

(19)



(11)

EP 1 404 973 B2

(12)

NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:
07.05.2008 Bulletin 2008/19

(45) Mention de la délivrance du brevet:
02.02.2005 Bulletin 2005/05

(21) Numéro de dépôt: **02787097.1**

(22) Date de dépôt: **14.06.2002**

(51) Int Cl.:
F04C 2/107^(2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2002/002052

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2003/008807 (30.01.2003 Gazette 2003/05)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION DE STATOR DE POMPE MOINEAU ET STATOR AINSI OBTENU**

VERFAHREN ZU HERSTELLUNG EINES STATORS FÜR EINE EXZENTERSCHNECKENPUMPE
UND SICH DARAUS ERGEBENDER STATOR

METHOD FOR MAKING A MOINEAU PUMP STATOR AND RESULTING STATOR

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IT

(30) Priorité: **21.06.2001 FR 0108189**

(43) Date de publication de la demande:
07.04.2004 Bulletin 2004/15

(73) Titulaire: **PCM**
92170 Vanves (FR)

(72) Inventeurs:
• **LEMAY, Lionel**
F-92140 Clamart (FR)

• **CHOPARD, Jean-Pierre**
F-71530 Champforgeuil (FR)

(74) Mandataire: **Gorrée, Jean-Michel**
Cabinet Plasseraud
52 rue de la Victoire
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
AU-B- 491 586 **DE-A- 19 827 101**
DE-C- 19 804 260 **FR-A- 2 756 018**
FR-A- 2 794 498 **US-B1- 6 241 494**

EP 1 404 973 B2

Description

[0001] La présente invention se situe dans le domaine des pompes à engrenage du type pompe Moineau, dites aussi pompes à cavités progressives, et elle concerne plus particulièrement des perfectionnements apportés dans la fabrication et la structure des stators de telles pompes, ces stators comportant une cavité statorique de forme hélicoïdale et d'étendue générale axiale à l'intérieur d'un corps allongé.

[0002] Compte tenu de la forme très complexe de la cavité statorique de ce type de pompe, le stator est habituellement constitué en élastomère moulé enfermé dans un carter rigide. Un tel agencement donne satisfaction dans de nombreuses applications pour lesquelles la température du produit à déplacer reste inférieure à 140°C, température maximale acceptable sans endommagement par l'élastomère, et pour lesquelles aussi le produit à déplacer est chimiquement compatible avec l'élastomère.

[0003] Par contre, des stators ainsi constitués ne peuvent pas convenir notamment

- si la température du produit à déplacer est supérieure à 140°C, ce qui est le cas par exemple dans les exploitations pétrolières où l'extraction des produits épais nécessite leur ramollissement préalable par injection de vapeur à des températures de l'ordre de 200 à 250°C,
- si le produit à déplacer n'est pas chimiquement inerte vis à vis de l'élastomère (produits acides ou solvants par exemple),
- dans les installations alimentaires où les pièces au contact du produit doivent être en métal inerte (par exemple acier inoxydable),
- si des produits circulant dans la pompe successivement présentent des températures respectives très différentes (fonctionnements de très basse à très haute température avec la même hydraulique de pompe ; phase de nettoyage en place dans les Installations alimentaires ; sanitation à la vapeur).

[0004] On a certes déjà tenté de fabriquer des stators métalliques afin de remédier aux inconvénients précités. Toutefois, il s'est alors agit de stators métalliques massifs dont la cavité de forme complexe a été excavée dans un bloc en métal avec mise en oeuvre de moyens d'usinage très complexes et lents. Ces fabrications se sont révélées très onéreuses de sorte que les stators métalliques massifs n'ont jamais fait l'objet d'une mise en oeuvre industrielle étendue et sont demeurés à un stade de quasi-prototypes (dans l'industrie alimentaire notamment).

[0005] Or seule la mise en oeuvre de cavités statoriques métalliques peut permettre de surmonter les inconvénients précités dans divers domaines de l'industrie, à condition toutefois que le coût de tels stators à cavité métallique ne soit pas prohibitif.

[0006] C'est en particulier le cas pour des pompes Moi-

neau agencées conformément aux enseignements du document FR 2 756 018, pompes qui sont destinées à l'extraction pétrolière en puits profond dans une ambiance à température élevée exigeant que le rotor et le stator, tous deux métalliques, soient constitués de manière qu'un jeu positif approximativement constant soit maintenu entre eux sur une large plage de températures jusqu'à environ 300°C.

[0007] Certes, on connaît déjà, d'après le document FR-A-2 794 498, une structure et un procédé de fabrication d'un stator de pompe Moineau dans lequel la cavité statorique est constituée par un élément tubulaire qui peut être métallique. Toutefois, du point de vue structural, ce stator connu est de type composite : l'élément tubulaire métallique définissant la cavité statorique est solidarisé à un carter extérieur par l'intermédiaire d'un matériau élastique (tel qu'un élastomère) remplissant l'intervalle annulaire entre l'élément tubulaire métallique et le carter; au surplus l'élément tubulaire est dimensionné de manière que, sous l'action du matériau élastique de remplissage, il applique et/ou conserve une contrainte sur le rotor de la pompe.

