

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 463 849

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 21281

(54)

Perfectionnements apportés aux aubes tournantes de turbines à gaz, et aux turbines à gaz équipées de ces aubes.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). F 01 D 5/28; F 02 C 7/12, 7/30.

(22)

Date de dépôt..... 23 août 1979.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 27-2-1981.

(71)

Déposant : OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES (ONERA),
résidant en France.

(72)

Invention de : Serge Boudigues.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

L'invention est relative aux aubes tournantes de turbines à gaz, notamment de turbines à gaz pour moteurs de véhicules aériens.

L'invention est également relative aux turbines à gaz
5. équipées de ces aubes perfectionnées.

On sait que le rendement thermodynamique d'une turbine à gaz dépend, entre autres paramètres, de la température des gaz à l'entrée de la turbine. Plus cette température est élevée, meilleur est le rendement.

10 Pour que les aubes de turbines résistent à cette température élevée, on a fait appel à des métaux ou à des alliages métalliques réfractaires, à des couches protectrices limitant la corrosion par les gaz à haute température, à divers dispositifs de refroidissement.

15 On a également fait appel à des aubes constituées, non pas par des métaux ou des alliages réfractaires, mais par des céramiques réfractaires, c'est-à-dire des matériaux métalliques, le plus souvent à base de silicium.

20 De telles céramiques, par exemple celles constituées par des nitrures de silicium, telles que du Si_3N_4 , conservent de bonnes caractéristiques mécaniques jusqu'à 1.500°C environ ; de plus, elles présentent des masses volumiques nettement inférieures à celles des métaux ou alliages métalliques réfractaires (environ trois fois plus faibles).

25 Cependant, et quelle que soit la température à laquelle est soumise une céramique réfractaire, on constate une mauvaise résistance à la traction, ce qui rend difficile la réalisation d'une turbine dont les aubages chauds seraient constitués par des aubes en céramique. En effet, la puissance
30 d'une turbine est fonction, notamment de sa vitesse de rotation, et les aubes tournantes sont soumises à des contraintes de traction considérables engendrées par les forces centrifuges.

La présente invention a précisément pour but de remédier

à cet inconvénient et de permettre, grâce aux perfectionnements apportés aux aubes, la réalisation de turbines à gaz dont les aubages tournants chauds sont constitués par des aubes en céramique.

5 L'aube conforme à l'invention est constituée, au moins en partie, en céramique, et elle est caractérisée par le fait qu'elle comporte des moyens de maintien agencés de sorte que l'aube soit soumise à une contrainte de compression, au moins pendant le fonctionnement de la turbine.

10 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'aube comporte une partie en céramique et une partie métallique, et des moyens de fixation de cette partie métallique sur un rotor intérieur entouré par les aubes.

15 Selon un autre mode de réalisation de l'invention, l'aube comporte essentiellement une seule partie en céramique, et des moyens de fixation de cette partie en céramique sur un rotor extérieur entourant les aubes.

20 La turbine à gaz conforme à l'invention comporte au moins un aubage tournant comprenant des aubes constituées, au moins en partie, en céramique, et elle est caractérisée par le fait que des moyens de maintien sont prévus pour que chaque aube soit soumise à une contrainte de compression, au moins pendant le fonctionnement de la turbine.

25 Selon un premier mode de réalisation de l'invention relatif à une turbine dans laquelle les aubes sont portées par un rotor intérieur, lesdites aubes entourant ledit rotor, les moyens de maintien sont constitués par des moyens mécaniques résistant à la traction et interposés entre le pied de l'aube et son extrémité.

30 Selon un autre mode de réalisation de l'invention relatif à une turbine dans laquelle les aubes sont portées par un rotor extérieur, lesdites aubes étant entourées par ledit rotor, les moyens de maintien sont constitués par un montage particulier des aubes sur le susdit rotor
35 extérieur.

