



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 696 683 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**14.02.1996 Bulletin 1996/07**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F15C 5/00, F15B 13/00**

(21) Numéro de dépôt: **95410083.0**

(22) Date de dépôt: **08.08.1995**

(84) Etats contractants désignés:  
**GB IT**

(30) Priorité: **11.08.1994 FR 9410090**

(71) Demandeur: **SEXTANT Avionique**  
**F-92368 Meudon la Forêt Cédex (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Almeras, Jean-Claude**  
**F-26000 Valence (FR)**
- **Dezord, Jean-Bernard**  
**F-26500 Bourg les Valence (FR)**

(74) Mandataire: **de Beaumont, Michel**  
**F-38000 Grenoble (FR)**

(54) **Circuit pneumatique surmoulé**

(57) Le circuit pneumatique (60) comprend au moins une capacité pneumatique (50), au moins une vanne (40), et des tuyaux souples (31) de raccordement, au moins l'un de ces éléments ou un raccordement de l'un de ces éléments étant d'une structure très simple ne permettant pas d'assurer une tenue en pression ou en dépression conforme à des spécifications du circuit. Il est enrobé dans un bloc de résine (30), assurant tout ou partie de l'étanchéité. La capacité pneumatique comprend un tronçon de tube de PVC (51) bouché à ses extrémités (52), muni d'au moins un orifice (53) dans lequel est introduite l'extrémité d'un tuyau souple (31).

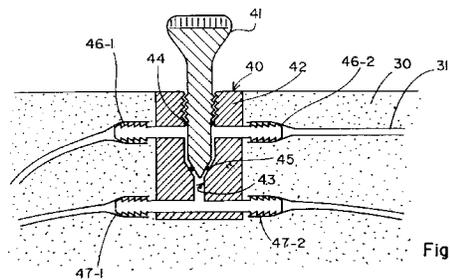


Fig 4

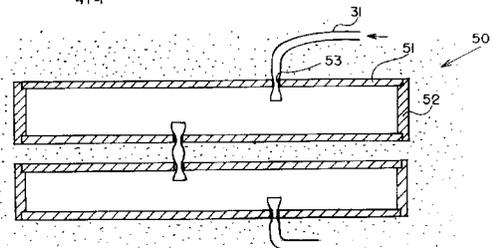


Fig 5

EP 0 696 683 A1

## Description

La présente invention concerne le domaine des circuits pneumatiques. Elle concerne plus particulièrement la réalisation d'un circuit pneumatique comportant au moins une capacité pneumatique, au moins une vanne, et des canalisations.

A titre d'exemple, la figure 1 représente le schéma pneumatique d'un appareil 20 comportant un circuit pneumatique 10 du genre précité. Cet appareil, commercialisé par la demanderesse sous la désignation "Générateur de pression type 301", permet de tester ou calibrer au sol des équipements anémobarométriques d'aéronefs, tels que des anémomètres, des altimètres, variomètres... Il comporte des sorties 1, 2, 3, 4 délivrant des pressions de référence Pt ou Ps, allant de quelques millibars à plusieurs bars, que l'on applique en entrée des prises de pression d'un aéronef. Chaque sortie de pression du générateur peut être réglée avec précision, afin de simuler des valeurs de pression statique (Ps) ou de pression totale (Pt) qui sont normalement mesurées en vol par l'aéronef.

Le générateur de pression 20 comprend essentiellement, en entrée du circuit pneumatique 10, une pompe à dépression 5 et une pompe à surpression 6 et, en sortie du circuit pneumatique, un système de valves de sécurité 7, un système d'affichage des pressions 8, et divers tuyaux de raccordement 9.

Le circuit pneumatique 10 constitue le coeur du générateur de pression 20. Il comprend des capacités pneumatiques de dépression 11, dans lesquelles on fait le vide au moyen de la pompe 5, une capacité de surpression 12, mise sous pression grâce à la pompe 6, des vannes de commutation pneumatiques 13-1 à 13-6 dont une reçoit en entrée la pression atmosphérique (Pa), diverses canalisations 14, et des noeuds 15 de canalisations, formant la jonction d'au moins trois canalisations. Les capacités pneumatiques sont des corps creux étanches d'un volume assez important pouvant atteindre plusieurs centaines de cm<sup>3</sup>. Elles permettent de maintenir avec une bonne stabilité en sortie du générateur de pression, les valeurs de pression recherchées, à condition que le débit d'air soit quasiment nul.

