



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
03.08.2005 Bulletin 2005/31

(51) Int Cl.7: **F04C 13/00**

(21) Numéro de dépôt: **05290100.6**

(22) Date de dépôt: **17.01.2005**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
 Etats d'extension désignés:
AL BA HR LV MK YU

(72) Inventeur: **Bratu, Christian**
78860 Saint-Nom-la-Bretèche (FR)

(74) Mandataire: **Gorree, Jean-Michel**
Cabinet Plasseraud
65/67 rue de la Victoire
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(30) Priorité: **30.01.2004 FR 0400927**

(71) Demandeur: **Bratu, Christian**
78860 Saint-Nom-la-Bretèche (FR)

(54) **Pompe à cavités progressives**

(57) Cette pompe à cavités progressives comportant un rotor hélicoïdal (2) tournant à l'intérieur d'un stator hélicoïdal (3), ledit stator (3) et ledit rotor (2) étant disposés de telle sorte que les cavités (4) formées entre ledit rotor (2) et ledit stator (3) se déplacent de l'aspiration (5) vers le refoulement (6), est caractérisée par le fait que des moyens de régulation hydraulique (RH) sont

prévus pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux desdites cavités (4) dans des conditions capables d'assurer au moins une fonction parmi la distribution des pressions recherchée le long de la pompe, la stabilisation des températures, le contrôle des débits de fuite, et la compensation des volumes de gaz comprimé.

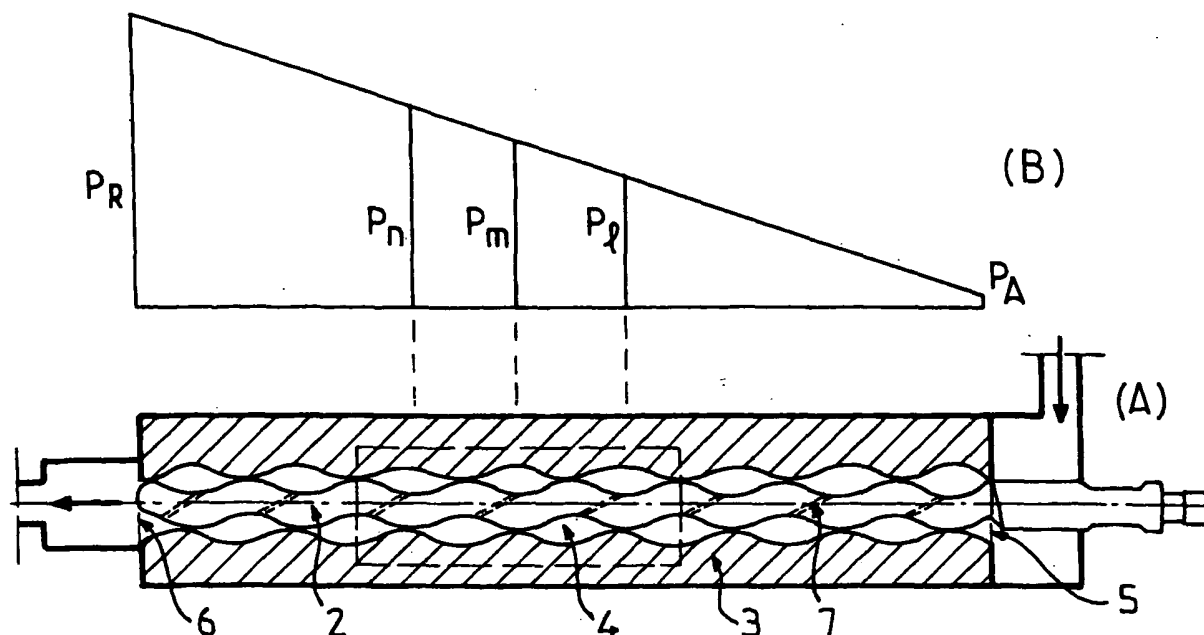


FIG. 3

Description

[0001] La présente invention porte sur des perfectionnements apportés aux pompes volumétriques du type à cavités progressives, dites aussi pompe Moineau, et plus spécifiquement elle porte sur une pompe volumétrique de type à cavités progressives, perfectionnée, permettant de pomper des mélanges ou effluents monophasiques ou polyphasiques, ayant n'importe quelle viscosité, en particulier des mélanges ou effluents polyphasiques compressibles et des fluides visqueux à très visqueux.

[0002] Par « mélange ou effluent polyphasique compressible », on entend un effluent composé d'un mélange de :

- (a) une phase gazeuse formée d'au moins un gaz libre ; et
- (b) une phase liquide formée d'au moins un liquide et/ou
- (c) une phase solide formée par des particules d'au moins un solide en suspension dans (a) et, si la phase (b) est présente, dans (a) et/ou (b).

[0003] Toutefois, comme indiqué ci-dessus, la pompe selon la présente invention permet a fortiori de pomper une seule phase ou une phase liquide chargée en particules solides, avec des viscosités variables.

[0004] La pompe à cavités progressives - désignée également ci-après par l'abréviation PCP - a été inventée par René Moineau en 1930 et le fonctionnement en liquide des pompes industrielles utilisées actuellement correspond aux principes de base.

[0005] La figure 1 du dessin annexé donne, en (A), une représentation schématique partiellement en coupe longitudinale axiale d'une pompe PCP classique, avec également en (B) une représentation de la distribution des pressions le long de la pompe dans le cas du pompage d'un liquide (courbe L) et dans le cas du pompage d'un mélange polyphasique liquide-gaz (courbe P).

[0006] L'architecture de la pompe PCP 1 est constituée d'un rotor métallique hélicoïdal 2 tournant à l'intérieur d'un stator compressible 3, généralement en élastomère, de forme intérieure hélicoïdale. Le contact entre le rotor 2 et le stator 3 se fait par la compression, plus ou moins forte, du stator 3. Pour ce faire, le rotor 2 a un diamètre D (figure 2(B)) supérieur au canal du stator 3 (figure 2(C)), ce qui engendre un contact par compression du stator 3 par le rotor 2 (serrage de contact), en assurant une certaine étanchéité (figure 2(A)).

[0007] Comme visible aux figures 1(A) et 2(A), la géométrie du rotor 2 et du stator 3 de la pompe PCP 1 conduit à un ensemble de cavités isolées 4, définies entre le rotor 2 et le stator 3, également appelées alvéoles, de volume constant, que le rotor 2 déplace de l'aspiration ou entrée 5 (basse pression d'aspiration p_A) vers le refoulement ou sortie 6 (haute pression de refoulement p_R). En ce sens, la pompe PCP est une pompe volumé-

trique.

[0008] Dans ce qui suit, on utilise parfois le terme « étage » à la place du terme « cavité » ; on entend par « étage » le volume entre le stator et le rotor correspondant à une cavité à un moment donné. Ces deux termes sont parfois utilisés indifféremment.

[0009] La figure 2 du dessin annexé représente une pompe PCP connue 1 montrée en (A) à l'état assemblé et présentant un rotor 2 à simple hélice montré seul en (B) et un stator 3 à double hélice montré seul en (C). L'axe du stator est désigné par a_s et l'axe du rotor par a_r . Dans ces conditions :

- le pas (P_S) du stator 3 est le double du pas (P_r) du rotor 2 ; et
- la longueur L d'une cavité 4 est égale au pas (P_S) du stator 3, et par conséquent, elle est le double du pas (P_r) du rotor 2.

[0010] La distribution des pressions (figure 1(B)) au long de la pompe 1 du refoulement 6 vers l'aspiration 5, et la lubrification du contact rotor 2/stator 3 sont dues à l'écoulement des fuites entre le rotor 2 et le stator 3. Une cavité 4 à haute pression débite vers la cavité 4 adjacente à une pression inférieure en raison des fuites car le contact rotor 2/stator 3 n'est pas entièrement étanche, et les pertes de charge génèrent la pression différentielle entre les cavités 4. Par conséquent, le débit de fuite dépend du serrage de contact entre le rotor 2 et le stator 3, des conditions dynamiques de leur contact (vitesse de rotation, vibrations), de la viscosité du fluide et de la différence des pressions locales. En pratique, il est difficile de maîtriser l'écoulement de fuite et la distribution des pressions qu'il engendre.

[0011] En d'autres termes, le fonctionnement hydraulique de la pompe PCP est soumis à une régulation externe aux cavités, due aux fuites entre le rotor 2 et le stator 3, cette régulation n'étant pas maîtrisée.

