

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 21353**

---

(54) Dispositif annulaire de joint d'usure et d'étanchéité refroidi par l'air pour aubage de roue de turbine à gaz ou de compresseur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). F 02 C 7/28.

(22) Date de dépôt..... 16 novembre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 20 du 20-5-1983.

---

(71) Déposant : SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉTUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Christian Bernard Aubert.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : François Moinat, service des brevets, S.N.E.C.M.A.,  
BP 81, 91003 Evry Cedex.

---

Dispositif annulaire de joint d'usure et d'étanchéité refroidi par l'air pour aubage de roue de turbine à gaz ou de compresseur.

5 L'invention est relative à un dispositif de joint annulaire d'usure et d'étanchéité à disposer autour de l'aubage d'une roue de turbine à gaz ou d'étage de compresseur axial à haute pression, c'est-à-dire d'une roue de machine à stator et rotor délimitant une veine de gaz chauds. Elle  
10 concerne plus particulièrement un tel dispositif incluant des moyens pour refroidir le joint d'usure et pour protéger le stator de la chaleur des gaz et du genre comprenant successivement, de la périphérie vers l'axe :

- 15 - un anneau-support entourant la roue,
- une première couche annulaire de matériau, dite "couche réfrigérante", accrochée à cet anneau-support et perméable à l'air,
- 20 - une deuxième couche annulaire de matériau, dite "couche d'usure" liée à la couche réfrigérante, venant à proximité immédiate des extrémités des aubes de la roue et usinable par lesdites extrémités et
- 25 - des moyens d'accès d'air de refroidissement dans la couche réfrigérante.

Le matériau de la couche d'usure est le plus souvent un  
30 matériau poreux (agrégat, feutre, mousse, plaque perforée, etc...) en vue de permettre son abrasion par les extrémités des aubes. Si aucune disposition particulière n'est prise, il est donc traversé par l'air de refroidissement dont le flux s'écoule au moins en partie vers la veine de  
35 gaz chauds.

On connaît déjà, notamment par la demande de brevet français enregistrée le 26 mars 1979 sous le n°79.26666 et publiée sous le n°2 468 741, un dispositif de ce genre dans lequel les deux couches annulaires sont séparées par  
5 une couche intermédiaire dont la perméabilité est telle que le débit d'air radial qui la traverse est sensiblement inférieur au débit d'air axial qui parcourt la couche réfrigérante.

10 Ladite couche intermédiaire peut même être imperméable à l'air et celui-ci s'écoule alors en totalité axialement (c'est-à-dire dans une direction parallèle à l'axe de la machine) dans la couche réfrigérante. Toute interaction directe entre les deux couches est supprimée. La couche  
15 d'usure est refroidie par conduction thermique vers la couche réfrigérante. Cette disposition, qui vise à rendre indépendantes l'une de l'autre la fonction d'étanchéité dévolue à la couche d'usure et la fonction de refroidissement dévolue à la couche réfrigérante (qui protège  
20 aussi l'anneau-support contre la chaleur de la veine) permet d'éliminer les inconvénients propres aux dispositifs à joint annulaire d'usure refroidi traversé par la totalité ou par une fraction importante du débit d'air de refroidissement, inconvénients qui sont notamment :

25

- la nécessité d'admettre l'air de refroidissement sous une pression sensiblement plus élevée que la pression dans la veine,

30

- l'existence dans la couche réfrigérante d'un écoulement axial qui contrarie plus ou moins l'écoulement radial,

35

- enfin, la perte progressive d'efficacité du refroidissement au fur et à mesure que la zone d'usure

devient moins perméable en raison de sa pollution par les gaz de la veine et du "tartinage" des pores de sa surface en contact avec les extrémités d'aubes.

5

Le dispositif de l'invention permet d'éviter les mêmes inconvénients et procure les mêmes avantages mais sa structure est plus simple et sa réalisation plus aisée.