[0008] Un stator ainsi agencé restreint le domaine d'utilisation de la pompe, d'une part, en raison du serrage du rotor par le stator (qui exclut les pompes pour produits abrasifs ou très visqueux - tels que les pétroles lourds -) et, d'autre part, en raison de la présence du matériau de remplissage tel qu'un élastomère (qui exclut les pompes destinées à fonctionner dans des ambiances à températures élevées - telles que les pompes d'extraction de pétrole en puits profonds -).

[0009] Au surplus, la présence de trois parties constitutives principales (élément tubulaire formant cavité statorique, carter, matériau de remplissage) conduit à un coût relativement élevé.

[0010] Pour ce qui est maintenant du procédé de fabrication de ce stator connu, il consiste à disposer un tronçon tubulaire métallique, avec un noyau introduit à l'intérieur de celui-ci, dans un carter ; puis à appliquer une pression sur l'extérieur du tronçon tubulaire métallique de manière à le déformer pour lui faire épouser la forme du noyau, ladite pression pouvant provenir d'un fluide sous pression introduit dans l'espace annulaire entre le tronçon tubulaire et le carter ; et enfin à retirer le mandrin et à remplir l'espace annulaire entre l'élément tubulaire formant cavité statorique et le carter avec un matériau élastique adapté pour que ledit élément tubulaire applique et/ou conserve une contrainte sur le rotor.

[0011] Un tel procédé présente ou induit plusieurs inconvénients qui, là encore, limitent le domaine d'emploi des pompes équipées des stators obtenus.

[0012] Un premier Inconvénient réside dans le fait que le processus de déformation, notamment par voie hydraulique, du tronçon tubulaire initial est mené à l'intérieur du carter du stator qui sert ainsi de chambre de pression. Il est alors nécessaire de surdimensionner le carter afin qu'il puisse résister mécaniquement aux pressions de formage, alors qu'ensuite ce surdimensionne-

ment devient inutile lors du fonctionnement de la pompe.

[0013] inversement, si l'on souhaite éviter un surdimensionnement excessif (et ensuite inutile) du carter, il est nécessaire de limiter les pressions de formage. Ceci implique que le processus connu doit être limité à la déformation de tronçons tubulaires ayant des épaisseurs de paroi assez faibles, conduisant à des éléments tubulaires formant cavité statorique qui présentent une relative déformabilité. Cette déformabilité est exploitée dans le type de pompe visé dans le document considéré puisque le stator enserre élastiquement le rotor. Mais dans d'autres types de pompes où il est requis, entre stator et rotor, un jeu que l'on souhaite maintenir aussi constant que possible, une telle déformabilité constituerait un handicap rédhibitoire.

[0014] C'est également, en partie, pour réguler cette déformabilité de l'élément tubulaire métallique qu'il est nécessaire de prévoir l'ajout d'un matériau élastique de remplissage procurant un support continu, sur toute sa longueur, de l'élément tubulaire.

[0015] Enfin, eu égard à la forme complexe de l'élément tubulaire métallique finalement obtenu par ce processus de formage sous pression notamment hydraulique, il faut souligner que la déformation radiale du tronçon tubulaire initial n'est pas homogène et varie considérablement selon les emplacements. De ce fait, le formage de l'élément tubulaire métallique formant cavité statorique directement et en une seule passe à partir du tronçon tubulaire initialement cylindrique de révolution limite, là encore, ce processus au traitement des pièces ayant des parois d'assez faibles épaisseurs.

[0016] L'invention a donc pour but de remédier simultanément aux divers inconvénients énoncés plus haut et de proposer des perfectionnements dans la fabrication et la structure des stators de pompe Moineau qui soient de nature à donner satisfaction aux diverses exigences de la pratique, notamment pour ce qui concerne la rigidité de la cavité statorique, la simplicité structurelle du stator et la conduite du processus de fabrication.

[0017] A ces fins, selon un premier de ses aspects, l'invention propose un procédé original de fabrication d'un stator de pompe à engrenage du type pompe Moineau, comportant une cavité statorique d'étendue générale axiale à l'intérieur d'un corps allongé, consistant à fabriquer ladite cavité statorique à partir d'un tube métallique cylindrique de révolution à paroi rigide, procédé qui, étant conforme à l'invention, se caractérise en ce qu'il comprend les étapes qui suivent :

- une étape préliminaire de formage mécanique au cours de laquelle ledit tube métallique cylindrique de révolution est déformé de manière à préformer une ébauche approchant, intérieurement, la forme et les dimensions de la cavité statorique souhaitée,
- puis une étape de formage définitif au cours de laquelle on soumet ladite ébauche à un processus d'hydroformage, menée à l'intérieur d'une enceinte d'hydroformage, sur une forme de moulage pour ob-

tenir un élément tubulaire métallique rigide formant cavité statorique ayant sa forme et ses dimensions intérieures exactes telles que soit défini, après assemblage du stator avec un rotor, un jeu positif avec le rotor,

- et enfin une étape de montage de l'élément tubulaire métallique formant cavité statorique à l'intérieur d'une enveloppe externe formant carter, avec la solidation d'au moins les extrémités de l'élément tubulaire métallique à ladite enveloppe.

