



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 887 515 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.08.2003 Bulletin 2003/33

(51) Int Cl.7: **F01D 5/18**

(21) Numéro de dépôt: **98401558.6**

(22) Date de dépôt: **25.06.1998**

(54) **Aubage refroidi par rampe hélicoidale, par impact en cascade et par système à pontets dans une double peau**

Beschaufelung mit einer schraubenförmigen Rampe mit serieller Prallkühlung durch ein doppelwandiges Rippensystem

Blading with a helical ramp having a serial impingement cooling through a system of ribs in a double shell wall

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **26.06.1997 FR 9707988**

(43) Date de publication de la demande:
30.12.1998 Bulletin 1998/53

(73) Titulaire: **Snecma Moteurs**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Bailly, Yves Maurice**
77310 St Fargeau Ponthierry (FR)
• **Coudray, Xavier, Gérard André**
71150 Chagny (FR)
• **Derrien, Mischael François Louis**
77480 Mouy sur Seine (FR)

- **Fougeres, Jean-Michel Roger**
49000 Angers (FR)
- **Pellier, Philippe Christian**
77000 Melun (FR)
- **Taillant, Jean-Claude Christian**
77000 Vaux le Penil (FR)
- **Tassin, Thierry Henri Marcel**
91800 Brunoy (FR)
- **Texier, Christophe Bernard**
77000 Melun (FR)

(56) Documents cités:
DE-A- 3 306 894 **DE-C- 853 534**
FR-A- 2 311 176 **FR-A- 2 678 318**
US-A- 2 843 354 **US-A- 4 173 120**
US-A- 4 992 026 **US-A- 5 464 322**

EP 0 887 515 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 les aubages des turbines à haute pression des turbomachines.

[0002] Les aubes fixes et mobiles des turbines à haute pression sont soumises aux températures élevées des gaz de combustion de la chambre de combustion. Aussi les pales de ces aubes sont équipées de dispositifs de refroidissement alimentés avec un air de refroidissement prélevé au niveau du compresseur à haute pression. Cet air de refroidissement transite par des circuits prévus à l'intérieur de l'aube, puis est évacué dans la veine de gaz chauds circulant entre les aubes.

[0003] Dans les aubes mobiles, l'air de refroidissement pénètre dans les pales par le pied d'aube, mais dans les aubes fixes, l'air de refroidissement peut être introduit par une embase de l'aube fixe, soit en pied d'aube soit en tête d'aube, le pied d'aube étant l'extrémité de l'aube la plus proche de l'axe de rotation de la turbine.

[0004] On connaît par US-A-4 992 026 une aube de turbine comportant une paroi aérodynamique creuse qui s'étend radialement entre un pied d'aube et une tête d'aube et qui présente un bord d'attaque et un bord de fuite, séparés l'un de l'autre et reliés par une paroi latérale concave ou intrados et une paroi latérale convexe ou extrados et comportant en outre un dispositif de refroidissement prévu à l'intérieur de ladite aube, alimenté en air de refroidissement par le pied d'aube et destiné à diriger l'air de refroidissement contre les surfaces intérieures desdites parois latérales.

[0005] En outre, cette aube comporte deux cloisons radiales qui relient lesdites parois latérales concave et convexe et qui séparent l'intérieur de ladite aube en une cavité amont située près du bord d'attaque, une cavité médiane située entre lesdites cloisons radiales et une cavité aval située du côté du bord de fuite, la cavité amont et la cavité médiane sont alimentées en air par une entrée prévue en pied d'aube, cet air s'évacuant ensuite desdites cavités par des orifices ménagés en tête d'aube, tandis que la cavité aval est alimentée en air par une entrée séparée prévue en pied d'aube, cet air s'évacuant ensuite par une pluralité de fentes ménagées dans le bord de fuite.

[0006] Le but de l'invention est de proposer une aube de turbine dans laquelle le dispositif de refroidissement utilise au mieux les capacités de l'air de refroidissement, afin de réduire le débit de ventilation et donc d'augmenter le rendement du moteur. Selon l'invention, cette aube est caractérisée par le fait que le dispositif de refroidissement comporte

- dans la cavité amont, une rampe hélicoïdale qui s'étend entre le pied d'aube et la tête d'aube,
- dans la cavité médiane, une chemise prenant appui sur les parois internes des cloisons radiales et maintenue à distance des parois latérales de l'aube par des éléments en saillie, cette chemise présen-

tant en face des parois latérales de l'aube une pluralité d'orifices pour refroidir ces parois latérales par impact, et

- dans la cavité aval, une cloison transversale obturant l'extrémité inférieure de ladite cavité et une troisième cloison radiale séparant ladite cavité en une partie amont et une partie aval près du bord de fuite, ces deux parties communiquant entre elles par une ouverture prévue en pied de ladite troisième cloison, et les cloisons latérales de l'aube au droit de la partie amont étant constituées de doubles peaux reliées par des pontets, et entre lesquelles circule un débit d'air de refroidissement introduit en pied d'aube, ce débit pénétrant ensuite dans la partie amont en tête d'aube, puis entrant dans la partie aval par ladite ouverture d'où elle s'évacue par la pluralité de fentes.

[0007] Avantageusement la paroi interne de la cavité amont comporte des perturbateurs. Ces perturbateurs peuvent être constitués de nervures, de picots ou de pontets reliant la paroi interne de l'aube à l'âme de la rampe hélicoïdale.

[0008] La chemise de la cavité médiane comporte avantageusement une pluralité de compartiments juxtaposés qui sont alimentés successivement par un même débit d'air. Le premier compartiment est alimenté en air par le pied d'aube, et les compartiments suivants sont alimentés par le débit d'air issu du compartiment précédent et ayant impacté les parois latérales de l'aube, par des fentes prévues dans les parois de la chemise sous les éléments en saillie, ces derniers étant constitués de nervures transversales.

[0009] La rampe hélicoïdale permet d'augmenter très significativement le coefficient d'échange interne pour le refroidissement de l'aube dans la zone du bord d'attaque.

[0010] Le système d'impact en cascade, disposé dans la cavité médiane, permet d'utiliser tout le potentiel de l'air de refroidissement avant qu'il ne soit réintroduit dans la veine.

[0011] Avec le système à pontets prévu dans la cavité aval, on dispose d'un système de refroidissement efficace, proche des zones chaudes, et très facilement modulable.

[0012] La combinaison de ces technologies de refroidissement permet d'optimiser la ventilation des aubages de turbine en utilisant au maximum le potentiel de l'air de refroidissement et en ayant un dimensionnement thermique conduisant à une durée de vie mécanique optimale.

[0013] La conception de l'aube selon l'invention permet de réduire le débit de ventilation et donc d'augmenter le rendement du moteur.

[0014] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non-limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est une vue de dessus de l'aube selon l'invention ;

la figure 2 est une coupe axiale de l'aube de la figure 1, cette coupe étant faite selon la surface axiale curviligne représentée par la ligne II-II sur la figure 1 ; la figure 3 est une vue en perspective de la rampe hélicoïdale montée dans la cavité amont ;

les figures 4 à 7 sont des écorchés du bord d'attaque de l'aube, qui montrent la disposition de la rampe hélicoïdale dans la cavité amont, et divers types de perturbateurs ;

les figures 8 à 10 sont des coupes transversales de l'aube, prises à différentes distances du pied d'aube, respectivement selon les lignes VIII-VIII, IX-IX et X-X de la figure 2 ;

la figure 11 est une coupe de l'aube de la figure 2 faite selon un plan radial passant par un axe médian de la cavité médiane et représenté par la ligne XI-XI sur la figure 2 ;

la figure 12 est une coupe de l'aube de la figure 2 selon un plan radial coupant la cavité aval et représenté par la ligne XII-XII sur la figure 2 ;

la figure 13 est une coupe selon un plan médian d'une double peau formant la paroi externe de la cavité aval, plan représenté par la ligne XIII-XIII sur la figure 12 ;

la figure 14 est semblable à la figure 13 et montre une autre disposition des pontets reliant les doubles peaux.

[0015] Le dessin montre une aube mobile 1 d'une turbine à haute pression qui comporte une paroi aérodynamique creuse 2, également dénommée pale qui s'étend radialement entre un pied d'aube 3 et une tête d'aube 4. La paroi aérodynamique 2 présente quatre zones distinctes: un bord d'attaque 5 arrondi destiné à être disposé en regard du flux de gaz chauds issus de la chambre de combustion, un bord de fuite effilé 6, éloigné du bord d'attaque et relié à ce dernier par une paroi latérale concave 7, dénommée intrados, et une paroi latérale convexe 8, dénommée extrados.

[0016] Les parois latérales 7 et 8 sont reliées par deux cloisons radiales 9 et 10 qui séparent l'intérieur de l'aube 1 en trois cavités : une cavité amont 11 située au voisinage immédiat du bord d'attaque 5, une cavité médiane 12 située entre les deux cloisons radiales 9 et 10 et une cavité aval 13 située du côté du bord de fuite 6. La cavité aval 13 est la plus large et occupe environ les deux tiers de l'étendue de l'aube 1.