- 10 Il est lui aussi du genre précité, c'est-à-dire qu'il comprend l'anneau-support, la couche réfrigérante et la couche d'usure, mais il est en outre caractérisé essentiellement en ce que ces deux couches sont ménagées dans un anneau dit "de joint" (pour le distinguer de l'anneau-  
15 support) fixé à l'intérieur de l'anneau-support et en alliage métallique réfractaire dans les conditions d'utilisation (c'est-à-dire capable de résister aux agressions mécaniques, thermiques et chimiques des gaz de la veine), traversé de part en part par une pluralité de canaux parallèles à la surface engendrée par la rotation des extré-  
20 mités d'aubes et occupant toute la section dudit anneau de joint, lesdits canaux débouchant par les deux faces de celui-ci et étant parcourus par l'air de refroidissement dans la zone annulaire constituant la couche réfrigérante  
25 et étant clos au moins à l'extrémité amont dans la zone annulaire constituant la couche d'usure dans laquelle ils forment des cavités closes diminuant la conduction thermique de ladite zone et améliorant son usinabilité. Celle-ci est considérablement améliorée si l'on utilise pour  
30 ménager les canaux un procédé de perçage (bombardement électronique ou laser) qui provoque par choc thermique local l'apparition de nombreuses micro-craquelures sur leurs parois de telle sorte que la zone d'usure devient friable sous l'action abrasive des extrémités d'aubes.

35

L'invention permet donc d'obtenir par des moyens très simples une séparation rigoureuse des fonctions des deux zones. Le gradient thermique radial dans la zone réfrigérante est très faible puisque ses canaux sont refroidis.

5 Il est par contre très élevé dans la zone d'usure et y provoque des dilatations différentielles qui favorisent la propagation des amorces de rupture que sont les micro-criques.

10 L'anneau de joint étant avantageusement brasé dans l'anneau-support et devant être en matériau réfractaire, on a intérêt à choisir pour le constituer un superalliage, c'est-à-dire un alliage comportant en teneur pondérale, plus de 50% de nickel et/ou de cobalt. Le procédé de per-  
15 çage des canaux le plus apte à provoquer des micro-criques dans ce matériau est le perçage par bombardement électronique. Il provoque en effet au fur et à mesure de la progression du trou devant former un canal un échauffement local intense suivi d'un refroidissement rapide par dif-  
20 fusion de la chaleur dans la masse de l'anneau. On pourra utiliser avantageusement un matériau de perçage par bombardement électronique du genre déjà décrit dans le brevet français enregistré le 8 juin 1977 sous le n°77.18253 et publié sous le n°2 393 994.

25

La largeur maximale de l'anneau de joint employé dépend évidemment de l'échelle du moteur. Elle est couramment de 40 mm, voire plus, ce qui, dans certains cas, excède la profondeur maximale de perçage par bombardement électro-  
30 nique, du moins avec les machines actuellement en service. Dans le cas où l'anneau excède l'épaisseur maximale de perçage, on peut cependant employer un des modes de réalisation de l'invention décrits ci-après :

35 - dans une première solution on constitue cet anneau par

empilement du nombre nécessaire d'anneaux élémentaires .  
identiques dont les canaux doivent être soigneusement  
alignés lors du montage,

- 5     - ou suivant un second mode, on utilise un dispositif  
constitué par le nombre nécessaire de dispositifs élé-  
mentaires dont chacun est conforme à l'invention, et  
comprend donc un anneau-support et un anneau de  
joint.

10

On verra que la deuxième solution est plus avantageuse  
parce qu'elle permet d'ajuster au mieux le débit d'air de  
refroidissement en traversant "en parallèle" les divers  
dispositifs élémentaires d'anneau de joint.

15

On comprendra mieux les diverses dispositions de l'inven-  
tion et les avantages qui en résultent en considérant les  
descriptions d'exemples de réalisation de dispositifs de  
joint entourant une roue de turbine que l'on va maintenant  
20 examiner en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une section axiale courante d'un dis-  
positif de joint conforme à l'invention selon une  
première forme de réalisation (première solution ci-  
25 dessus),

- la figure 2 est une section diamétrale partielle à  
plus grande échelle prise dans le plan 2-2 de la  
figure 1,

30

- la figure 3 est une section axiale courante d'un dis-  
positif de joint conforme à l'invention, selon une  
deuxième forme de réalisation (deuxième solution ci-  
dessus).

35

- la figure 4 est une section longitudinale partielle d'une variante de réalisation des exemples des figures 1 et 3.

5 Toutes les pièces présentes dans ces figures sont de révolution, ce qui permet de les représenter par des sections axiales ou diamétrales. Des flèches indiquent le parcours des flux d'air de refroidissement.

