

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 531 491

②1 N° d'enregistrement national :

83 12324

⑤1 Int Cl³ : F 02 C 7/28.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26 juillet 1983.

③0 Priorité US, 9 août 1982, n° 406,404.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 10 février 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : UNITED TECHNOLOGIES CORPORA-
TION. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Lawrence Theodore Shiembob.

⑦3 Titulaire(s) :

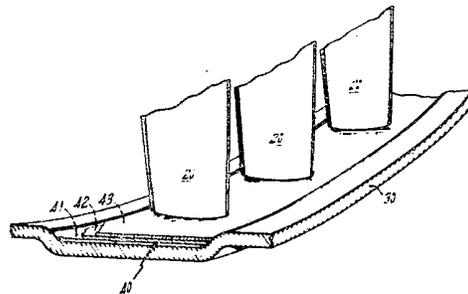
⑦4 Mandataire(s) : R. Baudin.

⑤4 Système de joint abrasif/abrasable pour machine rotative.

⑤7 La présente invention concerne un système de joint abra-
sable/abrasif pour moteur à turbine à gaz.

Le système de joint comprend une couche abrasive 40 qui
empêche une interaction directe entre les éléments 30, 20 en
mouvement relatif l'un par rapport à l'autre et une couche
abrasable 43 qui crée un degré efficace d'étanchéité au fluide
entre les éléments.

L'invention est par exemple utilisable dans les moteurs à
turbines à gaz.



FR 2 531 491 - A1

D

- 1 -

La présente invention concerne le domaine des joints utilisés dans une machine en rotation pour empêcher la fuite des fluides. L'invention concerne également le
5 domaine des joints abrasifs qui empêchent une interaction directe entre les éléments en mouvement des machines.

Le coût croissant de l'énergie a donné la priorité à la recherche d'un fonctionnement efficace des moteurs à turbine à gaz. Le rendement peut être augmenté
10 en réduisant les fuites. Le rendement est par conséquent amélioré si les tolérances et les espaces entre les éléments en mouvement, disposés très près l'un de l'autre, sont réduits. Des efforts sensibles ont été faits dans la technique pour développer des joints. Une approche générale
15 a été celle qui est appelée "revêtement abrasable". De tels revêtements sont adaptés pour être aisément usés par les éléments en mouvement, permettant ainsi à ces éléments d'arriver à un équilibre efficace sans usure importante de ces éléments. Des exemples typiques de la technique
20 des joints abrasables sont ceux décrits dans les brevets US 3 413 136 et 3 879 831. Une autre approche qui a été moins largement utilisée est la technique des joints abrasifs. Dans un joint du type abrasif, un élément en mouvement est enduit d'une matière abrasive et l'autre élément
25 en mouvement relatif par rapport à cet élément est disposé très près de celui-ci de sorte que pendant le fonctionnement, l'abrasif découpe l'autre élément en laissant un espace minimum entre l'élément enduit de l'abrasif et l'élément non-enduit. Une telle technique est décrite
30 dans le brevet US No. 3 339 933.

Des techniques de la métallurgie des poudres ont été mises en oeuvre pour produire de tels joints de moteurs à turbine à gaz; de telles techniques sont décrites dans les brevets US 3 844 011 et 3 147 087. Il est
35 également connu dans la métallurgie des poudres de réaliser des articles ayant une densité variable et contenant des quantités substantielles de porosité.

- 2 -

Le brevet US 3 880 550 décrit un joint de métal solide à utiliser dans la section de turbine des moteurs à turbine à gaz, ayant des propriétés qui varient à travers de l'épaisseur du joint.

La présente invention concerne un joint composite pulvérisé à l'arc plasma ayant une utilité particulière dans les moteurs à turbine à gaz, particulièrement ceux du type à flux axial. De tels moteurs comprennent des rangées alternées d'aubes stationnaires et des pales en mouvement, les pales étant fixées à la périphérie des disques en rotation montés sur l'arbre.