[0017] Une troisième cloison radiale 14 sépare en outre la cavité aval 13 en une partie amont 15 et une partie aval 16 près du bord de fuite 6. Une cloison transversale 17 obture l'extrémité inférieure de la cavité aval 13. La partie amont 15 et la partie aval 16 communiquent entre elles par une ouverture 18 ménagée en pied de la troisième cloison 14. Dans la partie effilée du bord de fuite 6 sont ménagées une pluralité de fentes 19 qui mettent en communication la partie aval 16 de la cavité

aval 13 avec la veine de gaz de combustion qui s'écoule le long des parois latérales 7 et 8 de l'aube 1.

[0018] Ainsi qu'on le voit sur les figures 1 et 2, un orifice 20 est ménagé dans la paroi de la tête d'aube 4 au droit de la cavité amont 11, et un deuxième orifice 21, de forme oblongue, est ménagé dans la tête d'aube 4, au dessus de la cavité médiane 12.

[0019] Dans le pied d'aube 3, sont ménagés deux conduits séparés 22 et 23 destinés à fournir de l'air de refroidissement. Le premier conduit 22 alimente directement en air de refroidissement les extrémités inférieures de la cavité amont 11 et de la cavité médiane 13, ainsi que cela est montré sur les figures 2 et 11, tandis que le deuxième conduit 23 alimente en air de refroidissement la partie amont 15 de la cavité aval 13 au voisinage de la tête d'aube 4, cet air ayant transité à l'intérieur des deux parois latérales 6 et 7 constituées de doubles peaux reliées par des pontets 24 au moins droit de la partie amont 15, ainsi que cela est représenté sur les

figures 12 à 14.

[0020] L'aube 1 est réalisée au niveau de sa paroi aérodynamique creuse 2 en deux demi-aubes réunies ultérieurement par brasage, la coupure entre les deux demi-aubes se faisant au niveau du squelette, ou l'aube peut être réalisée en fonderie.

[0021] Ainsi qu'on le voit sur les figures 2 à 7, la cavité amont 11 située près du bord d'attaque 5 est refroidie par convection par l'intermédiaire d'une rampe hélicoïdale 30.

[0022] Cette rampe 30 peut être obtenue par fonderie et être monobloc avec une demi-aube, ou bien rapportée dans la cavité amont 11 et brasée.

[0023] Dans ce dernier cas, on a intérêt à utiliser un matériau avec une forte conductivité pour augmenter l'efficacité du refroidissement de ce circuit de ventilation.

[0024] La rampe hélicoïdale 30 représentée sur la figure 3 comporte deux filets 31a, 31b, cependant cette rampe 30 peut ne posséder qu'un seul filet ou plus de deux, suivant les besoins.

[0025] Le corps central 32, ou âme, de la rampe 30 n'est pas nécessairement cylindrique, il peut avoir une section évolutive sur la hauteur dans le but de moduler à souhait la section de passage de l'air de refroidissement afin de réguler le niveaux de coefficient d'échange.

[0026] Dans la cavité amont 11, l'air de refroidissement circule dans un système de refroidissement du type "vis-sans-fin" qui part du pied 3 de l'aube et se termine à la tête de l'aube 5, d'où l'air s'évacue par l'orifice 20. Ce système permet d'augmenter sensiblement le parcours de l'écoulement d'air et d'augmenter, à débit de refroidissement fixé, la vitesse de l'écoulement par rapport à celle obtenue dans une cavité purement radiale.

[0027] Le niveau de coefficient d'échange se trouve ainsi renforcé. De plus, cet écoulement tournant aura tendance à accentuer l'échange sur la paroi de l'aube

au voisinage du bord d'attaque 5, l'air étant projeté sur l'extérieur de la rampe hélicoïdale 30 par effet centrifuge.

[0028] Comme on le voit sur les figures 4 à 7, plusieurs aménagements sont proposés en association avec la rampe hélicoïdale 30.

[0029] Sur la figure 4, la rampe hélicoïdale est placée dans la cavité amont 11 dont la paroi interne est lisse.

[0030] Sur la figure 5, on voit que des perturbateurs 33 sous la forme de nervures inclinées sont disposés soit sur la paroi interne de la cavité amont 11, soit sur la rampe hélicoïdale.

[0031] Ainsi qu'on le voit sur la figure 6, les perturbateurs peuvent être constitués de pontets 34 qui relient la paroi interne de la cavité amont 11 à l'âme 32 de la rampe hélicoïdale 30. Ces pontets 34 peuvent être disposés en quinconce.

[0032] Sur la figure 7, on voit que les perturbateurs peuvent être constitués par des picots 35 disposés en quinconce ou non sur la paroi interne de la cavité amont 11.

[0033] Le dispositif de refroidissement décrit ci-dessus est mis en place dans la cavité amont 11 situé au voisinage immédiat du bord d'attaque 5. Ce dispositif pourrait également être placé dans d'autres cavités.

[0034] L'air de refroidissement dans cette cavité amont 11 circule de manière centrifuge, du pied d'aube 3 vers la tête d'aube 5. Mais le circuit peut être inversé, notamment dans les aubes fixes des distributeurs de turbine, par exemple. Plusieurs rampes hélicoïdales peuvent également équiper une cavité avec retournement du circuit de refroidissement en pied ou en tête d'aube.

[0035] La cavité médiane 12 est refroidie par convection en utilisant la technologie d'impact en cascade par un air de refroidissement introduit dans la partie inférieure de la cavité 12 à partir du conduit 22 ménagé dans le pied d'aube 3.

[0036] Les figures 2 et 8 à 11 montrent qu'une chemise 40 est introduite dans la cavité médiane 12. Cette chemise 40 est réalisée par un assemblage mécanosoudé d'un ensemble de tôles préalablement percées pour réaliser des orifices d'impact 41, et des fentes 42 ou peut être réalisée directement en fonderie.

[0037] La chemise 40 se présente sous la forme d'une cheminée, dont deux parois latérales opposées 43 et 44 prennent appui sur les parois internes des cloisons radiales 9 et 10 et dont les deux autres parois opposées 45 et 46, qui comportent les orifices d'impact 41 et les fentes 42, sont maintenues à une certaine distance des parois latérales 7 et 8 de l'aube 1 par des éléments en saillie 47, sous forme de nervures transversales, formées sur les parois 45 et 46 et régulièrement répartis entre le pied d'aube 3 et la tête d'aube 4.

[0038] La cavité interne de la chemise 40 est partagée en un certain nombre de compartiments, référencés C1 à C7 sur la figure 11, au moyen de cloisons transversales 48 disposées respectivement, en partant du pied

d'aube 3, sous un couple d'éléments en saillie 47 et séparées de ces éléments en saillie 47 par deux fentes 42 en regard des parois 7 et 8 de l'aube 1. La cloison supérieure 48a est écartée de la paroi formant la tête d'aube 4, afin que l'air de refroidissement évacué de la cavité C7 puisse s'évacuer par l'orifice 21.

[0039] Le circuit de refroidissement dans la cavité médiane 12 s'effectue de la manière suivante

[0040] L'air est amené par le conduit 22 dans le compartiment C1 de la chemise 40, puis est évacué du compartiment C1 par les orifices d'impact 41, afin de frapper les parois internes de l'intrados 7 et de l'extrados 8 de l'aube 1 au voisinage du pied d'aube 3. Après impact, l'air est introduit dans le deuxième compartiment C2 par les premières fentes 42, puis évacué par les orifices d'impact 21 du compartiment C2 pour être ensuite réintroduit dans le troisième compartiment C3. L'air circule de cette manière jusqu'au compartiment supérieur C7, d'où il impacte les parois internes de l'intrados 7 et de l'extrados 8 au voisinage de la tête d'aube 4, puis est évacué hors de l'aube L par l'orifice 21.

[0041] Le nombre de compartiments peut être différent de 7, et le nombre d'orifices d'impact 41 peut être différent d'un compartiment à l'autre.

[0042] La chemise 40 décrite ci-dessus pourrait également être montée dans une cavité voisine du bord d'attaque ou du bord de fuite. Elle peut s'adapter aussi bien aux aubages fixes qu'aux aubages mobiles. Pour les aubages fixes, l'alimentation peut se faire par la tête d'aube 4, et les compartiments C1 à C7 peuvent être disposés radialement, comme dans l'exemple décrit ci-dessus, ou être disposés axialement du bord d'attaque 5 vers le bord de fuite 6 ou inversement. Ce dispositif peut s'appliquer aussi bien pour de l'impact réparti (plusieurs rangées d'orifices) que pour de l'impact concentré (une seule rangée d'orifices 41).

