

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 88400485.4

22 Date de dépôt: 02.03.88

51 Int. Cl. 4: **F 25 B 9/02**
F 28 D 7/02, F 28 D 7/04,
B 21 D 53/06

30 Priorité: 06.03.87 FR 8703027

43 Date de publication de la demande:
12.10.88 Bulletin 88/41

84 Etats contractants désignés:
BE CH DE ES FR GB IT LI

71 Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cédex 07 (FR)

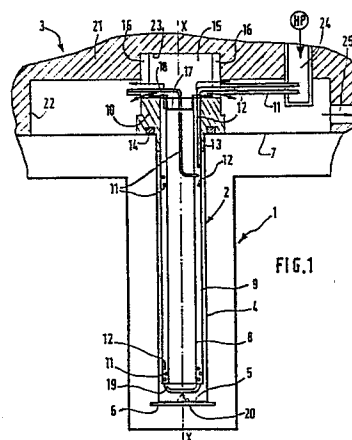
72 Inventeur: **Reale, Serge**
12, rue Hyppolyte Muller
F-38100 Grenoble (FR)

74 Mandataire: **Jacobson, Claude et al**
L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE
75, quai d'Orsay
F-75321 Paris Cédex 07 (FR)

54 **Refroidisseur miniature à détente Joule-Thomson et son procédé de fabrication.**

57 Ce refroidisseur (2) comprend un tube intérieur (11) en hélice brasé sur un mandrin (8) et un tube extérieur (12) en hélice brasé dans une enveloppe cylindrique (9) qui entoure le mandrin, les spires des deux tubes s'interpénétrant.

Application au refroidissement des détecteurs infra-rouge.



Description

"REFROIDISSEUR MINIATURE A DETENTE JOULE-THOMSON ET SON PROCEDE DE FABRICATION"

La présente invention est relative à un refroidisseur miniature à détente Joule-Thomson, à double bobinage, c'est-à-dire du type comprenant un mandrin entouré par une enveloppe cylindrique, et deux tubes bobinés en hélice dans l'espace situé entre le mandrin et l'enveloppe, dont un tube intérieur au contact du mandrin et un tube extérieur au contact de l'enveloppe, le diamètre intérieur de l'hélice formé par le tube extérieur étant inférieur au diamètre extérieur de celle formée par le tube intérieur et les spires des deux tubes étant imbriquées les unes dans les autres.

Dans ces refroidisseurs, il est nécessaire qu'une bonne étanchéité soit obtenue entre d'une part le tube intérieur et le mandrin, d'autre part le tube extérieur et l'enveloppe, pour éviter que le gaz froid basse-pression by-passe les tubes, lesquels véhiculent le gaz haute-pression destiné à être détendu.

Par ailleurs, pour obtenir une vitesse de mise en froid élevée, il faut réduire autant que possible l'inertie thermique, et donc la masse, du refroidisseur, et l'efficacité de la détente Joule-Thomson est d'autant plus élevée que la pression après détente est plus basse, c'est-à-dire que les pertes de charge du circuit basse-pression sont plus faibles.

L'invention a pour but de permettre d'atteindre à un faible prix de revient un très bon compromis entre tous ces facteurs.

A cet effet, l'invention a pour objet un refroidisseur du type précité, caractérisé en ce que le tube intérieur est fixé, notamment brasé, sur le mandrin tandis que le tube extérieur est fixé, notamment brasé, sur la paroi interne de l'enveloppe.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un tel refroidisseur. Suivant ce procédé :

- on bobine le tube intérieur sur le mandrin, et on le fixe sur celui-ci ;
- on bobine le tube extérieur contre la paroi interne de l'enveloppe, et on le fixe contre cette paroi ; et
- on insère le mandrin dans l'enveloppe par un mouvement de vissage.

Suivant un autre mode de réalisation, le refroidisseur suivant l'invention comprend deux surfaces parallèles, des moyens de maintien de ces surfaces à distance l'une de l'autre, et un tube en spirale fixé, notamment brasé, sur chaque surface, les spires des deux tubes s'interpénétrant et chaque tube débouchant au voisinage du centre de la spirale par un orifice de détente.

Deux exemples de réalisation de l'invention vont maintenant être décrit en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue partielle en coupe longitudinale d'un cryostat muni d'un refroidisseur conforme à l'invention ;

- les figures 2 à 9 illustrent schématiquement les étapes successives de fabrication du refroidisseur de la figure 1 ; et

- la figure 10 représente en coupe axiale un autre mode de réalisation de l'invention.

