RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 468 741**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 79 26666**

(54) **Perfectionnements aux anneaux à joint d'étanchéité refroidi par l'air pour roues de turbine à gaz.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **F 02 C 7/28.**

(22) Date de dépôt..... 26 octobre 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° 19 du 8-5-1981.

(71) Déposant : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION (SNECMA), société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Jacques Philippe Henri Tirole, Claude Marcel Mons et Roland Roger Spinat.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : F. Moinat, service des brevets, SNECMA,
BP 84, 91003 Evry Cedex.

Perfectionnements aux anneaux à joint d'étanchéité refroidi par l'air pour roues de turbines à gaz.

L'invention est relative aux turbines à gaz et notamment aux turbines à gaz de turboréacteurs aéronautiques. Elle concerne plus spécialement un anneau à joint d'étanchéité à disposer autour d'une roue de turbine à gaz pour limiter les fuites de gaz au droit des extrémités des aubes.

D'une façon générale, le refroidissement des organes de turbine en contact avec les gaz moteurs permet d'accroître la température de combustion et par conséquent la puissance et le rendement du turboréacteur. En ce qui concerne les joints d'étanchéité en matériau susceptible d'être usiné par l'extrémité des aubes, on a déjà proposé de les refroidir par circulation forcée d'une fraction du débit d'air délivré par le compresseur au travers de pores ou d'interstices dudit matériau. Le brevet américain n° 3 825 364 décrit par exemple un anneau à joint d'étanchéité qui comporte en succession, de la périphérie vers l'axe :

a) un anneau-support disposé autour de la roue,
b) une première couche annulaire (que l'on dénommera pour l'instant "couche distributrice") accrochée à cet anneau-support et faite d'un matériau perméable à l'air,
c) une deuxième couche annulaire (que l'on dénommera "couche d'usure") fixée à l'intérieur de la couche distributrice, venant à proximité immédiate des extrémités des aubes de la roue et faite d'un matériau poreux à pores ouverts, usinable par ces extrémités d'aubes et insensible à l'action thermique et chimique des gaz actionnant la roue.

L'anneau-support est conformé de façon à ménager autour de la couche distributrice un passage annulaire. Des orifices ménagés dans cet anneau-support permettent de dériver vers ce passage annulaire une fraction du débit d'air du compresseur. La perméabilité à l'air de la couche d'usure est

supérieure à celle de la couche distributrice qui est censée distribuer l'air de refroidissement d'une façon homogène au travers de la couche d'usure. Le fait que celle-ci soit plus perméable que la couche distributrice est censé permettre de maintenir le débit d'air à sa valeur initiale même si l'usinage par les extrémités d'aubes provoque une obstruction partielle des pores superficels de la couche d'usure.

Ce procédé de refroidissement de la couche d'usure par circulation d'air au travers de celle-ci présente en fait des inconvénients notables qui font que le dispositif de l'art antérieur ci-dessus décrit n'atteint que partiellement son objet.

En effet,

- pour que l'air s'écoule avec un débit suffisant malgré la pression régnant dans la veine, il faut qu'il soit admis autour de la couche distributrice sous une pression relativement élevée (par exemple de l'ordre de 15 bars), ce qui affecte les performances du turboréacteur ;

- en raison des variations de la pression des gaz durant la traversée de la roue, la répartition du débit d'air au travers de la couche d'usure n'est pas aussi homogène qu'on pourrait l'escompter ; l'air se déplace dans la couche non seulement radialement (c'est-à-dire transversalement à la couche) mais aussi axialement (c'est-à-dire parallèlement à l'axe de la roue) et l'écoulement axial contrarie l'écoulement radial ;

- bien que, lorsque le joint est neuf, la perméabilité de la couche d'usure est plus grande que celle de la couche distributrice, les pores ou interstices superficiels de la couche d'usure s'obstruent plus ou moins à la longue, par pollution et par "tartinage", et le débit d'air de refroidissement risque de décroître de façon dangereuse ;

- les choix des caractéristiques des deux couches sont étroitement liés car l'air de refroidissement les traverse toutes les deux mais son débit doit demeurer limité par la couche réfrigérante ; ces choix résultent d'un compromis ;

- enfin, le joint est plus épais que les joints de l'art antérieur du fait qu'à l'épaisseur de la couche d'usure s'ajoute celle de la couche distributrice et que celle-ci doit être suffisamment épaisse pour jouer son rôle de distributeur d'air.