[0043] Ainsi que cela a été mentionné plus haut, l'intrados 7 et l'extrados 8 comportent au niveau de la partie amont 15 de la cavité aval 13 des double peaux 7a, 7b et 8a, 8b, reliées par des pontets 24. Les peaux internes 7b, 8b sont reliées au voisinage du pied d'aube 3 par la cloison transversale 17. Ces deux peaux internes 7b, 8b s'étendent jusqu'au voisinage de la cloison formant la tête d'aube 4, tout en réservant des passages 50a, 50b près de la tête d'aube 4 par lesquels, l'air introduit par l'orifice 23 du pied d'aube 3, et ayant circulé de manière centrifuge entre les peaux 7a, 7b de l'intrados 7 et les peaux 8a, 8b de l'extrados 8, s'évacue dans la partie amont 15 de la cavité aval. Cet air de refroidissement circule de manière centripète dans cette partie amont 15, puis entre dans la partie aval 16 par l'ouverture 18. L'air remonte enfin de manière centrifuge dans la partie aval 16 et s'évacue dans la veine de gaz chauds par les fentes 19 ménagées dans le bord de fuite 6. L'air de refroidissement introduit par l'orifice 23 est divisé en deux débits B1 et B2 par la cloison transversale 17. Ces deux débits B1 et B2 circulent de manière centrifuge au travers de la multitude de pontets 24. Ces pontets 24

sont obtenus en fonderie lors de la coulée. Ces pontets 24 peuvent être disposés en quinconce (voir figure 13) ou disposés en ligne (voir figure 14). La forme des pontets peut être quelconque, de section cylindrique, carrée, oblongue Ce dispositif peut également être utilisé pour le refroidissement des zones s'étendant jus-

qu'au bord d'attaque.
[0044] La constitution des circuits internes de refroidissement se réalise en assemblant les pièces rapportées, rampe hélicoïdale 30 et chemise 40 mécano-soudée, dans une des demi-aubes, puis en rapportant l'autre demi-aube sur la précédente et en brasant ensuite l'ensemble des pièces. Les circuits de refroidissement peuvent également être réalisés entièrement ou partiellement directement en fonderie.

Revendications

1. Aube de turbine comportant une paroi aérodynamique creuse (2) qui s'étend radialement entre un pied d'aube (3) et une tête d'aube (4) et qui présente un bord d'attaque (5) et un bord de fuite (6), séparés l'un de l'autre et reliés par une paroi latérale concave (7) ou intrados et une paroi latérale convexe (8) ou extrados, comportant en outre un dispositif de refroidissement prévu à l'intérieur de ladite aube, alimenté en air de refroidissement par le pied d'aube (3) et destiné à diriger l'air de refroidissement contre les surfaces intérieures desdites parois latérales, et comportant deux cloisons radiales (9, 10) qui relient lesdites parois latérales concave (7) et convexe (8) et qui séparent l'intérieur de ladite aube (1) en une cavité amont (11) située près du bord d'attaque (5), une cavité médiane (12) située entre lesdites cloisons radiales (9, 10) et une cavité aval (13) située du côté du bord de fuite (6), la cavité amont (11) et la cavité médiane (12) étant alimentées en air par une entrée (22) prévue en pied d'aube (3), cet air s'évacuant ensuite desdites cavités (11, 12) par des orifices (20, 21) ménagés en tête d'aube (4), tandis que la cavité aval (13) est alimentée en air par une entrée séparée (23) prévue en pied d'aube (3), cet air s'évacuant ensuite par une pluralité de fentes (19) ménagées dans le bord de fuite (6), **caractérisée par le fait que** le dispositif de refroidissement comporte :

- dans la cavité amont (11), une rampe hélicoïdale (30) qui s'étend entre le pied d'aube (3) et la tête d'aube (4),
- dans la cavité médiane (12), une chemise (40) prenant appui sur les parois internes des cloisons radiales (9, 10) et maintenue à distance des parois latérales (7, 8) de l'aube (1) par des éléments en saillie (47), cette chemise (40) pré-

sentant en face des parois latérales (7, 8) de l'aube une pluralité d'orifices (41) pour refroidir ces parois latérales (7, 8) par impact, et

- dans la cavité aval (13), une cloison transversale (17) obturant l'extrémité inférieure de ladite cavité (13) et une troisième cloison radiale (14) séparant ladite cavité (13) en une partie amont (15) et une partie aval (16) près du bord de fuite (6), ces deux parties (15, 16) communiquant entre elles par une ouverture (18) prévue en pied de ladite troisième cloison (14), et les cloisons latérales (7, 8) de l'aube au droit de la partie amont (15) étant constituées de doubles peaux (7a, 7b ; 8a, 8b) reliées par des pontets (24), et entre lesquelles circule un débit d'air de refroidissement introduit en pied d'aube (3), ce débit pénétrant ensuite dans la partie amont (15) en tête d'aube (4), puis entrant dans la partie aval (16) par ladite ouverture (18) d'où elle s'évacue par la pluralité de fentes (19).

2. Aube selon la revendication 1, **caractérisée par le fait que** la paroi interne de la cavité amont (13) comporte des perturbateurs (33, 34, 35).
3. Aube selon la revendication 2, **caractérisée par le fait que** les perturbateurs sont constitués de nervures (33).
4. Aube selon la revendication 2, **caractérisée par le fait que** les perturbateurs sont constitués de pontets (34) reliant la paroi interne de l'aube à l'âme (32) de la rampe hélicoïdale.
5. Aube selon la revendication 2, **caractérisée par le fait que** les perturbateurs sont constitués de picots (35).
6. Aube selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée par le fait que** la chemise (40) de la cavité médiane (13) comporte une pluralité de compartiments (C1 à C7) juxtaposés alimentés consécutivement par un même débit d'air issu du pied d'aube (3).
7. Aube selon la revendication 6, **caractérisée par le fait que** les compartiments (C2 à C7), à l'exception du premier, sont alimentés par le débit d'air issu du compartiment précédent (C1 à C6), et ayant impacté les parois latérales (7, 8) de l'aube, par des fentes (42) prévues dans les parois (45, 46) de la chemise (40) sous les éléments en saillie (47), ces derniers étant constitués de nervures transversales.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel

mit einer hohlen aerodynamischen Wand (2), die sich in radialer Richtung zwischen einem Schaufelfuß (3) und einem Schaufelkopf (4) erstreckt und eine Vorderkante (5) und eine Hinterkante (6) aufweist, die voneinander getrennt und durch eine konkave Seitenwand (7) oder Wölbungsinnenseite und eine konvexe Seitenwand (8) oder Wölbungsaußenseite miteinander verbunden sind,
 mit einer Kühlvorrichtung, die im Inneren der Schaufel angeordnet und durch den Schaufelfuß (3) mit Kühlluft gespeist wird und die dazu dient, die Kühlluft gegen die Innenflächen der genannten Seitenwände zu richten,
 und mit zwei radialen Trennwänden, die die konkave und die konvexe Seitenwand (7, 8) miteinander verbinden und den Innenraum der Schaufel (1) trennen in einen stromaufwärtigen Hohlraum (11), der in der Nähe der Vorderkante (5) liegt, einen mittleren Hohlraum (12), der zwischen den radialen Trennwänden (9, 10) liegt, und einen stromabwärtigen Hohlraum (13), der auf der Seite der Hinterkante (6) liegt,

wobei der stromaufwärtige Hohlraum (11) und der mittlere Hohlraum (12) durch einen in dem Schaufelfuß (3) vorgesehenen Einlaß (22) mit Luft gespeist werden, diese Luft anschließend aus den Hohlräumen (11, 12) durch in dem Schaufelkopf (4) ausgebildete Öffnungen (20, 21) ausgebracht wird, während der stromabwärtige Hohlraum (13) durch einen in dem Schaufelfuß (3) vorgesehenen separaten Einlaß (23) mit Luft gespeist wird und diese Luft anschließend durch eine Mehrzahl von in der Hinterkante (6) ausgebildeten Schlitzen (19) ausgebracht wird,

dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlvorrichtung aufweist:

- in dem stromaufwärtigen Hohlraum (11) eine schraubenförmige Rampe (30), die sich zwischen dem Schaufelfuß (3) und dem Schaufelkopf (4) erstreckt,
- in dem mittleren Hohlraum (12) einen Mantel (40), der sich auf den Innenseiten der Trennwände (9, 10) abstützt und durch vorspringende Elemente (47) im Abstand von den Seitenwänden (7, 8) der Schaufel (1) gehalten wird, wobei dieser Mantel (40) auf der den Seitenwänden (7, 8) der Schaufel zugewandten Seite eine Mehrzahl von Öffnungen (41) aufweist, um diese Seitenwände (7, 8) durch Prallkühlung zu kühlen, und
- in dem stromabwärtigen Hohlraum (13) eine transversale Trennwand, die das untere Ende des Hohlraums (13) verschließt, und eine dritte radiale Trennwand (14), die den Hohlraum (13) in einen stromaufwärtigen Teil (15) und einen

stromabwärtigen Teil (16) in der Nähe der Hinterkante (6) teilt, wobei diese beiden Teile (15, 16) durch eine am Fuß der dritten Trennwand (14) vorgesehene Öffnung (18) miteinander in Verbindung stehen und die Seitenwände (7, 8) der Schaufel an der Stelle des stromaufwärtigen Teils (15) aus doppelten Schalen (7a, 7b; 8a, 8b) bestehen, die durch Stege (24) miteinander verbunden sind und zwischen denen ein durch den Schaufelfuß (3) eingeführter Kühlluftdurchsatz zirkuliert, wobei dieser Kühlluftdurchsatz anschließend in den stromaufwärtigen Teil (15) am Schaufelkopf (4) eindringt, dann durch die genannte Öffnung (18) in den stromabwärtigen Teil (16) eintritt, von wo sie durch die Mehrzahl von Schlitzen (19) ausgebracht wird.

2. Schaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Innenseite des stromaufwärtigen Hohlraums (13) Perturbatoren (33, 34, 35) aufweist.
3. Schaufel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Perturbatoren aus Rippen (33) bestehen.
4. Schaufel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Perturbatoren aus Stegen (34) bestehen, die die Innenwand der Schaufel mit dem Kern (32) der schraubenförmigen Rampe verbinden.
5. Schaufel nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Perturbatoren aus Stacheln (35) bestehen.
6. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Mantel (40) des mittleren Hohlraums (13) eine Mehrzahl von nebeneinander liegenden Abteilen (C1 bis C7) aufweist, die aufeinanderfolgend von ein und demselben Luftdurchsatz gespeist werden, der von dem Schaufelfuß (3) ausgeht.
7. Schaufel nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abteile (C2 bis C7) mit Ausnahme des ersten durch Schlitze (62), die in den Wänden (45, 46) des Mantels (40) unter den als Querrippen ausgebildeten vorspringenden Elementen (47) vorgesehen sind, von dem Luftdurchsatz gespeist werden, der aus dem jeweils vorhergehenden Abteil (C1 bis C6) ausgeht und gegen die Seitenwände (7, 8) geprellt ist.

55 Claims

1. Turbine blade comprising a hollow aerodynamic wall (2) extending radially between a blade root (3)

and a blade tip (4) and having a leading edge (5) and a trailing edge (6) separated from one another and connected by a concave lateral wall (7) or pressure face and a convex lateral wall (8) or suction face, further comprising a cooling device provided inside the said blade, supplied with cooling air via the blade root (3) and intended to direct the cooling air against the interior surfaces of the said lateral walls, and comprising two radial partitions (9, 10) connecting the said concave (7) and convex (8) lateral walls and dividing the inside of the said blade (1) into an upstream cavity (11) situated near the leading edge (5), a middle cavity (12) situated between the said radial partitions (9, 10) and a downstream cavity (13) situated at the trailing edge (6) end, the upstream cavity (11) and the middle cavity (12) being supplied with air via an inlet (22) made in the blade root (3), this air then being removed from the said cavities (11, 12) by orifices (20, 21) made in the blade tip (4), while the downstream cavity (13) is supplied with air by a separate inlet (23) provided at the blade root (3), this air then being removed through a plurality of slots (19) formed in the trailing edge (6), **characterized in that** the cooling device comprises:

- in the upstream cavity (11), a helical ramp (30) which stretches between the blade root (3) and the blade tip (4),
- in the middle cavity (12), a liner (40) resting against the internal walls of the radial partitions (9, 10) and held away from the lateral walls (7, 8) of the blade (1) by projecting elements (47), this liner (40) having, facing the lateral walls (7, 8) of the blade, a plurality of orifices (41) for cooling these lateral walls (7, 8) by impact, and
- in the downstream cavity (13), a transverse partition (17) closing off the lower end of the said cavity (13) and a radial third partition (14) dividing the said cavity (13) into an upstream part (15) and a downstream part (16) near the trailing edge (6), these two parts (15, 16) communicating with one another through an opening (18) made at the foot of the said third partition (14), and the lateral partitions (7, 8) of the blade at the upstream part (15) consisting of double shell-walls (7a, 7b; 8a, 8b) connected by ribs (24) and between which cooling air introduced at the blade root (3) flows, this flow then entering the upstream part (15) at the blade tip (4), then entering the downstream part (16) through the said opening (18) from where it is removed through the plurality of slots (19).

2. Blade according to Claim 1, **characterized in that** the internal wall of the upstream cavity (13) has disrupters (33, 34, 35).

3. Blade according to Claim 2, **characterized in that** the disrupters consist of ridges (33).

4. Blade according to Claim 2, **characterized in that** the disrupters consist of ribs (34) connecting the internal wall of the blade to the core (32) of the helical ramp.

5. Blade according to Claim 2, **characterized in that** the disrupters consist of spikes (35).

6. Blade according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the liner (40) of the middle cavity (13) has a plurality of juxtaposed compartments (C1 to C7) supplied in turn with the same air flow from the blade root (3).

7. Blade according to Claim 6, **characterized in that** the compartments (C2 to C7), except for the first one, are supplied with the air flow from the previous compartment (C1 to C6), which flow has impacted on the lateral walls (7, 8) of the blade, via slots (42) made in the walls (45, 46) of the liner (40) under the projecting elements (47), the latter elements consisting of transverse ridges.