[0018] Grâce à la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, il est possible de réaliser un élément tubulaire métallique formant cavité statorique qui possède une paroi d'épaisseur relativement importante et qui, de ce fait, est parfaitement rigide et autoportant : cet élément tubulaire peut n'être solidarisé au carter que par ses extrémités, d'où une grande simplicité de montage et un moindre coût et on est assuré du maintien du jeu entre rotor et stator sur toute la longueur de la pompe.

[0019] Malgré l'épaisseur relative du tube initial (par exemple de l'ordre de 3,5 mm pour un diamètre de l'ordre de 65 mm), on est en mesure d'obtenir un élément tubulaire satisfaisant à toutes les exigences requises, malgré les insuffisances individuelles des processus mis en oeuvre : le formage mécanique préliminaire permet de provoquer des déformations radiales locales importantes malgré l'épaisseur notable de la paroi à déformer, mais sans qu'il soit possible de parvenir à une grande précision de forme ; au contraire, le processus d'hydroformage sous très haute pression (par exemple de l'ordre de 4000×10^5 Pa) permet d'aboutir à un formage précis sur noyau, mais à condition que l'amplitude de la déformation radiale localisée soit relativement réduite.

[0020] La combinaison des deux processus de déformation mécanique et d'hydroformage, menées en deux étapes successives, permet de recueillir leurs avantages individuels et d'écarter leurs inconvénients, et donc de parvenir à fabriquer, dans des conditions économiques, un stator à cavité métallique qui puisse entrer dans la constitution de pompes Moineau aptes à fonctionner dans des conditions difficiles.

[0021] Dans un mode de mise en oeuvre possible, l'étape de préformage conduisant à l'ébauche s'effectue, par passes successives, par des écrasements externes successifs du tube métallique entre des mors en vis à vis, le tube métallique et les mors étant déplacés de façon relative par pas successifs, axialement et en rotation.

[0022] Dans un autre mode de mise en oeuvre qui est préféré, l'étape de préformage conduisant à l'ébauche s'effectue en déplaçant de façon relative le tube métallique et au moins deux galets de pression, ledit tube métallique pouvant notamment être mis en rotation autour de son axe tandis que les deux galets, appuyés sur le tube de façon diamétralement opposés, sont déplacés parallèlement à l'axe dudit tube.

[0023] Quant à l'étape fondamentale terminale mettant en oeuvre un processus d'hydroformage, elle peut

être effectuée par compression de l'ébauche sur un noyau disposé à l'intérieur de celle-ci, ce qui conduit à transférer, par contact direct de la surface externe du noyau et de la surface interne de l'ébauche, la forme exacte et les dimensions précises du noyau à la cavité statorique ; ou bien elle peut être effectuée par dilatation de l'ébauche à l'intérieur d'un moule, ce qui implique une bonne maîtrise de la déformation du métal et un bon contrôle de son épaisseur de manière que la conformation de la face externe de l'élément tubulaire au contact du moule se traduise, sur sa face interne, par une conformation exacte et un dimensionnement précis de la cavité statorique.

[0024] Une fois fabriqué l'élément tubulaire métallique formant cavité statorique, on introduit celui-ci à l'intérieur d'une enveloppe tubulaire cylindrique, et on solidarise les extrémités de la cavité statorique tubulaire à ladite enveloppe ; puis éventuellement on remplit l'espace annulaire entre la cavité statorique et l'enveloppe avec un matériau de remplissage rigide propre à soulager les organes de fixation en présence de vibrations.

[0025] Pour des applications à des pompes à haute pression qui nécessitent des stators longs, on fabrique individuellement au moins deux tronçons de stator comme exposé plus haut et on les solidarise bout à bout, notamment par vissage ou soudure.

[0026] Selon un second de ses aspects, l'invention propose un stator de pompe à engrenage du type pompe Moineau, comportant une cavité statorique d'étendue générale axiale à l'intérieur d'un corps allongé, caractérisé en ce que la cavité statorique est définie par un élément tubulaire métallique à paroi rigide présentant intérieurement la forme et les dimensions de la cavité statorique telles que, après assemblage du stator avec un rotor, soit défini un jeu positif avec le rotor et obtenu par mise en oeuvre du procédé et cet élément tubulaire est solidarisé à un carter extérieur à l'aide de bagues rigides formant des entretoises de calage qui sont interposées entre les extrémités dudit élément tubulaire métallique formant cavité statorique et du carter externe.

[0027] Ces bagues forment des flasques de fixation du stator aux éléments adjacents en amont et en aval ; de plus dans le cas de la présence d'un carter extérieur, ces bagues rigides forment des entretoises de calage interposées entre les extrémités dudit élément tubulaire métallique formant la cavité statorique et du carter externe. L'assemblage des bagues avec l'élément tubulaire métallique formant cavité statorique et, lorsque cela est le cas, avec le carter externe peut être effectué de toute façon appropriée, notamment par soudure et/ou vissage.