10 On considère la figure 1. L'anneau de turbine 10 qui entoure la roue dont on voit l'extrémité E d'une aube représentée en trait interrompu peut être, par exemple, intercalé entre une virole extérieure de distributeur de l'étage considéré et, le cas échéant, une virole extérieure de distributeur de l'étage suivant.

Le dispositif à joint d'étanchéité refroidi comporte l'anneau-support 20 et l'anneau de joint 30. L'anneau-support 20 est fixé par ses extrémités à l'anneau de turbine 10 au moyen de cordons de soudure circulaires 21 et il est en outre centré s'il y a lieu par des nervures 11.

L'anneau de joint 30 est logé dans l'anneau-support 20 auquel il est brasé par sa périphérie 31. Il est parcouru par une pluralité de canaux parallèles 32 qui sont représentés dans la figure 1 par des traits mixtes, dont on voit certains en coupe dans la figure 2 et qui occupent la totalité de sa section.

30 Une portée annulaire 22 appartenant à une bride amont 23 de l'anneau-support 20 est brasée sur la face amont 34 de l'anneau de joint 30 tandis qu'une bague 33 peut être brasée sur la face aval 35 du même anneau. Les circonférences internes de cette portée et de cette bague affleurent le contour intérieur 36 de cet anneau 30, de rayon R1, tandis

que leurs circonférences externes ont des rayons égaux  $R_3$  substantiellement plus petits que le rayon  $R_2$  du contour externe 31. Ladite portée et ledit anneau forment donc des écrans qui divisent l'anneau 30 en deux zones annulaires concentriques, à savoir d'une part une zone externe  $Z_1$  de rayon extérieur  $R_2$  et de rayon intérieur  $R_3$  et d'autre part une zone interne  $Z_2$  de diamètre extérieur  $R_3$  et de diamètre intérieur  $R_1$ . Ces écrans transforment les canaux 32 situés dans la zone  $Z_2$  en cavités closes, ou demi-ouvertes, si la bague 33 n'est pas brasée.

Un flux d'air obtenu par dérivation d'une fraction du débit du compresseur alimentant la turbine pénètre tout d'abord par une pluralité d'orifices 12 (ménagés dans l'anneau 10) dans la chambre annulaire 13 qui entoure la partie amont de l'anneau-support 20, puis il pénètre au moyen d'orifices 24 ménagés dans celui-ci dans une chambre annulaire 25 délimitée par la face amont de l'anneau de joint 30 et par la bride 23 ; il est alors insufflé dans les canaux 32 de la zone  $Z_1$  et ressort par la face aval de ladite zone. Pour les motifs que l'on a déjà indiqués, l'anneau 30 est constitué par l'empilement d'anneaux élémentaires 37, percés de façon identique et montés de telle sorte que les canaux 32 soient parfaitement alignés.

On revient sur les rôles respectifs des deux zones  $Z_2$  et  $Z_1$ . La zone d'usure  $Z_2$ , dont les canaux constituent des cavités closes, est thermiquement isolante et le gradient radial de température en fonctionnement y est important. La zone  $Z_1$ , dont les canaux sont parcourus par le flux d'air, constitue un échangeur thermique qui évacue les calories en provenance de la zone  $Z_2$ . Ces deux zones constituent donc un double écran thermique qui protège efficacement l'anneau-support 20 et l'anneau de turbine 10.



On trouvera en fin de la présente description quelques indications numériques sur les diamètres et les pas des canaux 32 des deux zones.

5 Le dispositif de la figure 1 attire les remarques suivantes :

- l'empilage des anneaux élémentaires 37 doit être réalisé de façon très méticuleuse étant donné le faible  
10 diamètre des tronçons de canaux à aligner,
- le débit d'air est limité, d'une part par la section totale des orifices 24 et d'autre part par la grande  
longueur des canaux qui provoque des pertes de charge.

15

La figure 3 montre une forme de réalisation qui permet d'éliminer ces sujétions. L'anneau réfractaire d'usure y est divisé en anneaux élémentaires de courte longueur 67 dont chacun est doté de ses propres moyens d'alimentation  
20 en air de refroidissement.

