

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 31.01.95.

③0 Priorité : 05.02.94 DE 4403605.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 11.08.95 Bulletin 95/32.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : MTU MOTOREN-UND TURBINEN-UNION MUNCHEN GMBH (société allemande) — DE.

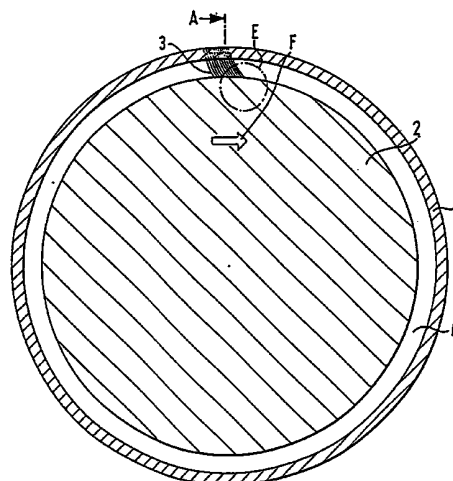
⑦2 Inventeur(s) : Rossmann Axel.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Claude Rodhain SA.

⑤4 Joint d'étanchéité d'interstice entre deux pièces mobiles l'une par rapport à l'autre.

⑤7 L'invention concerne un joint d'étanchéité d'interstice entre deux pièces 1, 2 mobiles l'une par rapport à l'autre, destiné à réaliser l'étanchéité entre deux chambres de pressions différentes, au moyen d'éléments d'étanchéité d'interstice 3, qui sont fixés sur la première des deux pièces, et, à l'état de repos, frottent sur la seconde pièce, les éléments d'étanchéité d'interstice 3 présentant à leurs pointes, des surfaces de contact d'effleurement hydrodynamiques, et étant élastiques en flexion, la résistance à la flexion d'un élément d'étanchéité d'interstice 3 et la grandeur de sa surface de contact d'effleurement étant adaptées aux propriétés physiques du fluide de l'interstice, de manière telle, qu'il se produise un décollement glissant de la surface de contact d'effleurement, en fonctionnement.



L'invention concerne un joint d'étanchéité d'interstice entre deux pièces mobiles l'une par rapport à l'autre, destiné à réaliser l'étanchéité entre deux
5 chambres de pressions différentes, au moyen d'éléments d'étanchéité d'interstice, qui sont fixés sur la première des deux pièces, et, à l'état de repos, s'appuient sur la seconde pièce en étant soumis à une contrainte initiale.

10

On connaît, en tant que joint d'étanchéité d'interstice de ce type, des joints d'étanchéité à balais, dont les éléments d'étanchéité d'interstice sont constitués de fils métalliques ou de fibres, par exemple
15 en carbone ou en verre. Dans ce cas, les fils ou les fibres, qui sont fixés sur l'une des pièces mobiles, frottent, avec leurs pointes, sur l'autre pièce. L'effet d'étanchéité entre deux chambres dépend d'un interstice résiduel, qui se compose des espaces intermédiaires des balais entre-eux et de l'espace intermédiaire entre les
20 pointes des balais et la seconde pièce. Il est connu de faire appliquer de manière élastique les pointes des balais sur la seconde pièce, en faisant fléchir les balais de façon élastique.

25

Ainsi, l'abrasion des pointes des balais est déterminante pour l'effet d'étanchéité et la durée de vie du joint d'étanchéité d'interstice. Dès que la compensation élastique des pointes des joints
30 d'étanchéité, en raison de la flexion élastique des balais, a été épuisée, suite à l'abrasion sur la seconde pièce, le joint d'étanchéité à balais perd progressivement son effet d'étanchéité et l'utilisation en service s'achève.

35

Le but de l'invention consiste à fournir un joint d'étanchéité d'interstice du type de celui mentionné en introduction, et d'augmenter la durée de vie de ce joint d'étanchéité d'interstice en assurant un
5 effet d'étanchéité d'une qualité restant constante pendant la durée de vie.

Ce but est atteint conformément à l'invention, grâce au fait que les éléments d'étanchéité d'interstice
10 sont élastiques en flexion et présentent à leurs pointes, des surfaces de contact d'effleurement hydrodynamiques, la résistance à la flexion d'un élément d'étanchéité d'interstice et la grandeur de sa surface de contact d'effleurement étant adaptées aux propriétés
15 physiques du fluide de l'interstice, de manière telle, qu'il se produise un décollement glissant de la surface de contact d'effleurement, en fonctionnement.