Le cryostat représenté à la figure 1 est constitué d'un Dewar 1, d'un refroidisseur 2 et d'un dispositif 3 d'alimentation de ce dernier en gaz haute-pression.

Le Dewar 1 est une double enveloppe sous vide délimitant un puits cylindrique 4 d'axe X-X supposé vertical, ouvert à son extrémité supérieure et fermé à son extrémité inférieure par un fond 5. Un élément 6 à réfrigérer, par exemple un détecteur infra-rouge relié par des fils électriques (non représentés) à l'extérieur du cryostat, est fixé, notamment collé, sur le fond 5, dans l'espace sous vide. L'extrémité supérieure du puits 4 est reliée à la paroi supérieure 7 du Dewar, qui est plane et horizontale.

Le refroidisseur 2, de forme générale cylindrique d'axe X-X, se compose d'un mandrin tubulaire intérieur 8, d'une enveloppe extérieure tubulaire 9 entourant le mandrin 8 sur toute sa longueur, d'une tête de liaison 10, et de deux tubes capillaires en acier inoxydable, à savoir un tube intérieur 11 et un tube extérieur 12.

La tête 10 est constituée par une bague relativement massive dans l'alésage de laquelle l'extrémité supérieure de l'enveloppe 9 est emboîtée et fixée par brasage ou collage. Un collet 13, emboîté dans l'entrée du puits 4, fait saillie vers le bas autour de l'alésage de la bague 10 et autour de l'enveloppe 9. Cette bague s'applique par une face inférieure plane sur la paroi 7 du Dewar, l'étanchéité étant obtenue au moyen d'un joint torique 14. Un autre collet cylindrique 15, présentant deux rainures verticales 16, fait saillie vers le haut le long de la périphérie extérieure de la bague 10.

Une coupelle 17 est insérée dans le collet 15. Sa partie intérieure, en creux, s'emboîte dans l'extrémité supérieure du mandrin en l'obturant, et sa collerette extérieure, plane, s'applique sur l'épaule formée à la base du collet 15. Cette collerette présente sur son pourtour une série de lumières 18 en regard de l'espace séparant le mandrin de l'enveloppe 9.

Le tube intérieur 11 est bobiné en hélice sur l'essentiel de la longueur du mandrin 8 qui émerge de la tête 10, à partir de l'extrémité inférieure de ce mandrin, et il est fixé par brasage sur celui-ci, sur toute sa longueur bobinée. A partir de l'extrémité supérieure de cette partie bobinée, le tube 11 traverse radialement à joint étanche le mandrin 8 puis s'étend vers le haut et traverse à joint étanche le fond de la coupelle 17, puis il traverse une rainure 16 et décrit une demi-boucle autour du collet 15.

De même, le tube extérieur 12 est bobiné en hélice sur l'essentiel de la longueur de l'enveloppe 9 qui émerge de la tête 10, à partir de l'extrémité inférieure de cette enveloppe et contre la paroi interne de celle-ci, et il est fixé à cette paroi par brasage tout le long de sa partie bobinée. A partir de l'extrémité supérieure de cette partie bobinée, le tube 12 s'étend vers le haut en traversant une lumière 18 de la coupelle 17, puis traverse horizontalement l'autre rainure 16 et décrit une boucle

complète autour du collet 15.

Les extrémités inférieures des deux tubes 11 et 12 sont reliées par un coude 19 percé d'un orifice de détente calibré 20, lequel débouche en regard du fond 5 du Dewar.

Le dispositif d'alimentation 3 comprend une capacité 21 d'un gaz, ou d'un mélange de gaz, sous très haute pression, par exemple sous 500 à 700 bars. Cette capacité s'applique sur la face 7 du Dewar et présente un large évidement 22 d'axe X-X autour du puits 4. Un contre-alésage 23, dans lequel est emboîtée et brasée la partie supérieure du collet 15, est prévu dans la région de l'axe X-X. Dans l'évidement 22 débouche un organe de sortie 24 d'une vanne d'alimentation commandée à distance, et les extrémités amont des tubes 11 et 12 pénètrent à joint étanche dans cet organe 24. La paroi de la capacité 21 est par ailleurs percée d'un canal d'échappement 25 qui débouche d'une part dans l'évidement 22, et d'autre part à l'air libre.