L'anneau de turbine 40 comporte autant de rangées d'ouvertures de passage d'air 42 qu'il y a d'anneaux élémentaires 67 et l'anneau-support est divisé en autant d'éléments de  
25 support 56 dont chacun loge un anneau élémentaire 67 qui y est brasé par sa périphérie. Chaque élément 56 est muni d'une bride interne amont 57 sur laquelle bute cet anneau élémentaire et qui est conformée de façon à ménager en face de la zone Z1 (voir figure 2) une chambre annulaire 55. A  
30 l'exception du dernier en aval (67A), chaque anneau élémentaire 67 est plus court que le logement qui lui est réservé dans l'élément 56 correspondant, ce qui ménage un vide 58 entre l'extrémité aval de cet anneau élémentaire et la bride 57 qui suit. La fermeture des canaux de la zone Z2 de  
35 chaque anneau élémentaire est assurée au moyen d'écrans.

annulaires 62 brasés sur l'extrémité amont de chaque anneau . Un écran annulaire 63 peut être également brasé sur les extrémités aval de chaque anneau. Enfin les rangées d'ouvertures 42 sont séparées par des nervures 41 dont chacune supporte l'extrémité aval d'un élément 56 et l'extrémité amont de l'élément qui le suit et qui délimitent des chambres annulaires 43. Chacune de celles-ci est alimentée par la rangée d'orifices 42 correspondants et communique avec la chambre annulaire 55 correspondante par une rangée d'ouvertures 54 ménagées dans l'élément 56 correspondant. Deux cordons annulaires de soudure 51 assurent la fixation de l'empilement des éléments de support 56 à fleur de l'extrémité amont et de l'extrémité aval de l'anneau de turbine 40.

Le dispositif de joint de la figure 3 consiste en fait en l'empilage de dispositifs élémentaires dont chacun est pratiquement conforme à la figure 1 mais qui sont suffisamment courts pour qu'il ne soit pas nécessaire de fragmenter leurs anneaux de joint 67. Il permet en outre d'admettre, à pression d'alimentation égale, un débit d'air de refroidissement beaucoup plus grand que le dispositif de la figure 1 puisque le nombre d'ouvertures d'admission et de canaux de circulation est beaucoup plus élevé tandis que les canaux sont beaucoup plus courts. Réciproquement, pour obtenir un même débit d'air, la pression d'air nécessaire est beaucoup plus faible. On peut en outre remarquer que, à l'exception de l'élément de joint 67 de gauche, chacun de ceux qui le suivent a son contour intérieur refroidi par le film d'air délivré par la chambre annulaire 58 qui précède.

Il est enfin possible, si cela s'avère nécessaire, de diviser les anneaux de joint 67 en constituant chacun d'entre eux par un empilement d'au moins deux anneaux élémentaires.

La figure 4 illustre une variante de réalisation de la chambre d'admission d'air dans les canaux de la zone Z1 (25, figure 1; 55, figure 3). La bride annulaire 71 (qui joue le rôle de butée des brides 23 ou 57 des figures 1 ou 3), est plane. La chambre d'admission d'air 72 est obtenue en détournant l'anneau de joint 73 pour obtenir un chambrage annulaire limité par les rayons R2 et R3 (zone Z1) et est alimentée en air de refroidissement par des ouvertures 74 percées dans l'anneau support de joint 75.

10 L'anneau 73 est brasé par sa partie non détournée (zone Z2) sur la bride 71 qui joue donc non seulement le rôle de butée mais aussi celui d'obturateur.

On décrit maintenant une autre variante relative au mode d'évacuation de l'air de refroidissement après la traversée des canaux de la zone Z2. Bien que cette description se réfère à la figure 1, elle est néanmoins applicable au dispositif de joint de la figure 3. D'après ce que l'on a dit jusqu'ici du dispositif de la figure 1, l'air de refroidissement s'échappe dans la veine. Mais il est possible de le faire s'échapper hors de la veine en l'évacuant vers l'extérieur. Cette possibilité est illustrée par une bride 27 (représentée en traits interrompus) qui est brasée sur l'extrémité aval de l'anneau 30, dans la zone Z2, tout en ménageant une chambre annulaire d'évacuation 28 dans la zone Z1. Le circuit de l'air de refroidissement est alors totalement isolé de la veine de gaz chauds. Cette variante peut présenter un grand intérêt notamment si l'étage considéré est un étage de compresseur haute pression, car elle permet de prélever un flux d'air pour le refroidissement de cet étage à un étage basse pression alors que ce refroidissement serait impossible si ce flux devait retourner dans la veine haute pression puisqu'il y aurait inversion du sens du débit.