Grâce aux dispositions dont il vient d'être question, il est possible de réaliser des turbines de hautes performances (température d'entrée des gaz dans la turbine et vitesse de rotation élevées) qui trouvent une application

dans la motorisation de véhicules aériens, application dans laquelle la faible masse volumique des céramiques est particulièrement appréciée.

L'invention concerne également certaines autres dispositions qui s'utilisent de préférence en combinaison avec celles dont il vient d'être question et dont il sera plus explicitement question ci-après.

L'invention pourra, de toute façon, être bien comprise à l'aide du complément de description qui suit, ainsi que des dessins ci-annexés, lesquels complément et dessins sont relatifs à des modes de réalisation préférés de l'invention et ne comportent, bien entendu, aucun caractère limitatif.

La fig. 1, de ces dessins, est une vue en coupe transversale d'une aube établie conformément à un premier mode de réalisation de l'invention.

La fig. 2 est une coupe selon II-II fig. 1.

La fig. 3 est une vue, en coupe transversale, d'une aube établie suivant une variante du mode de réalisation illustré sur la fig. 1.

La fig. 4 est une coupe axiale d'une aube établie conformément à un autre mode de réalisation de l'invention.

La fig. 5 est une coupe transversale selon V-V fig. 4.

Sur les fig. 1 à 3, on a montré un aubage tournant de turbine à gaz dans lequel les aubes 1 sont portées par un rotor 2 qui est du type rotor intérieur, c'est-à-dire que les aubes 1 s'étendent radialement vers l'extérieur à partir de la surface extérieure 2a dudit rotor 2 ; dans un tel montage, les aubes 1 entourent le rotor 2.

Sur les fig. 4 et 5, on a montré un aubage tournant de turbine à gaz dans lequel les aubes 1 sont portées par un rotor 2 qui est du type rotor extérieur, c'est-à-dire que les aubes 1 s'étendent radialement vers l'intérieur à partir de l'alésage intérieur 2b dudit rotor 2 ; dans un tel montage, les aubes 1 sont entourées par le rotor 2.

Ceci étant, et quel que soit le type de montage adopté, chaque aube 1 est constituée, au moins en partie, en céramique, par exemple en nitrure de silicium Si_3N_4 .

L'aube 1 comporte des moyens de maintien agencés de sorte que l'aube soit soumise à une contrainte de

compression, au moins pendant le fonctionnement de la turbine.

Selon le mode de réalisation illustré sur les fig. 1 à 3, ces moyens de maintien sont constitués par des moyens mécaniques, résistant à la traction et interposés entre le pied de l'aube 1_a et son extrémité 1_b .

L'aube 1 comporte une partie en céramique 4 et une partie métallique 5 ; des moyens de fixation 6 sont prévus pour assurer la fixation de cette partie métallique 5 sur le rotor intérieur 2.

Ces moyens mécaniques comportent, comme montré sur la fig. 1, pour chaque aube 1, une âme centrale 7 dont l'extrémité intérieure 7_a est rendue solidaire, par un dispositif de fixation 8, du pied d'aube 1_a , et dont l'autre extrémité 7_b comporte un élément transversal 9, la partie de l'aube en céramique 4 étant emmanchée sur cette âme centrale 7 avant la mise en place du susdit dispositif de fixation 8.

Ce dispositif de fixation 8 peut être constitué par une broche enfilée dans des alésages coaxiaux.

Ces moyens mécaniques peuvent aussi comporter, comme montré sur la fig. 3, pour chaque aube 1, une âme centrale 7 dont l'extrémité intérieure 7_a comporte le pied d'aube 1_a , et dont l'autre extrémité 7_b est rendue solidaire, par un dispositif de fixation 10, d'un élément transversal 9, la partie de l'aube en céramique 4 étant emmanchée sur cette âme centrale 7 avant la mise en place du susdit dispositif de fixation 10.

Ce dispositif de fixation 10 peut être constitué par une broche enfilée dans des alésages coaxiaux.