[0028] Selon les applications prévues pour la pompe, l'intervalle annulaire défini entre l'élément tubulaire métallique formant la cavité statorique et le carter peut être rempli d'un matériau de remplissage rigide, par exemple une résine thermodurcissable ou un ciment, propre à renforcer la résistance aux vibrations des moyens de solidification entre l'élément tubulaire et le carter.

[0029] Grâce aux dispositions de l'invention, on cons-

titue le stator avec une cavité statorique à paroi métallique rigide qui est donc apte à répondre aux exigences spécifiques d'utilisateurs divers tandis que, la cavité statorique n'étant plus évidée dans un corps métallique massif, il n'est plus besoin de faire appel, pour sa fabrication, à des moyens onéreux et des solutions technologiques beaucoup plus simples et moins coûteuses peuvent être mises en oeuvre à cette fin, dont un exemple particulièrement efficace sera indiqué plus loin.

[0030] Dans le cas où l'on souhaite disposer d'un stator de grande longueur (pompe à haute pression), on peut constituer un tel stator par assemblage bout à bout d'au moins deux tronçons de stator individuellement constitués comme indiqué plus haut.

[0031] Grâce à l'ensemble des dispositions de l'invention, il est possible de disposer de stators de pompes Moineau à cavité statorique métallique (par exemple en bronze de type UE9 ou analogue ou en acier inoxydable du type 316L ou analogue) qui répondent aux aspirations d'au moins certains utilisateurs, de tels stators pouvant être fabriqués en grande série dans des conditions économiques intéressantes.

[0032] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit de certains modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs.

[0033] Dans cette description, on se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue simplifiée en coupe longitudinale d'un mode de réalisation possible d'un stator constitué conformément à l'invention ;
- la figure 2 est une vue simplifiée en coupe longitudinale d'un autre mode de réalisation du stator de la figure 1.
- la figure 3 est une vue simplifiée en coupe longitudinale d'un stator long, pour pompe à haute pression, agencé selon l'invention ;
- la figure 4 est une vue agrandie d'une partie du dispositif de la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue simplifiée en coupe longitudinale d'encore un autre mode de réalisation d'un stator constitué conformément à l'invention ;
- la figure 6 est une vue en perspective d'un élément tubulaire métallique formant cavité statorique conforme à l'invention ;
- les figures 7A et 7B sont des vues schématiques illustrant respectivement deux modes de mise en oeuvre de l'étape de préformage d'une ébauche tubulaire métallique conformément à l'invention ;
- la figure 8 est une vue schématique illustrant un premier mode de mise en oeuvre de retape d'hydroformage de l'élément tubulaire métallique formant cavité statorique à partir de l'ébauche préformée à l'étape illustrée aux figures 7A ou 7B ; et
- la figure 9 est une vue schématique illustrant un second mode de mise en oeuvre de l'étape d'hydroformage de l'élément tubulaire métallique formant ca-

tivité statorique à partir de l'ébauche préformée à l'étape illustrée aux figures 7A ou 7B.

[0034] En se reportant tout d'abord à la figure 1, un mode de réalisation possible de stator pour pompe Moineau, désigné dans son ensemble par la référence 1, comprend un carter ou enveloppe rigide externe 2, de forme allongée et de conformation générale tubulaire, à l'intérieur duquel est fixé un élément tubulaire métallique 3 à paroi rigide qui présente intérieurement la forme et les dimensions de la cavité statorique recherchée.

[0035] Une vue agrandie en perspective de l'élément 3 est donnée à la figure 6, qui donne une représentation plus précise du profil Moineau, à savoir un engrenage hélicoïdal à section transversale quasi-elliptique. A la figure 6, l'élément 3 est illustré sur une longueur limitée à un pas $\underline{P}$ d'enroulement hélicoïdal ; $\underline{D}$ désigne le diamètre nominal de l'élément tubulaire 3, et $\underline{E}$ désigne l'excentricité.

[0036] L'élément tubulaire 3 formant cavité statorique est constitué en tout métal approprié pour sa constitution mécanique et pour l'application à laquelle la pompe est destinée ; le choix du matériau doit être notamment tel que la cavité statorique métallique et le rotor métallique qui y est enfermé soient constitués en des matériaux métalliques respectifs qui présentent des coefficients de dilatation thermique compatibles afin que toute variation dimensionnelle de l'un soit accompagnée d'une variation dimensionnelle sensiblement identique, en amplitude et en sens, de l'autre afin que soit conservé un jeu positif approximativement constant sur une grande plage de températures pouvant aller jusqu'à 300°C pour les pompes d'extraction pétrolière en puits profond (voir source point le document FR-A-2 756 018) ; de même, pour des applications alimentaires, le matériau métallique de la cavité statorique doit être inerte vis à vis du produit ; Il en est de même par exemple pour le pompage de produits acides ou basiques.

[0037] On pourra, par exemple, constituer l'élément tubulaire 3 formant cavité statorique en bronze de type UE9 ou équivalent ; ou bien en acier inoxydable de type 316L ou équivalent.