Un avantage de ce joint d'étanchéité
20 d'interstice réside dans le fait que les éléments d'étanchéité d'interstice ne s'appuient sur la surface de la seconde pièce, qu'à l'état de repos, et que lorsque l'on atteint la vitesse relative entre les deux pièces mobiles, engendrée par le fonctionnement, les
25 éléments d'étanchéité d'interstice décollent en glissent sur le film de fluide d'interstice, et ne sont plus en contact avec la seconde pièce. A l'état de fonctionnement, le joint d'étanchéité d'interstice conforme à l'invention, forme avantageusement un joint
30 d'étanchéité sans contact, qui est en mesure de compenser des variations de la largeur de l'interstice produites par des dilatations thermiques différentes entre les deux pièces, ou d'autres influences, telles qu'un entrefer de sustentation entre la pièce de support
35 et la pièce en déplacement dans les trains rapides à sustentation, ou des balourds de pièces rotatives dans

des machines, notamment des systèmes d'entraînement à grande vitesse.

Selon une configuration préférée de
5 l'invention, la fixation des éléments d'étanchéité
d'interstice s'effectue sur la première pièce,
transversalement à la direction du mouvement, les
éléments d'étanchéité d'interstice étant courbés, pliés
ou coudés dans la zone de leur autre extrémité, selon un
10 angle régressif par rapport à la direction du mouvement.
L'avantage de cela réside dans le fait que pour une
possibilité de fixation relativement simple des éléments
d'étanchéité d'interstice, à savoir transversalement à
l'interstice, il s'établit une surface de poussée plus
15 grande, en raison de l'angle régressif, à la pointe des
éléments d'étanchéité d'interstice, les éléments
d'étanchéité d'interstice pouvant en conséquence
décoller et glisser sur le film de fluide d'interstice,
déjà pour une faible vitesse relative entre les deux
20 pièces mobiles.

Selon une autre configuration préférée de
l'invention, les éléments d'étanchéité d'interstice sont
fixés selon un angle régressif par rapport à la
25 direction du mouvement, sur la première pièce. Ainsi,
les éléments d'étanchéité d'interstice peuvent être
disposés de manière plus dense, de sorte que l'espace
intermédiaire entre-eux dans la direction du mouvement,
est réduit au minimum, en réduisant ainsi les
30 écoulements de fuite, qui se produisent par ces espaces
intermédiaires, de la chambre de pression la plus élevée
vers la chambre de pression plus faible.

La longueur d'un élément d'étanchéité
35 d'interstice, transversalement à la direction du
mouvement, est de préférence égale à un multiple de la

longueur dans la direction du mouvement, ce qui permet d'obtenir avantageusement une surface de contact d'effleurement à effet hydrodynamique important, au niveau des pointes, tout en ayant une faible résistance à la flexion des éléments d'étanchéité d'interstice, ce
5 qui est lié à un décollement glissant précoce des surfaces de contact d'effleurement.

Les éléments d'étanchéité d'interstice sont de
10 préférence des lamelles, dont une extrémité est fixée sur la première pièce, et dont les côtés de grande largeur sont orientés transversalement à la direction du mouvement. Ainsi, les lamelles combrent, avec leur longueur et leur épaisseur, la section transversale de
15 l'interstice et peuvent avantageusement être disposées de manière relativement dense.

Selon une autre configuration préférée de l'invention, plusieurs éléments d'étanchéité
20 d'interstice sont disposés les uns à la suite des autres transversalement à la direction du mouvement. Cela permet avantageusement d'augmenter l'effet d'étanchéité. En outre, les éléments d'étanchéité d'interstice disposés les uns à la suite des autres, peuvent être
25 agencés de manière décalée dans la direction du mouvement, de sorte que l'espace intermédiaire entre deux éléments d'étanchéité d'interstice d'une première rangée est recouvert par un élément d'étanchéité d'interstice de la rangée suivante, et ainsi de suite.
30 Cela permet avantageusement de réduire l'écoulement de fuite au travers des espaces intermédiaires.

Il est possible d'obtenir une résistance à l'écoulement supplémentaire pour l'écoulement de fuite,
35 lorsque les éléments d'étanchéité d'interstice sont profilés, transversalement à la direction du mouvement,

le long de leur étendue transversalement à l'interstice. Le profil réalisé présente de préférence des entailles ou des dents. Une autre amélioration est obtenue par cette mesure, lorsque plusieurs éléments d'étanchéité d'interstice sont disposés les uns à la suite des autres transversalement à la direction du mouvement, en engrenant par des dentures complémentaires. Les dents ou les entailles, engrenant les unes dans les autres, des éléments d'étanchéité d'interstice profilés disposés les uns à la suite des autres transversalement à la direction du mouvement, augmentent avantageusement la résistance à l'écoulement pour l'écoulement de fuite et augmentent l'effet d'étanchéité du joint d'étanchéité d'interstice.