L'anneau à joint d'étanchéité refroidi de l'invention comporte, en succession de la périphérie vers l'axe, de même que les dispositifs de l'art antérieur précités :

- un anneau-support entourant la roue,
- une première couche annulaire dite ici "couche réfrigérante", accrochée à cet anneau-support et faite d'un matériau perméable à l'air ;
- une couche d'usure venant à proximité immédiate des aubes de la roue et faite d'un matériau usinable par ces extrémités d'aubes et insensible à l'action thermique et chimique des gaz actionnant la roue.

Ce dispositif comporte d'autre part des moyens d'admettre de l'air circulant dans la couche réfrigérante et il est caractérisé en ce qu'il comporte en outre une troisième couche dite "couche séparatrice", interposée entre les deux autres couches et faite d'un matériau dont la perméabilité à l'air est telle que le débit d'air radial qui traverse cette couche est sensiblement inférieur au débit d'air axial qui parcourt la couche réfrigérante.

Dans beaucoup de cas d'utilisation, ce débit d'air radial peut d'ailleurs être nul, c'est-à-dire que la couche séparatrice est étanche.

Si l'on néglige, en première approximation, le faible débit d'air traversant éventuellement la couche séparatrice, on

constate que celle-ci est refroidie à la fois par convection forcée de l'air circulant à son contact et par conduction thermique vers la couche réfrigérante, elle-même refroidie énergiquement par convection forcée. Quant à la couche d'usure elle est surtout refroidie par conduction vers la couche séparatrice. Les choix des matériaux de la couche réfrigérante et de la couche d'usure ne sont plus liés et l'on peut faire ces choix de façon à conférer à ces deux couches des caractéristiques optimales. La perméabilité à l'air de la couche réfrigérante peut notamment être aussi grande qu'il est désirable, sans avoir à se soucier de la perméabilité de la couche d'usure. En outre, le refroidissement n'est pas affecté par un colmatage partiel de la couche d'usure.

On peut, comme on l'a déjà indiqué, utiliser une couche séparatrice totalement imperméable à l'air (en la constituant par exemple par un clinquant) ou lui laisser une certaine perméabilité (clinquant perforé). Dans le cas où la couche séparatrice est réalisée par projection au plasma, lorsque cette couche est obtenue on continue l'opération avec un réglage différent du chalumeau, ce qui confère au matériau d'usure une porosité différente de celle de la couche séparatrice bien qu'il s'agisse du même matériau. Lorsque la couche réfrigérante est constituée d'un matériau céramique, la couche séparatrice appliquée au chalumeau constituerait la couche d'ancrage du matériau d'usure. L'action refroidissante de l'air traversant la couche d'usure complète ainsi celle de la couche séparatrice et l'on peut conférer à cette dernière une perméabilité décroissante d'amont en aval de façon à obtenir une répartition homogène du débit radial malgré la variation de pression des gaz au passage de la roue.

La couche séparatrice agissant par conduction et non pas par diffusion thermique, il est intéressant de la rendre aussi mince que possible, dans une mesure compatible avec les possibilités de réalisation et les nécessités de tenue mécanique. Pour favoriser le refroisissement de la couche d'usure, on a également intérêt à rendre celle-ci aussi

mince que possible dans la mesure compatible avec les déformations du rotor dues aux dilatations différentielles et aux faibles balourds provoqués par un fonctionnement normal. Ainsi, la couche séparatrice est sensiblement moins épaisse que la couche d'usure, elle-même sensiblement moins épaisse que la couche réfrigérante. Mais alors, et toujours dans le cadre de l'invention, il devient avantageux de constituer la couche réfrigérante également d'un matériau susceptible d'être usiné par l'extrémité des aubes et de constituer la couche séparatrice par une lame suffisamment mince et suffisamment ductile pour permettre facilement son ablation par les extrémités des aubes de la roue. En fonctionnement normal, le joint d'étanchéité est alors constitué par la couche d'usure proprement dite, mais, en cas de déplacement radial important de la roue (par exemple dans le cas d'un balourd important provoqué par la rupture d'une aube), la couche réfrigérante joue également le rôle de couche d'usure.

