

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 83401967.1

51 Int. Cl.³: **B 08 B 3/02**
B 08 B 9/02, E 21 B 7/18

22 Date de dépôt: 07.10.83

30 Priorité: 07.10.82 FR 8216798

43 Date de publication de la demande:
 16.05.84 Bulletin 84/20

84 Etats contractants désignés:
 DE FR GB IT NL

71 Demandeur: **ALSTHOM-ATLANTIQUE Société anonyme**
 dite:
 38, Avenue Kléber
 F-75784 Paris Cedex 16(FR)

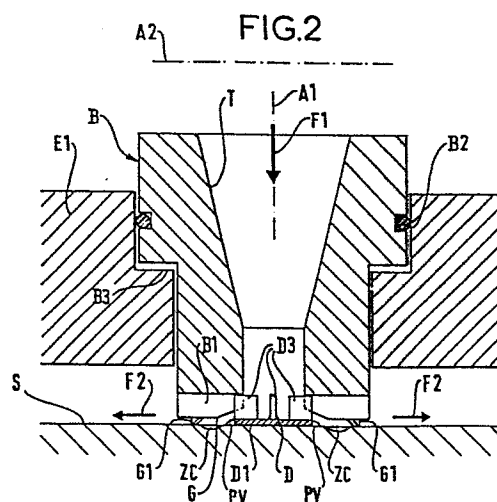
72 Inventeur: **Verry, Philippe**
 22, rue du Champs Rochas
 F-38240 Meylan(FR)

74 Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al,**
 Zeppelinstrasse 63
 D-8000 München 80(DE)

54 **Dispositif d'érosion d'une surface solide par un écoulement cavitant.**

57 Une poche de vapeur (PV) est formée au contact de la surface à éroder S par une arête active (D2) constituant le bord d'un déflecteur (D) qui reçoit un jet d'eau à grande vitesse formé par une buse (B) et le défléchit parallèlement à cette surface.

Application au décapage d'une surface polluée.



Dispositif d'érosion d'une surface solide par un écoulement cavitant

L'invention concerne un dispositif d'érosion d'une surface solide par un écoulement cavitant.

On sait que l'érosion d'une surface par cavitation résulte de déplacements rapides et désordonnés d'une interface liquide-vapeur au voisinage de cette surface, à l'occasion de la condensation d'une vapeur produite en amont dans un écoulement liquide. Elle peut notamment résulter de l'implosion brutale de bulles de vapeur au sein d'un liquide au contact de cette surface, une telle implosion résultant de l'application à ce liquide d'une pression supérieure à la pression de vapeur à la température ambiante.

Quoique l'érosion par cavitation soit souvent considérée comme un phénomène néfaste limitant la durée d'utilisation de certains équipements hydrauliques, on sait qu'une telle érosion peut par exemple permettre le décapage d'une couche superficielle d'une paroi métallique. Le liquide de travail classiquement utilisé est l'eau à la température ordinaire, et en présence d'une pression ambiante voisine de la pression atmosphérique. D'autres liquides, températures et pressions ambiantes pourraient cependant être utilisés.

L'érosion par cavitation peut par exemple être utilisée lors du démantèlement d'une centrale nucléaire pour la décontamination des pièces dont la plus grande partie de l'activité radioactive est localisée dans une mince couche de surface. Ces pièces sont actuellement traitées par des méthodes chimiques, électrochimiques ou par des jets d'eau ; l'avantage de l'érosion par cavitation par rapport à ces méthodes est qu'elle peut être mise en oeuvre uniquement avec de l'eau, sans produire d'aérosols ou d'effluents chimiques radioactifs.

On connaît déjà, par exemple par le brevet US-A 3 807 632 (Johnson), un dispositif d'érosion d'une surface solide par un jet cavitant. Ce dispositif connu comporte

- une source d'un liquide de travail sous haute pression, ce liquide étant vaporisable à la température ambiante sous une pression inférieure à la pression ambiante,
- une buse alimentée par cette source et formant une tuyère convergente de direction "longitudinale" pour former avec ce liquide un jet à grande

vitesse tout en abaissant la pression du liquide, et pour diriger ce jet vers la surface à éroder selon cette direction longitudinale,

- et des moyens de cavitation liés à cette buse et agissant sur ce jet pour y abaisser localement la pression, vaporiser partiellement le
- 5 liquide, et créer des déplacements violents du liquide lors de la recondensation de la vapeur en aval, dans une zone de condensation où la pression est remontée et qui est au contact de la surface solide à éroder.