Le joint selon la présente invention comprend une partie abrasive et une partie abrasable. Le joint est appliqué à la surface d'un élément de moteur où une interaction se produit ou est prévue avec un autre élément. La partie abrasive est immédiatement adjacente à l'élément, et la partie abrasable est disposée sur la partie abrasive. L'écartement entre les éléments et les dimensions du joint est conçu de façon que pendant le fonctionnement normal une interaction se produit entre l'élément non-enduit et la partie abrasable du joint alors qu'en fonctionnement anormal, l'élément non-enduit vient en contact avec l'élément abrasif. Le contact avec l'élément abrasif empêche un contact par frottement direct entre les deux éléments. Le joint selon la présente invention a une possibilité d'application particulière dans la section de compresseur des moteurs à turbine à gaz où un contact direct d'éléments en titane doit être évité.

Pour que l'invention puisse être mieux comprise, référence est faite aux figures suivantes où :

La figure 1 est une vue en coupe partielle d'un compresseur de moteur à turbine à gaz typique.

La figure 2 est une vue en perspective montrant le rapport entre les pales de compresseur et le carter du compresseur.

La figure 3 est une vue en perspective montrant

- 3 -

les aubes du compresseur et le joint interne étanche à l'air.

La figure 1 représente une partie en coupe
5 d'une section de compresseur d'un moteur à turbine à gaz moderne. Les éléments important pour la compréhension de la présente invention sont une pluralité de disques rotatifs 1 sur la périphérie desquels sont montées une pluralité de pales 2. Les pales tournent dans le carter interne 3 et sont disposées très près de celui-ci. Une
10 fuite minimum entre les pales et le carter interne est obtenue par la réalisation d'un joint 4 (le joint externe étanche à l'air), monté sur le carter interne. Monté à l'intérieur et sur le carter interne 3 sont disposés une pluralité d'aubes 5 sur les extrémités internes
15 libres 6 desquelles est monté un autre joint 7 (le joint interne étanche à l'air) qui est disposé très près des lames 8 montées sur des prolongements des disques 1. Selon une autre possibilité de mode de réalisation, les
20 disques ne comportent pas de projection faisant partie intégrante avec ceux-ci, mais sont séparés par des écarteurs sur lesquels des lames peuvent être montées. La lame 8 et le joint interne 7 coopèrent pour réduire la fuite et améliorer le rendement.

25 Les joints pour lesquels la présente invention convient particulièrement sont disposés sur le carter interne 4 adjacent aux extrémités libres des pales 2 (joint externe), et sur les extrémités libres 6 des aubes 5 (les joints internes). Les joints selon la présente invention
30 sont de préférence montés sur des substrats stationnaires réalisés pour venir contre les éléments en mouvement (non enduits).

La figure 2 est une vue en perspective montrant le rapport entre les extrémités libres des pales 20 et le
35 carter interne 30, et montrant le joint externe 40 avec plus de détails. Soudé au carter 30 se trouve le joint 40 selon la présente invention. Le mode de réalisation montré

- 4 -

est un mode de réalisation à trois couches qui comprend une couche interne abrasive 41 soudée au carter 30, une couche intermédiaire 42 soudée à la couche abrasive 41 et une couche abrasable externe 43 soudée à la couche intermédiaire 42.

La figure 3 est une vue en perspective montrant l'application d'un autre mode de réalisation de la présente invention au joint interne. La figure montre le carter interne 30 sur lequel est montée une pluralité d'aubes 50. Faisant partie intégrante avec les extrémités libres des aubes sont des plates-formes ou substrats 110 pour le joint interne sur lesquels le joint selon l'invention est disposé. Il est montré un mode de réalisation à deux couches qui comprend une couche abrasive interne 111 soudée aux plates-formes et une couche abrasable 112 soudée à la couche abrasive 111. En fonctionnement, les lames (non représentés) agissent pour user ou abraser une rainure dans le joint pour réaliser l'étanchéité.

Pour des raisons aérodynamiques, il est essentiel que la fuite, le courant de gaz entre les sommets de pales et le carter, ou les extrémités d'aubes et les disques ou écarteurs soit réduite au minimum (ci-après "pale" sera utilisée pour désigner d'une manière générique les parties de la turbine qui interrégissent avec les joints). Ce problème est exacerbé par les changements de dimensions qui se produisent pendant le fonctionnement du moteur dus à la température et aux contraintes.