On connaît essentiellement deux méthodes pour réaliser des circuits pneumatiques de ce type.

La première consiste à réaliser les capacités pneumatiques avec des pièces en forme de cloches, faites de métal embouti ou de matière plastique, qui sont vissées sur un support par l'intermédiaire d'un joint d'étanchéité. Les autres éléments du circuit, comme les vannes, les canalisations, les noeuds, sont disponibles dans le commerce et figurent dans divers catalogues. Par exemple, les noeuds sont des pièces de raccordement en forme de té, les canalisations sont des tuyaux souples en caoutchouc, etc.

Les circuits pneumatiques réalisés selon cette première méthode, à partir de composants individuels de qualité, présentent l'inconvénient d'être coûteux, car

chaque élément et chaque raccordement doit présenter une qualité propre pour satisfaire les spécifications de tenue de pression ou dépression du produit final. Par exemple, pour le branchement des tuyaux, on doit faire appel à des raccords vissants à joint torique ou à écrasement de bague bicônique, qui augmente le coût du dispositif. Enfin, de tels circuits sont encombrant, chaque élément devant être fixé sur un support, et sont susceptibles de corrosion.

La deuxième méthode connue, utilisée jusqu'à présent par la demanderesse, est illustrée par la figure 2. Les capacités 11, 12, les canalisations 14 et les noeuds 15 du circuit pneumatique 10 sont réalisés d'un seul bloc au moyen de plaques 17 de polyméthacrylate de méthyle (Plexiglas®) gravées, empilées les unes au dessus des autres. Les canalisations 14 débouchent à la surface de la plaque supérieure sur laquelle on peut fixer, grâce à des inserts métalliques 16, des éléments de raccordement ou, directement, des vannes. Cette technique permet une bonne intégration du circuit pneumatique, mais demeure très coûteuse à mettre en oeuvre, en raison du temps de main d'oeuvre important que nécessite la gravure des différentes plaques.

Ainsi, un objet de la présente invention est de prévoir un circuit pneumatique apportant les avantages suivants :

- un bon maintien mécanique des composants,
- une bonne étanchéité au vide et à des spécifications de pression pouvant atteindre quelques bars,
- une bonne résistance mécanique et chimique en environnements sévères (corrosion, vibrations),
- un coût de fabrication et un temps de main d'oeuvre réduits.

Pour atteindre ces objectifs, la présente invention prévoit de réaliser un circuit pneumatique à partir de composants simplifiés reliés selon une méthode de raccordement rapide, puis de noyer dans une résine le circuit pré-assemblé, la résine une fois durcie assurant tout ou partie de l'étanchéité du circuit, ainsi que le maintien des divers éléments et leur protection chimique.

Ainsi, à partir d'un circuit pneumatique imparfait et rudimentaire, qui ne présenterait pas en lui-même une étanchéité suffisante s'il était monté dans l'air, on obtient, grâce à un surmoulage de résine, un circuit présentant d'excellentes propriétés pneumatiques et mécaniques.

Plus particulièrement, la présente invention prévoit un circuit pneumatique comprenant au moins une capacité pneumatique, au moins une vanne, et des tuyaux souples de raccordement, au moins un de ces éléments ou un raccordement de l'un de ces éléments étant d'une structure très simple ne permettant pas d'assurer une tenue en pression ou en dépression conforme à des spécifications du circuit, circuit enrobé dans un bloc de ré-

sine assurant tout ou partie de l'étanchéité du circuit et la tenue mécanique des éléments. Si la vanne est à commande manuelle, il convient bien entendu de laisser libre l'organe de commande de la vanne.

Avantageusement, la capacité pneumatique comprend un tronçon de tube de PVC (polychlorure de vinyle) bouché à ses extrémités, muni d'au moins un orifice dans lequel est introduite l'extrémité d'un tuyau souple.