[0038] Comme illustré à la figure 1 ou à la figure 6, l'élément tubulaire 3 est à paroi relativement épaisse, c'est-à-dire que l'épaisseur de sa paroi représente quelques pourcents (par exemple 6 %) de son diamètre nominal : l'essentiel est que l'épaisseur de cette paroi doit être suffisante pour conférer une excellente rigidité à l'élément tubulaire 3.

[0039] L'élément tubulaire 3 est solidarisé au carter externe de toute façon appropriée propre à l'obtention d'un ensemble rigide et d'axe indéformable. Dans l'exemple de réalisation représenté à la figure 1, des bagues de calage 4 sont interposées entre les extrémités respectives de l'élément tubulaire 3 et du carter et fixées mécaniquement à ceux-ci, notamment par vissage ou préférentiellement par soudure. Un tel assemblage par soudure est montré sur la vue partielle agrandie de la

figure 4, sur laquelle on a schématisé en 5 le cordon de soudure de la bague 4 sur l'extrémité frontale de l'élément tubulaire 3 et par 6 le cordon de soudure de la bague 4 avec l'extrémité du carter 2 dans laquelle elle est partiellement engagée.

[0040] Si l'élément tubulaire 3 ainsi agencé ne présente pas une rigidité longitudinale suffisante, il est nécessaire de prévoir un ou plusieurs support intermédiaire par mise en place de bague(s) de calage intermédiaire (s).

[0041] Il peut s'avérer intéressant, dans certaines applications d'utilisation des pompes équipées d'un stator conforme à l'invention, de profiter de la présence de l'intervalle libre entre carter et élément tubulaire pour y faire circuler un fluide à des fins spécifiques. Notamment on peut prévoir d'y faire circuler un fluide chaud (vapeur d'eau, eau chaude, par exemple) pour réchauffer - et donc fluidifier - un produit épais/pâteux déplacé par le rotor afin de faciliter ce déplacement (cas d'un pétrole épais pompé en puits profond par exemple). Il convient alors d'équiper le carter avec des orifices, distants axialement, d'entrée 25a et de sortie 25b pour ce fluide, comme illustré à la figure 1 en tirets.

[0042] Il peut également s'avérer nécessaire de renforcer la résistance aux vibrations des organes d'assemblage et à cet effet, on peut avoir recours à la solution illustrée à la figure 2, qui consiste à remplir l'intervalle annulaire 7 entre l'élément tubulaire 3 et le carter 2 avec un matériau rigide de remplissage 8 (par exemple une résine thermodurcissable, un ciment, une céramique de ciment, ...) : il en résulte une élimination, ou au moins une atténuation, des vibrations de cet élément 3.

[0043] Pour constituer des stators longs (la pression de refoulement d'une pompe Moineau est d'autant plus élevée que le nombre des cavités progressives est élevé, et donc que la pompe est longue), on peut assembler mécaniquement bout à bout plusieurs tronçons de stator individuellement constitués comme indiqué plus haut. A la figure 3, on a représenté à titre d'exemple un stator long formé par la solidarisation bout à bout de deux stators 1 tels que celui de la figure 1. L'assemblage mécanique des deux stators 1 peut être effectué de toute façon appropriée, notamment par vissage ou de préférence par soudure. Sur la vue agrandie de la zone d'assemblage des deux stators 1 donnée à la figure 4, on a désigné par 9 le cordon de soudure de solidarisation des deux stators bout à bout : à cet effet, les faces extrêmes des bagues 4 aboutées sont chanfreinées et le cordon de soudure 9 est déposé dans la gorge annulaire ainsi constituée.

[0044] Les dispositions qui viennent d'être exposées en regard des figures 2 et 3 peuvent avantageusement être combinées pour constituer des stators longs, par exemple tels que ceux utilisés dans les pompes d'extraction du pétrole (qui peuvent, par exemple, présenter des longueurs de l'ordre de 9 mètres).

[0045] Pour des stators courts, l'élément métallique tubulaire 3 formant la cavité statorique peut présenter, à lui seul, une rigidité suffisante et la présence d'un carter

2 devient superflue. Comme illustré à la figure 5, le stator 1 se compose alors uniquement de l'élément tubulaire 3.

[0046] Dans ce cas, pour faciliter l'assemblage dudit élément tubulaire 3 à des éléments adjacents amont et aval, il est souhaitable de prévoir la présence des bagues 4 précitées, solidarisées (soudées ou vissées notamment) aux extrémités de l'élément tubulaire 3 et à l'extérieur de celles-ci, lesdites bagues constituant alors des flasques d'assemblage.

[0047] L'élément tubulaire métallique 3 peut être fabriqué par tous moyens appropriés. Toutefois, sa forme générale complexe ainsi que la précision dimensionnelle et la qualité de l'état de surface requise pour sa face interne qui constitue, à proprement parler, la surface statorique font que les moyens habituels sont trop coûteux et/ou de mise en oeuvre trop longue pour autoriser une fabrication industrielle en série.

[0048] C'est pour surmonter cette difficulté que l'invention préconise un procédé original qui va maintenant être exposé.