La partie de l'aube en céramique 4 est donc interposée entre le pied d'aube 1_a et l'élément transversal 9 situé à l'extrémité 1_b de l'aube. Dès la mise en rotation de la turbine, la partie de l'aube en céramique vient en appui sur cet élément transversal 9 et l'aube 1, en ce qui concerne sa partie en céramique 4, travaille en compression.

Comme montré sur les fig. 1 à 3, il est avantageux de prévoir au moins un, et, de préférence, plusieurs passages de refroidissement 11 entre, d'une part, la partie

de l'aube en céramique 4, et, d'autre part, sa partie métallique 5. Des moyens de circulation sont alors prévus pour faire circuler un fluide de refroidissement dans ces passages de refroidissement 11.

5 Ces passages de refroidissement 11 peuvent être ménagés, sous forme de rainures, à la surface de l'âme centrale 7 et de l'élément transversal 9.

Ces passages de refroidissement 11 sont répartis sur la surface de l'âme centrale 7 (fig. 2) et se prolongent
10 sur la surface de l'élément transversal 9 après un changement de direction d'environ 90°.

Ces passages de refroidissement 11 sont alimentés en fluide de refroidissement (air prélevé dans le compresseur coopérant avec la turbine) par un ou plusieurs canaux 12
15 ménagés dans le pied 1_a de l'aube 1.

Suivant une variante de l'invention (non représentée), au moins un passage de refroidissement est prévu dans l'âme centrale 7.

Selon le mode de réalisation illustré sur les fig. 4
20 et 5, les moyens de maintien sont constitués par un montage particulier des aubes sur le rotor extérieur 2.

L'aube 1 comporte essentiellement une seule partie en céramique 13 ; des moyens de fixation 14 sont prévus pour assurer la fixation de cette partie en céramique 13
25 sur le rotor extérieur 2.

Ces moyens de fixation 14 peuvent être constitués par un talon en céramique 15 destiné à être maintenu en appui sur l'alésage intérieur 2_b du rotor extérieur 2. Ce talon 15 comporte un bord amont 15_a et un bord aval 15_b agencés
30 pour coopérer respectivement avec une entretoise amont 16_a et une entretoise aval 16_b qui maintiennent ledit talon 15 en appui sur l'alésage intérieur 2_b du rotor extérieur 2 (fig. 4).

Comme montré sur les fig. 4 et 5, il est avantageux
35 de prévoir au moins un, et, de préférence, plusieurs passages de refroidissement 17 entre l'alésage intérieur 2_b du rotor extérieur 2 et le talon 15. Des moyens de circulation sont alors prévus pour faire circuler un fluide de refroidissement dans ces passages de refroidissement 17.

D'autres passages de refroidissement 18 sont également prévus dans les entretoises 16_a et 16_b , ces passages de refroidissement 18 étant alimentés par les mêmes moyens de circulation que ceux alimentant les passages de refroidissement 17.

En ce qui concerne le rotor extérieur 2, qui doit résister aux forces centrifuges dues, d'une part, à son propre poids, et, d'autre part, au poids des aubes qu'il porte, il est avantageusement agencé de sorte que sa dimension axiale L croisse, de préférence régulièrement, entre son rayon minimum R_m et son rayon maximum R_M .

Le rotor extérieur 2 peut alors comporter un flasque amont 19_a s'étendant jusqu'à l'entretoise amont 16_a , et un flasque aval 19_b s'étendant jusqu'à l'entretoise aval 16_b .

Ces flasques 19_a et 19_b délimitent, avec le rotor extérieur 2, deux cavités 20_a et 20_b .

Quant aux passages de refroidissement 18 des entretoises 16_a et 16_b , ils peuvent être délimités par les parois en regard des flasques 19_a et 19_b .

Les moyens d'alimentation en fluide de refroidissement de ces passages de refroidissement 17 et 18 (air prélevé dans le compresseur coopérant avec la turbine), peuvent alors comprendre

- deux arrivées d'air 21_a et 21_b alimentant respectivement les deux cavités 20_a et 20_b ,
- un canal central 22 reliant chaque passage de refroidissement 17 à la surface extérieure du rotor extérieur 2,
- des orifices 23_a et 23_b reliant chaque passage de refroidissement 18, respectivement des entretoises amont 16_a et aval 16_b , à la surface intérieure du rotor extérieur 2.