Dans la technique connue, des matières de joints abrasables ont été utilisées. De telles matières ont une nature friable, cassante qui permet de les user sans usure ou endommagement significatif permettant de réduire le jeu pendant le fonctionnement du moteur pour réduire et ainsi améliorer le rendement du moteur.

Un autre problème significatif est rencontré dans les compresseurs de turbine. Les éléments de compresseur sont habituellement réalisés en un alliage

- 5 -

de titane. Le titane est un métal réactif et s'il se produit un frottement impliquant des éléments en titane, une combustion catastrophique soutenue peut en résulter. Une telle
5 combustion est encouragée par l'environnement dans le compresseur qui peut comporter des températures jusqu'à environ 482°C et des pressions jusqu'à 2,064 MPa qui, en combinaison, forment une atmosphère conduisant à la combustion.

La présente invention est une nouvelle composition de joint et une nouvelle structure qui a des caractéristiques abrasables pendant les conditions de fonctionnement normales et des caractéristiques abrasives pendant les conditions de fonctionnement anormales. En particulier, dans les conditions de fonctionnement résultant en une excursion de la pale dans le joint supérieur aux limites
10 du design, les pales en rotation viennent en contact avec une partie abrasive du joint et les pales sont usées. Ceci empêche un contact par frottement des pales avec le carter du moteur, réduisant ainsi les chances d'une combustion.
15
20

La partie du joint qui est immédiatement adjacente à l'élément stationnaire (le carter interne ou les extrémités de l'aube) est réalisée en une matière abrasive résistante au frottement. L'expression "abrasive" telle qu'elle est utilisée ici, décrit une matière qui lors
25 d'un frottement par contact avec un élément en alliage de titane, provoquera une usure substantielle de l'élément en alliage de titane sans que la matière abrasive ne subisse une usure significative. Plus précisément, l'expression "abrasive" sera utilisée pour désigner ces matières
30 où une interaction d'usure résultera avec au moins 80% de l'usure totale se produisant dans l'élément non-enduit et moins de 20% de l'usure totale se produisant dans la matière abrasive. Pour le constituant abrasable l'inverse se produit, c'est-à-dire que la plus grande partie de l'usure
35 se produit dans l'élément abrasable plutôt que dans l'élément non-enduit. En particulier, au moins 60% de l'usure

- 6 -

au cours d'une interaction donnée se produira dans l'élément abrasable et moins de 40% se produira dans l'élément non-enduit. Dans les définitions précédentes, "non-enduit" signifie n'ayant pas de revêtement abrasif ou abrasable. Des couches protectrices ou revêtements ayant d'autres fonctions principales peuvent être présentes.

L'assemblage des joints est fabriqué par un procédé de pulvérisation à l'arc plasma. Au cours d'un tel procédé, la matière de départ, sous forme de poudre, est chauffée en un plasma de sorte qu'au moins un ramollissement de surface des particules de poudre est produit et la poudre chauffée est alors projetée à haute vitesse contre le substrat où il se produit un soudage. Une grande variété de matière abrasive peut être utilisée y compris le carbure de tungstène, le carbure de chrome, le nitrure de silicium, l'oxyde d'aluminium, le carbure de silicium et des mélanges de ceux-ci; les dimensions des particules se situent entre 0,037 à 0,250 mm. Plus particulièrement, des compositions abrasives à base de carbure de tungstène et de carbure de chrome ont été utilisées avec succès et sont préférées. Dans le cas d'abrasifs intermétalliques tels que le carbure de chrome et le carbure de tungstène, on trouvera généralement qu'il est souhaitable d'utiliser un liant métallique pour garantir une meilleure liaison inter-particules et des particules au substrat. Le liant, s'il est utilisé, est choisi pour être essentiellement non-réactif avec l'abrasif. Dans le cas d'un carbure de tungstène, un mélange de poudre comprenant environ 88% en poids de carbure de tungstène et environ 12% en poids de liant de cobalt a été utilisé, alors que dans le cas de la couche d'abrasif de carbure de chrome, une poudre contenant environ 75% en poids de Cr_3C_2 et environ 25% en poids d'un alliage constitué de 80% de nickel et 20% de chrome a été utilisée. On trouvera souvent qu'il est souhaitable d'utiliser un revêtement liant initial pour garantir que la matière abrasive adhère au substrat; un tel revêtement