[0049] On part d'un tronçon tubulaire métallique cylindrique de révolution, constitué dans le métal souhaité, à paroi rigide (par exemple dont l'épaisseur de paroi peut aller jusqu'à environ 6 % du diamètre extérieur du tube).

[0050] On met tout d'abord en oeuvre une étape préliminaire de préformage au cours de laquelle le tube métallique initial est déformé mécaniquement de manière à préformer une ébauche tubulaire ayant, intérieurement, approximativement la forme et les dimensions de la cavité statorique souhaitée. L'approximation formelle et dimensionnelle peut, par exemple, être de l'ordre de 5%.

[0051] Une solution pour la mise en oeuvre de cette étape de préformage consiste à effectuer un martelage du tube initial, comme illustré à la figure 7A, en exerçant une pression diamétrale (flèches 11) sur le tube 12 pris entre deux mâchoires 10 solidaires d'une presse. Les mâchoires 10 sont conformées et mutuellement disposées (par exemple décalées angulairement l'une par rapport à l'autre) de manière à imprimer en creux le tube pour former les creux ou "vallées" des enroulements hélicoïdaux. Les mâchoires 10 procurant des déformations localisées, il est nécessaire de procéder par passes successives le long du tube qui est déplacé, pas par pas, simultanément axialement (flèche 13) et en rotation (flèche 14) pour suivre le profil de l'hélice Moineau.

[0052] Une autre solution, actuellement préférée, consiste à déformer le tube entre au moins deux galets rotatifs, comme illustré à la figure 7B. Comme dans la solution précédente, le tube 12 est mis en rotation autour de son axe (flèche 14). Simultanément, plusieurs galets 21 (en pratique deux galets 21 diamétralement opposés) sont pressés l'un vers l'autre de manière à écraser localement le tube entre eux : en même temps que le tube tourne sur lui-même, les deux galets 21 tournent autour de leurs axes respectifs 22 (flèches 23) et un déplacement axial relatif est généré entre le tube 12 et le jeu de galets 21. Dans l'exemple illustré à la figure 7B, le tube en rotation n'est pas déplacé axialement, tandis que c'est

le jeu de galets tournants 21 qui est déplacé (flèches 24) parallèlement à l'axe du tube.

[0053] Une fois l'ébauche préparée, on procède à l'étape finale de mise en forme définitive de l'ébauche 12 pour l'obtention de l'élément tubulaire 3 formant cavité statorique. Conformément à l'invention, cette mise en forme définitive est effectuée par un processus d'hydroformage, c'est-à-dire qu'on soumet une des faces, (intérieure ou extérieure) de l'ébauche 12 à une pression hydraulique, qui, compte tenu de la rigidité de la paroi métallique, doit être élevée et qui s'exerce uniformément en chaque point de la surface, afin que la paroi de l'ébauche, malgré sa rigidité, soit plaquée sur une empreinte de référence qu'elle épouse étroitement et dont elle conserve la forme et les dimensions exactes.

[0054] Selon un premier mode de mise en oeuvre illustré à la figure 8, l'ébauche 12 est enfilée sur un noyau 15 ayant, extérieurement, la conformation exacte souhaitée pour la cavité statorique. L'ensemble ébauche/noyau est placé dans une enceinte fermée 16 (enceinte d'hydroformage) qu'on remplit d'un liquide 17. En mettant ce liquide sous pression, on écrase (flèches 18) l'ébauche 12 sur le noyau 15 : on constitue ainsi l'élément tubulaire métallique 3 dont la face intérieure est conformée exactement selon la forme externe du noyau 15 (hydroformage par compression sur un noyau intérieur).

[0055] Selon un second mode de mise en oeuvre illustré à la figure 9, l'ébauche 12 est introduite dans un moule 19 ayant une cavité 20 conformée selon la forme exacte à donner à l'élément tubulaire 3 devant former cavité statorique. Les extrémités de l'ébauche 12 sont obturées hermétiquement et le volume intérieur de l'ébauche est rempli de liquide 17. En mettant ce liquide sous pression, on écrase (flèches 18) l'ébauche 12 contre la paroi de la cavité de moulage 20 : on constitue ainsi l'élément tubulaire 3 (hydroformage par dilatation contre un moule extérieur).

[0056] On notera que, dans le processus d'hydroformage par compression sur un noyau intérieur, c'est la face intérieure de l'élément tubulaire 3 (c'est-à-dire à proprement parler la face définissant la cavité statorique elle-même) qui est mise au contact du noyau et qui épouse directement et étroitement la forme de ce dernier. Par contre, dans le processus d'hydroformage par dilatation contre la paroi d'une cavité de moulage, c'est la face externe de l'élément tubulaire 3 qui est mise au contact direct et étroit de la paroi de moulage dont elle épouse la forme : la face interne de l'élément tubulaire 3 ne reproduit fidèlement cette forme que si l'épaisseur de la paroi de l'élément 3 est parfaitement contrôlée, notamment parfaitement uniforme.