Avantageusement, la vanne comprend plusieurs becs de sortie et/ou plusieurs becs d'entrée auxquels sont raccordés des tuyaux. On réalise ainsi, de façon simple, à l'entrée et/ou à la sortie de la vanne, des noeuds de canalisation remplaçant les tés de raccordement classiques. On peut aussi former des noeuds de canalisation au niveau de la capacité en introduisant dans le tube de PVC les extrémités de plusieurs tuyaux souples. Le noeud est alors formé à l'intérieur même de la capacité. Cette méthode se justifie par l'extrémité simplicité des liaisons, qui ne nécessitent pas de recourir à des moyens de raccordement classiques, étanches et coûteux.

Avantageusement, au moins une face du bloc de résine comprend des inserts métalliques munis de trous taraudés. Cela permet de fixer le bloc sur un support.

De préférence, la résine d'enrobage est une résine polyuréthane bicomposant (résine et durcisseur), ayant un coefficient de dilatation assez faible et un point de transition vitreuse situé au delà de la de température de fonctionnement du circuit pneumatique. Ce type de résine est utilisé dans le domaine des appareillages électriques, par exemple pour l'enrobage de transformateurs. Il représente un bon compromis entre souplesse et rigidité. Par ailleurs, les résines polyuréthane sont, contrairement aux résines epoxy, faiblement exothermiques, de sorte que l'on n'a pas à craindre, pendant la polymérisation, une élévation de température qui pourrait détruire ou faire fluer le PVC. Enfin, la demanderesse a remarqué, et cela garantit la bonne étanchéité des capacités pneumatiques, que les résines polyuréthane adhèrent fortement au PVC.

Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation de l'invention, faite en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

- les figures 1 et 2 sont relatives à l'art antérieur et ont été décrites précédemment,
- la figure 3 représente un circuit pneumatique selon l'invention, enrobé dans un bloc de résine,
- la figure 4 est une vue en coupe d'un élément du circuit de la figure 3,
- la figure 5 est une vue en coupe d'un autre élément du circuit de la figure 3, et

- la figure 6 illustre un procédé de fabrication d'un circuit pneumatique selon la présente invention.

Dans un souci de simplicité, on a représenté en figure 3 et sur les figures suivantes un circuit pneumatique 60 de moindre complexité que le circuit représenté en figure 1, suffisant pour décrire les caractéristiques de la présente invention. Les figures 3 et suivantes représentent donc un circuit pneumatique 60 selon l'invention. Il comporte deux vanes 40 de commutation de fluide, commandées manuellement par des pointeaux 41, des capacités pneumatiques 50 (dont deux sont visibles en figure 5), et des tuyaux de raccordement 31 en caoutchouc ou en Néoprène, formant un réseau pneumatique.

Comme on peut le voir sur la figure 3, le circuit pneumatique 60 vu de l'extérieur se présente comme un bloc de résine 30, dans lequel sont totalement emprisonnés les composants du circuit. Seuls dépassent du bloc de résine 30 les pointeaux de commande 41 des vanes 40, et les terminaisons de certains tuyaux 31 formant les entrées ou les sorties du circuit. Pour la fixation du bloc 30, il est prévu des inserts métalliques 32 comportant des trous taraudés.

La figure 4 représente une vanne de commutation 40. La vanne comporte un corps métallique 42 entièrement prisonnier dans la résine, à l'exception de la face supérieure qui est affleurante. De façon classique, le pointeau de commande 41 est vissée dans une cavité cylindrique taraudée 43 du corps de vanne. Il porte un premier joint torique 44 qui isole la cavité de la pression extérieure, et un second joint torique 45 qui assure la fermeture de la vanne lorsque le pointeau est en position basse. Selon l'invention, l'entrée et la sortie de la vanne comprennent chacune deux becs de branchement, respectivement 46-1, 46-2 et 47-1, 47-2, qui débouchent dans la cavité interne, sur lesquels viennent s'emmancher des tuyaux 31. Ces doubles becs d'entrées ou de sortie permettent d'obtenir l'équivalent d'un noeud de canalisation en amont et d'un noeud de canalisation en aval de la vanne, sans recourir à une pièce particulière. Le nombre de becs dont peut être munie la vanne n'étant pas limité, l'homme du métier pourra adapter la vanne à la configuration du circuit à réaliser.

