulement de l'air le long de la paroi 24a, 26a d'emplacement du déflecteur est faible. A titre d'exemple, cette zone 50, 50' de faible écoulement de l'air s'étend sur une hauteur radiale de l'aube de l'ordre de 20% environ de la hauteur radiale totale de l'aube.

Par rapport aux perturbateurs d'écoulement de l'air qui sont utilisés pour accroître les transferts thermiques, le déflecteur d'air selon l'invention se distingue en ce qu'il consiste, d'une part à projeter l'air sur la paroi opposée à celle de son implantation, et d'autre part à éviter un recollement immédiat de la couche limite. En revanche, un perturbateur d'écoulement de l'air a pour fonction essentielle d'augmenter la turbulence de l'écoulement de l'air au voisinage immédiat du perturbateur tout en cherchant à recoller le flux en aval de celui-ci. Comme représenté sur les figures 1 à 4, la présence de perturbateurs d'écoulement d'air 46 avec le déflecteur d'air 48, 48' selon l'invention n'est d'ailleurs pas incompatible.

La figure 3 représente de façon plus précise un mode de réalisation d'un déflecteur d'air 48 selon l'invention.

Le déflecteur d'air 48 comporte une rampe 52 qui est inclinée par rapport à la paroi 24a de la cavité 24 sur laquelle le déflecteur est implanté de façon à projeter l'air s'écoulant le long de cette paroi 24a vers la paroi opposée 24b.

De façon avantageuse, la rampe inclinée 52 du déflecteur d'air 48 possède une longueur \underline{L} qui est comprise entre 2 et 4 fois sa hauteur \underline{h} . Par exemple, pour une cavité de refroidissement 24 ayant une largeur \underline{d} (c'est-à-dire la distance séparant ses parois 24a, 24b) de l'ordre de 4 mm, la rampe 52 du déflecteur d'air 48 possède une hauteur \underline{h} de l'ordre de 1,5 mm et une longueur \underline{L} comprise entre 3 et 5 mm. A titre de comparaison, pour une cavité de refroidissement 24 ayant une largeur \underline{d} de l'ordre de 3 mm, un perturbateur d'écoulement de l'air 46 tel que décrit précédemment possède une hauteur comprise entre 0,4 et 0,5 mm.

Toujours de façon avantageuse, la rampe inclinée 52 du déflecteur d'air 48 est arrondie et présente un rayon de courbure \underline{R} compris entre 20 et 30 mm. Cette valeur est donnée à titre d'exemple pour une cavité de refroidissement 24 ayant une largeur \underline{d} de l'ordre de 4 mm. Un rayon de courbure \underline{R} aussi important par rapport à la largeur \underline{d} de la cavité 24 permet de déplacer l'air s'écoulant le long de la paroi 24a vers la paroi opposée 24b sans pour autant l'accélérer brutalement. On notera également que le rayon de courbure \underline{R} de la rampe 52 du déflecteur est de préférence supérieur à la longueur \underline{L} sur laquelle s'étend cette rampe.

Du côté opposé à la rampe inclinée 52, le déflecteur d'air 48 présente une autre rampe arrondie 54 dont le rayon de courbure \underline{r} et la longueur \underline{l} sur laquelle elle s'étend sont calculés de façon à éviter un recollement de la couche limite immédiatement en aval du déflecteur d'air. Notamment, le rayon de courbure \underline{r} de cette autre rampe 54 doit être le plus faible possible pour atteindre ce but.

Sur l'exemple de réalisation des figures 1 à 3, l'écoulement de l'air dans la cavité bord d'attaque 24 est centrifuge, c'est-à-dire que l'air s'écoule du pied 12 vers le sommet 14 de l'aube. Dans ce type d'écoulement, le déflecteur d'air 48 est avantageusement disposé sur la paroi de la cavité 24 du circuit de refroidissement au niveau d'une zone d'attache de l'aube. Cette zone d'attache s'étend depuis l'extrémité radiale de l'aube située du côté de son pied 12 jusqu'à une plate-forme 56 délimitant la paroi interne de la veine d'écoulement des gaz traversant la turbine à gaz. Un tel emplacement du déflecteur d'air permet d'obtenir un échange thermique interne optimum à l'intrados de l'aube.