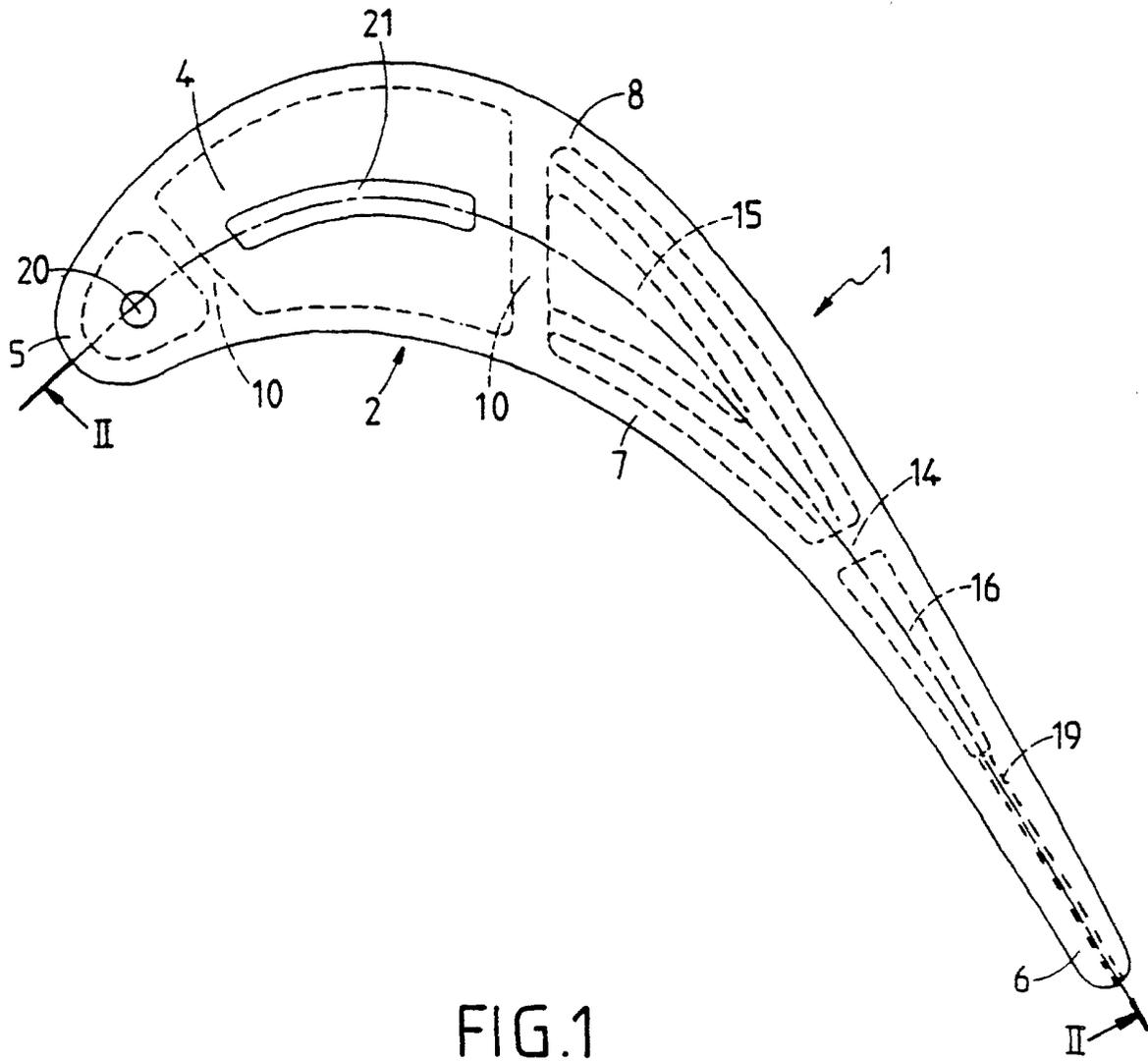


FIG. 1

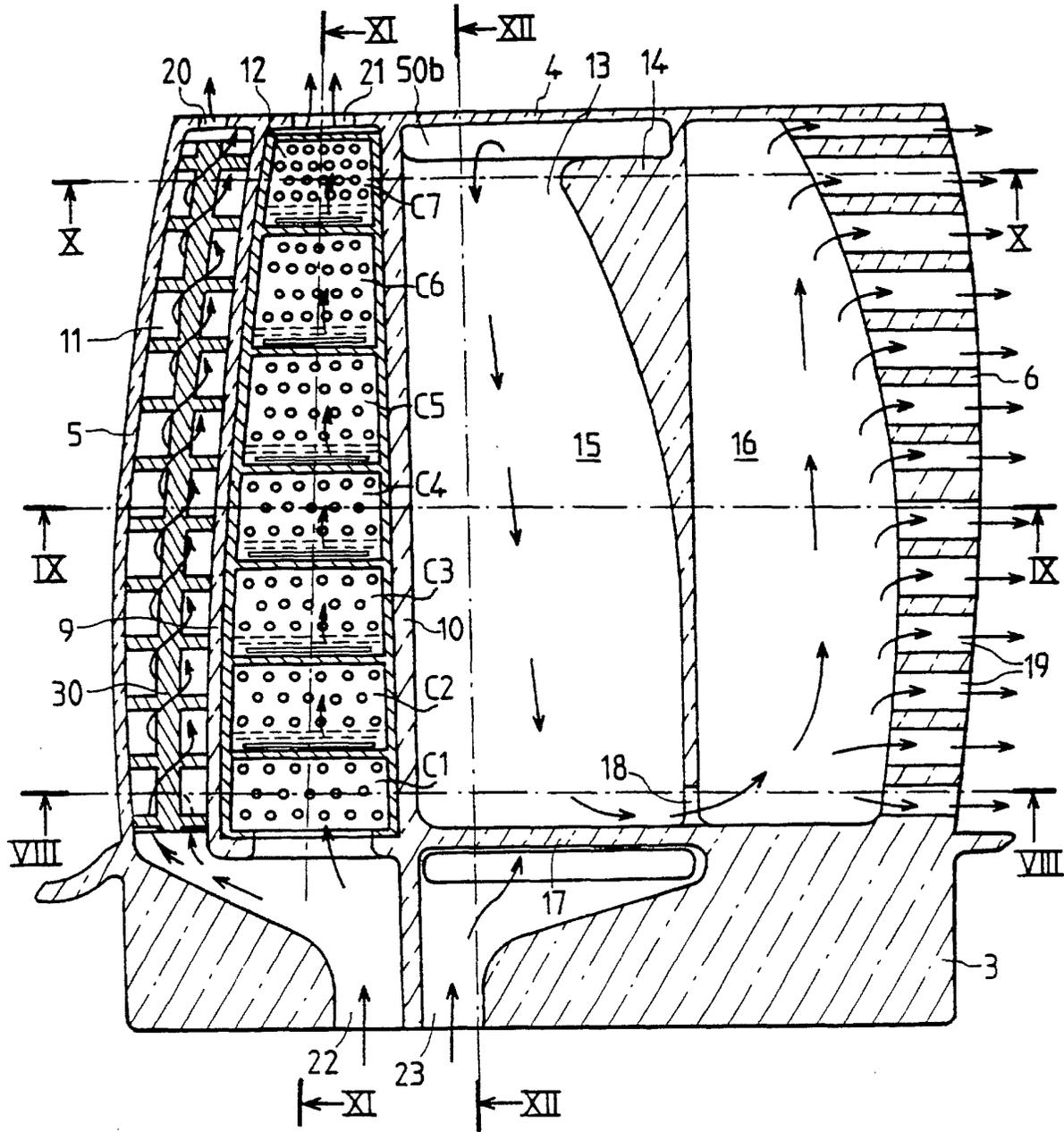


FIG.2

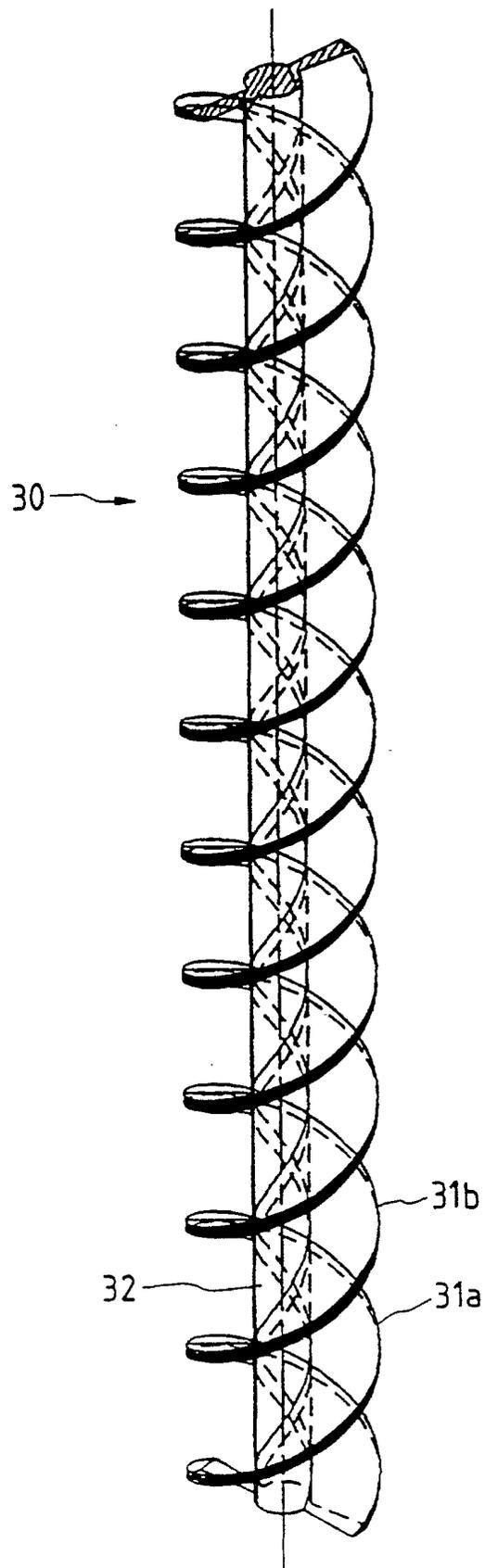


FIG. 3

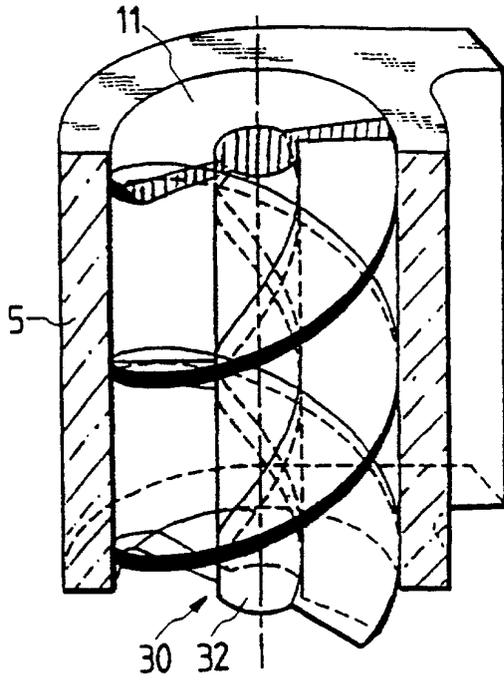