En fin de compte, l'épaisseur totale de la couche composite constituée par la juxtaposition des trois couches élémentaires n'est pas plus grande que l'épaisseur d'une couche d'usure de l'art antérieur.

D'autres dispositions et les avantages qui en découlent seront évoqués dans la description qui suit d'un exemple de réalisation conforme à l'invention, en référence à la figure 1 annexée qui représente à grande échelle une coupe radiale d'un dispositif illustrant cet exemple.

L'anneau-support 10 est disposé au droit de la roue de turbine. On aperçoit une extrémité 91 de l'une des aubes 90 de la roue. L'anneau-support 10 comporte une virole 11, une couronne amont 12 et une couronne aval 13 de telle sorte que sa section radiale forme un logement en U dont les branches sont orientées vers l'axe de la roue et qui contient les trois couches annulaires qui constituent le joint d'étanchéité de l'invention. Ces trois couches sont, de la périphérie vers l'axe :

- la couche réfrigérante 21, appliquée contre la paroi interne de la virole 11,
- la couche séparatrice 22, appliquée contre la couche réfrigérante 21,
- la couche d'usure 23 qui est appliquée contre la couche séparatrice 22 et qui affleure les bords internes des couronnes 12 et 13.

En fonctionnement normal, les extrémités d'aubes telles que 91 usinent la surface de la couche d'usure 23, ce qui fait qu'au repos un jeu J subsiste entre cette couche et lesdites extrémités d'aubes.

La couronne amont 12 déborde autour de la paroi externe de la virole 11. Dans la partie débordante 14 est ménagé un logement circulaire 15 qui coiffe un cordon annulaire 32 solidaire d'un voile 31 lui-même lié à l'enveloppe de la turbine. Cette enveloppe n'est pas représentée.

La paroi externe de la virole 10 porte en aval, à une distance déterminée en amont de la couronne 13, une couronne externe 16 qui supporte une bride annulaire 17 qui déborde vers l'aval. Cette couronne 16 et la bride 17 s'insèrent dans l'orifice circulaire d'un voile 33 lié lui aussi à l'enveloppe de la turbine. Ce voile 33 porte une bride annulaire 34 qui entoure la bride 17. Un anneau élastique de fixation 35 à section courante en U permet de pincer l'une contre l'autre les brides 17 et 34 pour assujettir l'anneau-support 10.

Les deux voiles 31 et 33 séparent deux espaces E1 et E2. L'espace E1 est alimenté en air de refroidissement venant du compresseur, non représenté. L'espace E2 communique avec la veine de gaz en aval de la roue. L'espace E1 est donc en surpression par rapport à l'espace E2. Des orifices d'admission d'air tels que 18 sont ménagés dans la virole 11 immédiatement en aval de la couronne 14 et mettent en communication la couche réfrigérante 21 et l'espace E1. Des

orifices d'évacuation d'air tels que 19 sont ménagés dans ladite virole 11 en aval de la couronne 16 et mettent en communication ladite couche réfrigérante 21 et l'espace E2. Un flux d'air réfrigérant parcourt ainsi la couche 21 d'amont en aval, c'est-à-dire dans une direction axiale. La couche séparatrice 22 est refroidie par convection, grâce au contact avec le flux d'air, mais aussi et surtout par conduction, grâce au contact avec la couche réfrigérante 21 elle-même refroidie par l'air. On remarquera que les couches 21 et 22 coopèrent pour constituer un écran anti-thermique protégeant la virole 10 contre la chaleur des gaz traversant la roue.

Si la couche 21est suffisamment épaisse, les orifices 19 ménagés dans la virole 11 peuvent être remplacés par des orifices ménagés dans la couronne 13, tel l'orifice 19' représenté en pointillé. La couronne 16 peut alors être reculée vers l'aval, dans la position 16', c'est-à-dire au droit de la couronne 13.