[0057] Le processus d'hydroformage peut, par exemple, être mené dans les conditions qui suivent :

- dimensions intérieures de l'élément tubulaire métallique fini :

$$D = 42,3 \text{ mm}$$

$$D+4E = 72,8 \text{ mm}$$

- périmètre de la fibre moyenne de l'élément : 204,8 mm
- rétreint lors de la déformation par hydroformage : environ 5 %
- diamètre de la fibre moyenne du tube initial : 68,44 mm
- diamètre intérieur du tube initial ayant une épaisseur de 3,5 mm : 65 mm.

[0058] Le processus d'hydroformage est mené en utilisant, en tant que médium liquide, de l'eau amenée à une pression de l'ordre de 4×10^8 Pa pendant une durée d'environ 10 minutes.

[0059] Une fois l'élément tubulaire 3 achevé, on finit l'assemblage du stator en solidarisant cet élément 3 au carter 2, par exemple au moyen de bagues 4 notamment soudées, et éventuellement avec remplissage de l'intervalle 7 entre l'élément 3 et le carter 2, selon les indications données plus haut en relation avec les figures 1 à 4.

[0060] Le procédé de fabrication de l'élément 3 conforme à l'invention est apte à être exploité industriellement et permet une fabrication industrielle en série de l'élément tubulaire métallique 3 formant cavité statorique. Les dispositions de l'invention permettent donc d'envisager une fabrication en série et à des coûts acceptables de pompes Moineau équipées de stator à cavité métallique propres à satisfaire les besoins dans au moins certains domaines de l'industrie, et en particulier les pompes dans lesquelles un jeu positif doit être maintenu entre stator et rotor.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un stator (1) de pompe à engrenage du type pompe Moineau, comportant une cavité statorique d'étendue générale axiale à l'intérieur d'un corps allongé, consistant à fabriquer ladite cavité statorique à partir d'un tube métallique cylindrique de révolution à paroi rigide, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes qui suivent :

- une étape préliminaire de formage mécanique au cours de laquelle ledit tube métallique cylindrique de révolution est déformé de manière à préformer une ébauche (12) approchant, intérieurement, la forme et les dimensions de la cavité statorique souhaitée,
- puis une étape de formage définitif au cours de laquelle on soumet ladite ébauche (12) à un processus d'hydroformage, menée à l'intérieur

d'une enceinte d'hydroformage, sur une forme de moulage (15, 19) pour obtenir un élément tubulaire métallique (3) formant cavité statorique ayant sa forme et ses dimensions intérieures exactes telles que soit défini, après assemblage du stator avec un rotor, un jeu positif avec le rotor,

- et enfin une étape de montage de l'élément tubulaire métallique (3) formant cavité statorique à l'intérieur d'une enveloppe externe formant carter (2), avec la solidarisation d'au moins les extrémités de l'élément tubulaire métallique (3) à ladite enveloppe (2).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'étape de préformage conduisant à l'ébauche (12) s'effectue par des écrasements externes (11) successifs du tube métallique entre des mors (10) en vis à vis, le tube métallique et les mors étant déplacés de façon relative par pas successifs, axialement (13) et en rotation (14).
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'étape de préformage conduisant à l'ébauche (12) s'effectue en déplaçant de façon relative le tube métallique et au moins deux galets de pression disposés symétriquement à son contact.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le tube métallique est mis en rotation autour de son axe et les galets sont déplacés parallèlement à l'axe du tube en étant appuyés à force contre le tube.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le processus d'hydroformage est effectué par compression de l'ébauche (12) sur un noyau (15) disposé à l'intérieur de celle-ci.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le processus d'hydroformage est effectué par dilatation de l'ébauche (12) disposée à l'intérieur d'un moule (19).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'on** remplit l'espace annulaire (7) entre l'élément tubulaire métallique (3) et l'enveloppe externe (2) avec un matériau de remplissage (8).
8. Procédé pour fabriquer un stator de grande longueur, **caractérisé en ce qu'on** fabrique individuellement au moins deux tronçons de stator (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 et **en ce qu'on** les solidarise (9) bout à bout.
9. Stator (1) de pompe à engrenage du type pompe

Moineau, comportant une cavité statorique d'éten-
due générale axiale à l'intérieur d'un corps allongé,
caractérisé en ce que la cavité statorique est définie
par un élément tubulaire métallique (3) à paroi
rigide présentant intérieurement la forme et les di-
mensions de la cavité statorique telles que, après
assemblage du stator avec un rotor, soit défini un
jeu positif avec le rotor et obtenu par mise en oeuvre
du procédé selon l'une quelconque des revendica-
tions 1 à 8, **en ce que** cet élément tubulaire (3) est
solidarisé à un carter extérieur (2) à l'aide de bagues
rigides (4) formant des entretoises de calage qui sont
interposées entre les extrémités dudit élément tubu-
laire métallique (3) formant cavité statorique et du
carter externe (2) et **en ce que** l'intervalle annulaire
(7) défini entre l'élément tubulaire métallique (3) for-
mant la cavité statorique et le carter (2) est rempli
d'un matériau de remplissage (8) propre à renforcer
la résistance aux vibrations des moyens de solida-
risation entre l'élément tubulaire et le carter.