FIG. 4

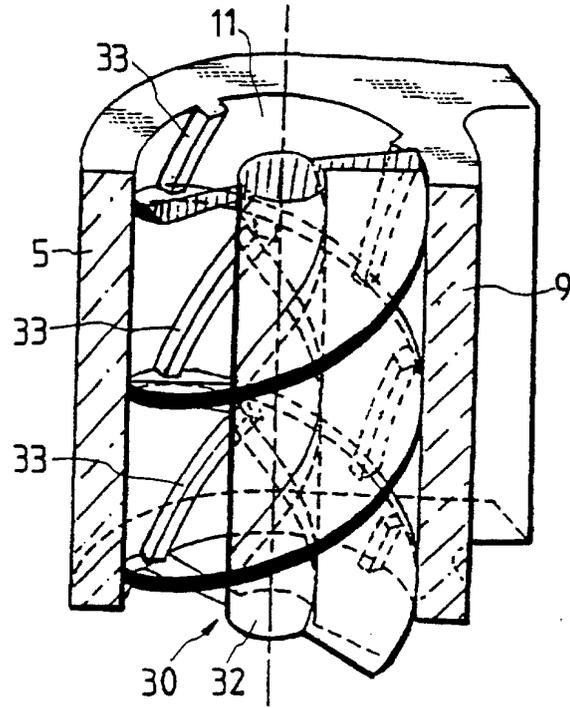


FIG. 5

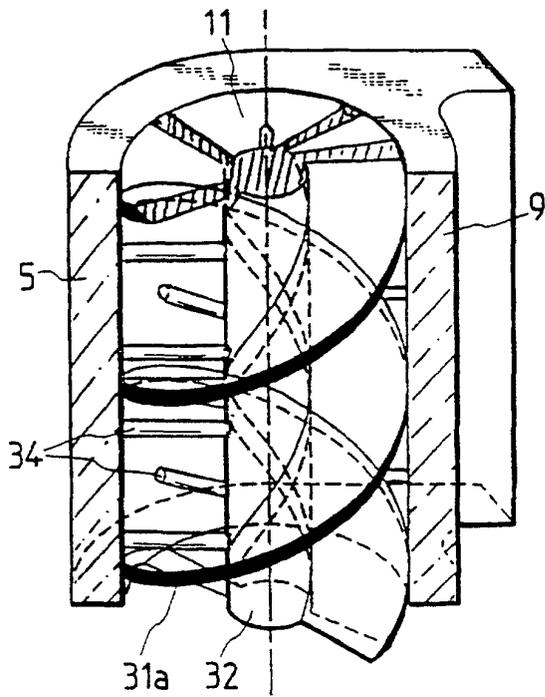


FIG. 6

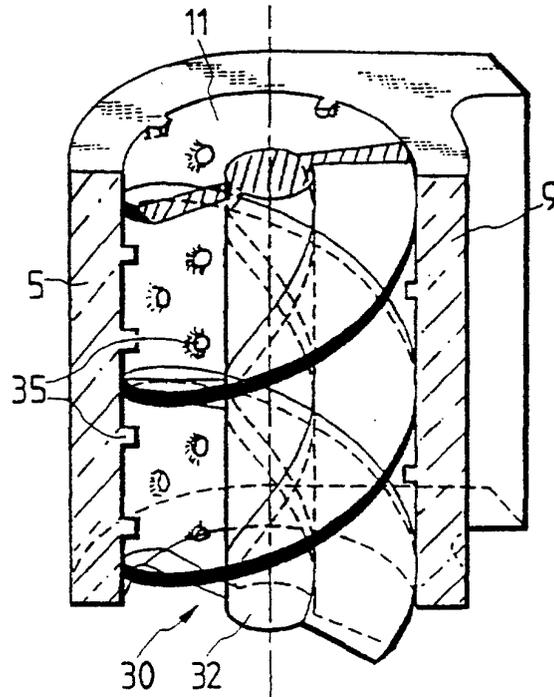


FIG. 7