La figure 5 représente, au coeur du bloc de résine 30, des capacités pneumatiques 50 selon la présente invention. Les capacités pneumatiques 50 sont obtenues au moyen de tronçons de tubes 51 de PVC (polychlorure de vinyle), d'un type ordinaire disponible couramment dans le commerce et de très bas coût. Les tubes sont bouchés à leurs extrémités par des embouts classiques 52 en PVC, emmanchés et collés sur la paroi intérieure des tubes. Pour leur raccordement, les tubes sont tout simplement percés et présentes des orifices 53 au travers desquels pénètrent des extrémités de tuyaux 31. De préférence, le diamètre des orifices 53 est sensiblement inférieur au diamètre externe des tuyaux 31.

On voit que ce mode de réalisation élémentaire de capacités pneumatiques et de raccordements n'est pas

en lui même propre à tenir les spécifications en pression ou dépression du circuit, et ne présenterait pas un étanchéité suffisante si le circuit n'était pas enrobé par la résine. En outre, sous l'action des pressions ou dépressions, des chocs et des vibrations, les tuyaux viendraient 31 tôt ou tard à se déplacer dans les orifices 53, ce qui serait une source de défaillance supplémentaire.

Il est donc aisé, grâce à la simplicité des moyens de l'invention, de réaliser tous types de circuits, quelque en soit la complexité. En outre, comme on l'a déjà fait avec la vanne 40 de la figure 4, on peut créer des noeuds de canalisation sans avoir recours à des pièces supplémentaires, en introduisant plusieurs tuyaux dans les tubes 51.

L'homme du métier notera que le choix de la résine d'enrobage 30 peut déterminer la qualité de l'étanchéité des divers raccordements. On doit, premièrement, choisir une résine susceptible d'adhérer aux divers matériaux dont sont constitués les éléments du circuit. On doit ensuite faire un compromis entre :

- une résine souple, qui va garantir une bonne étanchéité en conservant son adhérence dans le temps, elle va absorber les contraintes mécaniques ou thermiques, et notamment les diverses dilatations des éléments du circuit,
- une résine rigide, devenant moins adhérente avec le temps mais assurant une bonne tenue mécanique des éléments, une rigidité suffisante du bloc de résine, et capable d'autre part de maintenir les inserts de fixation 32.

Le choix de la résine d'enrobage résulte donc d'un compromis qui est à la portée de l'homme du métier. On conseillera toutefois, à titre d'exemple non limitatif, d'utiliser une résine polyuréthane de dureté comprise entre 50 et 80 points sur l'échelle de dureté shore D, choisie par la demanderesse pour les raisons suivantes :

- faible coût,
- mise en oeuvre rapide et aisée,
- polymérisation à la température ambiante en 24 heures,
- pas ou peu d'exothermie durant la polymérisation,
- coefficient de dilatation linéaire faible,
- température de transition vitreuse assez élevée, de l'ordre de 90°C,
- dureté suffisante pour introduire des inserts de fixation dans le bloc de résine.

Différents essais réalisés avec cette résine ont

montré :

- 5 - une adhérence moyenne sur les tubes de caoutchouc, qui peut entraîner des décollements le long des tuyaux. Toutefois, on a remarqué que ces décollements ont une longueur limitée à quelques millimètres, et sont sans conséquences sur l'étanchéité des capacités pneumatiques,
- 10 - une adhérence moyenne sur le métal, qui peut entraîner une perte d'étanchéité au niveau des becs de raccordement des vannes, à laquelle on peut remédier de diverses manières, indiquées plus loin.
- 15 - une adhérence excellente sur le PVC, qui garantit l'étanchéité en toutes circonstances des capacités pneumatiques, et de façon générale de tout élément en PVC.

20 Le système ainsi réalisé a résisté avec succès à des pressions de plusieurs bars, à des cycles thermiques allant de -15° à +50°C, et à un stockage de plusieurs heures à -40°C ainsi qu'à +70°C. Par ailleurs, son coût de revient est environ 10 à 20 fois inférieur à celui d'un dispositif classique équivalent.