15

Les éléments d'étanchéité d'interstice sont de préférence réalisés en tôles ou en feuilles. Cela présente l'avantage de permettre de réaliser les éléments d'étanchéité d'interstice en forme de lamelles, et des profils de bords des éléments d'étanchéité d'interstice, selon une fabrication en grande série, économique. Ces tôles et ces feuilles sont de préférence en métal, dans le cas où l'on peut s'attendre à des températures de fonctionnement élevées.

25

Selon une autre configuration préférée de l'invention, les éléments d'étanchéité d'interstice sont fabriqués en matières plastiques, de préférence en polyamide connu sous le nom déposé "Nylon" ou en polytétrafluoroéthylène connu sous le nom déposé "Téflon". Le "Nylon" est utilisé en raison de sa ténacité et de son coût favorable, et le "Téflon" en raison de sa résistance élevée à la température. En outre, ces matériaux peuvent remplacer les balais métalliques sinon usuels dans les joints d'étanchéité à balais, parce qu'en raison de la solution conforme à

35

l'invention, la chaleur de frottement de ce joint d'étanchéité d'interstice en fonctionnement, est sensiblement plus faible que dans le cas de joints d'étanchéité à balais.

5

Si les éléments d'étanchéité d'interstice sont réalisés en matières plastiques renforcées, de préférence du groupe des résines polyester, époxy, de polyéthylène-étylcétone (PEEK), de polyimide, de
10 bismalimide, ou phénoliques, qui sont renforcées, de préférence, par des fibres de carbone, des fibres de verre, ou des fibres aramides, il est avantageusement possible d'adapter, sur une large plage, aux propriétés du film du fluide d'interstice, la résistance à la
15 flexion des éléments d'étanchéité d'interstice, tout en conservant la même grandeur de la surface de contact d'effleurement hydrodynamique.

Un tel faisceau d'éléments d'étanchéité
20 d'interstice élastiques en flexion, en forme de lamelles et réalisés en feuilles ou tôles, disposés de manière aussi dense, présente un frottement interne pouvant se produire au niveau des surfaces de contact entre deux éléments d'étanchéité d'interstice successifs. Lorsque
25 les éléments d'étanchéité d'interstice sont constitués de tôles ou de feuilles revêtues, ce frottement peut être réduit, et il est possible d'empêcher une corrosion par frottement. A cet effet, les éléments d'étanchéité d'interstice sont, de préférence, revêtus par un film de
30 SiC, TiN, de polytétrafluoroéthylène connu sous le nom déposé "Téflon", ou de lubrifiant sec, ou bien sont fabriqués à partir de feuilles ou de tôles revêtues de manière correspondante.

35 Pour des applications industrielles de grande envergure, on ne fabrique pas tout d'abord des éléments

décalées les unes par rapport aux autres et/ou engrener par des dentures complémentaires.

L'invention va être explicitée plus en détail dans la suite, au regard d'exemples de modes de réalisation du joint d'étanchéité d'interstice, représentés sur les dessins annexés, qui montrent:

Fig. 1 une section transversale d'un joint d'étanchéité d'interstice entre deux pièces.

Fig. 2 un détail E de la section transversale de joint d'étanchéité d'interstice de la figure 1.

Fig. 3 une coupe longitudinale du joint d'étanchéité d'interstice.

Fig. 4 une disposition de plusieurs éléments d'étanchéité d'interstice les uns à la suite des autres, transversalement à la direction du mouvement.

Fig. 5 une coupe longitudinale d'une disposition selon la figure 4, selon la ligne de coupe C-C.

Fig. 6 le détail B agrandi de la figure 4.

Fig. 7 à 9 différentes dispositions de fixation et différents angles régressifs, ainsi que différents pliages d'éléments d'étanchéité d'interstice.

Fig. 10 à 13 différents profils et dispositions des bords des éléments d'étanchéité d'interstice.

d'étanchéité d'interstice individuels, ensuite fixés sur la première pièce, de préférence sous un certain angle, mais une feuille d'une bande sans fin, est tout d'abord pliée à la manière d'un soufflet, puis fixée sur la première pièce. La fixation peut s'effectuer par brasage, soudage ou montage à force dans une rainure préparée de la première pièce. Ensuite, la bande en forme de soufflet est rectifiée sur le côté dirigé vers la seconde pièce, de sorte que la bande pliée est découpée sur un côté, en formant des lamelles individuelles flexibles. La fabrication du joint peut se poursuivre par une opération de compression et de formage, au cours de laquelle le paquet de lamelles est plié selon un angle régressif, et au cours d'une dernière étape, la surface de contact d'effleurement hydrodynamique est alors rectifiée à la dimension définitive, pour tous les éléments d'étanchéité d'interstice en même temps.