[0012] Dans le cas où la pompe PCP 1 est utilisée pour le pompage d'un mélange polyphasique comportant une phase gazeuse, la cavité 4 se déplace de la basse pression de l'aspiration 5 vers la haute pression de refoulement 6 et la présence du gaz dans l'effluent pompé conduit à un processus de compression du gaz avec développement de température, car la cavité est de volume constant. La loi thermodynamique du gaz montre que, si le volume dans lequel on comprime le gaz reste constant, la température monte considérablement. Ainsi, le débit de fuite par le contact annulaire rotor 2/stator 3 remplit deux fonctions : il compense partiellement le volume de gaz comprimé et il réalise la pression différentielle entre les cavités 4. Cependant, le débit de fuite annulaire entre le rotor 2 et le stator 3 de la pompe PCP 1 est adapté au fonctionnement en liquide (fluide incompressible), dans un but de lubrification avec des faibles débits ; il n'est pas suffisant pour faire la compensation de la compression du gaz. Comme le débit de fuite est faible, on ne compense que partielle-

ment les dernières cavités 4 et la compression se produit sur les derniers étages de la pompe, comme on peut le voir sur la figure 1(B), p_A désignant, comme déjà indiqué, la pression à l'aspiration et p_R désignant la pression au refoulement. Cette compression s'accompagne d'une forte température. La concentration des pressions à la sortie de la pompe et la forte augmentation de la température conduit au risque de dommages mécaniques : dégradation du stator, dilatation mécanique et vibrations.

[0013] Par conséquent, le concept de fuite par le contact rotor/stator, propre à la pompe PCP, est inadapté au pompage d'un mélange polyphasique compressible.

[0014] Pratiquement, en présence du gaz, la pompe PCP réalise une pression de 4 MPa (40 bars) sur les quatre derniers étages, avec un fort gradient de pression qui développe des températures élevées ; sur treize étages, il n'y en a que quatre qui compriment le mélange.

[0015] En général, la distribution irrégulière des pressions au long de la pompe PCP conduit au développement des températures excessives mettant en cause la fiabilité de la pompe : dégradation de l'élastomère du stator, instabilité dynamique du rotor, déformations et efforts thermiques de la structure. Dans ces conditions, il faut limiter la pression de refoulement et réduire la vitesse de rotation de la pompe, ce qui conduit à une dégradation des débits pompés.

[0016] L'expérience montre aussi que le contact rotor/stator quasi-étanche peut conduire au développement de la cavitation quand la pompe PCP transporte du liquide visqueux, notamment pour les grands débits de pompage ou quand la pression à l'entrée est faible. L'apparition de la cavitation est fort dommageable à la résistance du stator en élastomère et du rotor, donc à la fiabilité du système.

[0017] Plusieurs solutions techniques d'uniformisation des pressions au long d'une pompe PCP ont été proposées :

- Il a ainsi été proposé de réaliser un couple rotor/stator dont le volume des cavités diminue de l'aspiration vers le refoulement.

C'est ainsi que le document US 2 765 114 propose un système rotor/stator tronconique, avec les diamètres décroissants.

Dans le même sens, on peut imaginer un rotor à pas variable dont le volume des cavités est décroissant vers le refoulement.

Ces solutions ne sont efficaces que pour un taux de gaz fixe et elles pénalisent le fonctionnement en liquide. Par ailleurs, cette solution ne peut pas éviter l'apparition de la cavitation.

Aussi, la modification de l'architecture de la pompe conduit à un processus de fabrication complexe sans en assurer une bonne fiabilité.

- Il a aussi été proposé de réaliser un contact entre rotor et stator qui est variable au long de la pompe.

[0018] En effet, si l'on réalise un contact entre rotor et stator tel que l'écoulement de fuite annulaire (entre le rotor et le stator) soit plus fort vers le refoulement et plus faible du côté de l'aspiration, la compensation du volume de gaz comprimé se fait dans des conditions plus favorables et la distribution des pressions s'améliore.

[0019] C'est ainsi que le document US 5 722 820 propose un contact rotor/stator variable décroissant du refoulement vers l'aspiration.

[0020] Pour réaliser ce système, plusieurs moyens sont proposés : une variation faiblement tronconique du rotor, ou un stator tronconique, ou une combinaison des deux.

[0021] Dans ces conditions, l'écoulement de fuite entre le rotor et le stator transporte le débit nécessaire à la compensation en pression et volume des cavités se trouvant à l'aval de la pompe. C'est un débit de fuite global ; il compense d'abord la dernière cavité, pour passer à la suivante et ainsi de suite.

[0022] Pour alimenter plusieurs cavités, dont le taux de compression est grand, il faut un grand débit de fuite, ce qui demande un très faible contact entre le rotor et le stator. Cependant, le fonctionnement mécanique et hydraulique de la pompe PCP requiert un contact entre rotor et stator pour assurer la stabilité dynamique et le rendement hydraulique.

[0023] Cette solution ne peut donc être qu'un compromis entre le fonctionnement en liquide, comme PCP, et le transport du gaz ; c'est pour cette raison que l'utilisation pratique est limitée aux faibles débits de gaz.

[0024] Par ailleurs, le serrage du contact entre le rotor et le stator n'est valable que pour un taux de gaz fixe et pénalise le rendement en liquide.

[0025] En fluide visqueux, la pompe ne peut pas éviter l'apparition de la cavitation.

[0026] Aussi, cette solution modifie l'architecture de la pompe et complique le processus de fabrication.

[0027] Par conséquent, cette solution ne peut avoir qu'une utilisation limitée et elle fait appel à une architecture complexe sans assurer une bonne fiabilité.

[0028] La présente invention a pour objectif de proposer une pompe perfectionnée de manière à écarter les inconvénients précités de l'état antérieur de la technique.

[0029] A ces fins, une pompe à cavités progressives comportant un rotor hélicoïdal tournant à l'intérieur d'un stator hélicoïdal, ledit stator et ledit rotor étant disposés de telle sorte que les cavités formées entre ledit rotor et ledit stator se déplacent de l'aspiration vers le refoulement, est caractérisée, étant agencée conformément à l'invention, par le fait que des moyens de régulation hydraulique sont prévus pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux desdites cavités dans des conditions capables d'assurer au moins une fonction parmi la distribution des pressions recherchée le long de la pompe, la stabilisation des températures, le contrôle des débits de fuite, et la compensation des volumes de gaz comprimé.

[0030] Par recirculation interne, on entend la recirculation entre deux cavités d'un volume de mélange pompé par opposition à une recirculation externe aux cavités qui se fait par le contact annulaire entre le rotor et le stator et qui génère un débit de fuite.

[0031] La distribution des pressions s'obtient par un rééquilibrage des pressions locales dû au débit de recirculation des régulateurs hydrauliques.

[0032] Les débits de fuite entre le stator et le rotor sont fonction du gradient de pression. La maîtrise des pressions conduit au contrôle des débits de fuite.

[0033] La compensation des volumes comprimés est assurée par le débit de recirculation des régulateurs hydrauliques.

[0034] Le rôle des moyens de régulation hydraulique est donc de contrôler le comportement de la pompe, en fonction des caractéristiques de production.

[0035] Le contrôle des pressions et la compensation du volume de gaz comprimé stabilisent les températures, en pompage polyphasique (liquide, gaz, particules solides).

[0036] Par le contrôle des pressions, on évite l'apparition de la cavitation, source de dommages mécaniques (élastomère du stator, métal du rotor) ; et l'équilibrage des pressions et le contrôle du débit de fuite conduisent à la maîtrise du contact entre le stator et rotor.

[0037] En effet, la régulation interne de la pression par le système de régulation hydraulique de la présente invention conduit à la stabilisation du régime thermique et hydraulique au long de la pompe, et permet d'améliorer ainsi le comportement mécanique et la fiabilité d'ensemble.

[0038] Dans ces conditions, le contrôle du comportement hydro-thermo-mécanique assure une meilleure performance hydraulique (débit pompé, pression de refoulement) et économique (maintenance, durée de vie).

[0039] La maîtrise du contact entre rotor et stator signifie qu'on peut avoir un contact superficiel sans une forte compression entre stator et rotor, tout en gardant un faible débit de fuite. Il s'agit d'un mode de fonctionnement nouveau par rapport à la pompe PCP traditionnelle.

[0040] Dans ces conditions :

- la fiabilité du système est améliorée ;
- on peut utiliser des matériaux plus rigides (plus résistants) pour le stator afin d'augmenter la vitesse de rotation et le débit de la pompe.

[0041] Ainsi le principe de fonctionnement de la pompe selon la présente invention est nouveau et très différent par rapport aux systèmes existants :

- la pompe PCP avec un contact rotor/stator tronconique utilisée actuellement est un système global de régulation externe, dont le débit de fuite limité ne compense que les cavités situées près du refoulement de la pompe ;

- la pompe selon la présente invention comporte des moyens de régulation hydraulique interne assurant un écoulement local de recirculation, entre deux cavités, pour compenser la pression différentielle locale, le débit de fuite et la compression du gaz contenu dans la cavité ;
- le débit de recirculation est auto-régulé par le taux de gaz et la pression différentielle.