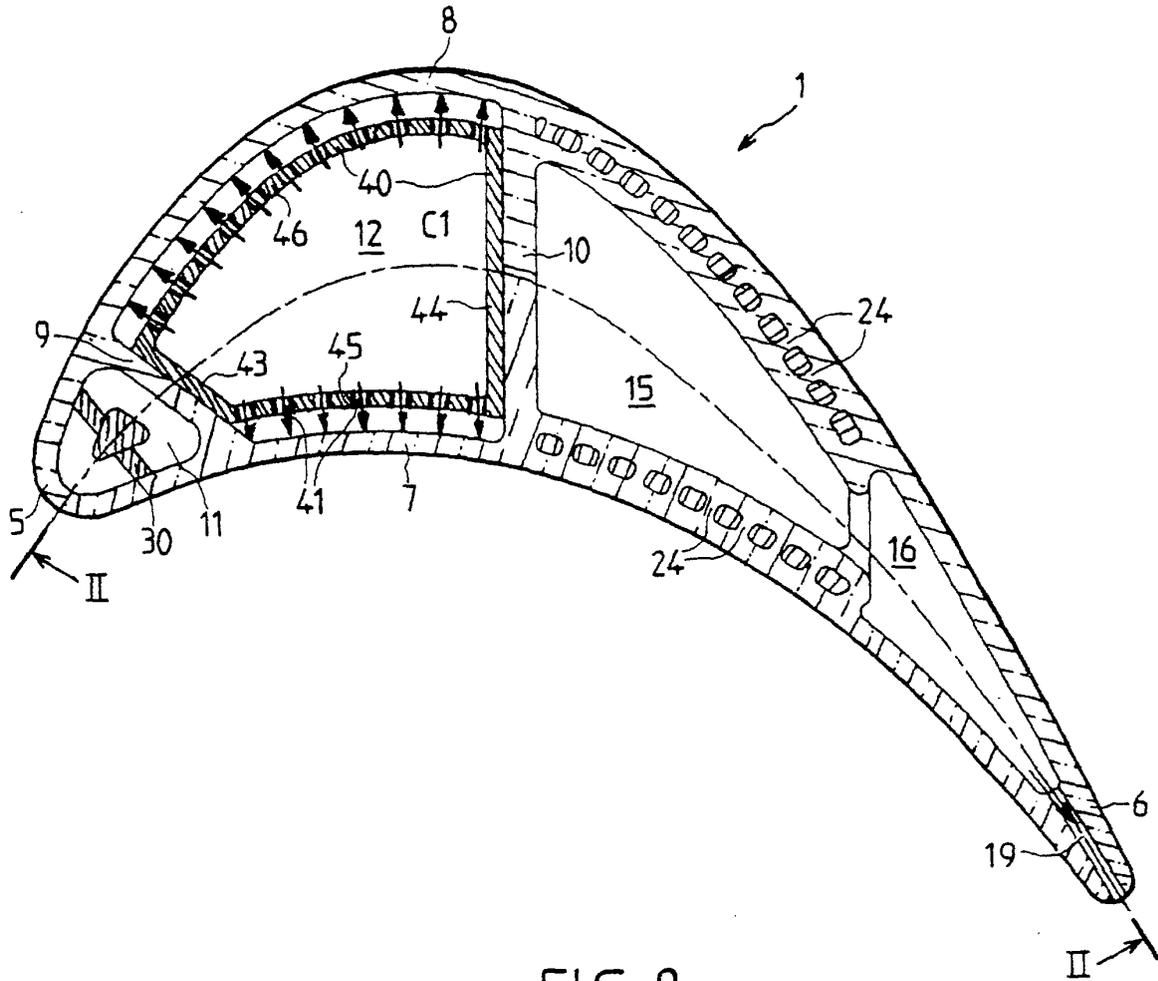


FIG.8

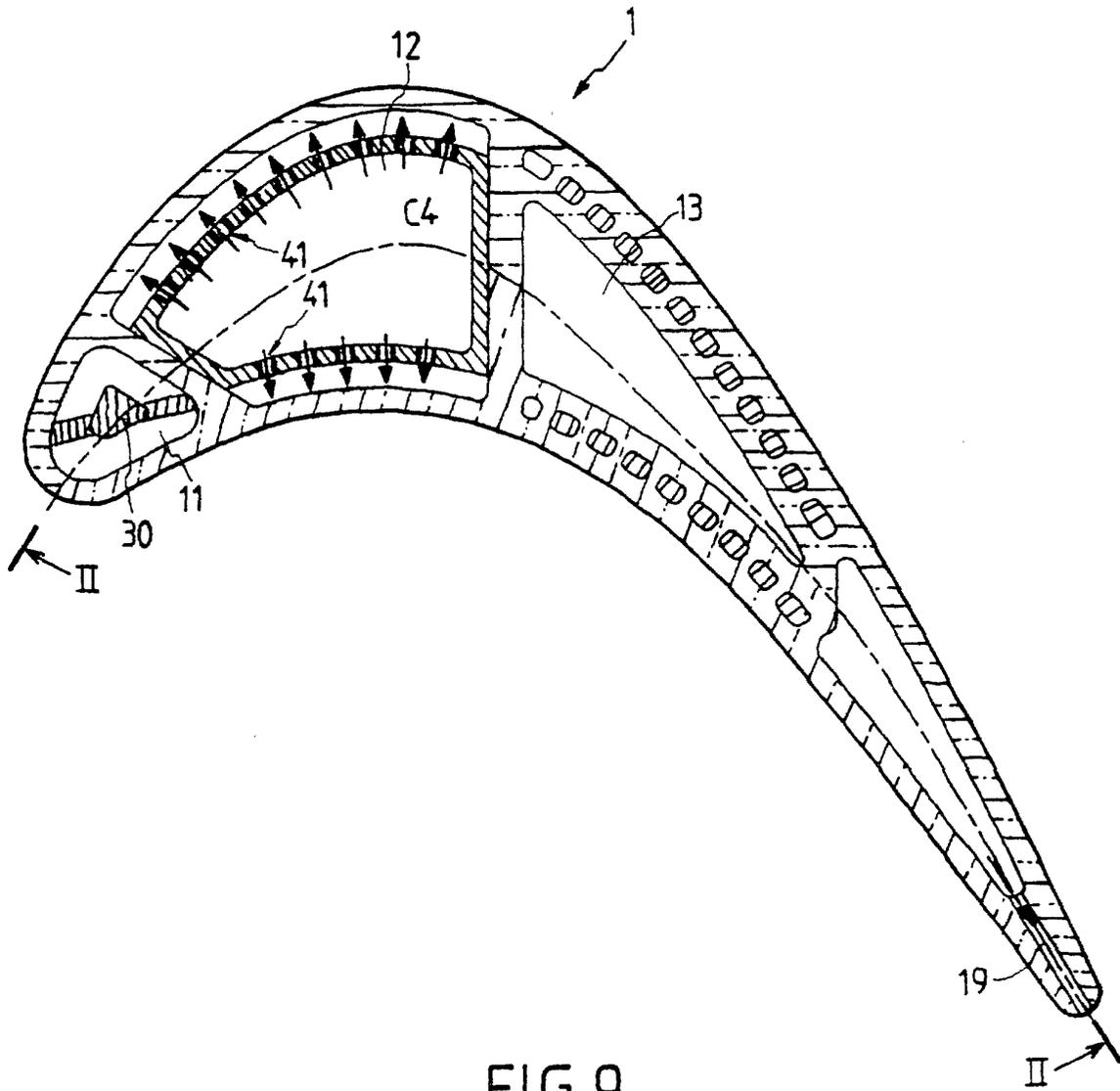


FIG.9

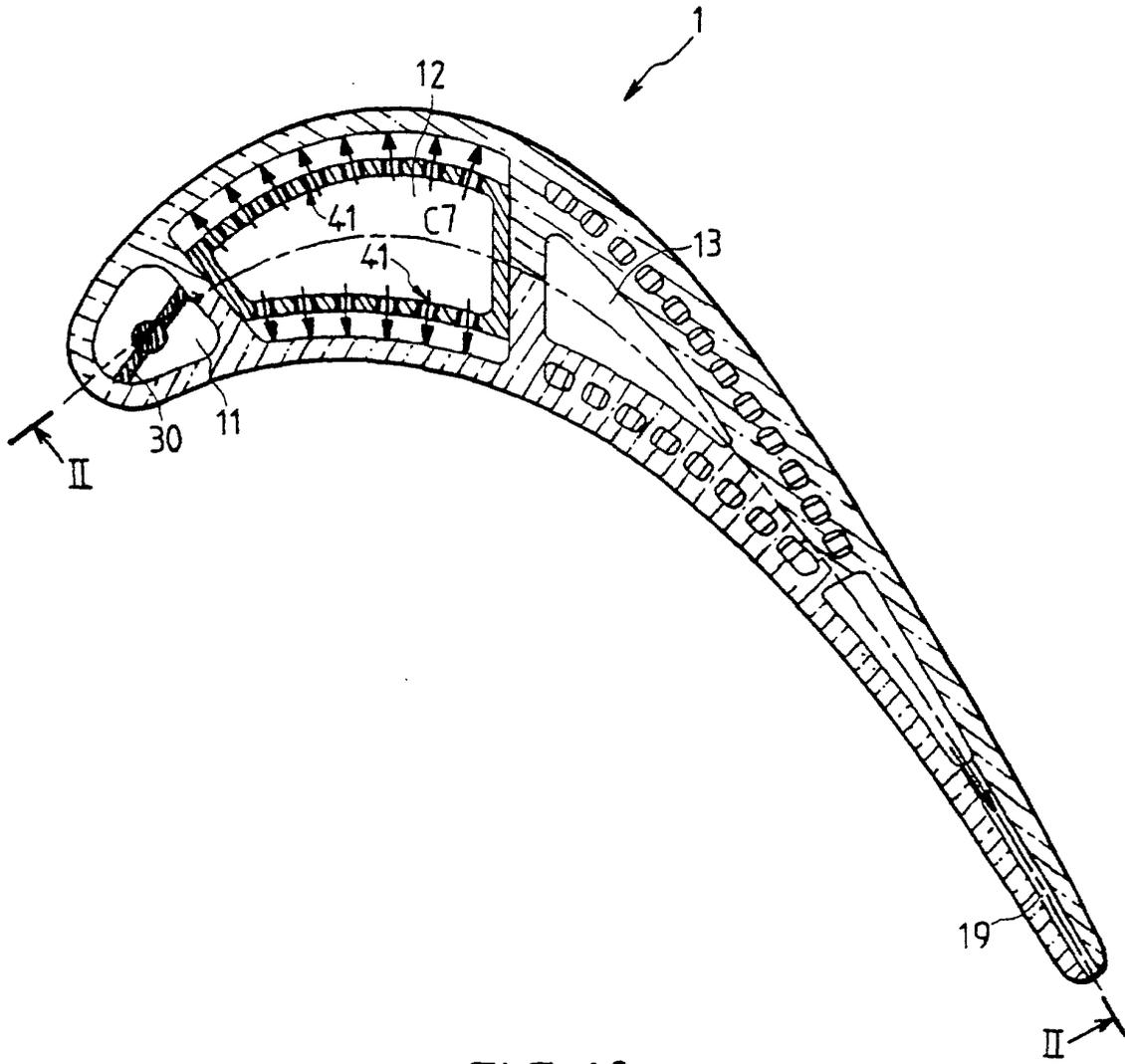


FIG. 10

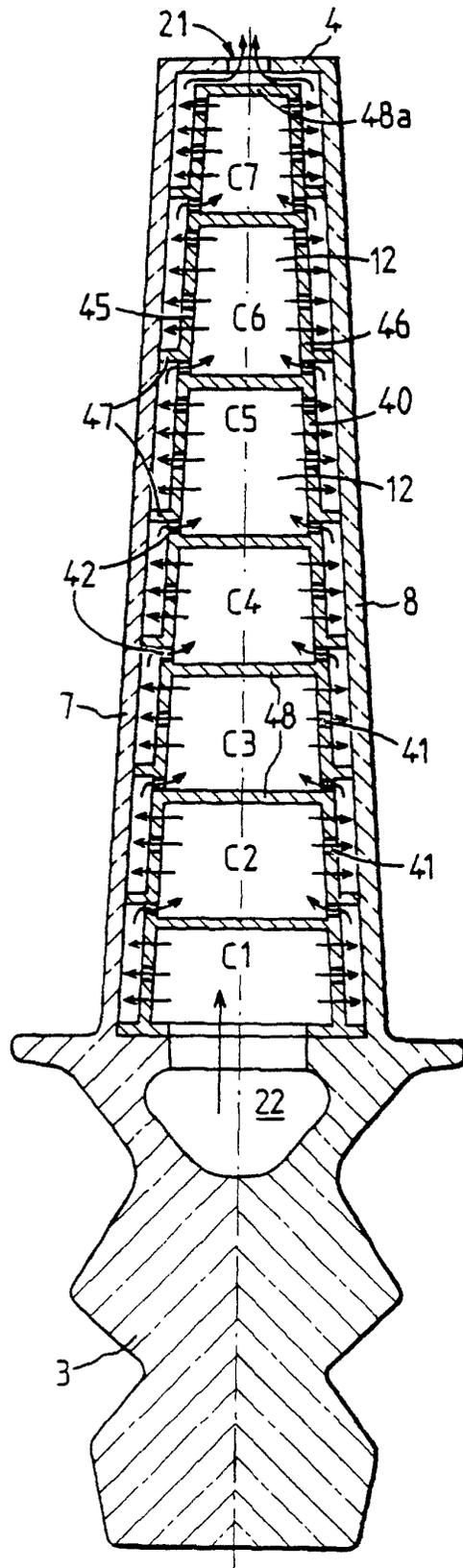