On vient de décrire deux types d'aubages tournants à aubes en céramique (au moins en partie), à savoir un aubage tournant à rotor intérieur (fig. 1 à 3) et un aubage tournant à rotor extérieur (fig. 4 et 5).

Il est avantageux de faire comporter à une turbine une succession de ces aubages tournants montés de façon contrarotative.

REVENDICATIONS

1.- Aube pour aubage tournant de turbine à gaz, constituée, au moins en partie, en céramique, caractérisée par le fait qu'elle comporte des moyens de maintien agencés de sorte que l'aube soit soumise à une contrainte de compression, au moins pendant le fonctionnement de la turbine.

2.- Aube selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle comporte une partie en céramique et une partie métallique, et des moyens de fixation de cette partie métallique sur un rotor intérieur entouré par les aubes.

3.- Aube selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'elle comporte essentiellement une seule partie en céramique, et des moyens de fixation de cette partie en céramique sur un rotor extérieur entourant les aubes.

4.- Aube selon la revendication 2, caractérisée par le fait que la partie métallique est constituée par une âme centrale dont l'extrémité intérieure est rendue solidaire, par un dispositif de fixation approprié, d'un pied d'aube, et dont l'extrémité extérieure comporte un élément transversal, et par le fait que la partie en céramique est agencée pour s'emmancher sur l'âme centrale de la partie métallique avant la mise en place du susdit dispositif de fixation.

5.- Aube selon la revendication 2, caractérisée par le fait que la partie métallique est constituée par une âme centrale dont l'extrémité intérieure comporte un pied d'aube et dont l'extrémité extérieure est rendue solidaire, par un dispositif de fixation approprié, d'un élément transversal, et par le fait que la partie en céramique est agencée pour s'emmancher sur l'âme centrale de la partie métallique avant la mise en place du susdit dispositif de fixation.

6.- Aube selon la revendication 4 ou 5, caractérisée par le fait qu'au moins un passage de refroidissement est prévu entre la partie métallique et la partie en céramique.

7.- Aube selon la revendication 5, caractérisée par le fait que le ou les passages de refroidissement sont alimentés en fluide de refroidissement par le pied de

l'aube.

8.- Aube selon la revendication 4 ou 5, caractérisée par le fait qu'au moins un passage de refroidissement est prévu dans l'âme centrale de la partie métallique.

5 9.- Aube selon la revendication 3, caractérisée par le fait qu'elle comporte un talon en céramique destiné à être maintenu en appui sur l'alésage intérieur du rotor extérieur.

10 10.- Aube selon la revendication 9, caractérisée par le fait que ce talon comporte un bord amont et un bord aval agencés pour coopérer avec une entretoise amont et une entretoise aval.

15 11.- Aube selon la revendication 9 ou 10, caractérisée par le fait qu'au moins un passage de refroidissement est ménagé, au moins en partie, sur la face extérieure du talon.

20 12.- Turbine à gaz comportant au moins un aubage tournant comprenant des aubes constituées, au moins en partie, en céramique, caractérisée par le fait que des moyens de maintien sont prévus pour que chaque aube soit soumise à une contrainte de compression, au moins pendant le fonctionnement de la turbine.

25 13.- Turbine à gaz selon la revendication 12 et dans laquelle les aubes sont portées par un rotor intérieur, lesdites aubes entourant ledit rotor, caractérisée par le fait que les moyens de maintien sont constitués par des moyens mécaniques résistant à la traction et interposés entre le pied de l'aube et son extrémité.

30 14.- Turbine à gaz selon la revendication 12 et dans laquelle les aubes sont portées par un rotor extérieur, lesdites aubes étant entourées par ledit rotor, caractérisée par le fait que les moyens de maintien sont constitués par un montage particulier des aubes sur le susdit rotor extérieur.