En fonctionnement, le gaz haute-pression est véhiculé par les tubes 11 et 12 jusqu'à l'orifice 20, se détend et remonte entre le mandrin 8 et l'enveloppe 9 en refroidissant le gaz haute-pression. Puis le gaz basse-pression s'échappe par les lumières 18, les rainures 16 et le canal 25.

Grâce au brasage indépendant des deux tubes, on obtient un refroidisseur ayant à la fois une très bonne efficacité d'échange thermique au niveau des tubes 11 et 12, car il n'y a pratiquement pas de fuites entre ces tubes et les éléments associés 8 et 9, et une faible perte de charge dans le circuit basse-pression. A son tour, cette faible perte de charge permet d'utiliser des débits de gaz accrus et donc d'obtenir des puissances frigorifiques relativement importantes.

De plus, grâce à la présence de jeux radiaux importants, les vibrations n'affectent ni le refroidisseur ni l'élément à refroidir. On remarque également que les éléments 8 et 9 ne subissent pas d'efforts mécaniques importants et peuvent donc être réalisés sous la forme de tubes en acier inoxydable de très faible épaisseur, ce qui réduit la masse, et donc l'inertie thermique, du refroidisseur.

La simplicité de la fabrication du refroidisseur 2, qui conduit à un faible prix de revient, apparaîtra en considérant la succession d'opérations illustrée aux figures 2 à 9.

Le tube 11, préalablement étamé, est bobiné sur le mandrin 8, lui-même enfilé provisoirement sur un noyau cylindrique non représenté (figure 2), et le tube 12, également étamé, est bobiné sur un mandrin auxiliaire 26 extérieurement fileté au pas désiré et constitué d'une matière anti-adhérente et résistante vis-à-vis du brasage, par exemple de titane (figure 3). Les deux tubes 11 et 12 sont bobinés dans le même sens et avec le même pas.

L'enveloppe 9 est enfilée, sans jeu notable, sur le tube 12 et reçoit la tête 10 (figure 4), puis les deux ensembles 8-11 et 9-10-12-26 ainsi obtenus sont passés dans un four de brasage (figure 5). Les tubes 11 et 12 sont ainsi solidarisés avec les éléments respectifs 8 et 9 qui les portent.

On retire ensuite le mandrin auxiliaire 26, par un mouvement de dévissage (figure 6), puis on introduit

l'ensemble 8-11 dans l'ensemble 9-12 par un mouvement de vissage (figure 7). Puis, après avoir correctement positionné ces deux ensembles l'un par rapport à l'autre, tant dans le sens radial que dans le sens axial, on met en place la coupelle 17 (figure 8), après quoi on complète le refroidisseur par la mise en place du coude 19 (figure 9).

En variante, l'enveloppe 9 peut être supprimée et le tube 12 brasé directement sur la paroi interne du puits 4. Cependant, l'utilisation de l'enveloppe 9 présente l'avantage de conduire à un refroidisseur entièrement autonome par rapport au Dewar et que l'on peut sans difficulté mettre en place de façon amovible dans celui-ci, sans contact entre l'échangeur de chaleur et le puits du Dewar.

Le gaz utilisé dépend de la puissance frigorifique nécessaire et de la température basse que l'on veut atteindre. Ce peut être notamment de l'argon ou un mélange d'argon avec un "Fréon", dont le point d'ébullition est plus élevé mais qui possède un effet Joule-Thomson plus fort.

En variante encore, on peut supprimer le coude 19 et disposer un orifice de détente à l'extrémité inférieure de chaque tube 11, 12. Dans ce cas, il est possible d'alimenter les deux tubes avec deux gaz différents.

Il est à noter que comme l'enveloppe 9 n'est pas en contact avec le puits 4, on peut envisager d'introduire le même refroidisseur 2 dans un puits de Dewar de forme non cylindrique, notamment conique.

De plus, l'enveloppe 9 et le mandrin 8 peuvent eux-mêmes être coniques et, à la limite, plats. On aboutit alors à un mode de réalisation particulier de l'invention (Figure 10) dans lequel le refroidisseur 2A est constitué de deux disques parallèles 8A et 9A, maintenus à distance l'un de l'autre par une bague 17A à lumières 18A, avec un tube capillaire 11A en forme de spirale plane brasé sur la face intérieure du disque 8A et un tube capillaire 12A en forme de spirale plane imbriquée dans la première spirale, brasé sur le disque 9A. Chaque tube 11A, 12A se termine au centre du dispositif par un orifice calibré de détente orienté vers l'élément 6 à refroidir.