Eventuellement, le dispositif de la figure 1 comporte en outre les trois dispositions supplémentaires avantageuses que l'on va décrire ci-après.

La première de ces dispositions consiste à conférer à la couche séparatrice 22 une certaine perméabilité à l'air, en vue par exemple de refroidir la couche d'usure 23 non seulement par conduction mais aussi par convection. Cette perméabilité demeure cependant telle que le débit d'air radial s'écoulant au travers des couches 22 et 23 est sensiblement inférieur au débit d'air axial parcourant la couche 21. En vue d'assurer une répartition homogène du débit radial malgré la variation de pression des gaz qui se produit au passage de la roue, on peut avantageusement conférer à la couche 22 une perméabilité décroissante d'amont en aval. On a supposé sur la figure 1 que la couche 22 est faite d'un matériau étanche. Elle est rendue perméable au moyen d'une

pluralité de petits orifices 24 dont la densité, c'est-à-dire le nombre par unité de surface, est plus faible en aval qu'en amont.

La deuxième disposition complémentaire consiste à insérer des déflecteurs dans la couche réfrigérante 21 afin d'accroître les échanges thermiques entre l'air et ladite couche pour améliorer le refroidissement de celle-ci. Ces déflecteurs consistent en des voiles en forme de couronne 25 et 26 alternativement insérés dans la couche 21. Les voiles 25 ont un diamètre extérieur égal au diamètre intérieur de la virole 11 et un diamètre intérieur sensiblement plus grand que le diamètre extérieur de la couche séparatrice 22. Les voiles 26 ont un diamètre extérieur sensiblement plus petit que le diamètre intérieur de la virole 11 et un diamètre intérieur égal au diamètre extérieur de la couche séparatrice 22. Outre leur fonction de déflecteurs, les voiles 26 agissent aussi comme radiateurs faborisant l'évacuation de la chaleur de ladite couche 22.

Une troisième disposition complémentaire consiste à constituer la couche réfrigérante 21 et la couche séparatrice 22 en des matériaux susceptibles d'être usinés par les extrémités d'aubes 91. Elle permet de réduire l'épaisseur de la couche d'usure 23 au minimum compatible avec un fonctionnement de la turbine dans les conditions convenables. En cas d'un balourd très important, dû par exemple à la rupture d'une ou de plusieurs aubes, les extrémités des aubes 91 restantes tracent leur chemin dans la couche 21, par exemple en 91'. On peut ainsi conférer à la couche composite formée par l'assemblage des trois couches élémentaires 21, 22 et 23, une épaisseur totale qui ne dépasse pas l'épaisseur d'une couche de joint d'étanchéité de l'art antérieur. Si des voiles 25 et 26 sont présents, les voiles 26 doivent alors eux aussi être faits d'un matériau susceptible d'être usiné par les extrémités d'aubes.

On donne ci-après des exemples relatifs à la constitution et

à la réalisation des éléments du joint de la figure 1. On rappelle cependant que, en raison de l'indépendance des fonctions des différentes couches de ce joint, on dispose d'une certaine latitude dans le choix des matériaux.

La couche réfrigérante 21 est brasée sur la virole 11 et est constituée par une mousse ou un matériau fritté en alliage à base nickel-chrome.

La couche séparatrice 22 peut être réalisée au moyen d'un clinquant (perforé ou non) en alliage ductile, par exemple un alliage nickel-chrome, brasé sur la couche 21, ou encore par projection au plasma d'un alliage, par exemple à base nickel-chrome.

Le matériau de la couche d'usure 23 peut par exemple être un feutre réfractaire en alliage à base nickel-chrome lié par brasage et diffusion à la couche séparatrice 22 ou encore un dépôt d'alliage nickel-chrome réalisé par projection de plasma. Dans le cas où la couche séparatrice est réalisée au moyen d'un chalumeau à plasma, la couche séparatrice et la couche d'usure peuvent être constituées d'un même matériau mais d'un module différent.