35 15.- Turbine à gaz selon la revendication 13, caractérisée par le fait que les moyens mécaniques comportent, pour chaque aube, une âme centrale dont l'extrémité intérieure est rendue solidaire, par un dispositif de

fixaton approprié, d'un pied d'aube, et dont l'extrémité extérieure comporte un élément transversal, l'aube en céramique étant emmanchée sur cette âme centrale avant la mise en place du susdit dispositif de fixation.

5 16.- Turbine à gaz selon la revendication 13, caractérisée par le fait que les moyens mécaniques comportent, pour chaque aube, une âme centrale dont l'extrémité intérieure comporte un pied d'aube et dont l'extrémité extérieure est rendue solidaire, par un dispositif de fixation
10 approprié, d'un élément transversal, l'aube en céramique étant emmanchée sur cette âme centrale avant la mise en place du susdit dispositif de fixation.

15 17.- Turbine à gaz selon la revendication 15 ou 16, caractérisée par le fait qu'au moins un passage de refroidissement est prévu entre, d'une part, l'aube en céramique et, d'autre part, l'âme centrale et son élément transversal, des moyens de circulation étant prévus pour faire circuler un fluide de refroidissement dans le susdit passage de refroidissement.

20 18.- Turbine à gaz selon la revendication 17, caractérisée par le fait qu'il est prévu plusieurs passages de refroidissement répartis sur la surface de l'âme centrale et se prolongeant sur la surface de l'élément transversal après un changement de direction d'environ 90°.

25 19.- Turbine à gaz selon la revendication 17 ou 18, caractérisée par le fait que le ou les passages de refroidissement sont alimentés en fluide de refroidissement par le pied de l'aube.

30 20.- Turbine à gaz selon la revendication 15 ou 16, caractérisée par le fait qu'au moins un passage de refroidissement est prévu dans l'âme centrale.

35 21.- Turbine à gaz selon la revendication 14, caractérisée par le fait que l'aube en céramique comporte un talon maintenu en appui sur l'alésage intérieur du rotor extérieur.

22.- Turbine à gaz selon la revendication 21, caractérisée par le fait que le talon de l'aube en céramique est maintenu par une entretoise amont et une entretoise aval.

23.- Turbine à gaz selon la revendication 22, caractérisée par le fait qu'au moins un passage de refroidissement est prévu entre l'alésage intérieur du rotor extérieur et le talon de l'aube, des moyens de circulation
5 étant prévus pour faire circuler un fluide de refroidissement dans le susdit passage de refroidissement.

24.- Turbine à gaz selon la revendication 23, caractérisée par le fait que des passages de refroidissement sont prévus dans les entretoises, ces passages de refroidissement étant alimentés par les susdits moyens de circulation.
10

25.- Turbine à gaz selon la revendication 14 et l'une quelconque des revendications 21 à 24, caractérisée par le fait que le rotor extérieur est agencé de sorte que sa
15 dimension axiale croisse entre son rayon minimum et son rayon maximum.

26.- Turbine à gaz selon les revendications 23 et 25, caractérisée par le fait que le ou les passages de refroidissement sont alimentés en fluide de refroidissement
20 par des cavités latérales ménagées dans le rotor extérieur, la sortie dudit fluide de refroidissement étant prévue par au moins un canal radial ménagé dans ledit rotor extérieur.

27.- Turbine à gaz, caractérisée par le fait qu'elle comporte une succession d'aubages tournants établis selon
25 la revendication 2 et selon la revendication 3, ces aubages étant contrarotatifs.