[0042] Les moyens de régulation hydraulique sont avantageusement agencés pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux cavités adjacentes. En particulier, ces moyens peuvent avantageusement être agencés pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux cavités situées dans la région de la pompe voisine du refoulement. Ces moyens peuvent également être agencés pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre toutes les cavités de la pompe.

[0043] Les moyens de régulation hydraulique peuvent être accueillis au moins en partie par le rotor et/ou au moins en partie par le stator.

[0044] A cet effet, on installe avantageusement à l'intérieur de la pompe un ensemble de régulateurs hydrauliques dont le dimensionnement et la densité au long de la pompe assurent d'une façon uniforme la régulation hydraulique consistant en le contrôle des pressions, des débits de fuite et des températures, et la compensation de volumes comprimés. La rotation du rotor déplace les cavités au long de la pompe avec une vitesse dépendant de la vitesse de rotation et du pas du rotor ; chaque fois qu'une cavité passe devant un régulateur hydraulique, le débit de recirculation compense le volume comprimé, rééquilibre les pressions et stabilise les températures.

[0045] Par conséquent, la densité des régulateurs hydrauliques assure la continuité du processus de régulation au long de la pompe ; cette densité est fonction des performances de la pompe (débit, distribution des pressions).

[0046] En même temps, le dimensionnement des régulateurs hydrauliques correspond au débit de recirculation nécessaire à la cavité pour la compensation du volume comprimé et le rééquilibrage des pressions.

[0047] Dans ces conditions, le fonctionnement des régulateurs hydrauliques est auto-régulé ; le débit de recirculation dépend de la pression et réciproquement.

[0048] Conformément à un premier mode de réalisation particulier, les moyens de régulation hydraulique, assurant la recirculation interne du fluide pompé entre deux cavités, comportent au moins un canal pratiqué dans le rotor reliant ces deux cavités, la régulation hydraulique étant effectuée mécaniquement à l'aide d'un régulateur disposé à l'intérieur dudit canal et/ou par perte de charge.

[0049] Conformément à un second mode de réalisation particulier, les moyens de régulation hydraulique, assurant la recirculation interne du fluide pompé entre

deux cavités, comportent au moins un canal périphérique accueilli par le rotor et agencé pour assurer la liaison entre ces deux cavités avec régulation par perte de charge.

[0050] Conformément à un troisième mode de réalisation particulier, les moyens de régulation hydraulique, assurant la recirculation interne du fluide pompé entre deux cavités, comportent au moins un canal hydraulique intérieur accueilli par le stator et agencé pour assurer la liaison entre ces deux cavités avec régulation par perte de charge.

[0051] Les trois modes de réalisation particuliers peuvent être utilisés simultanément sur la même pompe.

[0052] Conformément à une caractéristique intéressante de la présente invention, le contact entre le rotor et le stator peut être desserré par rapport à une pompe à cavités progressives ne comportant pas les moyens de régulation hydraulique tels que définis ci-dessus. Dans ces conditions, on peut augmenter la vitesse de rotation et le débit pompé sans endommager le stator.

[0053] La présente invention porte également sur l'application de la pompe telle que définie ci-dessus au pompage de mélanges polyphasiques compressibles et au pompage de fluides visqueux.

[0054] Les applications industrielles de la pompe selon la présente invention couvrent un domaine plus large que celui des pompes PCP existantes.

[0055] En dehors des applications du transport des mélanges polyphasiques précités qui sont du domaine de la chimie et du pétrole, on peut citer le pompage à grands débits (domaine du pétrole par exemple...) et le pompage avec une faible pression à l'entrée (puits pétroliers horizontaux).

[0056] Pour mieux illustrer l'objet de la présente invention, on va en décrire ci-après plusieurs modes de réalisation particuliers donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente une pompe PCP traditionnelle, comme cela a été décrit ci-dessus, avec une représentation des distributions des pressions en pompage du liquide et du mélange polyphasique liquide-gaz ;
- la figure 2 représente la composition d'une pompe PCP avec un rotor à simple hélice et un stator à double hélice ;
- la figure 3 est une vue analogue à la figure 1, donnant en (A) une représentation d'une pompe à cavités progressives selon la présente invention, avec représentation schématique des régulateurs hydrauliques (RH), et donnant en (B) une représentation de la distribution des pressions en pompage polyphasique uniforme le long de la pompe ;
- la figure 4 est, à plus grande échelle, une vue analogue à la figure 3, donnant en (A) une représentation d'une section de la pompe de l'invention, permettant de décrire le mécanisme de recirculation lo-

cale pour la compensation des volumes comprimés et le rééquilibrage des pressions locales, dans trois cavités successives de la pompe respectivement 1, m et n, et donnant en (B) une représentation de la distribution des pressions le long de la pompe ;

- la figure 5A est, encore à plus grande échelle, une vue analogue à la figure 4, d'une section de pompe de l'invention, montrant le régulateur hydraulique (RH) comportant un canal pratiqué dans le rotor pour assurer la recirculation du fluide pompé entre deux cavités adjacentes 1, m, avec régulation mécanique ;
- la figure 5B est une coupe selon la ligne A-A de la figure 5A ;
- la figure 6 montre, encore à plus grande échelle, le régulateur mécanique de la figure 5 ;
- la figure 7A est une vue analogue à la figure 5, mais avec régulation hydraulique par perte de charge ;
- la figure 7B est une coupe selon la ligne A-A de la figure 7A ;
- la figure 8A est une vue d'une section de pompe de l'invention, montrant le régulateur hydraulique (RH) comportant deux canaux parallèles pratiqués dans le rotor pour assurer la recirculation du fluide pompé entre deux cavités adjacentes, 1, m, avec régulation mécanique ;
- les figures 8B et 8C sont des vues en coupe respectivement selon les lignes A-A et B-B de la figure 8A ;
- la figure 9A est une vue analogue à la figure 8, mais avec régulation par perte de charge ;
- les figures 9B et 9C sont des vues en coupe respectivement selon les lignes A-A et B-B de la figure 9A ;
- la figure 10A est la vue d'une section de pompe de l'invention, montrant le régulateur hydraulique (RH) comportant un canal hydraulique périphérique au rotor pour assurer la recirculation du fluide pompé entre deux cavités adjacentes, 1, m ;
- la figure 10B est une vue en coupe selon la ligne A-A de la figure 10A ;
- la figure 11A est une vue d'une section de pompe de l'invention, montrant le régulateur hydraulique (RH) comportant deux canaux périphériques au rotor, décalés de 180° et d'un 1/2 de pas du rotor, pour assurer la recirculation du fluide pompé entre deux cavités adjacentes, 1, m ;
- les figures 11B et 11C sont des vues en coupe respectivement selon les lignes A-A et B-B de la figure 11A ;
- la figure 12A est la vue d'une section de pompe de l'invention montrant le régulateur hydraulique (RH) comportant un canal hydraulique périphérique à l'intérieur du stator, permettant d'assurer la recirculation du fluide pompé entre les deux cavités adjacentes, 1, m ; et
- la figure 12B est une vue en coupe selon la ligne A-A de la figure 12A.

[0057] Les figures 3 et 4 illustrent le fonctionnement du dispositif de régulation hydraulique (RH) de l'invention installés à l'intérieur de la pompe.

[0058] On note :

$Q = Q_L + Q_G$: le débit total du mélange de liquide (L) et de gaz (G) ;
 Q : débit de recirculation entre les cavités ; par exemple, q_m est le débit du dispositif de régulation hydraulique de la cavité m vers la cavité 1 ;
 P : pression locale, dans les cavités (1, m, n) ;
 ζ : coefficient de perte de charge du dispositif de régulation hydraulique ;
 S : section d'écoulement du dispositif de régulation hydraulique ;
 γ : coefficient de transformation adiabatique.

[0059] Le débit total Q accède dans la cavité 1 et le volume de gaz est comprimé à la pression p_1 . A cause de la différence des pressions ($p_m - p_1$), le débit q_m du système de régulation hydraulique compense le volume comprimé dans la cavité 1 et rééquilibre les pressions p_m et p_1 .

[0060] Le débit total ($Q + q_m$), comprimé à la pression p_1 , passe dans la cavité m ;

- le débit de recirculation q_m revient dans le circuit de régulation hydraulique vers la cavité 1 ;
- le débit Q avance dans la cavité m, poussé par le rotor ;
- à cause de la pression p_m , supérieure à la pression précédente p_1 , le volume de gaz est comprimé ;
- la différence de pression ($p_n - p_m$) génère un débit q_n dans le système de régulation hydraulique, de la cavité n vers la cavité m, pour compenser le volume comprimé dans la cavité m et rééquilibrer les pressions p_n et p_m ;
- le débit total ($Q + q_n$) avance dans la cavité n ; le débit de recirculation q_n revient dans la régulation hydraulique (RH) vers la cavité m ;
- le débit Q de la pompe est comprimé, le système de régulation hydraulique débite pour compenser la compression et rééquilibrer les pressions.