On donne enfin quelques indications matérielles sur la constitution des éléments du dispositif de joint de l'invention. Si les températures de fonctionnement de la machine sont élevées, l'anneau-support et l'anneau de joint seront en superalliage. On a intérêt à utiliser un matériau facilement soudable et usinable, tel qu'un superalliage de la nuance NC22FeD.

Les fonctions des canaux 32 de la zone Z1 et de ceux de la zone Z2 étant différentes, on peut leur conférer des diamètres différents et même des dispositions relatives différentes. Dans la zone Z1 (refroidissement) le diamètre et le pas de ces canaux sont fonction de la pression d'alimentation en air, de la pression à vaincre dans la veine (si l'air doit retourner dans celle-ci) et du débit nécessaire pour obtenir un refroidissement efficace. Mais le diamètre ne doit pas descendre en deçà d'une certaine valeur pour limiter les pertes de charge et les risques d'obturation par des poussières. On pourra par exemple ménager des canaux de 1 mm avec un pas de 1,5 mm. Dans la zone Z2 (zone d'usure), les canaux doivent être aussi rapprochés que possible et de diamètre suffisamment petits, et répartis préférentiellement en quinconce pour améliorer leur usinabilité par les extrémités d'aubes en cas de frottement, et assurer un gradient radial de température suffisant et homogène. On peut alors par exemple ménager dans cette zone des canaux d'un diamètre de 0,3 mm disposés en rangées circulaires, le pas des canaux dans chaque rangée étant de 0,4 mm et ces rangées étant décalées de l'une à l'autre d'une valeur égale à un demi-pas de telle sorte qu'un canal déterminé est équidistant de tous ses voisins.

On remarquera également que l'obturation des canaux de la zone Z2 peut être assurée au moyen d'une simple application

de brasure au lieu de l'être au moyen d'une bride ou d'un écran.

Il va de soi qu'on ne sortirait pas du cadre de la présente  
5 invention si le joint 30 (ou l'empilement de joints 67)  
avait une forme conique (au lieu de cylindrique) dans le  
cas où les extrémités d'aubes engendrent dans leur mouve-  
ment une surface conique au lieu d'une surface cylindrique  
tel que représenté sur les dessins annexés. Bien entendu,  
10 la direction des canaux 32 devra, dans ce cas, être paral-  
lèle aux génératrices du cône au lieu d'être parallèle à  
l'axe de la roue.

15

20

25

30

35

REVENDECATIONS

1. Dispositif de joint annulaire d'usure et d'étanchéité refroidi par l'air, disposé autour de l'aubage d'une roue  
5 de machine à stator et rotor délimitant une veine de gaz chauds, du genre comprenant successivement de la périphérie vers l'axe :

- un anneau-support entourant la roue,
- 10 - une première couche annulaire de matériau, dite "couche réfrigérante" accrochée à cet anneau-support et perméable à l'air,
- une deuxième couche annulaire de matériau, dite "couche d'usure", accrochée à la couche réfrigé-
- 15 rante, venant à proximité immédiate des extrémités des aubes de la roue et usinable par lesdites extrémités et
- des moyens d'accès et de circulation d'air de refroidissement dans la couche réfrigérante,

20 caractérisé en ce que, dans le but de simplifier la réalisation dudit dispositif de joint, les deux couches (Z1,Z2) sont ménagées dans un même anneau de joint (30) inséré et fixé à l'intérieur de l'anneau-support (20) et en alliage  
25 métallique réfractaire dans les conditions d'utilisation (c'est-à-dire capable de résister aux agressions thermiques et chimiques des gaz chauds), traversé de part en part par une pluralité de canaux (32) parallèles à la surface engendrée par la rotation des extrémités d'aubes et  
30 occupant toute la section dudit anneau de joint, lesdits canaux débouchant par les deux faces de celui-ci et étant parcourus par l'air de refroidissement dans la zone annulaire constituant la couche réfrigérante (Z1) et étant clos au moins à l'extrémité amont dans la zone annulaire consti-