Fig: 1

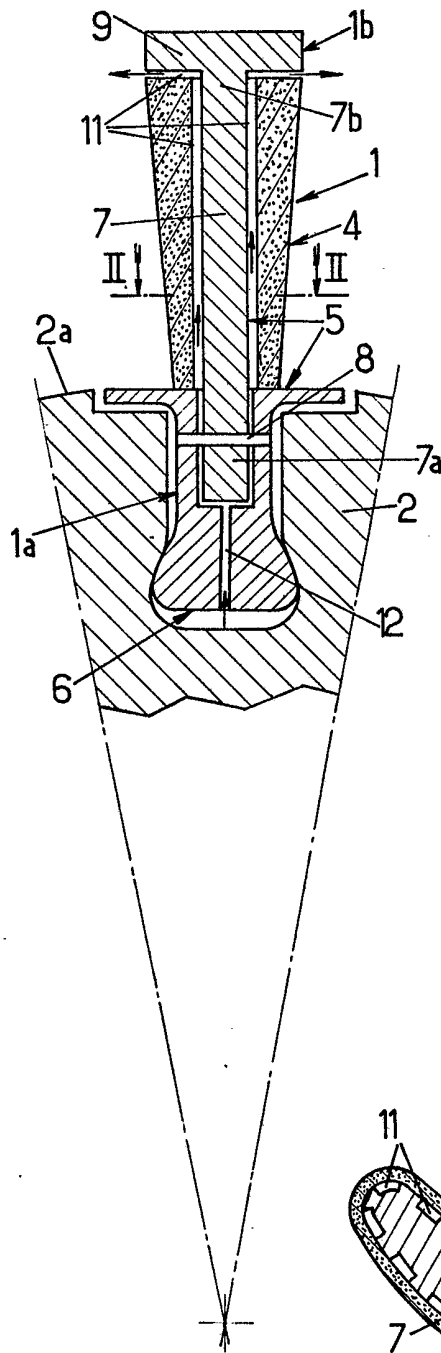


Fig: 3

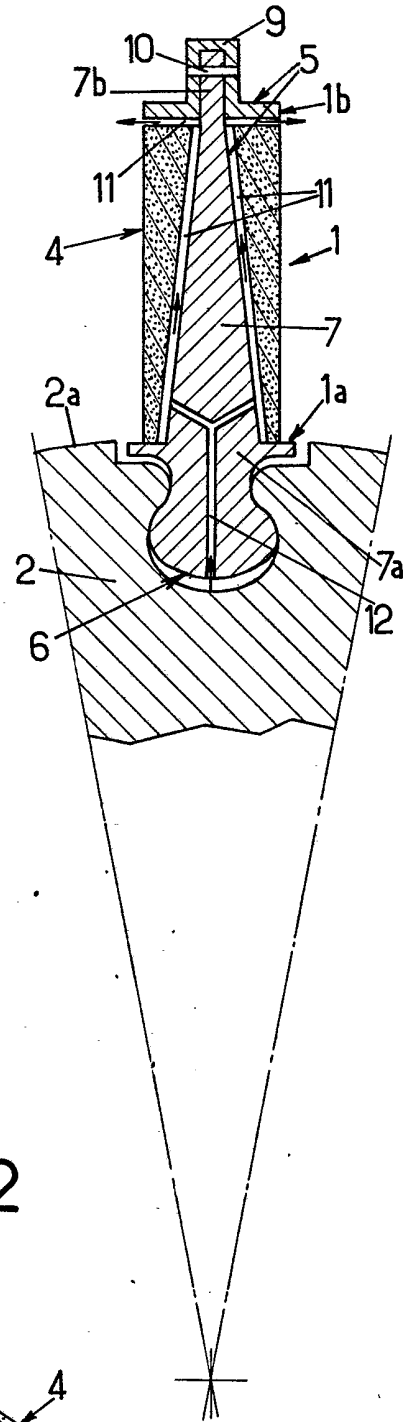
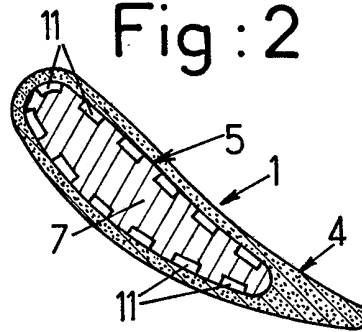