[0061] Le processus se répète pour chaque cavité, vers le refoulement.

[0062] Par conséquent, la recirculation locale par le système de régulation hydraulique (RH) assure une régulation interne, entre les cavités :

- rééquilibre localement les pressions entre deux cavités, ce qui conduit à la régularisation de la distribution des pressions au long de la pompe ;
- compense les volumes comprimés, ce qui évite la remontée de la température ;

- le débit pompé Q se conserve ; la recirculation selon l'invention se fait sans perte de débit ;
- par le rééquilibrage des pressions on maîtrise les débits de fuite et le contact entre rotor et stator.

[0063] Le fonctionnement local du système de régulation hydraulique de l'invention est à l'opposé des systèmes utilisés actuellement par l'industrie : c'est une régulation interne maîtrisée, par contraste avec la régulation externe non maîtrisée des systèmes actuels.

[0064] La maîtrise des performances se fait par l'architecture du système de régulation hydraulique : dimensions, fonction de transfert, dispositions au long de la pompe.

[0065] Compte tenu du fonctionnement local, le dimensionnement du système de régulation hydraulique se fait suivant les méthodes de la mécanique des fluides compressibles et de la thermodynamique.

[0066] Ainsi les dimensions et le débit de recirculation sont fonction du débit de gaz et de liquide, de la pression différentielle, et des caractéristiques hydrauliques du RH (pertes de charge, fonction de transfert) :

$$q_n = f\{Q_G, Q_L, (p_m/p_n)^{1/\gamma}, p_n, p_m, S, \zeta\} \quad [1]$$

[0067] Du point de vue thermodynamique, les pressions locales et le débit de recirculation (q) sont reliés par la relation [2] :

$$[p_n/p_m]^{1/\gamma} = 1 + q_n/Q_G \quad [2]$$

[0068] Par conséquent, l'évolution de la pression locale [2] dépend du débit de recirculation et réciproquement [1], le débit de recirculation dépend des pressions locales.

[0069] A l'équilibre, la distribution de la pression locale résulte des pertes de charge du système de régulation hydraulique, qui détermine les dimensions du système de régulation hydraulique [1].

[0070] Du point de vue pratique, on se donne le gradient de pression au long de la pompe à atteindre en conditions polyphasiques, ensuite on détermine le débit de recirculation [2] et les dimensions du système de régulation hydraulique [1] qui correspond à la distribution des pressions demandée.

[0071] En pompage liquide, le système de régulation hydraulique régule par l'intérieur la distribution des pressions et le débit de fuite, ce qui correspond à la maîtrise du fonctionnement hydraulique de la pompe, visant à :

- éviter l'apparition de la cavitation, avec les dommages qu'elle engendre sur le stator et le rotor ;
- contrôler le contact entre rotor et stator : débit de fuite, lubrification du contact rotor/stator ;
- obtenir une meilleure fiabilité et augmentation du

rendement hydraulique : débit, pression de refoulement, durée de vie, maintenance.

[0072] C'est à l'opposé de la pompe PCP actuelle : le fonctionnement hydraulique par la régulation externe des pressions et fuites n'est pas maîtrisé.

[0073] Dans ces conditions, les systèmes de régulation hydraulique sont installés à l'intérieur de la pompe par l'adaptation du rotor et/ou du stator, sans changer complètement l'architecture initiale d'ensemble de la pompe PCP et sa fabrication. Le maintien de la configuration initiale de la pompe PCP signifie qu'on ne modifie pas l'architecture globale (le rotor et le stator), le transport du mélange par le déplacement des cavités, la motorisation.

[0074] Les résultats obtenus sur une pompe de l'invention en conditions de production diphasique (gaz et liquide) démontrent l'efficacité du système ; le contrôle de la distribution des pressions au long de la pompe (distribution uniformisée) et du régime thermique (stabilisé). En liquide, le contrôle du fonctionnement hydraulique sans cavitation est confirmé.

[0075] Les figures 5 à 12 montrent des réalisations particulières de la pompe selon l'invention.

[0076] Aux figures 5A et 5B, le système de régulation hydraulique RH 7 est constitué par un canal hydraulique 8 qui est pratiqué à l'intérieur du rotor 2 entre deux cavités 4 et dans lequel est installé un dispositif de régulation 9 du débit de recirculation.

[0077] Un mode de réalisation pratique du dispositif 9 est représenté schématiquement sur la figure 6, où l'on peut voir que ce dispositif est basé sur une soupape s'ouvrant graduellement à une pression différentielle donnée, ce qui conduit à la régulation du débit de recirculation q (figure 4(A)).

[0078] Aux figures 7A et 7B, le système de régulation hydraulique RH 7 est constitué d'un canal hydraulique 8 pratiqué à l'intérieur du rotor 2 entre deux cavités 4.

[0079] Les pertes de charges à l'entrée, le long et à la sortie du canal 8 régulent le débit et la pression différentielle.

[0080] Aux figures 8A-8C et 9A-9C, le système de régulation hydraulique RH 7 est constitué de deux canaux hydrauliques 10, l'un étant pratiqué entre les cavités 1 et m, et l'autre à l'intérieur de la cavité 1. Ces deux canaux en tandem, disposés de façon décalée, représentent la structure la plus simple. Le fait qu'on réalise plusieurs canaux diminue leur diamètre et le décalage assure une meilleure circulation, notamment au passage de l'ouverture du canal au contact avec le stator.

[0081] Les figures 8A-8C présentent une variante dans laquelle un dispositif de régulation du débit 9, tel que celui représenté sur la figure 6, est installé dans chacun des canaux 10 du tandem, et les figures 9A-9C une variante suivant laquelle, dans chaque canal 10 du tandem, la régulation hydraulique s'effectue par la perte de charge, comme illustré aux figures 7A, 7B.

[0082] Aux figures 10A, 10B et 11A-11C, le système

de régulation hydraulique RH 7 est réalisé par un canal hydraulique périphérique au rotor 2, entre deux cavités 4. Ainsi, il assure la recirculation entre les deux cavités 4 et la pression différentielle est donnée par la perte de charge de l'écoulement. Ses dimensions correspondent au débit de recirculation nécessaire.

[0083] Les figures 10A, 10B présentent une variante comportant un circuit à un seul canal hydraulique périphérique 11, et les figures 11A-11C une variante comportant deux circuits 12 en tandem décalé.

[0084] Aux figures 12A, 12B, le système de régulation hydraulique RH 7 comporte un canal hydraulique 13 périphérique intérieur au stator 3, pratiqué entre deux cavités 4.

[0085] Comme dans le cas précédent, il assure la recirculation entre deux cavités, la pression différentielle est donnée par la perte de charge, et ses dimensions correspondent au débit de recirculation.

[0086] Les exemples suivants illustrent des résultats obtenus avec la pompe selon l'invention sans toutefois limiter la portée de cette dernière.

Exemple 1

[0087] Cet essai porte sur un prototype de pompe PCP traditionnelle transportant un mélange polyphasique (eau et air).

[0088] Une pompe PCP comportant treize étages (cavités) transporte un mélange polyphasique dont les débits sont de 50% eau et 50% air, avec une pression d'aspiration de 0,1 MPa (1 bar) et une pression dans le conduit de refoulement de 4 MPa (40 bars), ce qui revient à un taux de compression du gaz de 40/1. En raison du fort taux de compression et du fait que le débit de fuite (entre le rotor et stator) est incapable de compenser le volume de gaz comprimé, la pression de refoulement est réalisée sur les quatre derniers étages (cavités), ce qui revient à un fort gain de pression de 1 MPa (10 bars) /étage. Tout le travail de la pompe est réalisé par les quatre derniers étages, les neuf étages restants de la pompe ne contribuant pas à la compression du mélange. Cette forte compression localisée sur les derniers étages est accompagnée d'une forte remontée de la température : la température d'entrée est multipliée par deux.

[0089] La forte température et la concentration des pressions à la sortie de la pompe sont dommageables pour la tenue mécanique de l'ensemble, notamment l'élastomère du stator et le rotor.

Exemple 2

[0090] Cet essai porte sur un prototype de pompe PCP perfectionnée avec les Régulateurs Hydrauliques (RH), transportant un mélange polyphasique (eau et air).