- 7 -

liant peut par exemple comprendre le même alliage ou des alliages similaires à celui utilisé comme matière de matrice ou matière de liant en rapport avec la matière abrasive. D'autres revêtements liants peuvent être utilisés, y compris les alliages du type MCrAl, où M est une matière choisie dans le groupe consistant en fer, nickel, cobalt, et des mélanges de ceux-ci; Cr est le chrome en une quantité d'environ 5 à 25% en poids; Al est de l'aluminium en une quantité d'environ 5 à environ 20% en poids. Les matières réactives telles que Y, La, Sc, Hf etc peuvent être ajoutées en quantité de l'ordre de 0,1 à 2%.

L'épaisseur totale du joint se situera habituellement entre 0,051 à 0,381 cm, l'épaisseur de la partie abrasable externe se situera entre environ 30% à environ 80% de l'épaisseur totale. La partie abrasable externe du joint est également fabriquée par pulvérisation à l'arc plasma. Des matières abrasables sont celles qui sont aisément abrasées ou éliminées par usure; l'aptitude à l'abrasion peut être obtenue en dispersant des particules d'une matière cassante dans une matrice plus ductile. Une telle particule dispersée cassante peut être choisie dans le groupe comprenant le graphite, mica, disulfure de molybdène, nitrure de bore, vermiculite, asbeste, terres à diatomées, verre, rhyolite, bentonite, cordiérite, et des mélanges de ceux-ci. Une quantité jusqu'à 65% en volume peut être utilisée. En plus de ces matières, l'aptitude à l'abrasion peut être obtenue en créant une quantité de porosité dans la matière (jusqu'à 70% en volume); une telle porosité peut être obtenue en faisant varier les paramètres de pulvérisation à l'arc plasma ou en utilisant des particules plus grandes ou en co-pulvérisant une matière telle qu'un polyester ou un sel, qui peut être ensuite éliminée par combustion ou par lixiviation de la structure déposée. La matrice de préférence contient 5% à 25% Cr, 0% à 20% Al, 0 à 2% d'une

- 8 -

matière choisie dans le groupe consistant en Y, Hf, La, Sc et des mélanges de ceux-ci, le complément étant choisi dans le groupe consistant en fer, nickel et cobalt, et des mélanges de nickel et cobalt. La quantité totale de matière
5 cassante et de porosité doit se situer entre 30% à 70% en volume. Dans le brevet US No. 3 879 831 on décrit d'une manière générale les matières abrasables.

Avec les soudures décrites précédemment, une
10 grande variété de modes de réalisation peut être réalisée. Le mode de réalisation le plus simple est le système à deux couches comprenant une partie abrasive interne adjacente au carter, et une couche externe abrasable. L'abrasif est
15 choisi dans le groupe énuméré précédemment et un mince revêtement liant initial peut également être utilisé. La couche interne est libre de toute porosité intentionnelle. L'épaisseur de la partie interne se situe entre environ 10% à environ 50% de l'épaisseur totale du joint. La partie
20 abrasable externe comprend une matière de matrice ductile contenant une matière cassante dispersée et/ou porosité. Dans le mode de réalisation à deux couches, il n'y a pas de zones de transition intentionnelles entre les couches, bien que dans un joint à deux couches, par le procédé de pulvérisation de plasma, une mince couche intermédiaire mélangée
25 peut être présente.