Dans ce dispositif de nombreuses bulles de vapeur sont formées

10 dans le jet liquide à distance de la surface à éroder. Le jet contenant ces bulles arrive sur cette surface perpendiculairement à celle-ci. Lorsque la pression est remontée les bulles implosent c'est-à-dire se condensent brutalement. Certaines d'entre elles seulement implosent au contact de la surface à éroder. Seules celles-là sont donc utiles. Il en

15 résulte que le rendement de ce dispositif est faible, ce rendement pouvant être mesuré par le rapport de la masse de matière enlevée à l'énergie mise en oeuvre.

La présente invention a pour but la réalisation d'un dispositif d'érosion simple et plus efficace.

20 Elle a pour objet un dispositif d'érosion d'une surface solide par un écoulement cavitant, ce dispositif comportant

- une source d'un liquide de travail sous haute pression, ce liquide étant vaporisable à la température ambiante sous une pression inférieure à la pression ambiante,

25 - une buse alimentée par cette source et formant une tuyère convergente de direction "longitudinale" pour former avec ce liquide un jet à grande vitesse tout en abaissant la pression du liquide, et pour diriger ce jet vers la surface à éroder selon cette direction longitudinale,

- et des moyens de cavitation liés à cette buse et agissant sur ce jet
- 30 pour abaisser localement la pression du liquide, le vaporiser partiellement et créer des déplacements violents du liquide lors de la recondensation de la vapeur en aval, dans une zone de condensation où la pression est remontée et qui est au contact de la surface solide à éroder,

- ce dispositif étant caractérisé par le fait que les moyens de cavitation

35 comportent un déflecteur muni de moyens pour le positionner au

voisinage de la surface à éroder, ce déflecteur recevant le jet en sortie de la buse et le défléchissant vers une direction "latérale" pour former un écoulement parallèle à cette surface, le bord aval de ce déflecteur constituant une arête "active" propre à provoquer un décollement de cet écoulement et la formation d'une poche de vapeur immédiatement en aval de cette arête entre l'écoulement décollé et la surface à éroder. Immédiatement à l'aval de cette poche de vapeur se situe une zone d'implosion de bulles.

Une originalité du dispositif de l'invention par rapport aux dispositifs connus à jets cavitants actuellement utilisés industriellement est donc de produire la cavitation dans un écoulement sensiblement parallèle à la surface à éroder, ce qui permet de localiser un plus grand nombre de cavités agressives à proximité de cette surface, certaines de ces cavités pouvant prendre la forme de bulles en cours d'implosion.

En fait, le mécanisme d'érosion selon l'invention est essentiellement dû à des phénomènes d'implosion de bulles alors que les jets cavitants connus provoquent des successions de surpressions/dépressions qui sont moins favorables à la décontamination des micro-fissures superficielles.

L'invention a également pour objet le procédé d'érosion utilisant ce dispositif.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes on va décrire ci-après, à titre non limitatif, comment l'invention peut être mise en oeuvre. Il doit être compris que les éléments décrits et représentés peuvent, sans sortir du cadre de l'invention, être remplacés par d'autres éléments assurant les mêmes fonctions techniques. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné par le même signe de référence.

La figure 1 représente un dispositif de décapage intérieur d'un tuyau pollué, ce dispositif comportant plusieurs têtes érodantes constituant chacune un dispositif selon l'invention, ce dispositif de décapage étant vu en coupe par un plan axial.

La figure 2 représente une tête du dispositif ci-dessus, vue en coupe par un plan passant par l'axe de cette tête et l'axe de ce dispositif, à échelle agrandie, sous la forme d'un détail II de la figure 1.

La figure 3 représente une vue en perspective éclatée de l'extrémité de la même tête du côté de la surface à éroder.

La figure 4 représente une vue d'une tête à jet laminaire selon l'invention, en perspective avec coupe par un plan perpendiculaire à la
5 lame du jet et à la surface à éroder.

Les dispositifs selon l'invention représentés sur les figures 1, 2 et 3 comportent des éléments connus qui sont :

- une source 2 d'un liquide de travail sous haute pression, ce liquide étant vaporisable à la température ambiante sous une pression inférieure
10 à la pression ambiante,

- et une buse B alimentée par cette source et formant une tuyère convergente T de direction "axiale" pour former avec ce liquide un jet à grande vitesse tout en abaissant la pression du liquide, et ensuite pour transformer ce jet en un écoulement radial parallèle à la surface à éroder S.