[0091] La pompe selon la présente invention a un comportement tout à fait différent ; grâce aux régula-

teurs hydrauliques RH installés dans le rotor, la distribution des pressions est uniformisée et la température, stabilisée. Sur les quatre derniers étages, la densité des régulateurs hydrauliques RH est de deux régulateurs hydrauliques par étage et par conséquent le gain de pression est très faible (environ 0,1 MPa/étage). Sur les neuf étages restants de la pompe, les régulateurs hydrauliques RH sont distribués à raison d'un régulateur RH par étage. Dans ces conditions, la distribution des pressions est uniformisée, ce qui revient à un gain de pression d'environ 0,3 MPa (3 bars)/étage.

[0092] Par conséquent, l'uniformisation de la distribution des pressions au long de la pompe conduit à un faible gain de pression de chaque étage et à la stabilisation des températures au long de la pompe.

[0093] La variation de densité des régulateurs hydrauliques RH contribue au rééquilibrage hydro-thermo-mécanique de la pompe ; tous les étages contribuent à la compression du mélange.

Exemple 3

[0094] Cet essai porte sur un prototype de pompe PCP traditionnelle transportant un liquide (eau).

[0095] La même pompe PCP transporte de l'eau avec une faible pression à l'entrée (0,1 MPa (1 bar)) et une pression d'environ 0,5 MPa dans le conduit de refoulement. A cause du comportement dynamique du contact entre le rotor et le stator, la pompe développe des pressions très faibles sur les étages 7-11 avec risque de cavitation.

[0096] Par conséquent, l'apparition de la cavitation conduit aux dommages des matériaux, notamment l'élastomère du stator et le métal du rotor.

Exemple 4

[0097] Cet essai porte sur un prototype de pompe PCP perfectionnée avec les Régulateurs Hydrauliques (RH) transportant un liquide (eau).

[0098] Grâce aux régulateurs hydrauliques RH, la pompe selon la présente invention contrôle la distribution des pressions et, par conséquent, les pressions sont positives et uniformément distribuées, sans risque de cavitation. Du refoulement à 0,5 MPa (5 bars), les pressions varient uniformément jusqu'à la pression d'aspiration 0,1 Mpa (1 bar), sans jamais atteindre localement des faibles pressions de cavitation.

Revendications

1. Pompe à cavités progressives comportant un rotor hélicoïdal (2) tournant à l'intérieur d'un stator hélicoïdal (3), ledit stator (3) et ledit rotor (2) étant disposés de telle sorte que les cavités (4) formées entre ledit rotor (2) et ledit stator (3) se déplacent de l'aspiration (5) vers le refoulement (6), **caractérisée**

par le fait que des moyens de régulation hydraulique (RH) sont prévus pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux desdites cavités (4) dans des conditions capables d'assurer au moins une fonction parmi la distribution des pressions recherchée le long de la pompe, la stabilisation des températures, le contrôle des débits de fuite, et la compensation des volumes de gaz comprimé.

2. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH) sont agencés pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux cavités (4) adjacentes.

3. Pompe selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH) sont agencés pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre au moins deux cavités (4) situées dans la région de la pompe (1) voisine du refoulement (6).

4. Pompe selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH) sont agencés pour assurer une recirculation interne du fluide pompé entre toutes les cavités (4) de la pompe(1).

5. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH) sont au moins en partie accueillis par le rotor (2).

6. Pompe selon la revendication 5, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH), assurant la recirculation interne du fluide pompé entre deux cavités (4), comportent au moins un canal (8) pratiqué dans le rotor (2) reliant ces deux cavités (4), la régulation hydraulique étant effectuée mécaniquement à l'aide d'un régulateur (9) disposé à l'intérieur dudit canal (8) et/ou par perte de charge.

7. Pompe selon la revendication 5, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH), assurant la recirculation interne du fluide pompé entre deux cavités (4), comportent au moins un canal périphérique (11) accueilli par le rotor (2) et agencé pour assurer la liaison entre ces deux cavités (4) avec régulation par perte de charge.

8. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée par le fait que** les moyens de régulation hydraulique (RH) sont au moins en partie accueillis par le stator (3).

9. Pompe selon la revendication 8, **caractérisée par**

le fait que les moyens de régulation hydraulique (RH), assurant la recirculation interne du fluide pompé entre deux cavités (4), comportent au moins un canal hydraulique intérieur (13) accueilli par le stator (3) et agencé pour assurer la liaison entre ces deux cavités (4) avec régulation par perte de charge. 5

10. Pompe selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée par le fait que** le contact entre le rotor (2) et le stator (3) est desserré par rapport à une pompe à cavités progressives ne comportant pas les moyens de régulation hydraulique tels que définis à l'une des revendications 1 à 8. 10

11. Application de la pompe telle que définie à l'une quelconque des revendications 1 à 10, au pompage de mélanges polyphasiques compressibles et au pompage de fluides visqueux. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

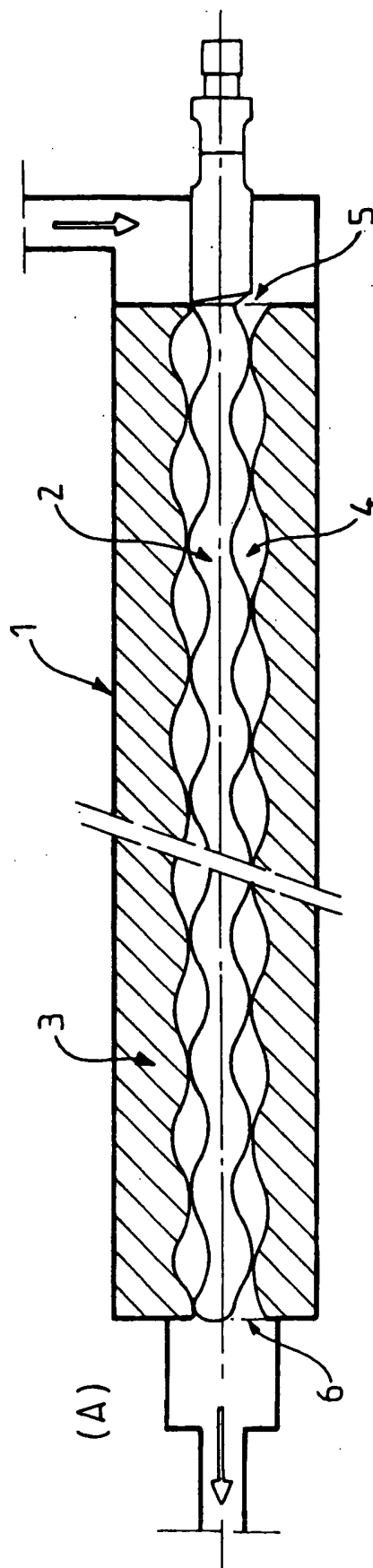
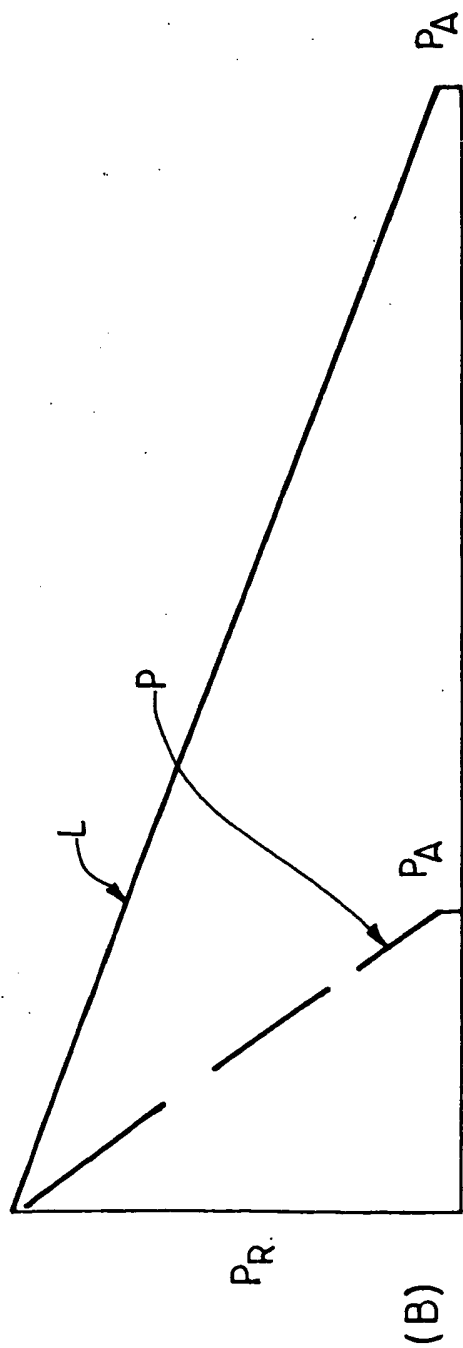