FIG.11

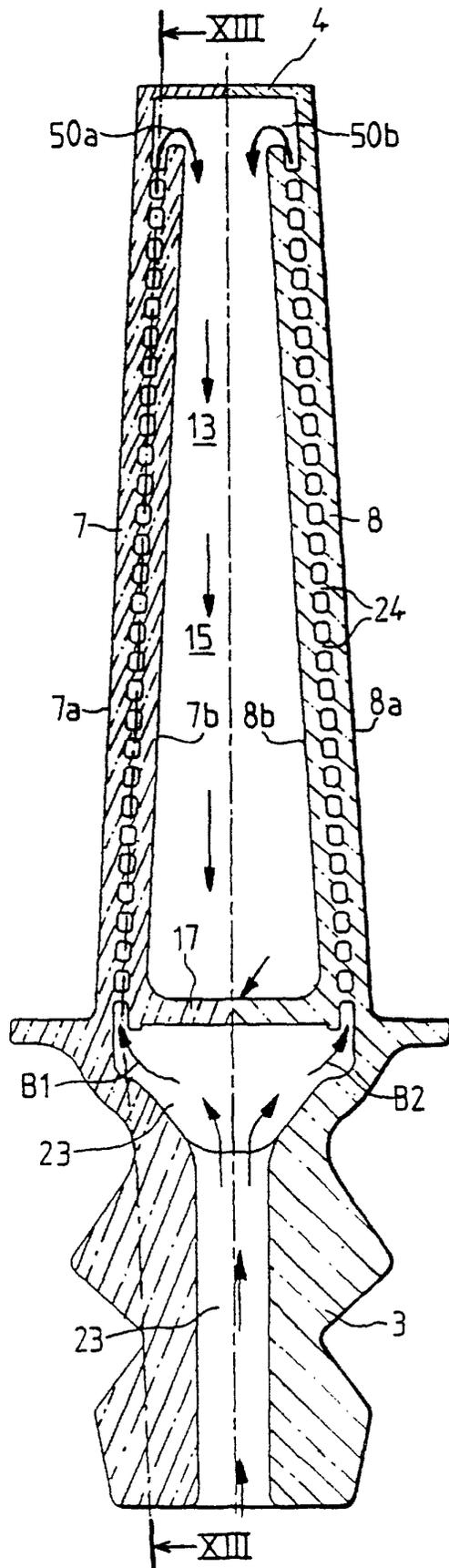


FIG.12

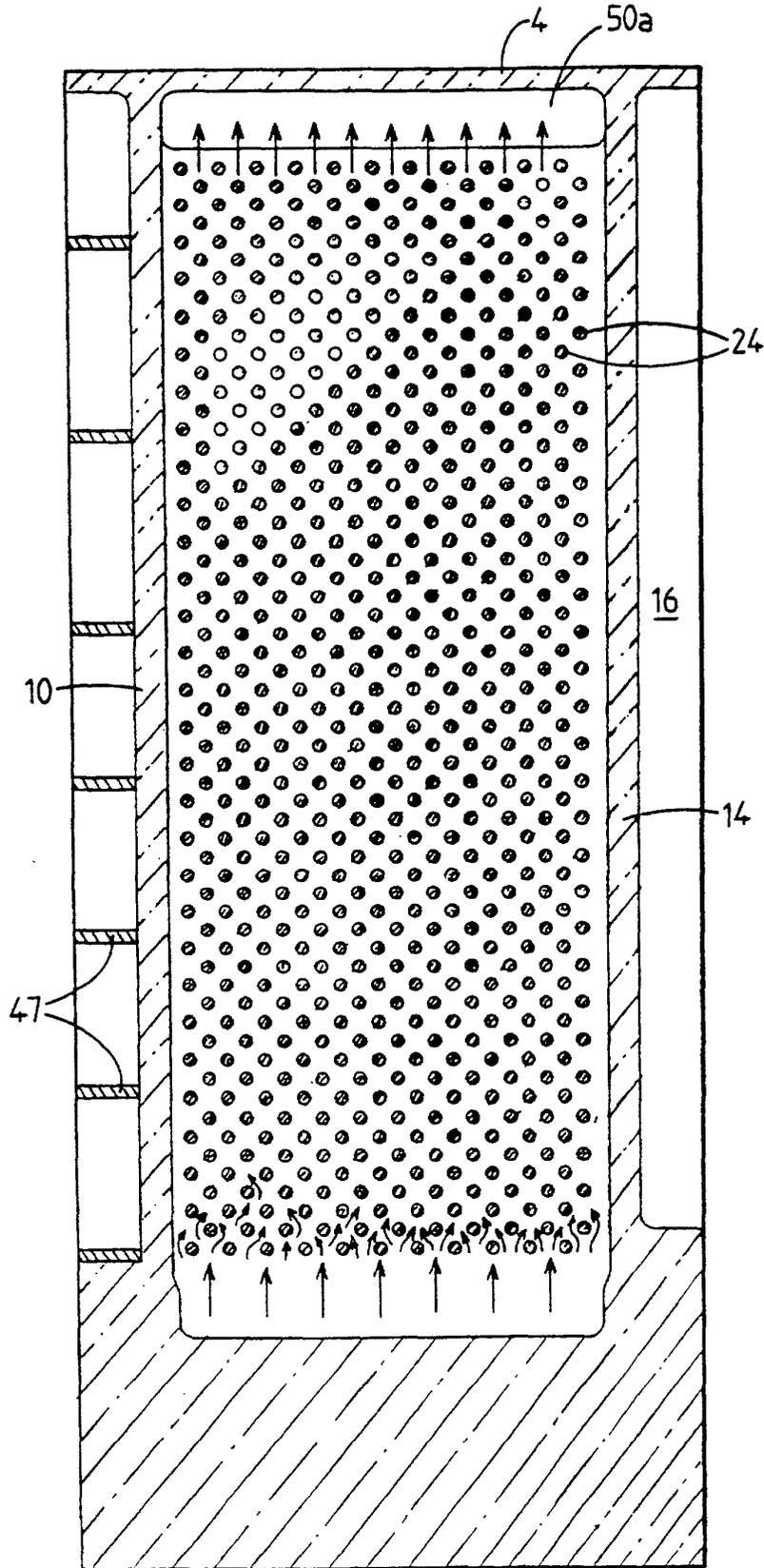


FIG.13

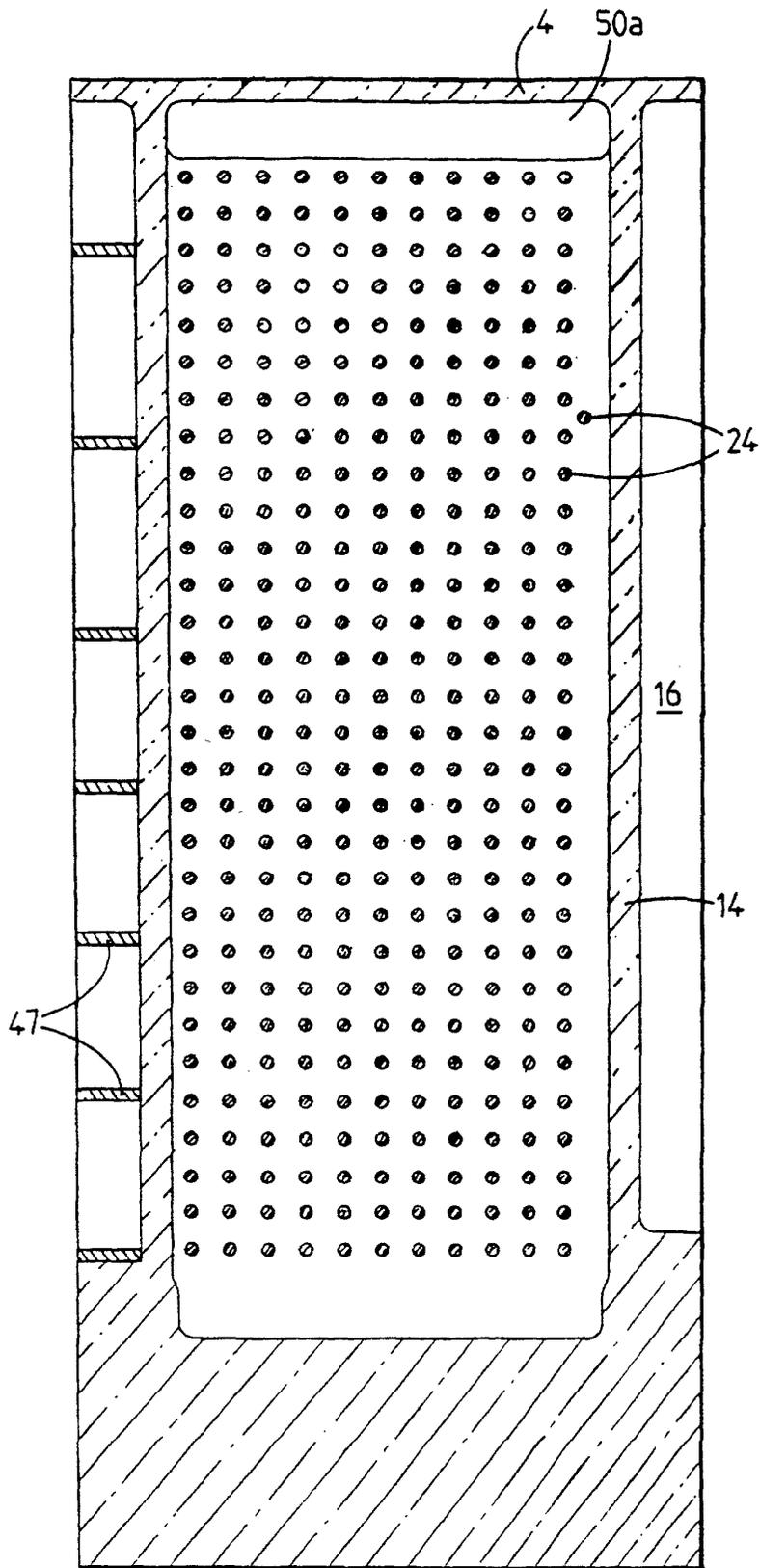


FIG.14