Si la bande sans fin est revêtue avant le pliage en forme de soufflet, on obtient, dans le cas du déroulement de la fabrication précédemment décrit, un paquet de lamelles en guise de joint d'étanchéité d'interstice, qui comporte des lamelles revêtues sur leurs surfaces intermédiaires. En réalisant un profil sur les chants de la bande sans fin, il est possible de fabriquer des joints d'étanchéité d'interstice comportant des lamelles profilées sur les bords, en guise d'éléments d'étanchéité d'interstice.

Si plusieurs bandes sans fin pliées à la manière de soufflets, sont fixées sur la première pièce, les unes à la suite des autres transversalement à la direction de mouvement, on obtient un joint d'étanchéité d'interstice comportant plusieurs lamelles disposées les unes derrière les autres, qui de plus peuvent être

La figure 1 montre une section transversale de joint d'étanchéité d'interstice entre deux pièces 1, 2 mobiles l'une par rapport à l'autre, destiné à réaliser l'étanchéité entre deux chambres de pression différente, non représentées. Le joint d'étanchéité d'interstice comprend des éléments d'étanchéité d'interstice 3, qui sont fixés sur la première 1 des deux pièces 1, 2, et qui, à l'état de repos, frottent sur la seconde pièce 2. Ainsi, la surface de la section transversale de l'interstice 4 est réduite aux espaces intermédiaires entre les éléments d'étanchéité d'interstice 3, et entre les pointes des éléments d'étanchéité d'interstice 3 et la seconde pièce 2. Les éléments d'étanchéité d'interstice 3 sont des lamelles, qui, à l'état de repos, par leur flexibilité élastique, s'appuient sur la seconde pièce 2, et qui, dans le cas d'une vitesse relative élevée entre les deux pièces 1 et 2, décollent de la seconde pièce et glissent, avec leurs pointes, sur un coussin de fluide d'interstice.

La figure 2 montre un détail E de la section transversale de joint d'étanchéité d'interstice de la figure 1, permettant de visualiser la formation du coussin de glissement du fluide d'interstice, d'épaisseur S. Pour obtenir un décollement glissant fiable des pointes 5 des éléments d'étanchéité d'interstice 3, lorsque l'on atteint les vitesses relatives imposées par le fonctionnement, entre les deux pièces 1 et 2, les pointes 5 présentent des surfaces de contact d'effleurement hydrodynamiques 6, la grandeur des surfaces de contact d'effleurement 6 et la résistance à la flexion d'un élément d'étanchéité d'interstice 3, étant adaptées aux propriétés physiques du fluide d'interstice, telles que la viscosité et la densité. Dans cet exemple, la direction du mouvement

entre les deux pièces est indiquée à l'aide de la flèche F, la seconde pièce 2 étant en rotation et la pièce 1 immobile. De tels joints d'étanchéité d'interstice sont de préférence utilisés dans des groupes motopropulseurs à turbine ou turboréacteurs, la pièce 2 en rotation constituant un des arbres du réacteur ou est reliée à l'un des arbres, et la pièce 1 étant reliée au carter. La pièce 2 peut également être un rail, et la pièce 1 faire partie d'un train à sustentation à déplacement linéaire.

La figure 2 montre ainsi que l'invention peut également s'appliquer à des pièces en déplacement linéaire, par exemple pour réaliser l'étanchéité de l'entrefer de sustentation entre la structure porteuse et le véhicule en sustentation, dans le cas de vitesses élevées du train à sustentation.

La figure 3 montre une coupe longitudinale du joint d'étanchéité d'interstice. L'élément d'étanchéité d'interstice 3 a été fixé par brasage, soudage, collage ou montage à force, dans une rainure 7 de la pièce 1, et glisse, avec sa pointe 5, sur le fluide d'interstice, de sorte qu'il s'établisse un espace minimum entre les pointes 5 et la pièce 2, ce qui réduit l'abrasion de l'élément d'étanchéité d'interstice 3 et augmente la durée de vie.

La figure 4 montre la disposition de plusieurs éléments d'étanchéité d'interstice 3 les uns à la suite des autres, transversalement à la direction du mouvement selon le sens de la flèche F, de la pièce 2. Grâce à cette disposition, l'écoulement de fuite entre les deux chambres à rendre étanches l'une par rapport à l'autre, est réduit, notamment lorsque, comme le laisse entrevoir la figure 6 montrant un détail agrandi B de la figure 4,

les éléments d'étanchéité d'interstice 3 sont disposés de manière décalée les uns par rapport aux autres. L'écoulement de fuite, qui doit traverser le joint d'étanchéité d'interstice, selon la direction de la
5 flèche D, doit surmonter une résistance à l'écoulement considérablement augmentée.