En particulier, comme représenté, chaque disque peut comporter un rebord périphérique 8B, 9B sur lequel est fixé un couvercle circulaire 27, de façon à délimiter deux chambres sous vide. L'élément 6 à refroidir est collé sur le disque 8A dans la chambre sous vide adjacente, ce qui complète le cryostat.

Revendications

1. Refroidisseur miniature (2) à détente Joule-Thomson, du type comprenant un mandrin de révolution (8) entouré par une enveloppe (9) de même axe, et deux tubes (11, 12) bobinés en hélice dans l'espace situé entre le mandrin et l'enveloppe, dont un tube intérieur (11) au contact du mandrin et un tube extérieur (12) au contact de l'enveloppe, le diamètre intérieur de l'hélice formé par le tube extérieur

étant inférieur au diamètre extérieur de celle formée par le tube intérieur et les spires des deux tubes étant imbriquées les unes dans les autres, caractérisé en ce que le tube intérieur (11) est fixé, notamment brasé, sur le mandrin (8) tandis que le tube extérieur (12) est fixé, notamment brasé, sur la paroi interne de l'enveloppe (9).

5

2. Refroidisseur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le mandrin (8) et l'enveloppe (9) sont reliés à leur extrémité amont par une tête (10), de façon à constituer un ensemble autonome.

10

3. Refroidisseur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'enveloppe est constituée par la paroi interne d'un puits (4) faisant partie d'un Dewar.

15

4. Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les extrémités aval des deux tubes (11,12) sont réunies par un organe de liaison (19) pourvu d'un orifice de détente (20).

20

5. Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le mandrin (8) et l'enveloppe (9) sont cylindriques.

25

6. Refroidisseur suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le mandrin (8) et l'enveloppe (9) sont coniques.

7. Refroidisseur miniature (2A) à détente Joule-Thomson, caractérisé en ce qu'il comprend deux surfaces parallèles (8A, 9A), des moyens (17A) de maintien de ces surfaces à distance l'une de l'autre, et un tube en spirale (11A, 12A) fixé, notamment brasé, sur chaque surface, les spires des deux tubes s'interpénétrant et chaque tube débouchant au voisinage du centre de la spirale par un orifice de détente.

30

8. Procédé de fabrication d'un refroidisseur (2) suivant la revendication 1, caractérisé en ce que :

40

- on bobine le tube intérieur (11) sur le mandrin (8), et on le fixe sur celui-ci ;

- on bobine le tube extérieur (12) contre la paroi interne de l'enveloppe (9), et on le fixe contre cette paroi ; et

45

- on insère le mandrin (8) dans l'enveloppe (9) par un mouvement de vissage.

9. Procédé suivant la revendication 8, caractérisé en ce que, pour mettre en place le tube extérieur (12) dans l'enveloppe (9), on le bobine sur un mandrin auxiliaire (26), de préférence fileté, et l'on introduit l'ensemble dans l'enveloppe (9) sans jeu notable.