35 tuant la couche d'usure (Z2) dans laquelle ils forment des

cavités closes diminuant la conduction thermique de ladite zone et améliorant son usinabilité.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce  
5 que ledit anneau de joint (30) est réalisé en un superal-  
liage à base de nickel et/ou de cobalt et en ce que les  
canaux (32) sont usinés par un procédé provoquant l'appari-  
tion de micro-craques dans les parois desdits canaux.
- 10 3. Dispositif selon la revendication 1 ou la revendication  
2, caractérisé en ce que ledit procédé est un procédé par  
bombardement électronique ou laser.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à  
15 3, caractérisé en ce que ledit anneau de joint est constitué  
par un empilement dans le sens longitudinal d'au moins deux  
anneaux élémentaires (37) dans lesquels la répartition des  
canaux (32) est identique et qui sont orientés de telle  
sorte que leurs canaux sont alignés.
- 20 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce  
que les canaux de la zone d'usure (Z2) sont clos en au moins  
l'une des faces d'extrémité (34) de l'anneau de joint par un  
écran annulaire métallique brasé (33).
- 25 6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce  
que les canaux de la zone d'usure (Z2) sont clos en au moins  
l'une des faces d'extrémité (34) de l'anneau de joint par  
une application de brasure.
- 30 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à  
6, caractérisé en ce que l'anneau de joint (30) bute par  
l'une de ses extrémités contre une bride interne (23) de  
l'anneau-support (20) ménageant contre ladite extrémité une  
35 chambre annulaire qui dégage les canaux (32) de la couche

(Z1) pour y permettre l'admission de l'air de refroidissement.

5 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite chambre annulaire est réalisée au moyen d'un chambrage annulaire (25) ménagé dans ladite bride (23).

10 9. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite chambre annulaire est réalisée au moyen d'un chambrage annulaire (72) ménagé dans la face de butée amont de l'anneau de joint (73).

15 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que les orifices des canaux de la zone d'usure (Z2) dans la face de butée de l'anneau de joint (73) sont clos par ladite bride (71).

20 11. Dispositif de joint d'étanchéité annulaire d'usure refroidi par l'air, disposé autour de l'aubage d'une roue de machine à stator et rotor délimitant une veine de gaz chauds, caractérisé en ce qu'il est constitué par un empilement d'au moins deux dispositifs élémentaires de joints annulaires d'usure et d'étanchéité comportant des zones de refroidissement (Z1) et des zones d'usure (Z2) conformes à  
25 l'une quelconque des revendications 1 à 10.

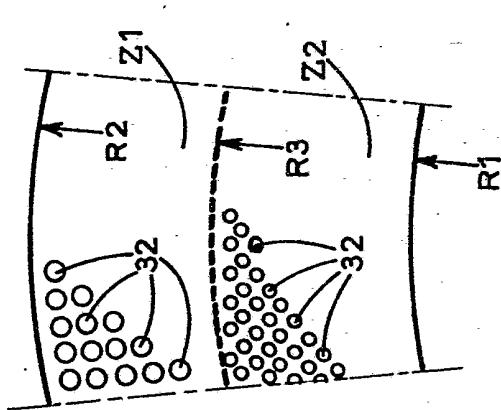
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (27, 28) d'évacuer hors de la veine l'air de refroidissement  
30 ayant traversé les canaux de la zone réfrigérante (Z1).

13. Turbine à gaz caractérisée en ce qu'elle est munie d'un dispositif de joint conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 12.

35

14. Compresseur haute pression, caractérisé en ce qu'il est muni d'un dispositif de joint conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 12.