La figure 5 montre une coupe longitudinale de la disposition de la figure 4, selon la ligne de coupe
10 C-C. Dans la pièce 1, les éléments d'étanchéité d'interstice 3 sont fixés dans trois rainures 7, et forment, en fonctionnement, avec la pièce 2, qui dans ce cas se déplace avec une vitesse relative élevée par rapport à la pièce 1, un coussin de fluide d'interstice
15 d'épaisseur S, de manière à créer un joint d'étanchéité d'interstice sans contact.

Les figures 7 à 9 montrent différentes dispositions de fixation et d'angles régressifs β , ainsi
20 que des pliages d'éléments d'étanchéité d'interstice 3. L'angle de fixation α , qui indique l'écart du montage des éléments d'étanchéité d'interstice 3 dans la pièce 1, par rapport à un montage transversalement à l'interstice 4, diminue de la figure 7, où l'écart est
25 le plus important, à la figure 9 où l'écart devient pratiquement nul. L'angle régressif β dépend, d'une part de l'angle de fixation α , et d'un pliage 8 prédéterminé, qui peut être de configuration différente, comme le laissent entrevoir les figures 7 à 9. Ainsi, sur la
30 figure 7, l'élément d'étanchéité d'interstice 3 est sensiblement rectiligne, et est courbé ou plié vers la pointe. Sur la figure 8, l'élément d'étanchéité d'interstice 3 est courbé de manière sensiblement uniforme sur la totalité de sa longueur, et sur la
35 figure 9, il présente deux zones de pliage 9 et 10.

Les figures 10 à 13 montrent différents profils des bords 13, 14 des éléments d'étanchéité d'interstice 3. Le profil peut être réalisé d'un seul côté, comme le laissent entrevoir les figures 10 à 12, ou des deux côtés, comme le montre la figure 13. Le profil peut, par exemple, être constitué de dents 11 ou d'entailles 12.

Sur les figures 10 et 11, les éléments d'étanchéité d'interstice 3 présentent chacun un bord lisse et un bord 16 profilé en dents de scie 11. Dans le cas d'une disposition des éléments d'étanchéité d'interstice 3, les uns derrière les autres, les bords 13 et 14 peuvent être disposés de manière à se succéder de façon alternée, comme le montre la figure 10, ou bien ils peuvent être disposés de manière à ce que leurs dentures soient complémentaires, comme le laisse entrevoir la figure 11. Des dispositions analogues peuvent également être réalisées à l'aide d'entailles 12, comme le laissent entrevoir les figures 12 et 13. A l'aide des profils et des différentes dispositions, la résistance à l'écoulement de l'écoulement de fuite entre les deux chambres de pressions différentes, peut être optimisée pour les applications les plus diverses.

REVENDECATIONS.

1. Joint d'étanchéité d'interstice entre deux pièces mobiles l'une par rapport à l'autre, destiné à réaliser l'étanchéité entre deux chambres de pressions différentes, au moyen d'éléments d'étanchéité d'interstice, qui sont fixés sur la première des deux pièces, et, à l'état de repos, s'appuient sur la seconde pièce en étant soumis à une contrainte initiale, caractérisé en ce que les éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont élastiques en flexion et présentent à leurs pointes, des surfaces de contact d'effleurement (6) hydrodynamiques, la résistance à la flexion d'un élément d'étanchéité d'interstice (3) et la grandeur de sa surface de contact d'effleurement (6) étant adaptées aux propriétés physiques du fluide de l'interstice, de manière telle, qu'il se produise un décollement glissant de la surface de contact d'effleurement (6), en fonctionnement.

2. Joint d'étanchéité d'interstice selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fixation des éléments d'étanchéité d'interstice (3) s'effectue sur la première pièce (1), transversalement à la direction du mouvement, les éléments d'étanchéité d'interstice étant courbés, pliés ou coudés dans la zone de leur autre extrémité, selon un angle régressif par rapport à la direction du mouvement.

3. Joint d'étanchéité d'interstice selon la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont fixés selon un angle régressif par rapport à la direction du mouvement, sur la première pièce (1).

4. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la longueur d'un élément d'étanchéité d'interstice (3), transversalement à la direction du mouvement, est égale
5 à un multiple de la longueur dans la direction du mouvement.

5. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les
10 éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont des lamelles, dont une extrémité est fixée sur la première pièce (1), et dont les côtés de grande largeur sont orientés transversalement à la direction du mouvement.

15 6. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que plusieurs éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont disposés les uns à la suite des autres transversalement à la direction du mouvement.

20 7. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que plusieurs éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont disposés les uns à la suite des autres, transversalement
25 à la direction du mouvement, et de manière décalée dans la direction du mouvement.

8. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les
30 éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont profilés, transversalement à la direction du mouvement, le long de leur étendue transversalement à l'interstice, de préférence en étant pourvu d'entailles (12) ou de dents (11).

35

9. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que plusieurs éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont disposés les uns à la suite des autres transversalement à la direction du mouvement, en engrenant par des dentures complémentaires.

10. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont réalisés en tôles ou en feuilles.

11. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont fabriqués en matières plastiques, de préférence en polyamide connu sous le nom déposé "Nylon" ou en polytétrafluoroéthylène connu sous le nom déposé "Téflon".

12. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont réalisés en matières plastiques renforcées, de préférence du groupe des résines polyester, époxy, de polyéthylène - éthylcétone (PEEK), de polyimide, de bismalimide, ou phénoliques, qui son renforcées de préférence par des fibres de carbone, des fibres de verre, ou des fibres aramides.

13. Joint d'étanchéité d'interstice selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que les éléments d'étanchéité d'interstice (3) sont constitués de tôles ou de feuilles revêtues, de préférence par un film de SiC, TiN, de

polytétrafluoroéthylène connu sous le nom déposé
"Téflon", ou de lubrifiant sec.

FIG. 2

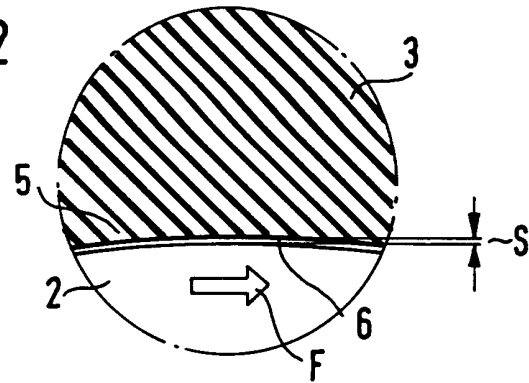


FIG. 1

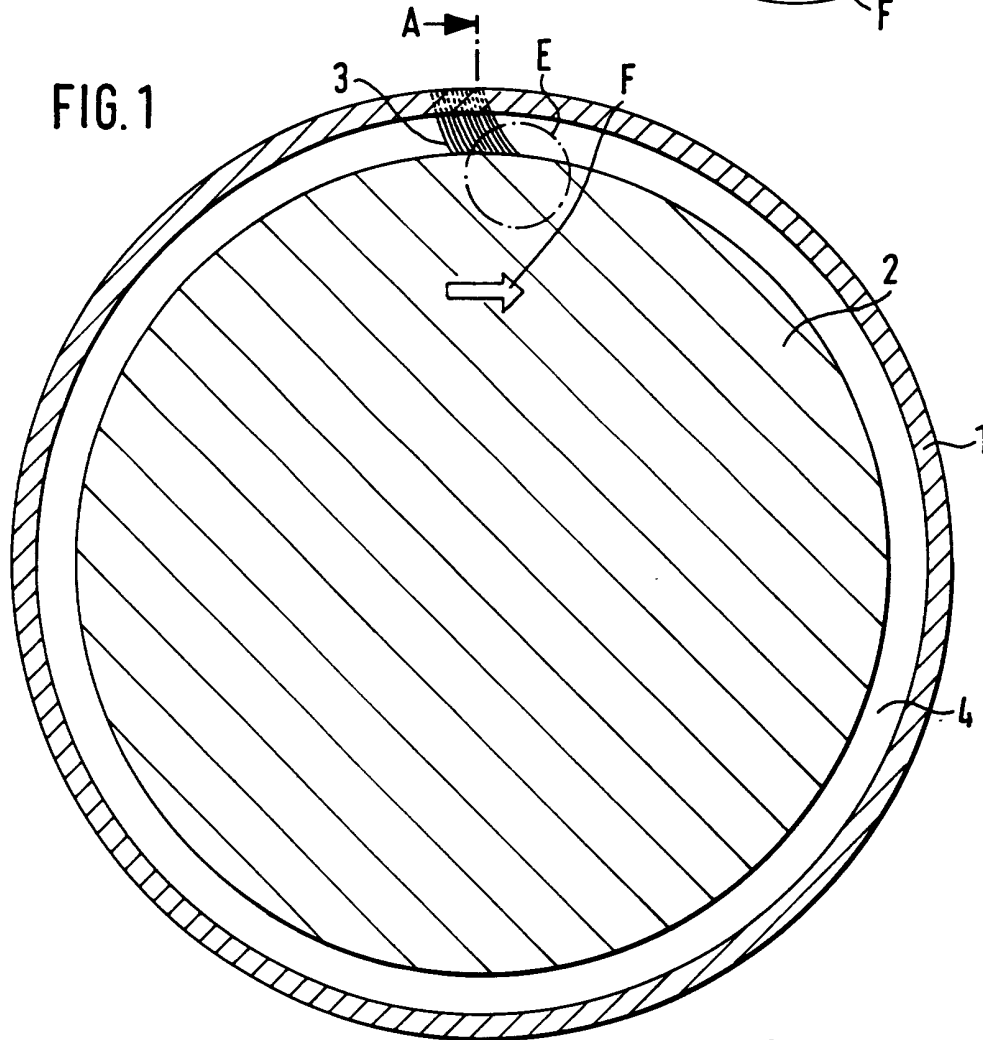
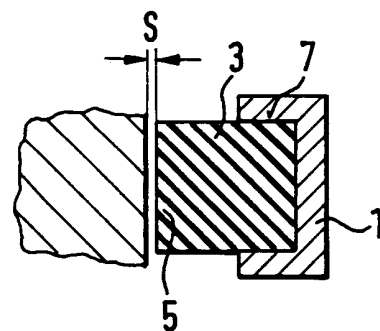
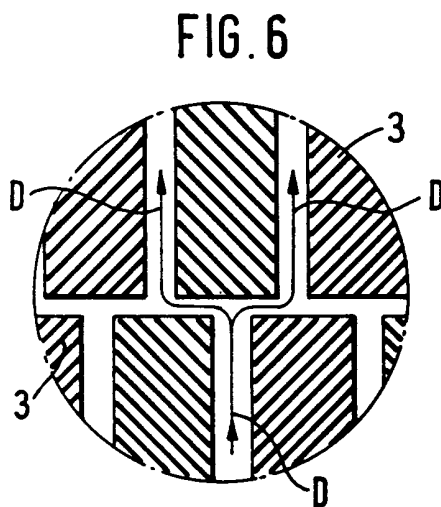
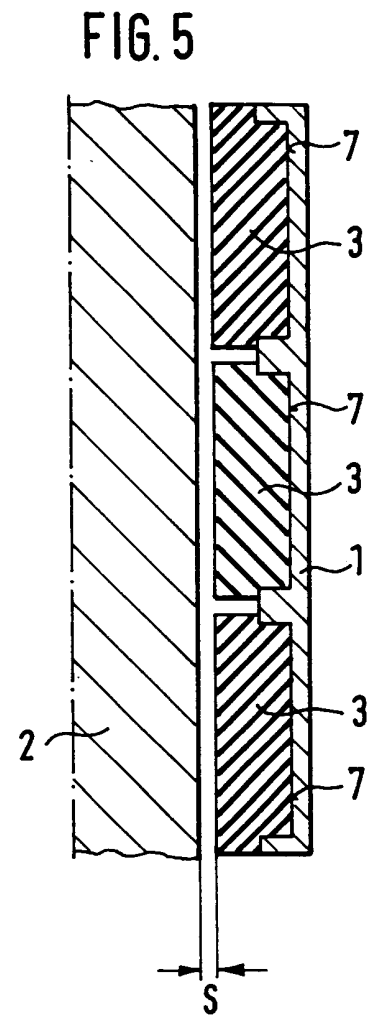
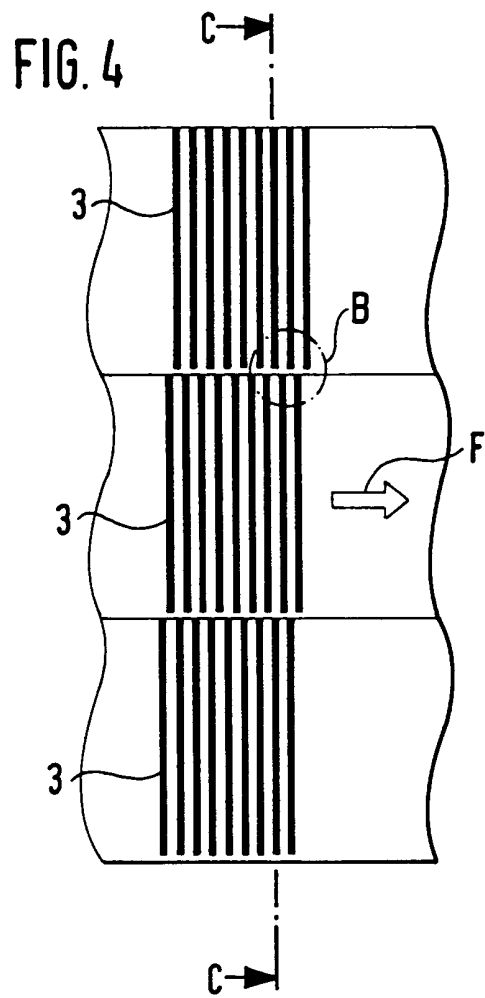