15 Plus particulièrement, la direction axiale est représentée par une flèche F1 et constitue dans ce cas la direction "longitudinale" précédemment mentionnée, chaque direction radiale constituant par ailleurs une dite direction "latérale".

Le liquide de travail est de l'eau et sa source est une pompe 2
20 représentée sur la figure 1 et alimentant plusieurs buses B en parallèle.

Conformément à la présente invention le phénomène de cavitation est provoqué à l'aide d'un déflecteur D présentant une surface d'appui D1 venant en appui contre la surface à éroder S de manière à constituer
25 lesdits moyens pour le positionner. Ce déflecteur reçoit le jet en sortie de la buse B et le défléchit vers des directions "radiales" parallèles à cette surface. Son bord aval constitue une arête "active" D2 propre à provoquer un décollement du jet et la formation d'une poche de vapeur PV immédiatement en aval de cette arête entre le jet décollé et la surface à
30 éroder.

Lesdites directions radiales sont représentées par des flèches F2. La zone de condensation ZC est située immédiatement en aval de la poche de vapeur PV. C'est dans cette zone que la surface S est érodée.

De préférence, et comme représenté, la buse B comporte en sortie et
35 en continuité avec la tuyère convergente axiale T un profil de guidage G

s'inclinant vers les directions radiales en regard du déflecteur D, créant un minimum local de la section de passage du liquide sensiblement au droit de l'arête active D2 du déflecteur tout en se rapprochant de la surface à éroder, puis faisant croître progressivement cette section de passage en aval du déflecteur et, en regard de la surface à éroder S pour faire remonter la pression et fixer ainsi l'emplacement de la zone de condensation.

Le profil de guidage G présente, dans une zone à section de passage accrue en aval de la zone de cavitation suivant le déflecteur D, des ailettes d'appui radial G1 s'étendant selon la direction axiale pour venir en appui sur la surface à éroder S et maintenir des distances prédéterminées entre ce profil et cette surface tout en facilitant le glissement des buses sur cette surface.

Les dispositions qui viennent d'être décrites à propos de la tête à jet axial représentée sur les figures 2 et 3 se retrouvent de manière analogue dans la tête à jet laminaire représentée sur la figure 4.

Dans le cas de la tête à jet axial la buse B et le déflecteur D présentent des formes générales de révolution autour d'un même axe longitudinal A1. La surface d'appui D1 du déflecteur D est perpendiculaire à cet axe. L'arête active D2 est circulaire et coaxiale à la buse. La croissance progressive de la section de passage du liquide en aval du déflecteur résulte au moins partiellement de la croissance du périmètre des cercles coaxiaux à la buse lorsque le liquide s'éloigne de cet axe.

Dans l'exemple représenté, la partie aval, c'est-à-dire radialement externe, du profil de guidage G est plane et parallèle à la surface à éroder S de manière à faciliter la fabrication de la buse. La croissance progressive de la section de passage du liquide indiquée ci-dessus résulte donc seulement de la croissance du périmètre des cercles coaxiaux à la buse lorsqu'on s'éloigne de l'axe de celle-ci. Cette croissance est de préférence au moins égale à 50% sur une distance de 5mm à partir de l'arête active.

De préférence, le déflecteur D est lié à la buse B par des ailettes de liaison D3 fixées au déflecteur dans des plans passant par l'axe de la buse A1, réparties angulairement autour de cet axe et pénétrant dans des rainures B1 creusées dans la buse (voir figure 3).

Plus précisément le déflecteur D présente la forme d'un disque circulaire à deux faces planes parallèles, la face plane en regard de la buse portant quatre ailettes de liaison D3 décalées angulairement de 90° autour de l'axe de la buse et laissant libre entre elles un volume
5 central. Ce volume central peut être équipé d'un déviateur de jet non représenté pour améliorer l'écoulement.

L'invention peut être appliquée au décapage de la surface intérieure S d'un tuyau métallique pollué par des produits radioactifs (voir figures 1 et 2).

10 Dans ce cas et dans d'autres, de préférence, le dispositif comporte plusieurs buses B munie chacune d'un déflecteur D, montées dans la paroi E1 d'une même enceinte E avec leurs sorties dirigées vers l'extérieur de cette enceinte, le volume intérieur de celle-ci étant alimenté par une source de liquide de travail sous haute pression 2 commune
15 à toutes ces buses. Ces buses sont montées coulissantes dans cette paroi pour que la pression régnant dans ce volume intérieur maintienne les ailettes d'appui G1 de toutes ces buses au contact permanent de la surface à éroder S.