1 / 1

FIG:2

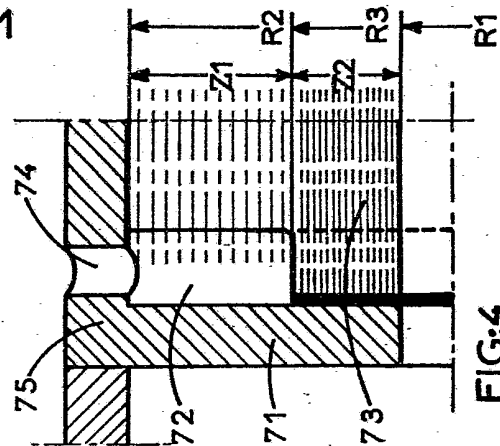


FIG:4

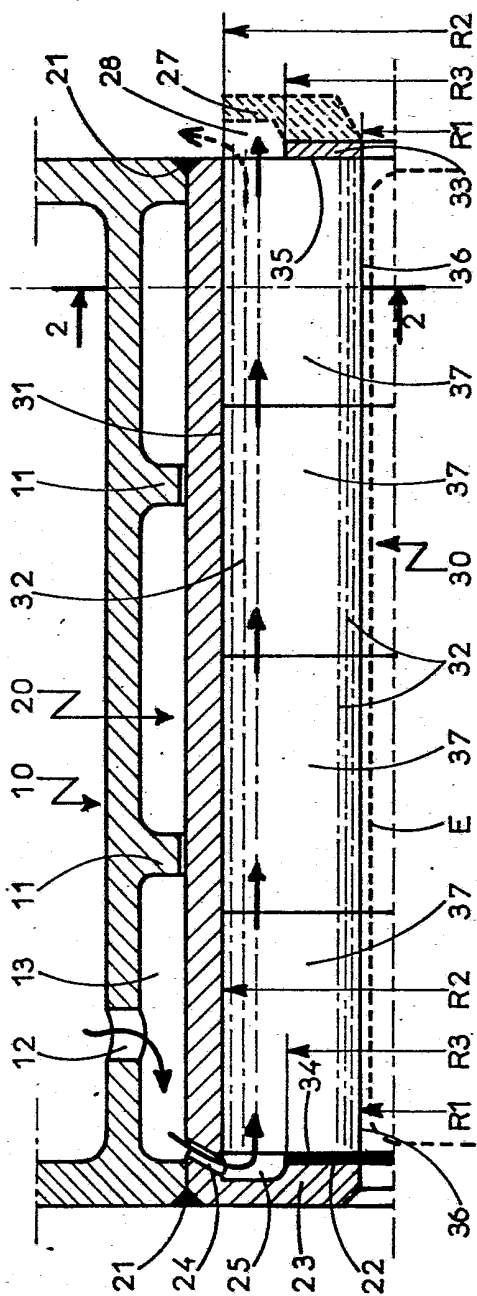


FIG:1

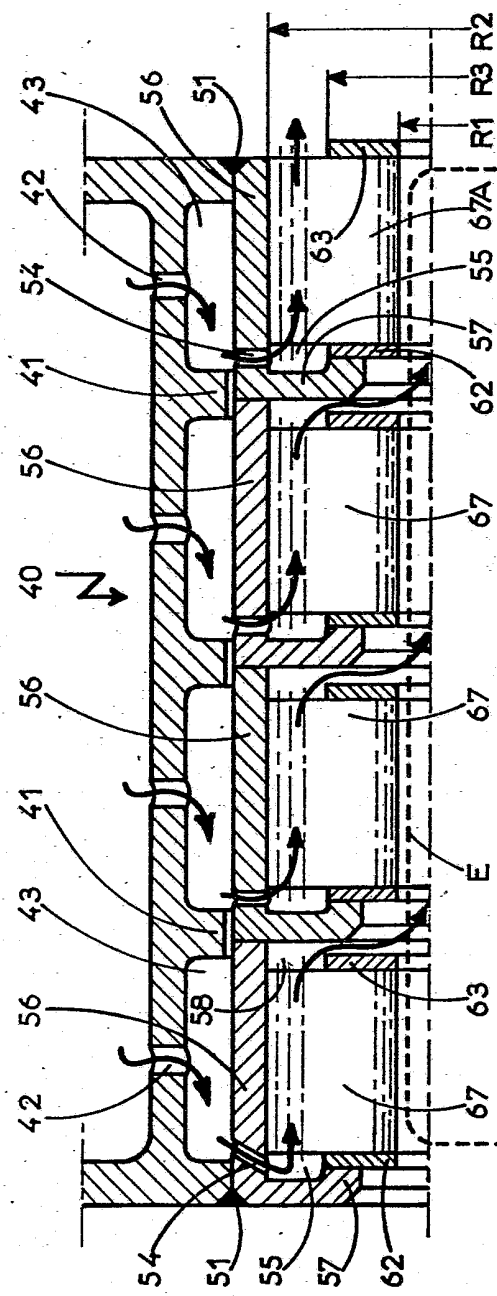


FIG:3