25 Bien entendu, selon la résine choisie, et en raison du travail mécanique que subit la résine, il peut se produire des décollements à partir des points d'émergence des tuyaux 31, ou à partir des zones d'affleurement des vannes 40. Toutefois, ces décollements ne se propagent pas au coeur du circuit et ne sont susceptibles d'affecter que les zones proches de la surface. Ainsi, comme on l'a déjà indiqué, des décollements entre tuyaux et résine peuvent se produire aux points d'émergence des tuyaux 31, mais ne se propageront le long des tuyaux que sur quelques millimètres. Dans le cas de la vanne 40 représentée en figure 4, un décollement plus important peut également se produire depuis la surface de la résine (car l'adhérence sur le métal est moins bonne), et se propager le long du corps de vanne 42, à l'interface métal/résine, jusqu'aux becs 46, 47, en créant une ligne de fuite. On prendra donc quelques précautions en renforçant l'étanchéité des branchements proches de la surface. Par exemple, on pourra munir les becs 46, 47 de dentelures, comme représenté en figure 4, ou bien, si la surface des becs est lisse, coller soigneusement les tuyaux 31. Grâce à la résine d'enrobage, on sait que ces liaisons resteront étanches car elle seront fermement maintenues, même si d'éventuels décollements se produisent.

50 Une autre solution, qui peut se cumuler à la précédente, consiste à réaliser un usinage grossier de la surface du corps de vanne, pour lui conférer une certaine rugosité, de sorte que l'adhérence de la résine en sera notablement améliorée. On pourra à cette occasion créneler la surface du corps de vanne, pour améliorer sa tenue mécanique dans le bloc de résine. Enfin, une dernière méthode encore plus efficace consiste tout simplement à réaliser le corps de vanne avec un matériau sur lequel

la résine va bien adhérer, par exemple du PVC si l'on choisit la résine polyuréthane proposée plus haut.

Le procédé de surmoulage fait appel aux connaissances normales en la matière. Il est illustré en figure 6. Les éléments du circuit 60 sont introduits dans une boîte démontable 70. Les vannes 40 sont posées au fond de la boîte et maintenues aux moyens de vis à têtes plates 71 vissées en lieu et place des pointeaux de commande. Les tubes PVC 51 sont posés sur les vannes et empilés les uns sur les autres, la rigidité des tuyaux 31 étant suffisante pour assurer le maintien de l'ensemble. De préférence, on laissera un espace suffisant entre les tubes de PVC afin que l'enrobage se fasse bien tout autour des tubes. La résine est préparée par adjonction du durcisseur, puis débullée dans une cloche à vide. On verse la résine, on la laisse polymériser puis on démonte la boîte.

Il apparaîtra clairement à l'homme du métier que la présente invention est susceptible de nombreuses variantes de réalisations et perfectionnements. Ainsi, un mode de réalisation que la demanderesse envisage de tester, consiste à réaliser les capacités pneumatiques avec une matière solvable, par exemple du polystyrène, dissoute après polymérisation au moyen d'un solvant sélectif injecté dans le circuit. D'autre part, on peut ajouter à la résine des billes de verre creuses afin de diminuer sa densité. Egalement, on peut utiliser des vannes commandées électriquement entièrement noyées dans la résine. Enfin, la présente invention peut être étendue à la réalisation de tous types de fonctions pneumatiques.

## Revendications

1. Circuit pneumatique (60), comprenant au moins une capacité pneumatique (50), au moins une vanne (40), et des tuyaux souples (31) de raccordement, au moins un de ces éléments ou un raccordement de l'un de ces éléments étant d'une structure très simple ne permettant pas d'assurer une tenue en pression ou en dépression conforme à des spécifications du circuit, caractérisé en ce qu'il est enrobé dans un bloc de résine (30) assurant tout ou partie de l'étanchéité du circuit et le maintien mécanique des éléments.
2. Circuit pneumatique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite capacité pneumatique comprend un tronçon de tube de PVC (51) bouché à ses extrémités (52), muni d'au moins un orifice (53) dans lequel est introduite l'extrémité d'un tuyau souple (31).
3. Circuit pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite vanne (40) comprend plusieurs becs de sortie (46-1, 46-2) et/ou plusieurs becs d'entrée (47-1, 47-2) auxquels sont raccordés des tuyaux (31).
4. Circuit pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le bloc de résine (30) comprend des inserts métalliques (32) munis de trous taraudés.
5. Circuit pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la résine d'enrobage (30) est une résine polyuréthane bicomposant ayant un coefficient de dilatation assez faible et un point de transition vitreuse situé au delà de la gamme de température de fonctionnement du circuit pneumatique.