L'enceinte E est de révolution autour de l'axe A2 du tuyau et
20 coulisse le long de celui-ci tout en tournant sur elle-même. Elle porte par exemple 40 buses B. Celles-ci coulisent selon leur axe longitudinal A1 et donc perpendiculairement à l'axe A2, dans la paroi de l'enceinte, grâce à un joint torique d'étanchéité B2. Le joint d'étanchéité est placé sur un diamètre convenable pour ajuster la force de contact à une
25 valeur convenable. Le logement des buses dans la paroi de l'enceinte forme une butée B3 limitant le déplacement de la buse vers l'extérieur. L'enceinte E présente un diamètre légèrement inférieur à celui du tuyau, et elle est introduite dans celui-ci avant sa mise sous pression, ce qui permet la rétractation des buses vers l'intérieur de l'enceinte.

30 De préférence, la section minimale de passage de l'eau dans la buse B munie de son déflecteur D est inférieure à 100 mm^2 pour obtenir un rendement d'érosion élevé.

En effet, l'efficacité du dispositif est accrue par la réduction des dimensions générales de l'écoulement. Pour un même débit d'eau et une
35 même section de passage critique, il est toujours plus avantageux de

mettre en oeuvre deux têtes cavitantes de petites dimensions plutôt qu'une seule tête parfaitement semblable, mais de plus grande dimension.

Plus précisément, à titre d'exemple, la buse B peut être constituée de laiton, le diamètre de sortie de sa tuyère T peut être 8 mm, le
5 déflecteur D peut être constitué de laiton et présenter un diamètre de 10 mm et une épaisseur de 1 mm, la section de passage de l'eau au droit de l'arête active D2 étant haute de 1 mm.

Dans ces conditions les essais ont montrés que la mise en oeuvre du
procédé permettrait de nettoyer en 4 heures une surface de $0,25 \text{ m}^2$
10 d'acier inoxydable sur une épaisseur supérieure à 10 microns avec une pression de 300 bars et un débit de 10 l/s. De plus, les essais ont également montré que la buse et le déflecteur n'ont pas été érodés et que l'arête D2 n'a pas été érodée non plus.

L'invention peut être mise en oeuvre non seulement avec des buses à
15 jet axial à section circulaire, mais aussi avec des buses en forme de dièdre formant un jet laminaire, à l'aide du dispositif représenté sur la figure 4.

La buse B' s'étend alors, perpendiculairement au plan de cette figure, sur une largeur beaucoup plus grande que son épaisseur, cette
20 dernière seule étant représentée, la forme de la tuyère T', du déflecteur D' et du profil de guidage G' restant constant sur toute la largeur utile de la buse, et formant une arête active rectiligne D'2 et une surface d'appui D'1. Des ailettes d'appui de la buse sont représentées en G'1. La buse B' est constituée par deux blocs cylindriques (non de révo-
25 lution), à génératrices perpendiculaires au plan de la feuille. L'un de ces blocs forme à sa partie inférieure le profil de guidage G', et l'autre, à sa partie inférieure également, le déflecteur D'. Ces deux blocs sont réunis par des plaques d'extrémité 4. Dans ce cas la croissance progressive de la section de passage de l'eau en aval du déflecteur
30 résulte du fait que le profil de guidage G' s'écarte de la surface à éroder S. La divergence de l'écoulement assurant la remontée de pression est plus difficile à réaliser que dans la réalisation de révolution.

REVENDEICATIONS

1/ Dispositif d'érosion d'une surface solide par un écoulement cavitant, ce dispositif comportant

- une source (2) d'un liquide de travail sous haute pression, ce liquide étant vaporisable à la température ambiante sous une pression inférieure à la pression ambiante,
- une buse (B) alimentée par cette source et formant une tuyère convergente (T) de direction "longitudinale" pour former avec ce liquide un jet à grande vitesse tout en abaissant la pression du liquide, et pour diriger ce jet vers la surface à éroder (S) selon cette direction longitudinale,
- et des moyens de cavitation liés à cette buse et agissant sur ce jet pour abaisser localement la pression du liquide, le vaporiser partiellement et créer des déplacements violents du liquide lors de la recondensation de la vapeur en aval dans une zone de condensation (ZC) où la pression est remontée et qui est au contact de la surface à éroder,
- ce dispositif étant caractérisé par le fait que les moyens de cavitation comportent un déflecteur (D) muni de moyens (D1) pour le positionnement au voisinage de la surface à éroder (S), ce déflecteur recevant le jet en sortie de la buse (B) et le défléchissant vers une direction "latérale" pour former un écoulement parallèle à cette surface, le bord aval de ce déflecteur constituant une arête "active" (D2) propre à provoquer un décollement de cet écoulement et la formation d'une poche de vapeur (PV) immédiatement en aval de cette arête entre l'écoulement décollé et la surface à éroder.