Fig: 2



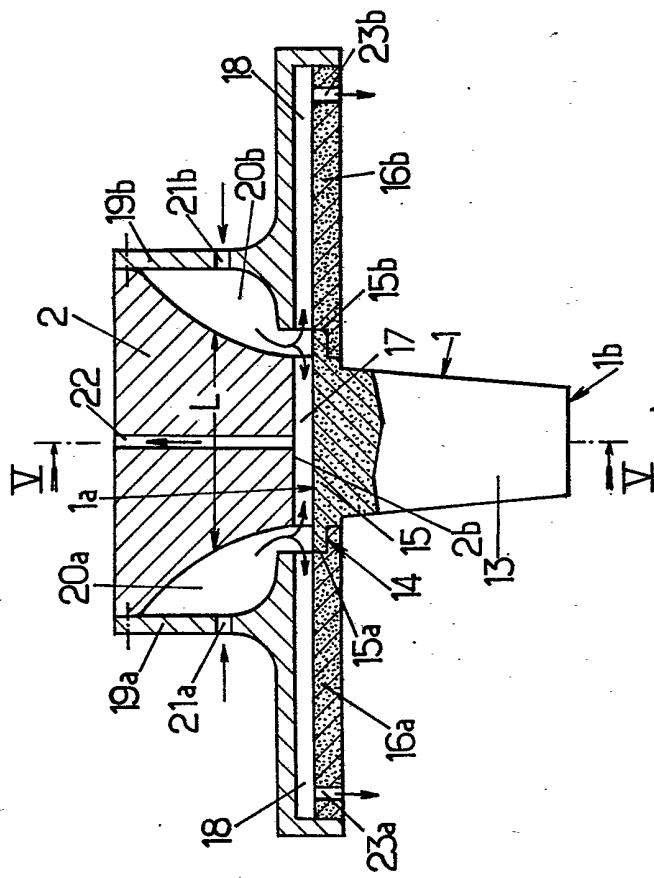


Fig. 4.

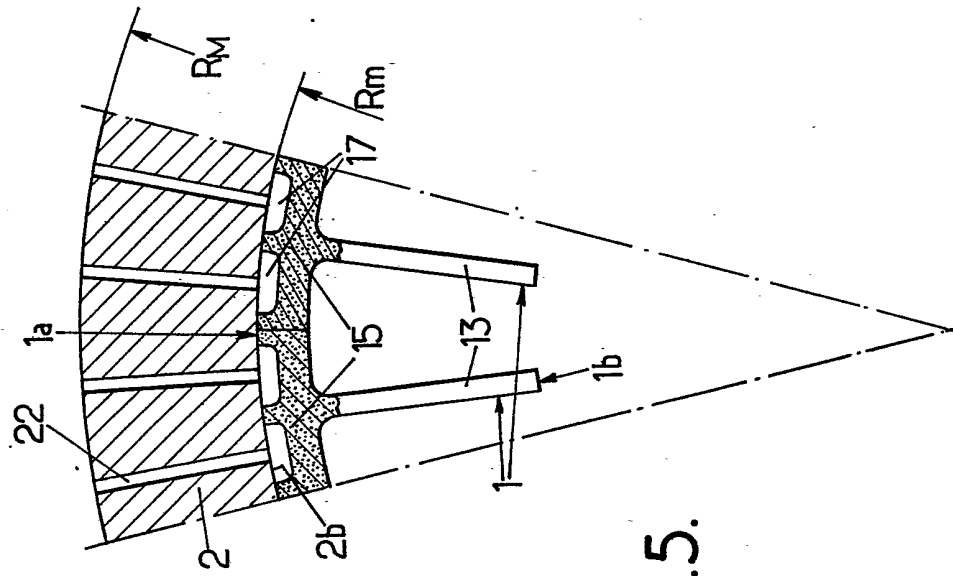


Fig. 5.