FIG. 3





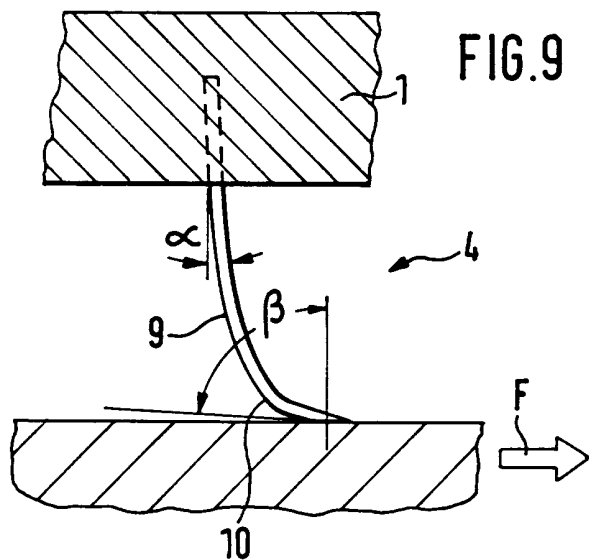
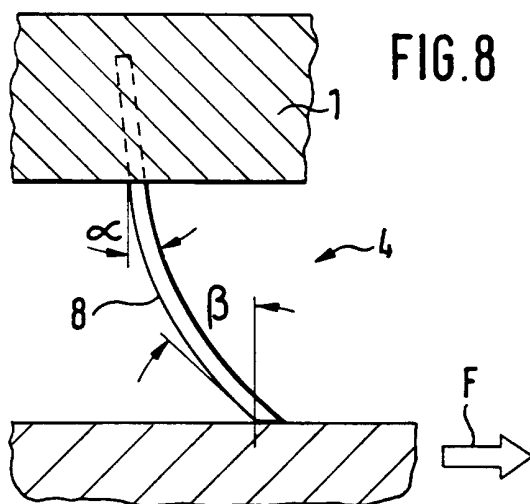
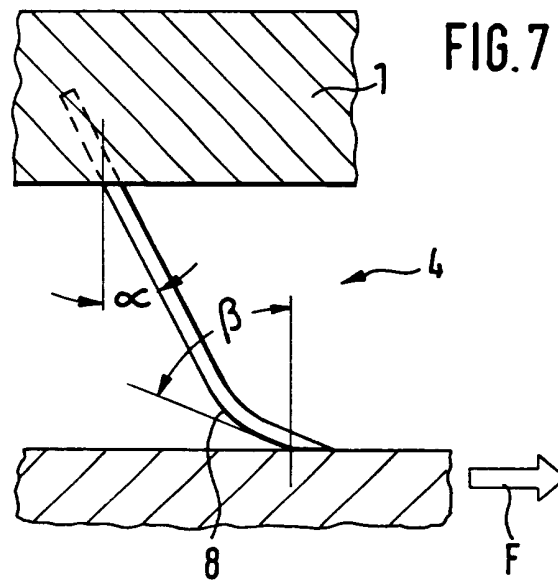


FIG. 10

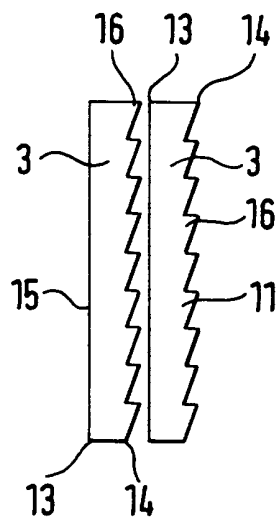


FIG. 11

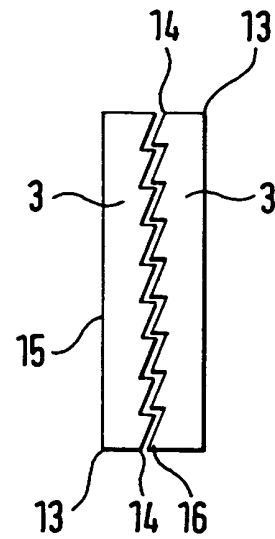


FIG. 12

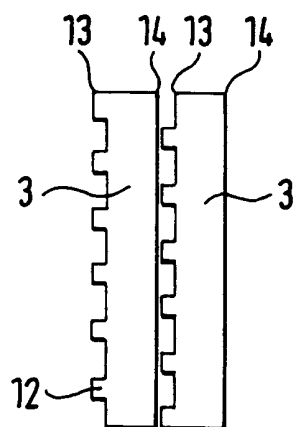


FIG. 13