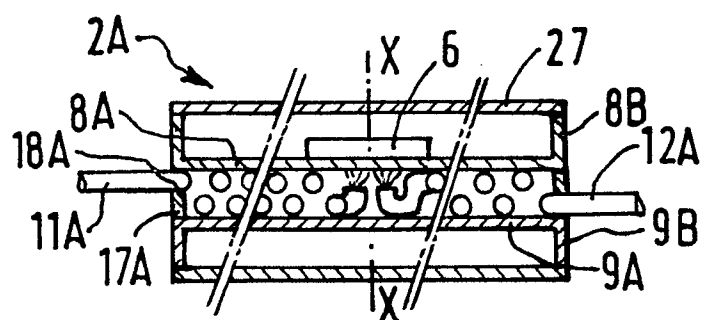
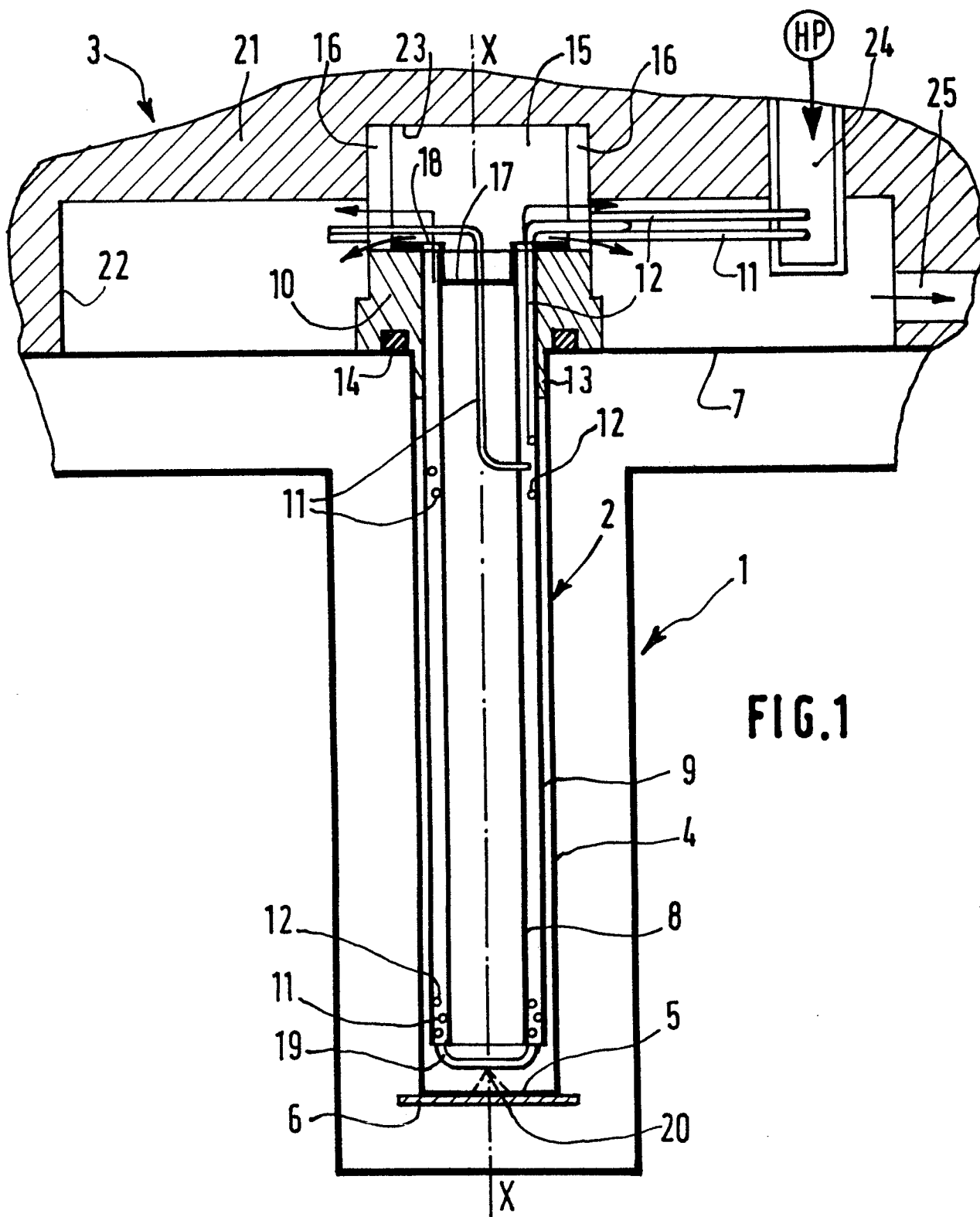
50

10. Procédé suivant l'une des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que les deux tubes (11,12) sont préalablement étamés et sont fixés par brasage sur le mandrin (8) et contre l'enveloppe (9) respectivement.