2/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la buse (B) comporte en sortie et en continuité avec ladite tuyère convergente longitudinale (T) un profil de guidage (G) s'inclinant vers ladite direction latérale en regard du déflecteur (D), créant un minimum local de la section de passage du liquide sensiblement au droit de l'arête active (D2) du déflecteur tout en se rapprochant de la surface à éroder (S), puis faisant croître progressivement cette section de passage en aval du déflecteur et en regard de cette surface (S) pour faire remonter la pression et fixer ainsi l'emplacement de la zone de condensation (ZC).

3/ Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que le profil de guidage (G) présente, dans une zone à section de passage accrue en aval du déflecteur (D), des ailettes d'appui (G1) parallèles à ladite direction latérale et s'étendant selon ladite direction longitudinale pour venir en appui sur la surface à éroder (S) et maintenir des distances prédéterminées entre ce profil et cette surface.

4/ Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que la buse (B) et le déflecteur (D) présentent des formes générales de révolution autour d'un même axe parallèle à ladite direction longitudinale (A1), une surface d'appui (D1) du déflecteur (D) sur la surface à éroder (S) étant perpendiculaire à cet axe, l'arête active (D2) étant circulaire et coaxiale à la buse, ladite direction latérale étant une direction radiale par rapport à cet axe et tournant donc lorsqu'on tourne autour de celui-ci, la croissance progressive de la section de passage du liquide en aval du déflecteur résultant au moins partiellement de la croissance du périmètre des cercles coaxiaux à la buse lorsque le liquide s'éloigne de cet axe.

5/ Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que le déflecteur (D) est lié à la buse (B) par des ailettes de liaison (D3) fixées au déflecteur dans des plans passant par l'axe de la buse (A1), réparties angulairement autour de cet axe et pénétrant dans des rainures (B1) creusées dans la buse.

6/ Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par le fait que le déflecteur (D) présente la forme d'un disque circulaire à deux faces planes parallèles, la face plane en regard de la buse portant quatre ailettes de liaison (D3) décalées angulairement de 90° autour de l'axe de la buse.

7/ Dispositif selon la revendication 3, caractérisé par le fait qu'il comporte plusieurs buses (B) munie chacune d'un déflecteur (D), montées dans la paroi (E1) d'une même enceinte (E) avec leurs sorties dirigées vers l'extérieur de cette enceinte, le volume intérieur de celle-ci étant alimenté par une source de liquide de travail sous haute pression (2) commune à toutes ces buses, ces buses étant montées coulissantes dans cette paroi pour que la pression régnant dans ce volume intérieur maintienne les ailettes d'appui (G1) de toutes ces buses au contact permanent de la surface à éroder (S).

8/ Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le fluide de travail est de l'eau.

9/ Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que la section minimale de passage de l'eau dans la buse (B) munie de son déflecteur (D) est inférieure à 100 mm^2 pour obtenir un rendement d'érosion élevé.

10/ Procédé d'érosion d'une surface solide par des écoulements cavitants, ce procédé comportant l'utilisation des éléments suivants :

- une source (2) d'un liquide de travail sous haute pression, ce liquide étant vaporisable à la température ambiante sous une pression inférieure à la pression ambiante,

- une buse (B) alimentée par cette source et formant une tuyère convergente (T) de direction "longitudinale" pour former avec ce liquide un jet à grande vitesse tout en abaissant la pression du liquide, et pour diriger ce jet vers la surface à éroder (S) selon cette direction longitudinale,

- et des moyens de cavitation liés à cette buse et agissant sur ce jet pour y abaisser localement la pression, vaporiser partiellement le liquide et créer des déplacements violents du liquide lors de la recondensation de la vapeur en aval dans une zone de condensation (ZC) où la pression est remontée et qui est au contact de la surface solide à éroder,

ce procédé étant caractérisé par le fait que les moyens de cavitation comportent un déflecteur (D) positionné au voisinage de la surface à éroder (S), ce déflecteur recevant le jet en sortie de la buse (B) et le défléchissant vers une direction "latérale" parallèle à cette surface, le bord de ce déflecteur constituant une arête "active" (D2) propre à provoquer un décollement de l'écoulement et la formation d'une poche de vapeur (PV) immédiatement en aval de cette arête entre l'écoulement décollé et la surface à éroder.