Les voiles 25 sont en clinquant d'alliage nickel-chrome et sont brasés sur la virole 11. Quant aux voiles 26, ils sont réalisés "in situ" par usinage de rainures dans la couche réfrigérante 21 et par recharge de ces rainures au moyen d'un dépôt d'alliage nickel-chrome par chalumeau à plasma. Les voiles 26 peuvent également être réalisés par fusion, par exemple par bombardement par faisceaux d'électrons.

On donne enfin, pour terminer la présente description, des indications sur les épaisseurs à assigner aux différentes couches dans la plupart des cas :

- couche réfrigérante 21 : 3 à 10 mm et de préférence 5 à 6 mm ;

- couche séparatrice 22 : 0,1 à 0,5 mm et de préférence 0,1 à 0,2 mm ;
- couche d'usure 23 : 0,5 à 3 mm et de préférence 1 à 1,5 mm.

REVENDICATIONS

1. Anneau à joint d'étanchéité refroidi pour roue de turbine à gaz, du genre comportant successivement, de la périphérie vers l'axe :

- un anneau support (10) entourant la roue,
- une première couche annulaire dite "couche réfrigérante" (21) accrochée à cet anneau support (10) et faite d'un matériau perméable à l'air,
- une deuxième couche annulaire dite "couche d'usure" (23) venant à proximité immédiate des extrémités des aubes (91) de la roue et faite d'un matériau susceptible d'être usiné par ces extrémités d'aubes et insensible à l'action thermique et chimique des gaz actionnant la roue,

le dit dispositif comportant d'autre part des moyens d'admettre de l'air circulant dans la couche réfrigérante (21) et étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre une troisième couche annulaire dite "couche séparatrice" (22), intercalée entre les deux couches (21,23) et faite d'un matériau dont la perméabilité à l'air est telle que le débit d'air radial qui traverse cette couche séparatrice (22) est sensiblement inférieur au débit d'air axial qui parcourt la couche de protection.

2. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche séparatrice (22) est imperméable à l'air.

3. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche séparatrice (22) est formée d'un clinquant.

4. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 1, caractérisé en ce que la perméabilité à l'air de la couche séparatrice (22) décroît de l'amont de la roue à l'aval de la roue.

5. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche séparatrice (22) est formée d'un clinquant perforé.

6. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche séparatrice (22) est un dépôt obtenu par projection au plasma sur la couche réfrigérante (21).

7. Anneau à joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la couche séparatrice (22) est sensiblement moins épaisse que la couche d'usure (23) elle-même sensiblement moins épaisse que la couche réfrigérante (21).

8. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 7, caractérisé en ce que les matériaux de la couche séparatrice (22) et de la couche réfrigérante (21) sont eux-mêmes susceptibles d'être usinés par les extrémités des aubes (91) de la roue et en ce que les épaisseurs des trois couches sont telles que, en fonctionnement normal, lesdites extrémités sont hors de contact avec la couche séparatrice (22).

9. Anneau à joint d'étanchéité selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche réfrigérante (21) est comprise entre 3 et 10 mm, l'épaisseur de la couche séparatrice (22) entre 0,1 et 0,5 mm et l'épaisseur de la couche d'usure (23) entre 0,5 et 3 mm.

10. Anneau à joint d'étanchéité selon larevendication 9, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche réfrigérante (21) est comprise entre 5 et 6 mm, l'épaisseur de la couche séparatrice (22) entre 0,1 et 0,2 mm et l'épaisseur de la couche d'usure (23) entre 1 et 1,5 mm.

11. Anneau à joint d'étanchéité selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des voiles minces (25,26) déflecteurs en forme de couronnes insérés dans la couche protectrice, à savoir :

- au moins un voile (25) de diamètre extérieur égal au diamètre intérieur de l'anneau support (10) et de diamètre intérieur plus grand que le diamètre extérieur de la couche séparatrice (22) et
- au moins un voile (26) de diamètre extérieur inférieur au diamètre intérieur de l'anneau support (10) et de diamètre intérieur égal au diamètre extérieur de la couche séparatrice (22).