FIG.1

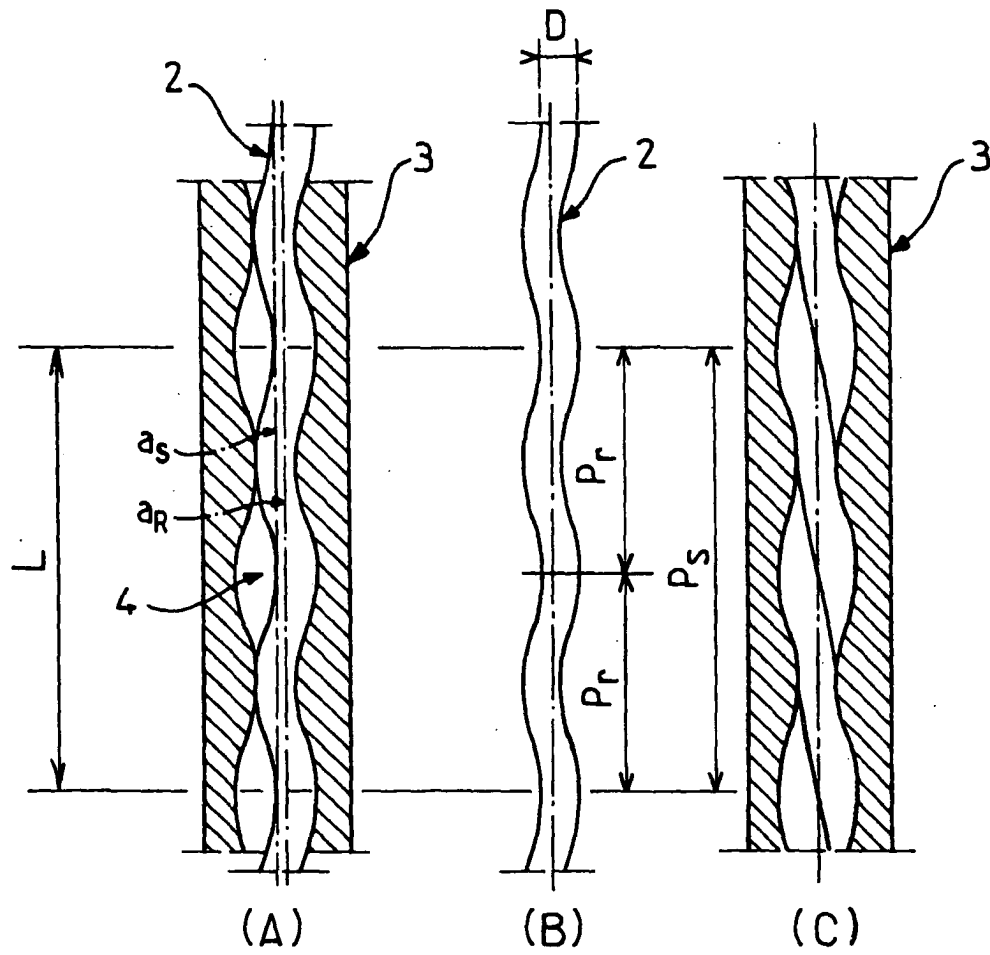


FIG.2

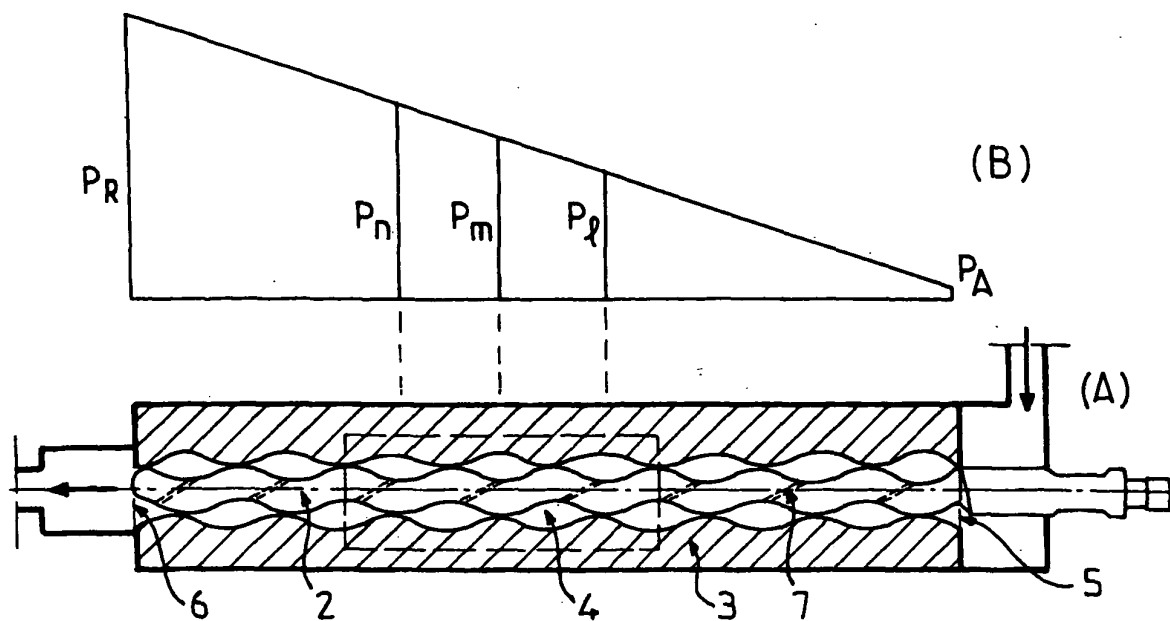


FIG. 3

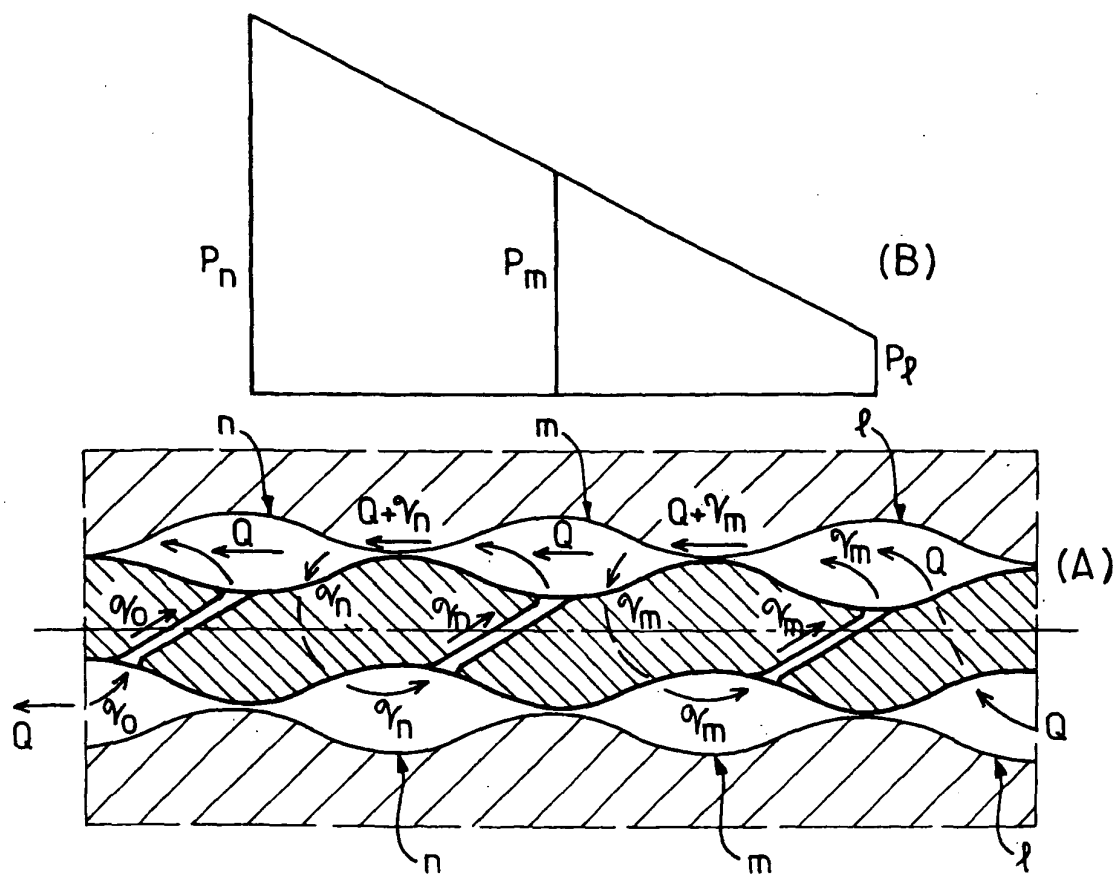
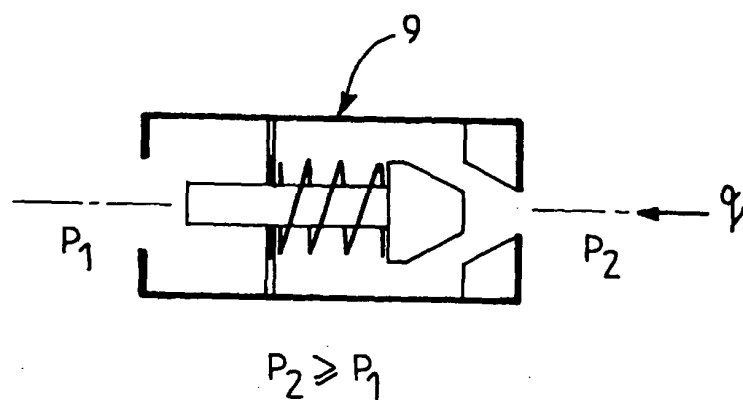
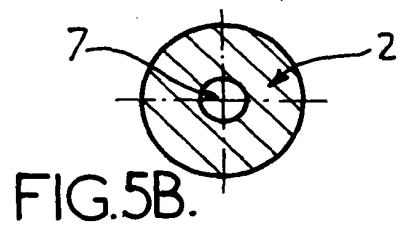