Un schéma de joints plus complexe est celui où on utilise trois couches. La couche interne est la même que la couche interne dans le schéma à deux couches contenant l'abrasif. Similairement, la couche interne est identique
30 de part sa composition à celle précédemment décrite en rapport avec le mode de réalisation à deux couches et comprend une matrice métallique contenant une matière abrasable et/ou porosité intentionnelle. La caractéristique distinctive dans le schéma à trois couches est la présence d'une
35 couche intermédiaire intentionnelle. Selon une approche à trois couches, la couche intermédiaire est moins abrasable que la couche abrasable du fait qu'elle contient une

- 9 -

quantité réduite de matière abrasable et/ou porosité. Selon une autre approche à trois couches, la couche intermédiaire contient une addition délibérée de matière abrasive, mais en valeur moindre que celle présente dans la couche interne. Finalement, il est possible de produire un système de joint à trois couches avec une couche intermédiaire où la composition de l'abrasif et de la matière abrasable varie continuellement avec la couche intermédiaire.

Il est possible d'augmenter le nombre de couches avec chaque couche ayant une composition légèrement différente de celle des couches voisines, selon le schéma général où on doit avoir une quantité d'abrasif élevé à l'intérieur du joint, une quantité de matière abrasable élevée à l'extérieur du joint, à la fois la teneur en abrasif et en matière abrasable variant au travers de l'épaisseur du joint. Dans le cas limite, les teneurs en abrasif et matière abrasable peuvent varier continuellement au travers de l'épaisseur du joint ce qui résulte en un joint à composition variant d'une matière continue.

L'invention peut être mieux comprise en se référant à l'exemple suivant qui est prévu dans un but illustratif plutôt que limitatif.

Exemple

Des échantillons simulant une pale de compresseur et carter (comme il est montré dans la figure 2 commentée précédemment) ont été fabriqués et testés. Le segment de carter a été réalisé en alliage de titane AMS 4911, et la pale a été réalisée en alliage de titane AMS 4928. Le segment de carter comportait une rainure étroite correspondant au parcours de frottement projeté.

On a enduit la partie rainurée du segment du carter d'un revêtement selon l'invention comme suit:

1. Un revêtement abrasif de 88% WC, 12% Co, 0,025 cm d'épaisseur, a été déposé à l'arc plasma en uti-

- 10 -

sant un chalumeau de plasma du type METCO 7MB fonctionnant à 40 volts, 800 amps, maintenu à 10,16 cm du carter. Une poudre à dimensions de particules de 0,042 à 0,74 mm a été
5 déposée pendant que le chalumeau se déplaçait à une vitesse de 25,4 cm par minute par rapport au carter;

2. Un revêtement abrasable en nichrome poreux (80% Ni, 20% Cr), de 0,19 cm d'épaisseur a été déposé à l'arc plasma en utilisant un chalumeau de plasma METCO 7MB
10 fonctionnant à 38 volts, 500 amps, maintenu à 11,4 cm du carter. Un mélange de poudre de 7 parties de chrome à deux parties de polyester était déposé et on a brûlé le polyester pour l'éliminer en utilisant un traitement de deux heures à 538°C dans l'air. La structure résultante
15 contenait environ 50% de porosité.

Le joint ainsi appliqué comprenait un revêtement abrasif de 0,03 cm d'épaisseur et un revêtement abrasable d'environ 0,19 cm d'épaisseur.

Cette combinaison de joint a été testée en
20 déplaçant une pale (non enduite) à une vitesse de 20.116,8 m par minute dans un parcours parallèle à la rainure enduite tout en faisant avancer le joint vers le revêtement à une vitesse de 1,52 cm par minute jusqu'à ce qu'un contact ait été obtenu. On a poursuivi le mouvement relatif jusqu'à
25 ce que la pale ait progressé de 0,84 cm dans le substrat enduit. On a périodiquement évalué l'état de l'échantillon. On a observé que lorsque l'échantillon de pale progressait dans la partie de joint abrasable, le rapport d'usure de pale à usure de joint était d'environ 10:90
30 mais que lorsque l'échantillon de pale rencontrait la partie abrasiye, le rapport d'usure pale: joint changeait jusqu'à 99:1 et il ne se produisait aucune usure directe titane à titane c'est-à-dire que la pale non-enduite était abrasée et l'intégrité du carter enduit d'abrasif était maintenue.