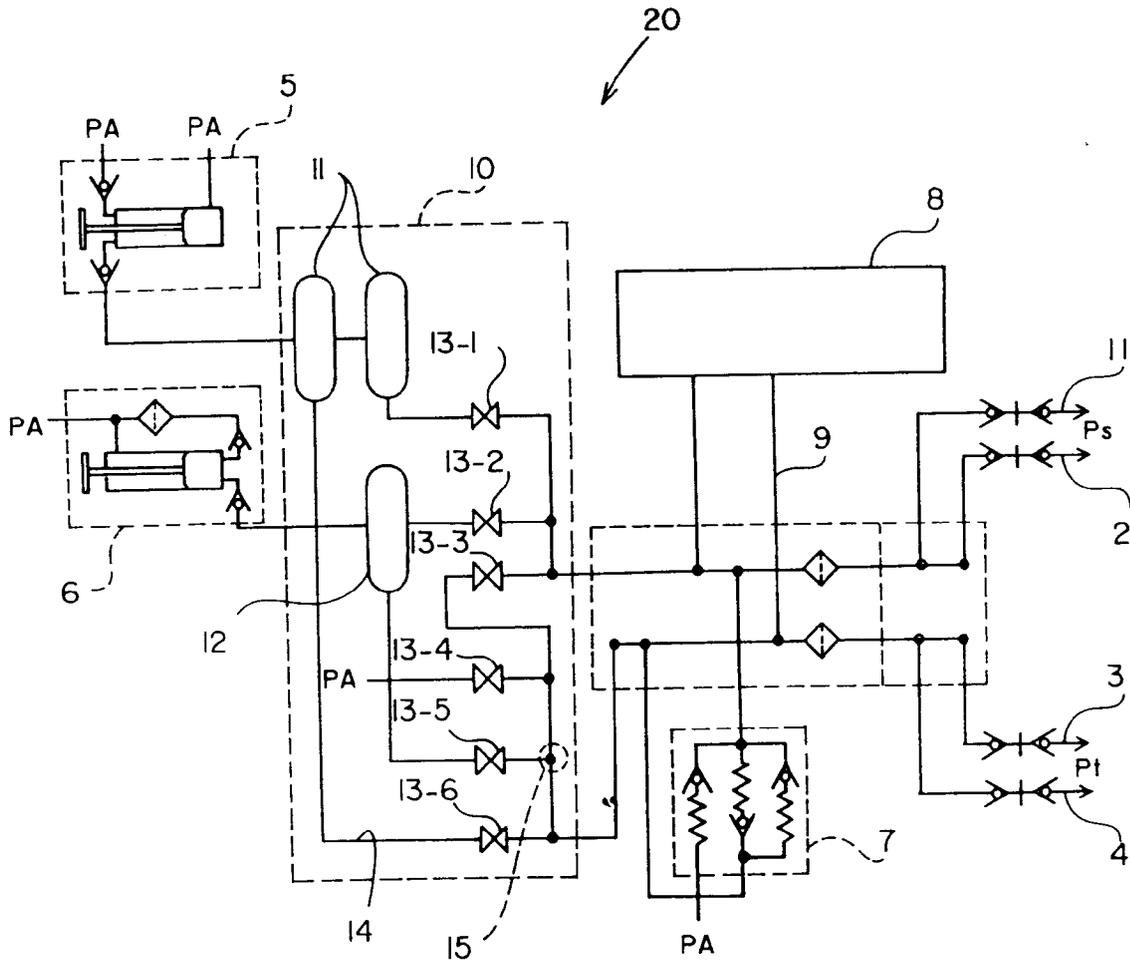


Fig 1

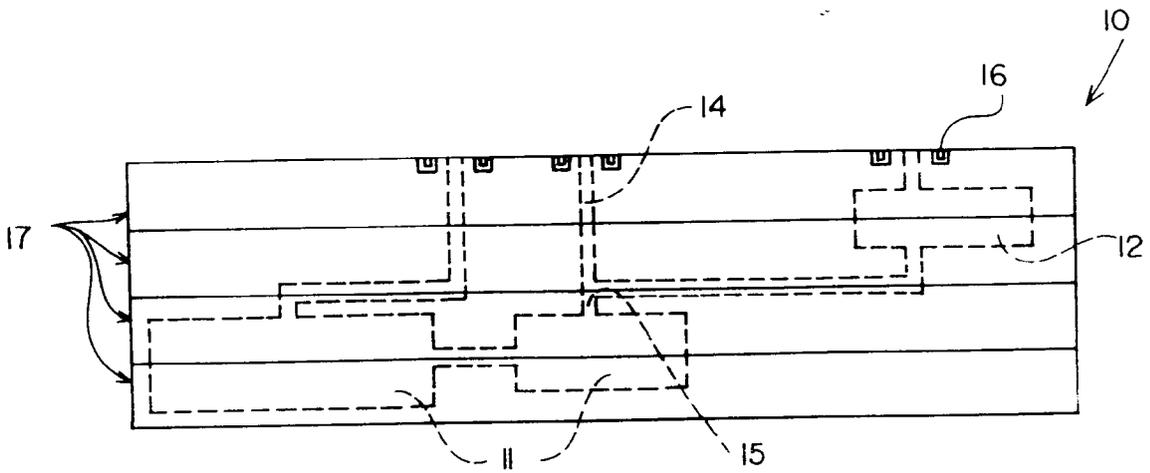


Fig 2

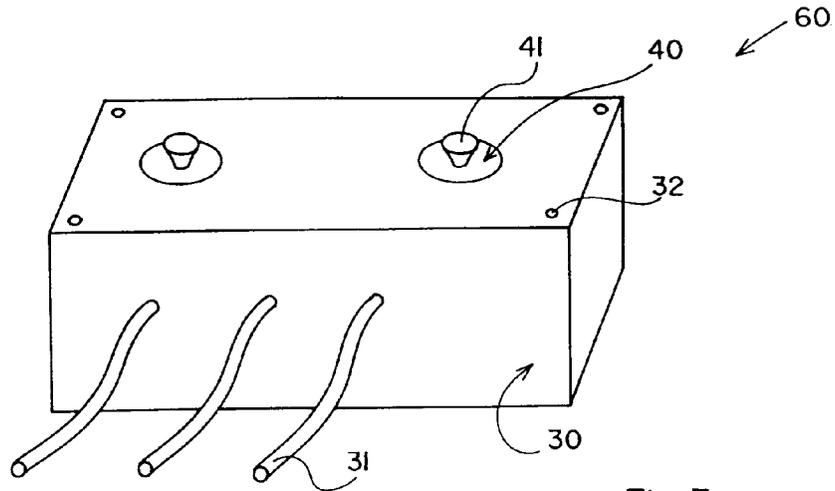


Fig 3

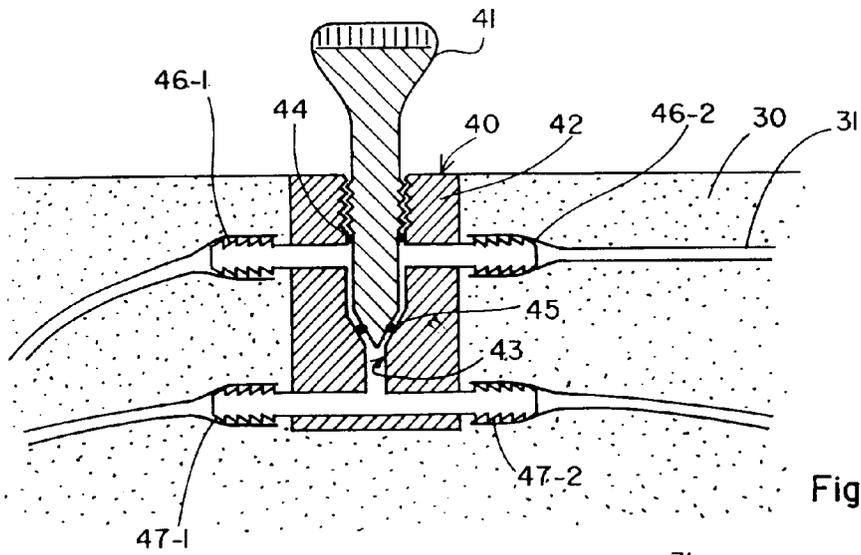


Fig 4

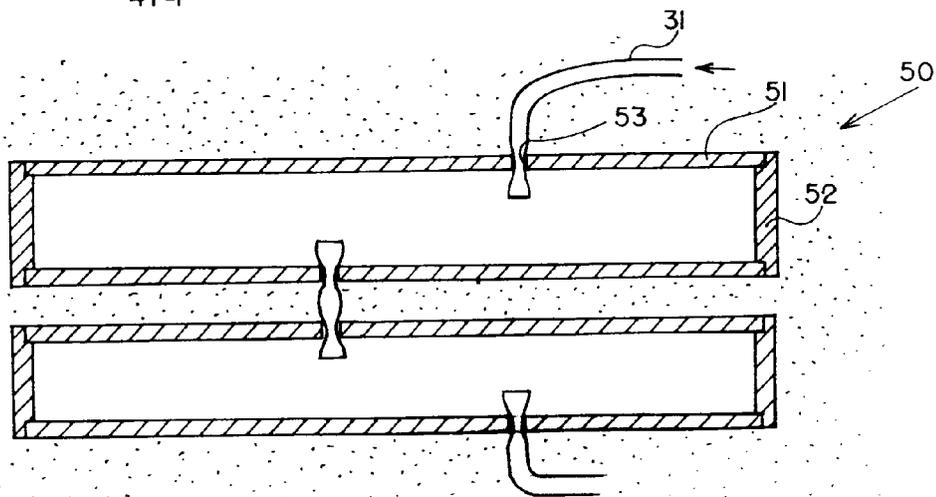


Fig 5

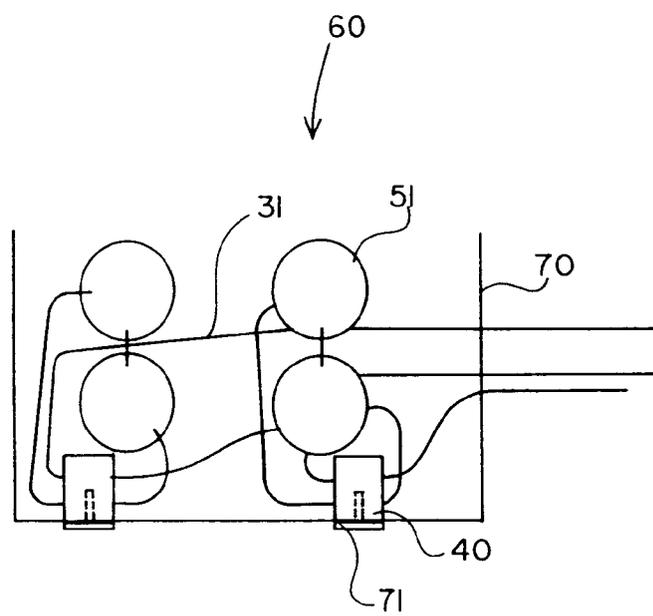


Fig 6



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 95 41 0083

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.6)
A	US-A-3 683 960 (KIRSCH) * le document en entier * ---	1,4,5	F15C5/00 F15B13/00
A	WO-A-82 02020 (REISHAUER) * le document en entier * ---	1,2,4	
A	DE-A-20 65 010 (D. STEMPEL A.G.) * le document en entier * ---	1	
A	US-A-3 360 008 (PAPALE) * le document en entier * ---	1,2,4,5	
A	DE-B-12 25 004 (INGENIEURSBÜRO GEBRÜDER HOLTSCHMIDT) ---		
A	FR-A-1 565 111 (ALFRED TEVES) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)  F15C F15B
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>27 Septembre 1995</b>	Examineur <b>Teerling, J</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		I : 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	
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			

EPO FORM 1503 01.82 (P04C02)