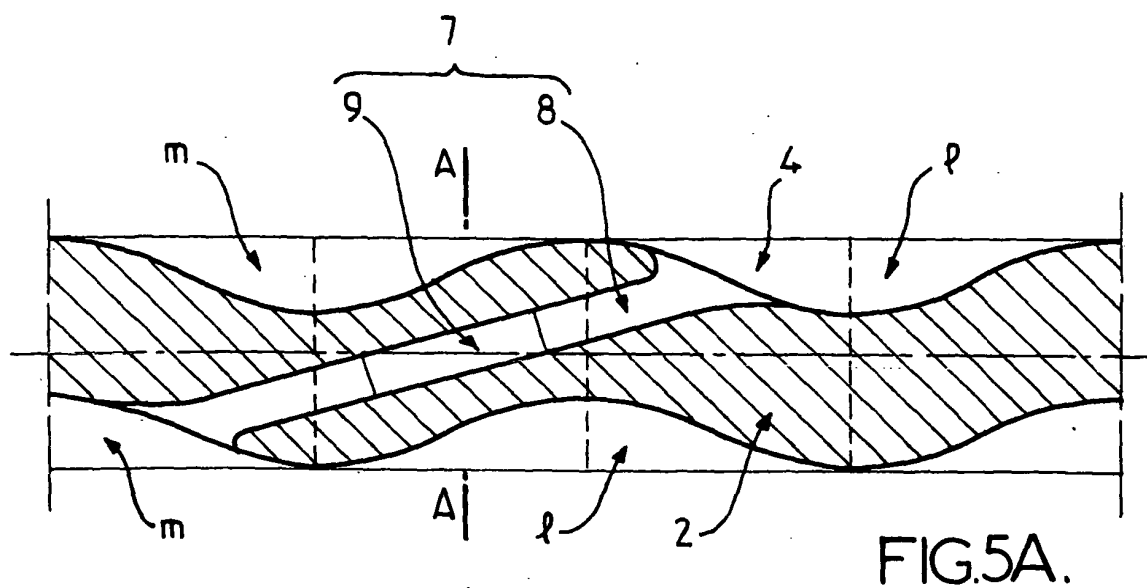


FIG. 4



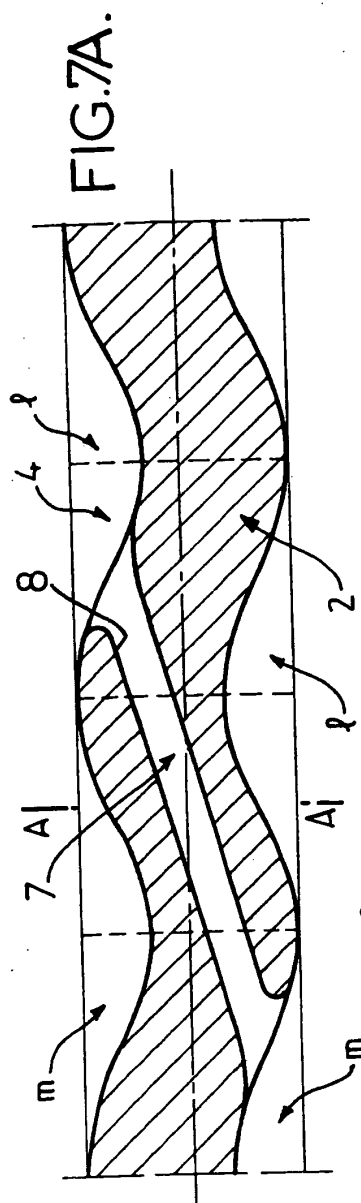


FIG. 7A.

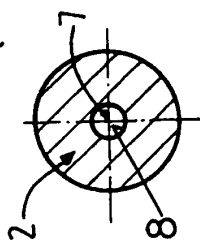


FIG. 7B.

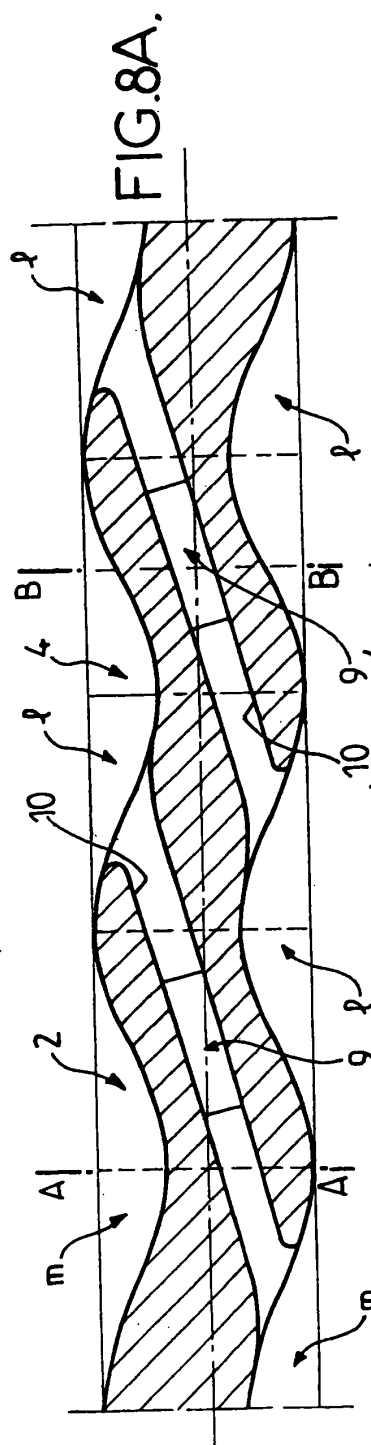


FIG. 8A.

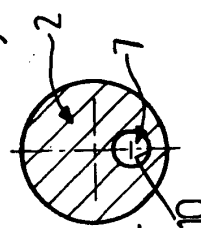


FIG. 8B.