35 Bien entendu diverses modifications peuvent être apportées aux appareils et procédés qui viennent d'être

- 11 -

décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs sans
sortir du cadre de l'invention.

Revendications :

1. Appareil comprenant des éléments disposés très près l'un de l'autre entre lesquels il se produit un mouvement relatif et entre lesquels un jeu/^{et}un mouvement de fluide doit être réduit au minimum tout en évitant un contact par frottement entre ces éléments, caractérisé par le perfectionnement qui consiste à réaliser sur un des éléments un revêtement d'étanchéité composite qui comprend une couche abrasive sur cet élément et une couche abrasable sur cette couche abrasive, les épaisseurs des couches abrasive et abrasable et le jeu entre les éléments étant tels qu'au cours d'un fonctionnement normal, l'élément non enduit rencontre et use la couche abrasable sans être usé significativement lui-même, alors que sous des conditions de fonctionnement anormales, l'élément non enduit rencontre et est usé par la couche abrasive et ne vient pas directement en contact avec l'élément enduit.
2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins l'un des éléments est fabriqué en alliage de titane.
3. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les deux éléments sont fabriqués en alliage de titane.
4. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la couche abrasive comprend, comme premier élément abrasif une matière choisie dans le groupe consistant en carbure de tungstène, carbure de chrome, oxyde l'aluminium, nitrure de silicium, carbure de silicium et des mélanges de ceux-ci.
5. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'elle comprend, en outre, un revêtement de liant métallique entre l'élément de substrat et la couche abrasive.
6. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche intermédiaire entre la couche abrasive et la

- 13 -

couche abrasable.

7. Appareil de machine rotative caractérisé en ce qu'il comprend un élément stationnaire, un revêtement abrasif fixé sur l'élément stationnaire, un revêtement abrasable fixé sur le revêtement abrasif et un élément mobile écarté de telle façon qu'en cours de fonctionnement normal, cet élément mobile interrèagit avec cette couche abrasable alors qu'en fonctionnement anormal, cet élément mobile interrèagit avec ce revêtement abrasif et n'interrèagit pas avec l'élément stationnaire.

8. Procédé pour réaliser simultanément une étanchéité au fluide entre deux éléments d'un appareil en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre, tout en évitant des interactions par frottement nuisibles entr'eux caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer un revêtement abrasif adhérent sur un élément, appliquer un revêtement abrasable adhérent sur le revêtement abrasif de sorte qu'en fonctionnement normal, l'étanchéité est réalisée par l'interaction de l'élément non-enduit avec le revêtement abrasif alors qu'une interaction de frottement nuisible entre les éléments est empêché par le revêtement abrasif.