1/3

FIG.1

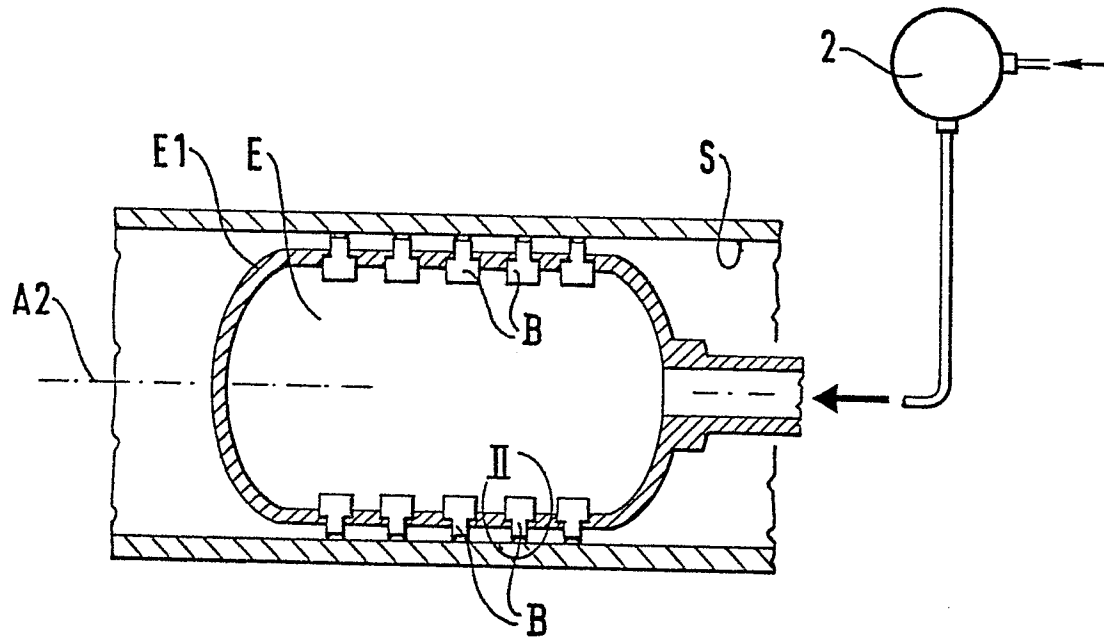


FIG.2

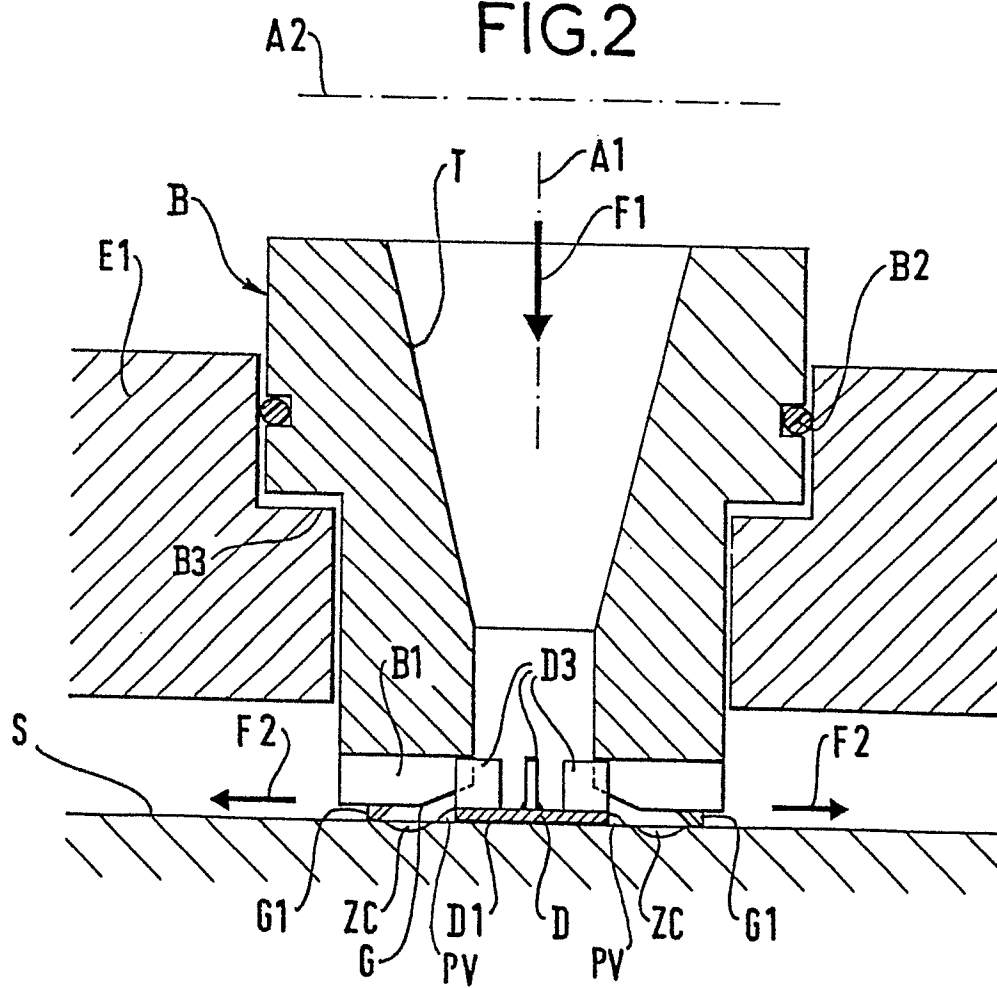


FIG.3

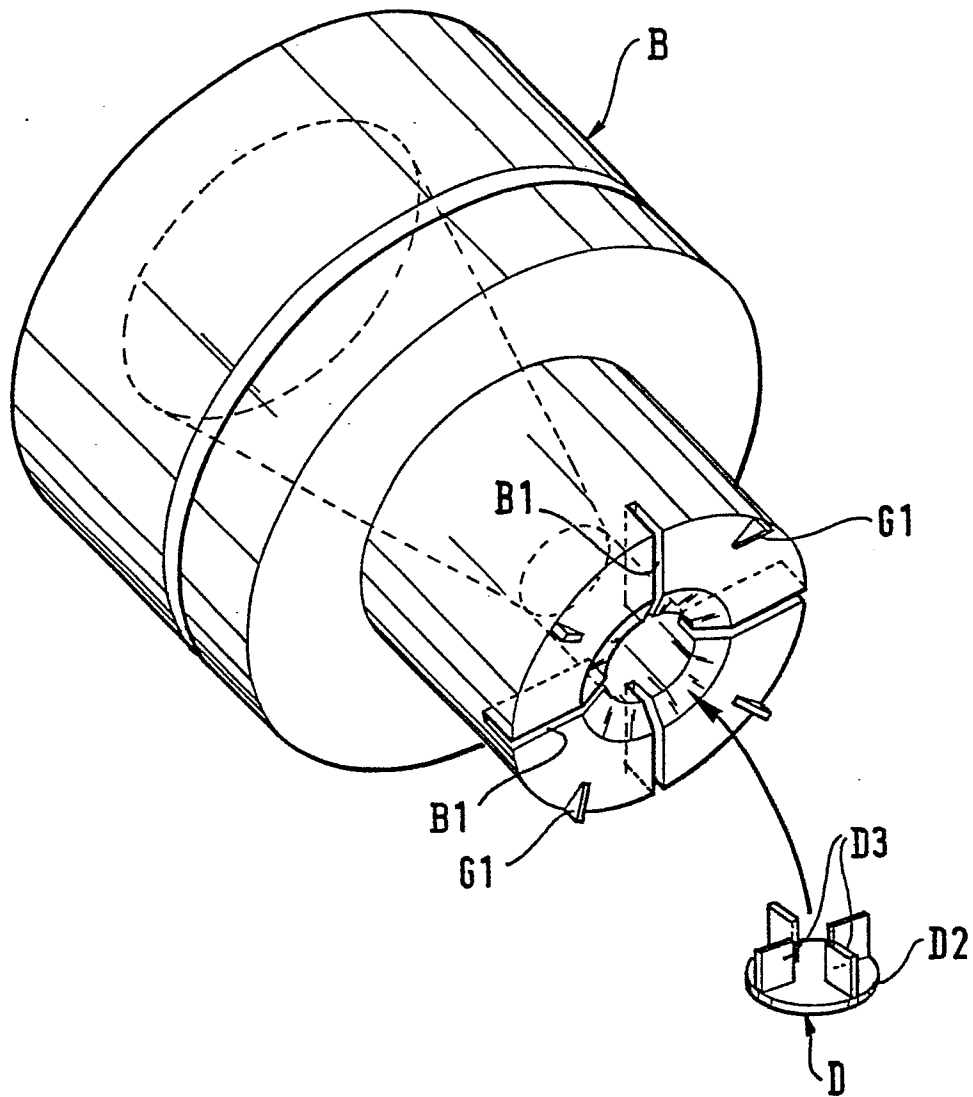
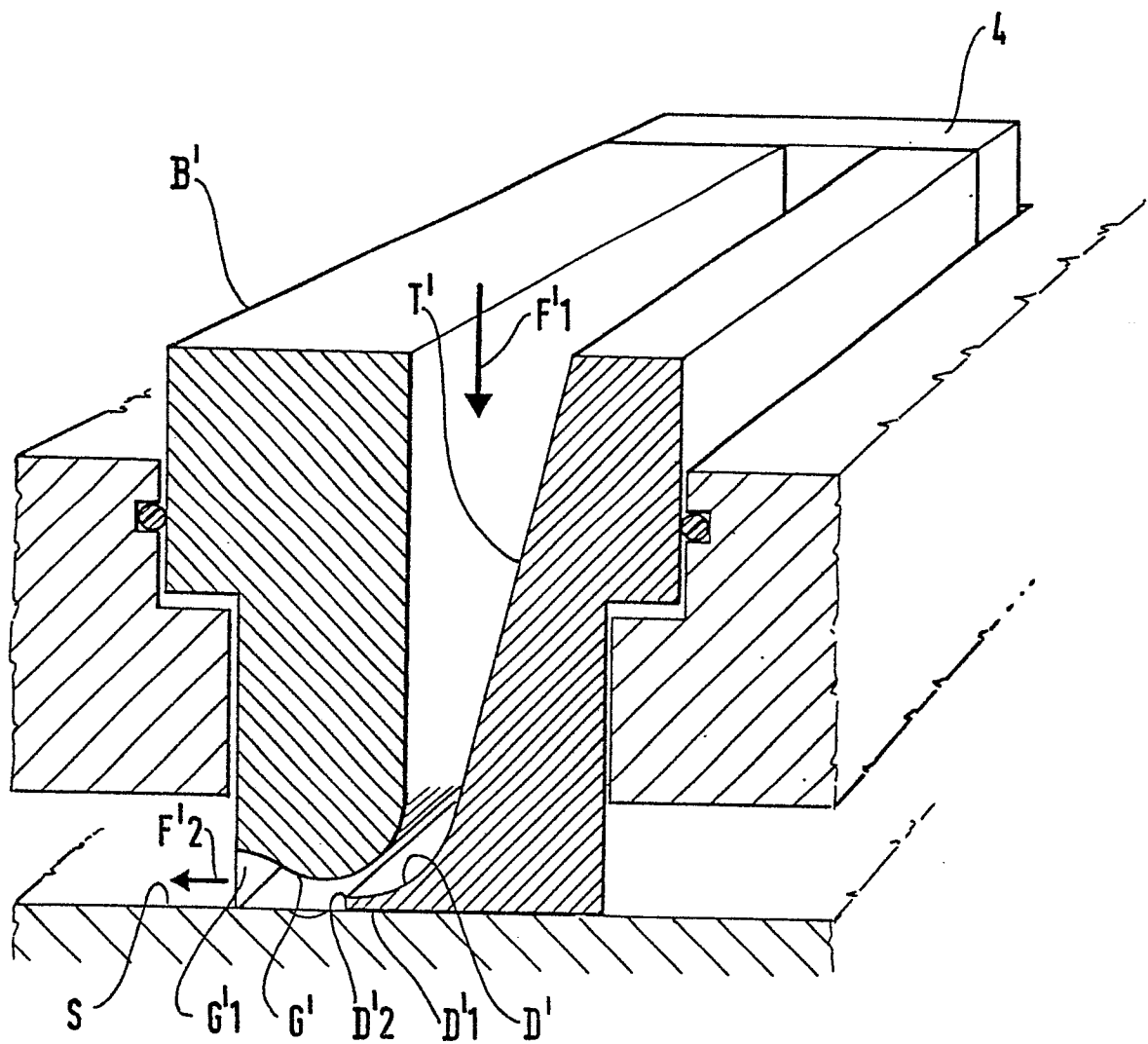


FIG. 4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0108666

Numéro de la demande

EP 83 40 1967

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
A	US-A-3 528 704 (JOHNSON)		B 08 B 3/02 B 08 B 9/02 E 21 B 7/18
A	US-A-4 193 635 (THIRUVENGADAM)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
			B 08 B E 21 B B 05 B
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 02-01-1984	Examineur CLAEYS H.C.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	