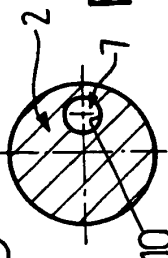
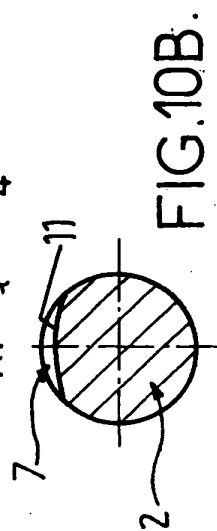
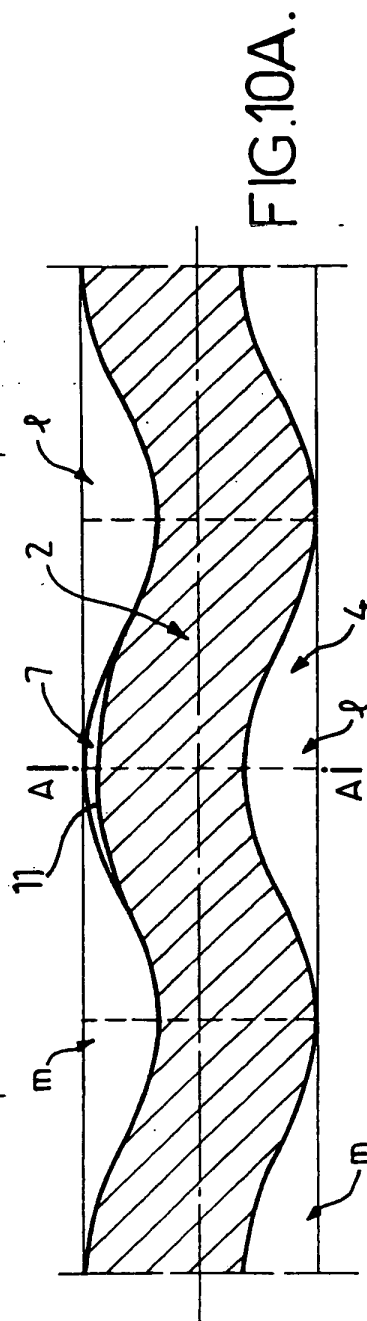
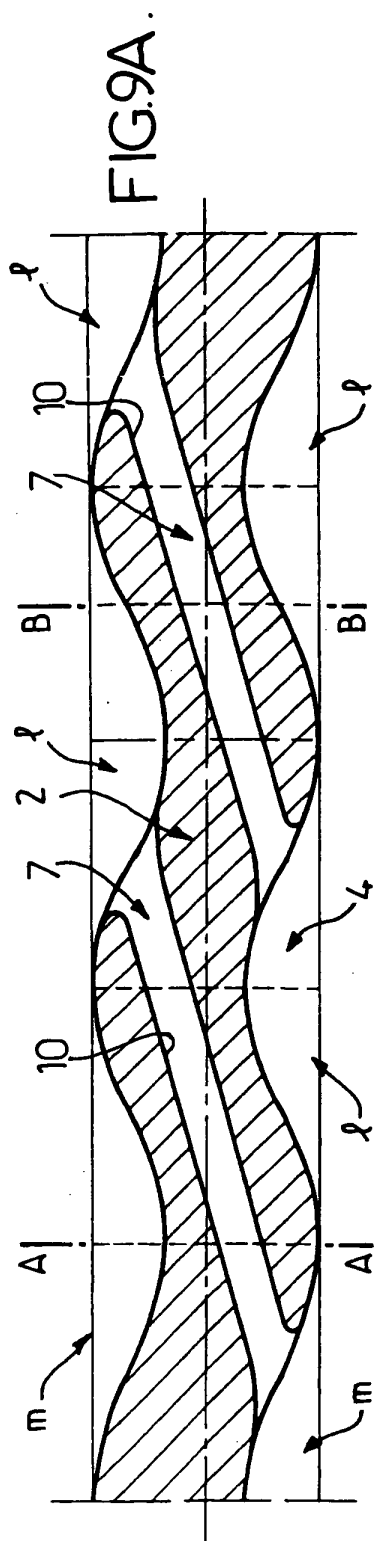
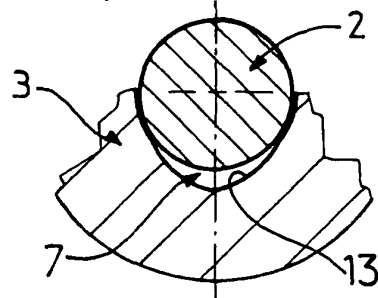
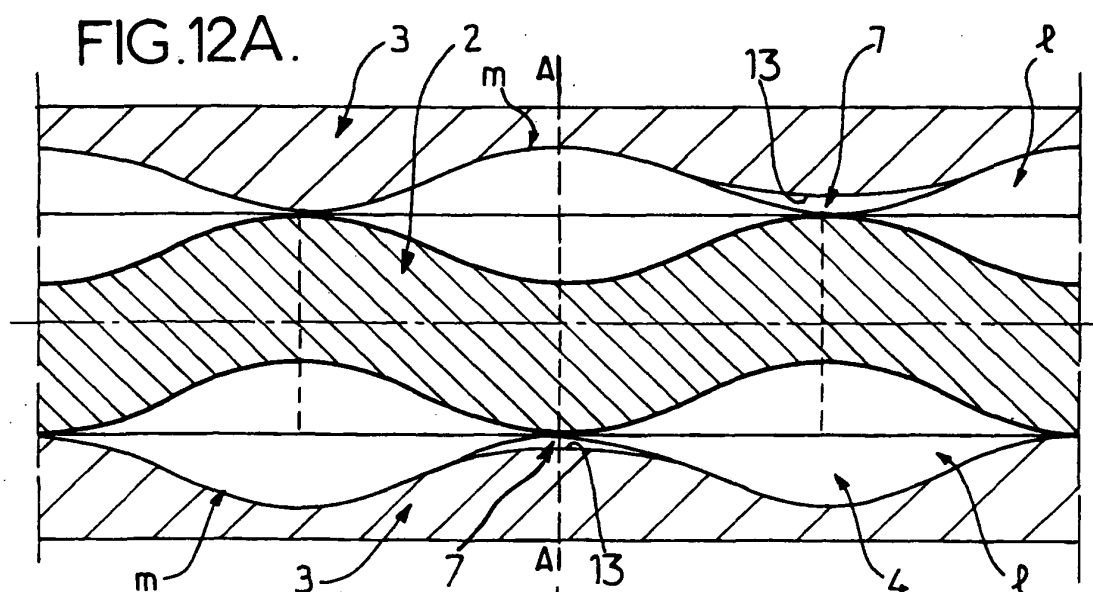
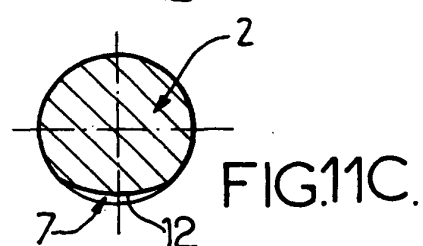
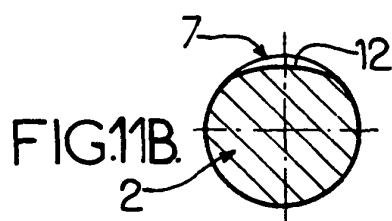
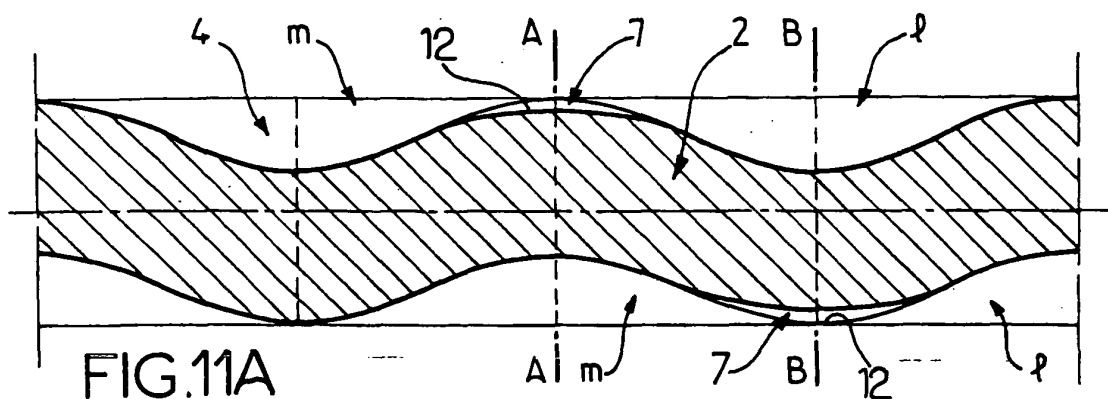


FIG. 8C.







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 05 29 0100

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.7)
X	DATABASE WPI Section PQ, Week 199345 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class Q56, AN 1993-358797 XP002295333 -& SU 1 772 423 A1 (AS BELO MACHINE RELIABILITY) 30 octobre 1992 (1992-10-30) * abrégé * * figures 1,2 *	1-4,8-11	F04C13/00
X	FR 1 361 840 A (SOEDING EUGEN) 22 mai 1964 (1964-05-22) * figure 3 * * page 1, colonne 1, ligne 26 - ligne 34 * * page 2, colonne 2, ligne 32 - page 3, colonne 1, ligne 18 *	1-4,8-11	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 374 (M-1160), 20 septembre 1991 (1991-09-20) -& JP 03 149377 A (KYOCERA CORP), 25 juin 1991 (1991-06-25) * abrégé *	1-5,8,10,11	
A		6,7,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	FR 695 539 A (MOINEAU RENÉ JOSEPH LOUIS) 17 décembre 1930 (1930-12-17) * le document en entier *	1	F04C F01C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 16 février 2005	Examineur Lequeux, F
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	

 1
EPO FORM 1503 03/82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 05 29 0100

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

16-02-2005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
SU 1772423	A1	30-10-1992	AUCUN	
FR 1361840	A	22-05-1964	AUCUN	
JP 03149377	A	25-06-1991	JP 2866969 B2	08-03-1999
FR 695539	A	17-12-1930	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82