55

60

65



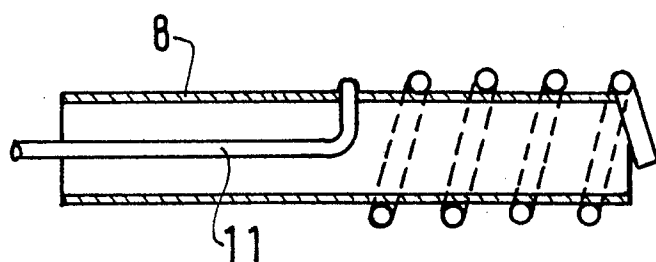


FIG. 2

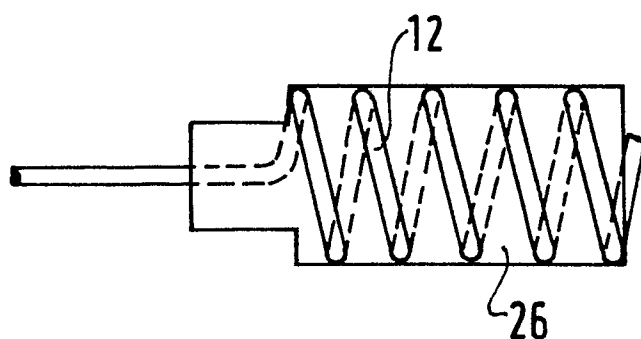


FIG. 3

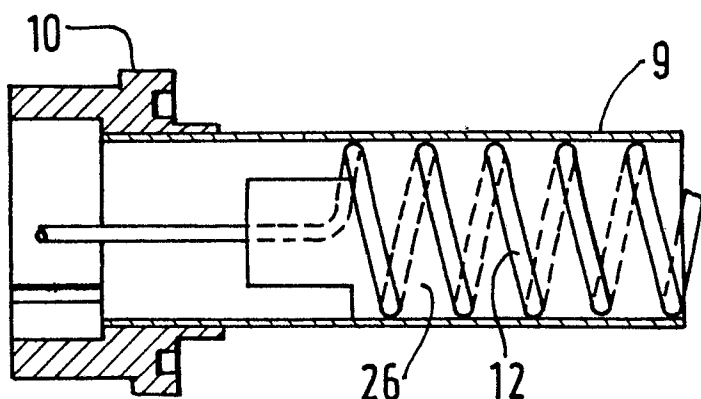


FIG. 4

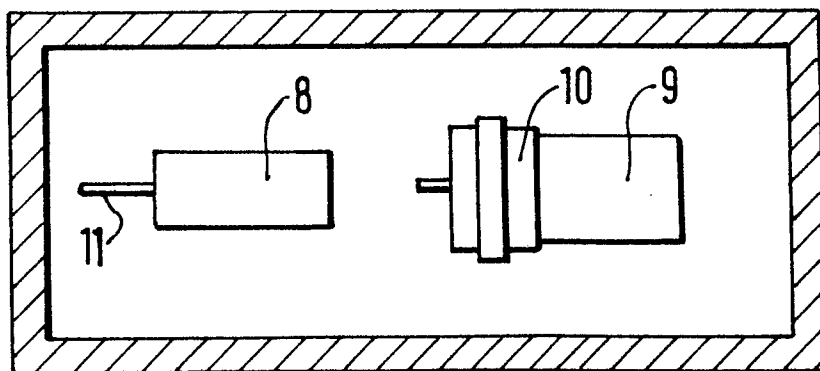


FIG. 5

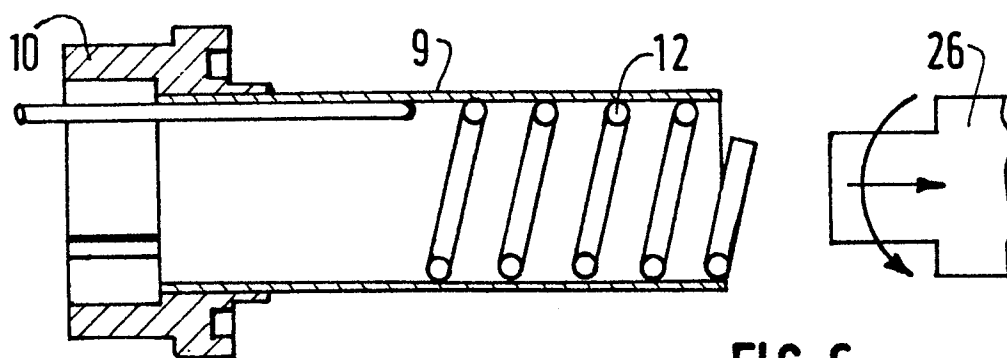


FIG. 6

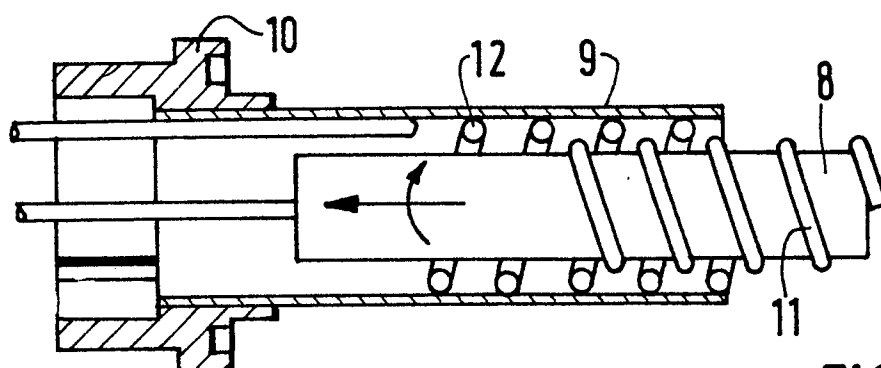


FIG. 7

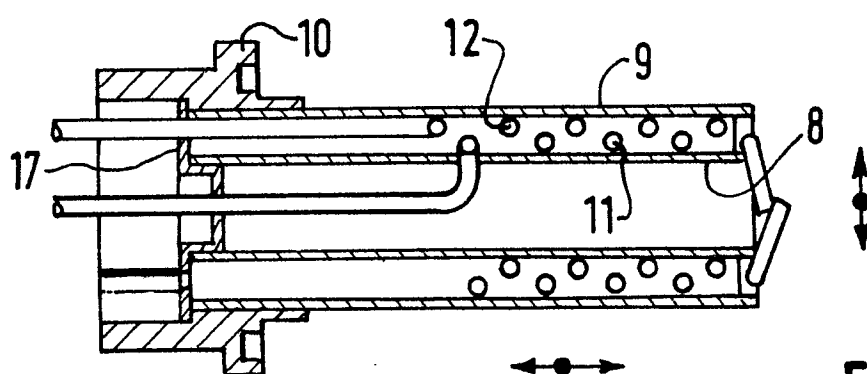


FIG. 8

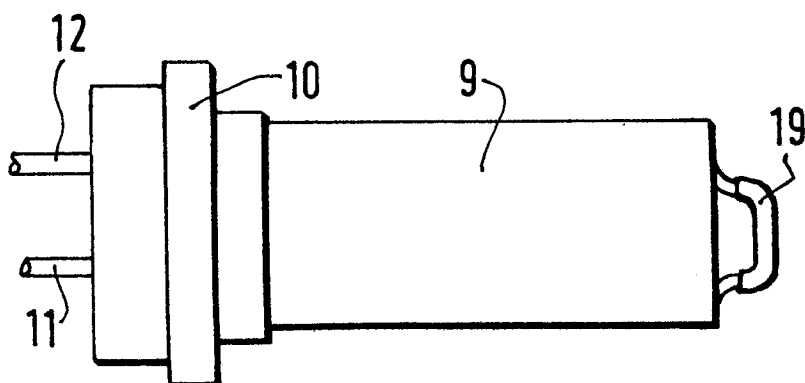


FIG. 9



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 40 0485

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.4)
A	GB-A-1 149 962 (BRITISH OXYGEN) * Page 2, lignes 42-127; figures 1,2 * ---	1-3,5,8	F 25 B 9/02 F 28 D 7/02
A	FR-A-1 267 447 (PHILCO) * Page 2, colonne de gauche, paragraphe 4 - page 4, colonne de gauche, paragraphe 1; figures 1,2 * ---	1,3-5	F 28 D 7/04 B 21 D 53/06
A	US-A-3 273 356 (HOFFMAN) * Colonne 2, ligne 27 - colonne 6, ligne 4; figures 1-4 * ---	1,5,8, 10	
A	FR-A-1 559 510 (HYMATIC ENGINEERING) * Page 2, ligne 39 - page 4, ligne 2; figure * ---	1,6	
A	GB-A-1 168 997 (ELECTRICAL & MUSICAL INDUSTRIES) * Page 1, ligne 74 - page 2, ligne 114; figures 1-3 * ---	7	
A	FR-A-1 468 862 (L'AIR LIQUIDE) ---		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	WO-A-8 402 177 (LITTLE) ---		F 25 B F 28 D B 21 D
A	FR-A-2 155 770 (L'INDUSTRIELLE DE CHAUFFAGE) ---		
A	DE-U-7 615 571 (EPPENSTEINER) ---		
A	DE-A-3 038 718 (TREMONIA PRÄGEERZEUGNISSE) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-06-1988	Examineur BOETS A. F. J.
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			