PLANCHE I/II

FIG. 1

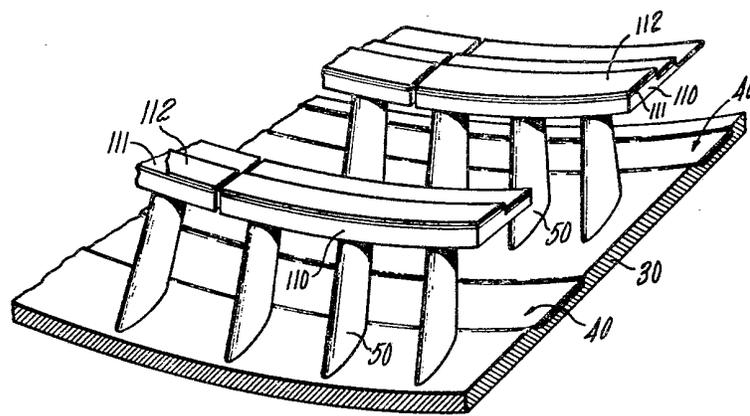
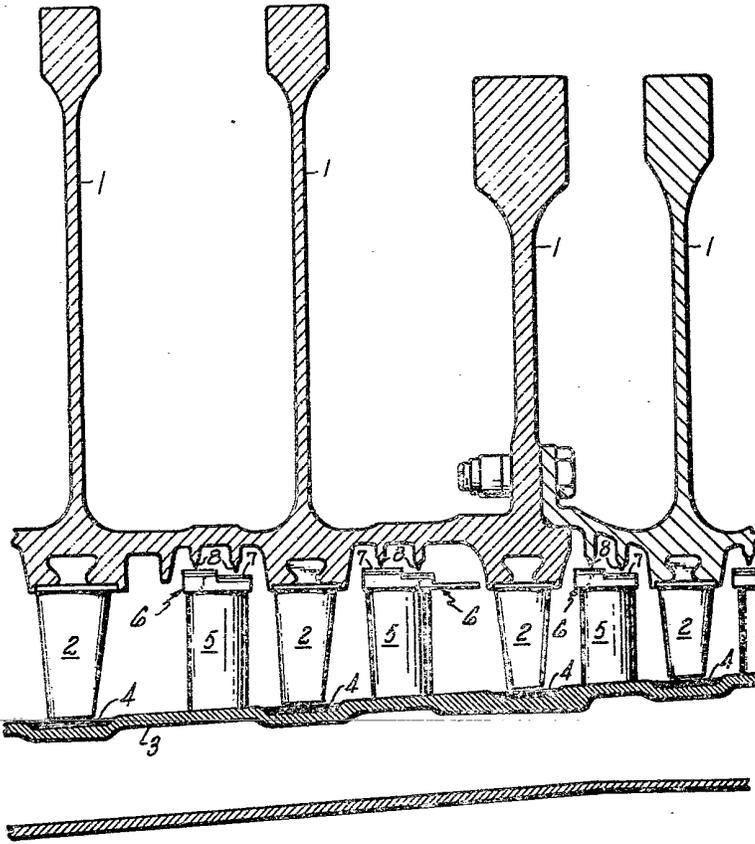


FIG. 3

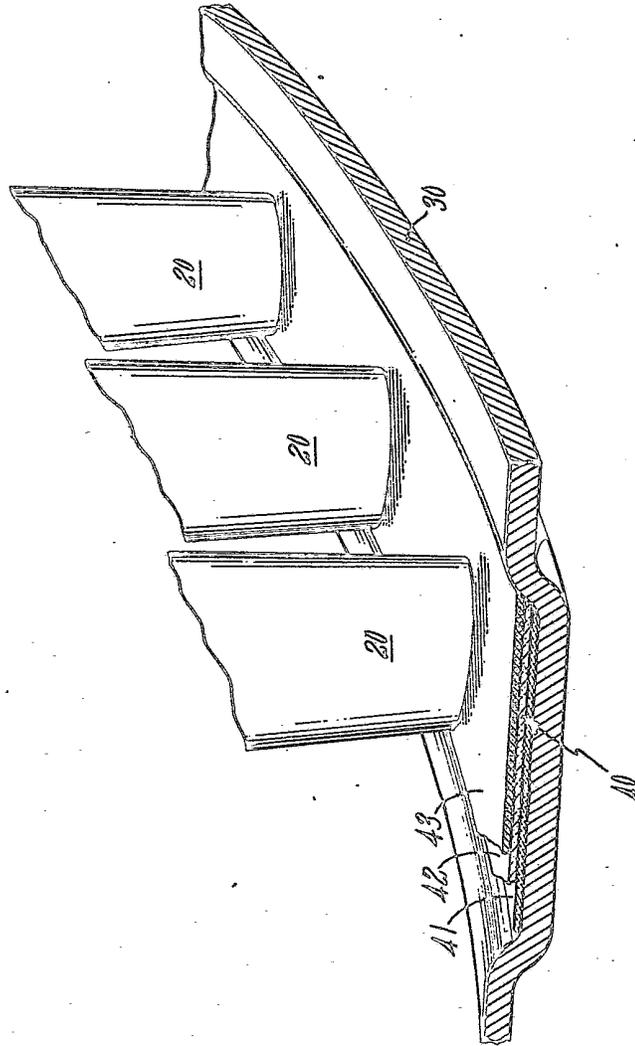


FIG. 2