Sur l'exemple de réalisation de la figure 4, l'écoulement de l'air dans la cavité centrale 26 est centripète, c'est-à-dire que l'air s'écoule du

sommet 14 vers le pied 12 de l'aube. Dans ce type d'écoulement, le déflecteur d'air 48' est avantageusement disposé sur la paroi de la cavité 26 du circuit de refroidissement au niveau du sommet 14 de l'aube. Un tel emplacement permet d'obtenir un échange thermique interne optimum à l'intrados de l'aube.

On notera par ailleurs que la forme et les dimensions du déflecteur d'air 48' de ce mode de réalisation représenté par la figure 4 sont identiques à celles décrites en liaison avec les figures 1 à 3.

En liaison avec la figure 5, on décrira maintenant un autre exemple d'emplacement d'un déflecteur d'air 48'' selon l'invention.

Dans ce mode de réalisation, le déflecteur d'air 48'' est positionné au niveau d'un passage 100 faisant communiquer l'extrémité radiale d'une cavité 102 d'un circuit interne de refroidissement d'une aube avec une extrémité radiale voisine d'une autre cavité 104 qui lui est adjacente. Un tel passage de communication 100 peut par exemple être l'un des passages 36 à 40 de l'aube des figures 1 à 3.

Le déflecteur d'air 48'' est disposé sur l'une des parois 104a de la cavité 104 et sa forme et ses dimensions sont adaptées pour projeter l'air s'écoulant le long de cette paroi 104a vers la paroi opposée 104b tout en évitant un recollement de la couche limite immédiatement en aval du déflecteur d'air.

De façon plus précise, le déflecteur d'air 48'' est positionné de telle sorte que l'air circulant dans la cavité 102 est projeté au niveau de son « retournement » dans la cavité adjacente 104 (c'est-à-dire au niveau du passage de communication 100) vers une zone 106 de circulation de l'air qui est située au niveau de l'extrémité radiale de la paroi opposée 104b de la cavité adjacente 104. Une telle zone 106 est d'ordinaire une zone dans laquelle la circulation de l'air est faible et non perturbée.

Dans cet exemple de réalisation, le déflecteur d'air 48'' permet donc d'éviter tout risque de décollement de la couche limite au niveau de la zone de « retournement » de l'air entre les deux cavités 102, 104 du circuit de refroidissement.

REVENDICATIONS

1. Aube de turbine à gaz comportant un circuit de refroidissement interne se composant d'au moins une cavité s'étendant radialement entre le pied et le sommet de l'aube, au moins une ouverture d'admission d'air à une extrémité radiale de la cavité et au moins un orifice de sortie d'air s'ouvrant dans la cavité et débouchant sur l'une des faces de l'aube, au moins une première paroi de ladite cavité du circuit de refroidissement comportant au moins un déflecteur d'air dont la forme et les dimensions sont adaptées pour projeter l'air s'écoulant le long de ladite première paroi de la cavité vers une seconde paroi opposée de ladite cavité tout en évitant un recollement de la couche limite immédiatement en aval dudit déflecteur d'air, dans laquelle le déflecteur d'air présente une rampe inclinée qui est arrondie et qui possède une longueur (L) comprise entre 2 et 4 fois sa hauteur (h) de façon à projeter l'air s'écoulant le long de la première paroi de la cavité vers la seconde paroi opposée, la rampe inclinée du déflecteur d'air présentant une hauteur (h) correspondant environ à 37,5% de la distance séparant les première et seconde parois de la cavité du circuit de refroidissement.

2. Aube selon la revendication 1, dans laquelle la rampe inclinée du déflecteur d'air présente un rayon de courbure (R) compris entre 20 et 30 mm.

3. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle la première paroi de la cavité du circuit de refroidissement comportant le déflecteur d'air est disposée du côté extradados de l'aube et la seconde paroi de ladite cavité sur laquelle est projetée l'air est disposée du côté intrados de l'aube.

4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle le déflecteur d'air est disposé sur la première paroi de la cavité du circuit de refroidissement au niveau d'une zone d'attache de l'aube.

5. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle le déflecteur d'air est disposé sur la première paroi de la cavité du circuit de refroidissement au niveau du sommet de l'aube.

6. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle le circuit de refroidissement interne comporte au moins deux cavités, le déflecteur d'air étant positionné au niveau d'un passage faisant communiquer l'extrémité radiale d'une première cavité avec une extrémité radiale voisine d'une seconde cavité.

7. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle les parois de la cavité du circuit de refroidissement sont munies d'une pluralité de perturbateurs d'écoulement destinés à accroître les transferts thermiques le long de ces parois.

8. Turbine à gaz comportant une pluralité d'aubes selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Turbomachine comportant une turbine à gaz ayant une pluralité d'aubes selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

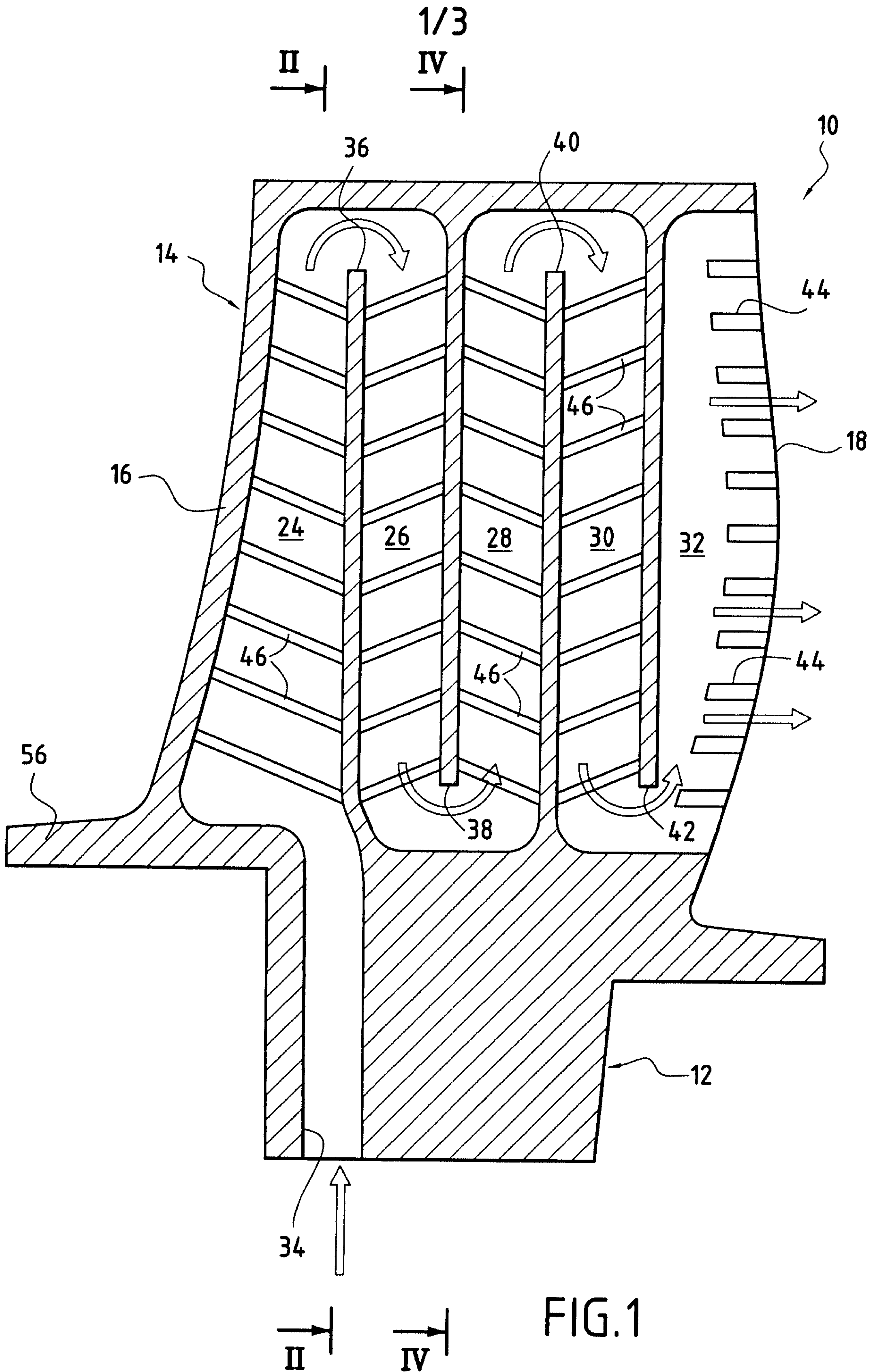


FIG.1

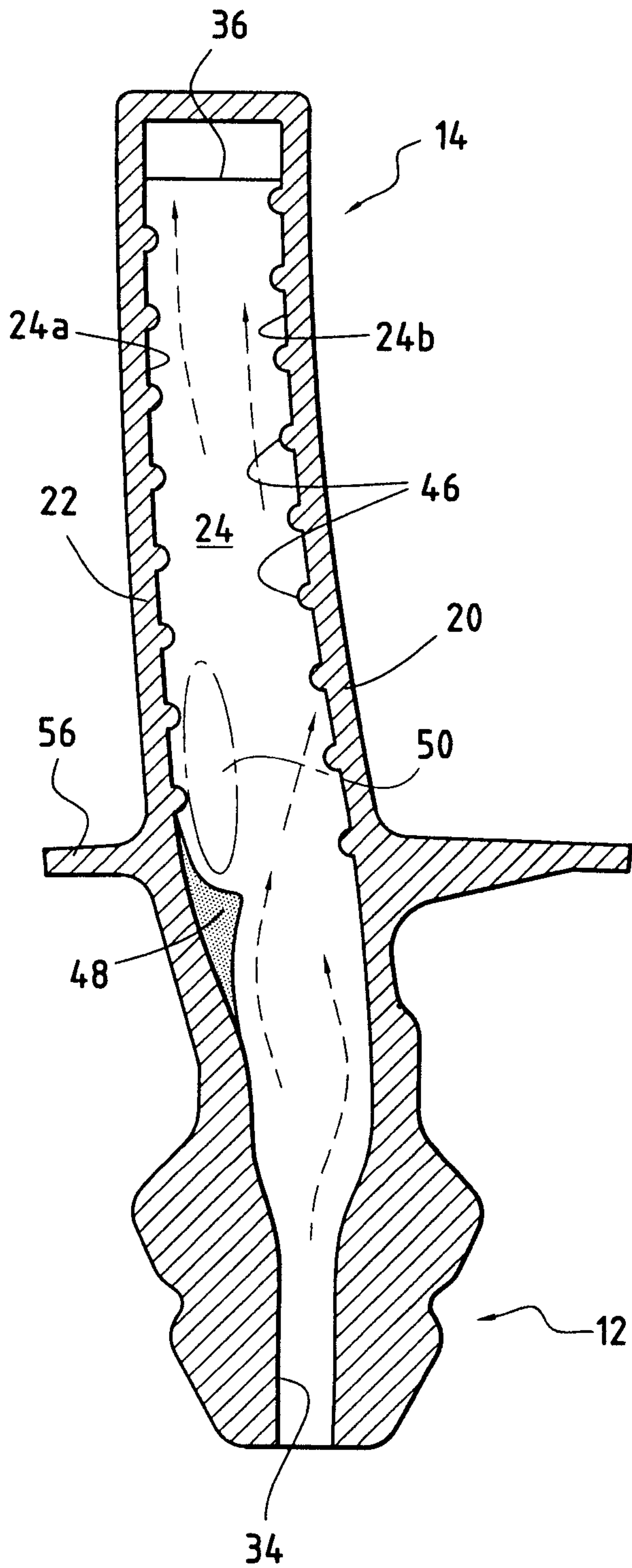


FIG. 2

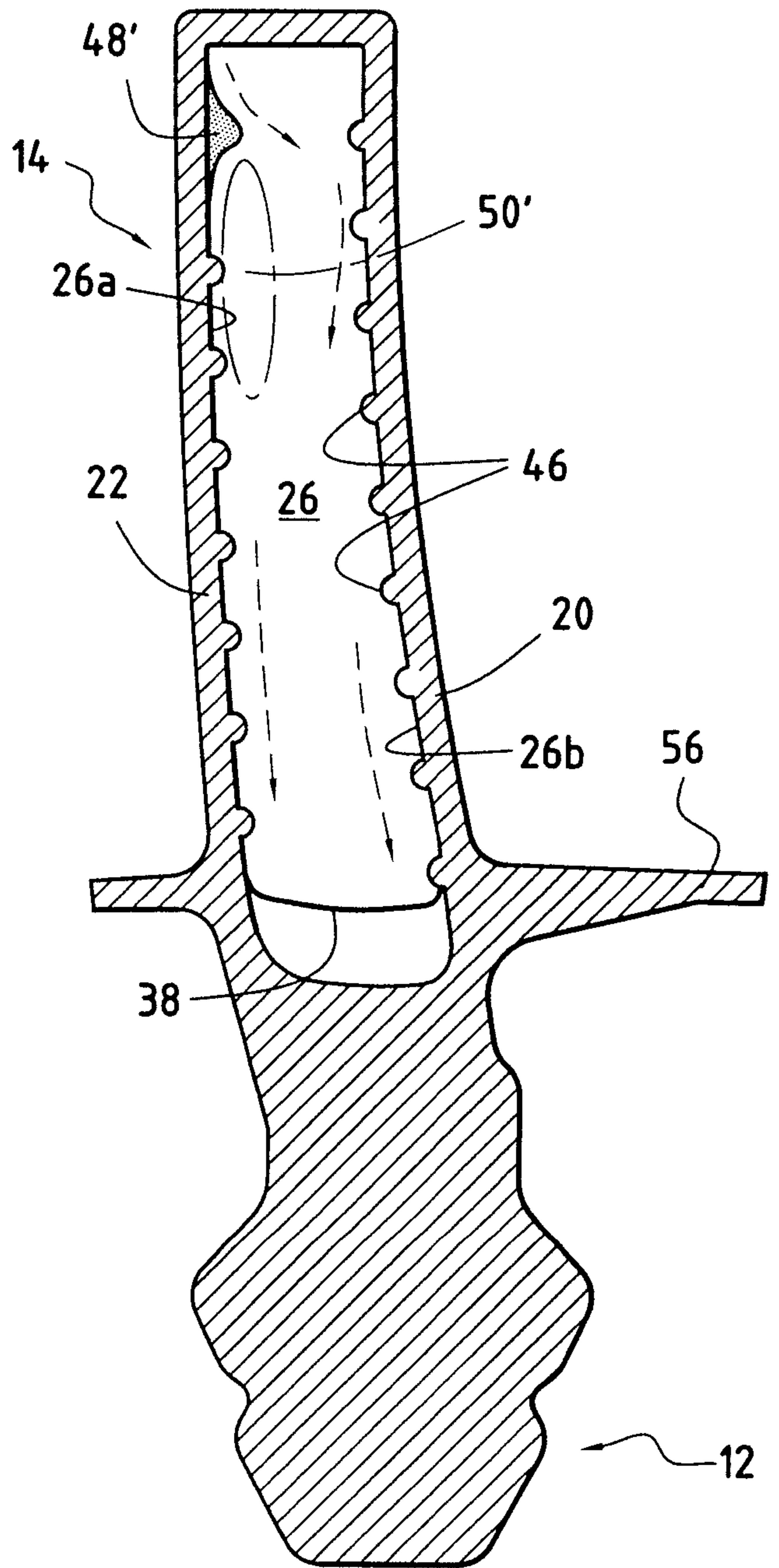


FIG. 4

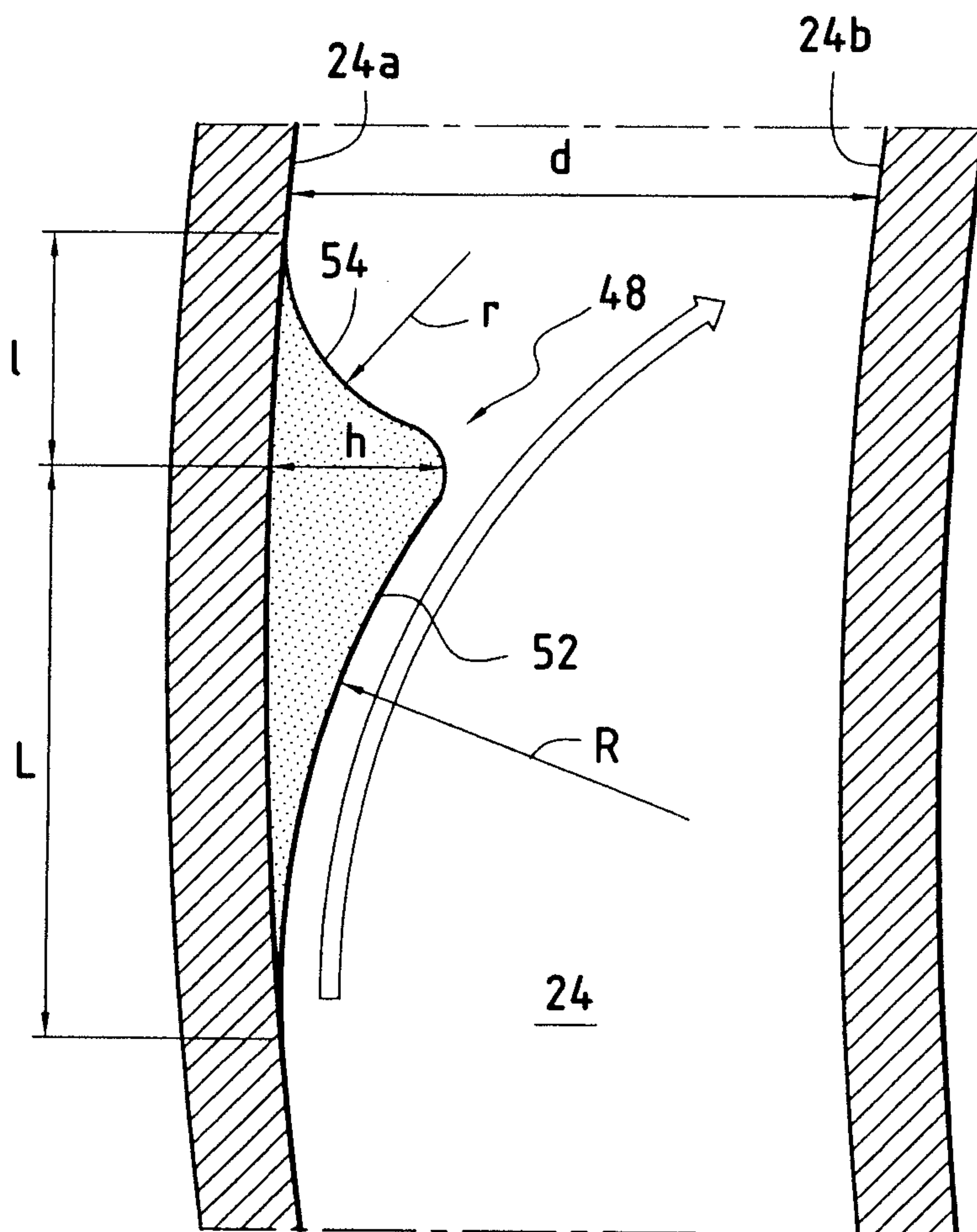


FIG. 3

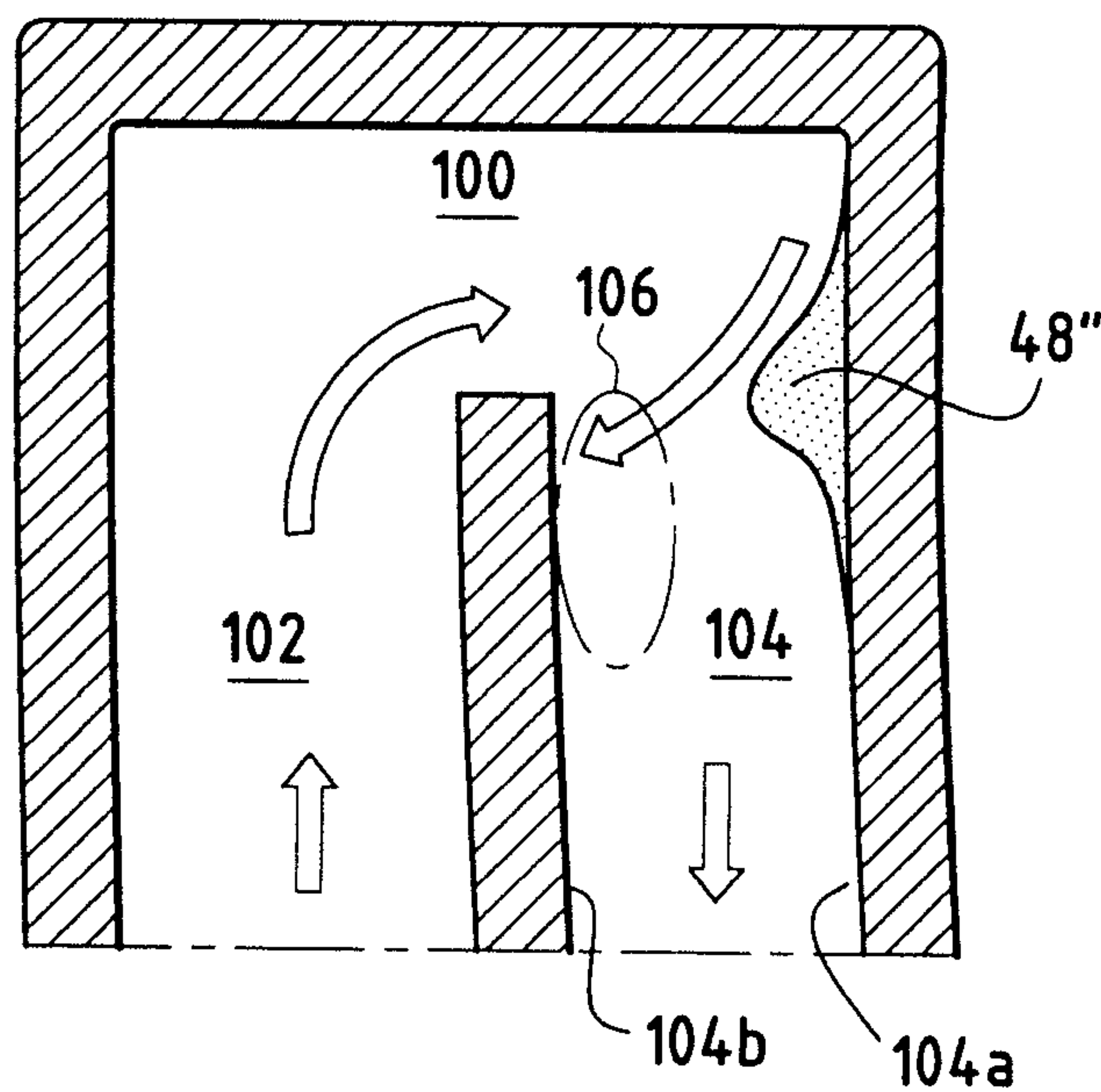


FIG. 5