12. Turbine à gaz de turboréacteur, caractérisée en ce qu'elle est équipée d'un anneau à joint d'étanchéité conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11.

PL.UNIQUE

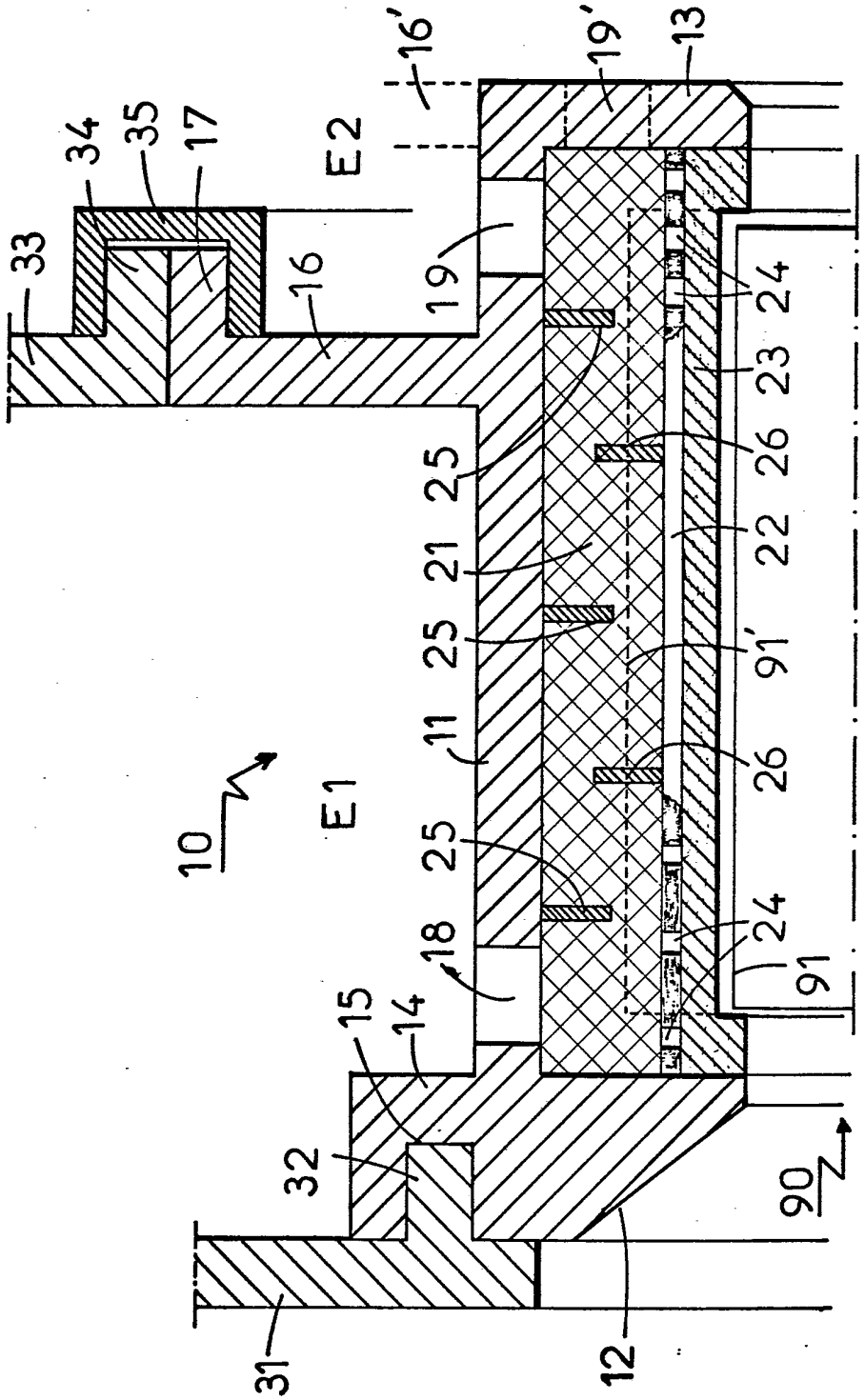


FIG.1