10. Stator selon la revendication 9, **caractérisé en ce
que** le carter est pourvu d'orifices d'entrée (25a) et
de sortie (25b) distants axialement pour l'admission
et la circulation d'un fluide dans l'intervalle entre le
carter (2) et l'élément tubulaire métallique (3).

Claims

1. A method for manufacturing a stator (1) of a Moineau-type gear pump, this stator comprising a stator cavity running generally axially inside an elongate body, the method consisting in manufacturing said stator cavity from a rigid-walled metal tube that is cylindrical of revolution, the method being **characterized in that** it comprises the following steps:

- a preliminary mechanical-forming step during which said metal tube that is cylindrical of revolution is deformed so as to preform a rough form (12) that internally approximates to the shape and dimensions of the desired stator cavity,
- then a definitive-forming step during which said rough form (12) is subjected to a hydroforming process, performed inside a hydroforming chamber, on a molding form (15, 19) to obtain a tubular metal element (3) forming a stator cavity with its exact shape and interior dimensions such that, once the stator has been assembled with a rotor, a positive clearance with the rotor is defined,
- and finally a step of mounting the tubular metal element (3) that forms the stator cavity inside an outer casing forming a housing (2), with at least the ends of the tubular metal element (3) being joined to said casing (2).

2. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the preforming step leading to the rough form (12) is performed by successive external crushings (11) of the metal tube between opposing jaws (10), the metal tube and the jaws being moved relative to one another in successive steps, axially (13) and in terms of rotation (14).

3. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the preforming step leading to the rough form (12) is performed by moving relative to each other the metal tube and at least two press rollers arranged symmetrically in contact with it.

4. The method as claimed in claim 3, **characterized in that** the metal tube is rotated about its axis and the rollers are moved parallel to the axis of the tube, at the same time being pressed forcibly against the tube.

5. The method as claimed in any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the hydroforming process is performed by compressing the rough form (12) onto a core (15) arranged inside it.

6. The method as claimed in any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the hydroforming process is performed by expanding the rough form (12) placed inside a mold (19).

7. The method as claimed in any one of claims 1 to 6, **characterized in that** the annular space (7) between the tubular metal element (3) and the outer casing (2) is filled with a filler material (8).

8. A method for manufacturing a very long stator, **characterized in that** at least two stator portions (1) are manufactured individually as claimed in any one of claims 1 to 7 and **in that** they are joined together (9) end to end.

9. A stator (1) of a Moineau-type gear pump, comprising a stator cavity running generally axially inside an elongate body, **characterized in that** the stator cavity is defined by a rigid-walled tubular metal element (3) internally having the shape and dimensions of the stator cavity such that, when the stator is assembled with a rotor, a positive clearance is defined with the rotor, and which is obtained by implementing the method as claimed in any one of claims 1 to 8, **in that** this tubular element (3) is joined to an outer housing (2) using rigid rings (4) forming wedging spacer pieces which are inserted between the ends of said tubular metal element (3) forming the stator cavity and the outer housing (2), and **in that** the annular gap (7) defined between the tubular metal element (3) forming the stator cavity and the housing (2) is filled with a filler material (8) able to enhance

the resistance to vibration of the means that join the tubular element and the housing together.

10. The stator as claimed in claim 9, **characterized in that** the housing is provided with an inlet orifice (25a) and an outlet orifice (25b) which are axially distant from one another, for admitting and circulating fluid in the gap between the housing (2) and the tubular metal element (3).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Stators (1) für eine Zahnradpumpe vom Typ Moineau, aufweisend einen Statorhohlraum, der sich allgemein axial im Inneren eines länglichen Körpers erstreckt, wobei das Verfahren darin besteht, den Statorhohlraum aus einem rotationszylindrischen Metallrohr mit steifer Wandung herzustellen, **dadurch gekennzeichnet, dass** es folgende Schritte umfasst:

einen vorläufigen mechanischen Formgebungsschritt, im Verlauf von welchem das rotationszylindrische Metallrohr derart verformt wird, dass ein Rohling (12) vorgeformt wird, der im Inneren die Form und die Abmessungen des erwünschten Statorhohlraums annähernd aufweist,

- gefolgt von einem endgültigen Formgebungsschritt, im Verlauf von welchem der Rohling (12) einem Hydroformgebungsprozess unterworfen wird, der im Inneren eines Hydroformgebungsraums auf einer Abformungsform (15, 19) zur Erzielung eines rohrförmigen Metallelements (3) ausgeführt wird, das den Statorhohlraum bildet, dessen Form und Innenabmessungen exakt ein Zwangsspiel des Stators mit einem Rotor nach Zusammenbau mit dem Stator festlegen,

- und schließlich einen Schritt zur Montage des rohrförmigen Metallelements (3), das den Statorhohlraum bildet, im Inneren einer Außenhülle, welche ein Gehäuse (2) bildet, wobei zumindest die Enden des rohrförmigen Metallelements (3) mit der Hülle (2) fest verbunden sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorformgebungsschritt, der für den Rohling (12) ausgeführt wird, durch aufeinanderfolgende externe Druckverformungen (11) des Metallrohrs zwischen gegenüberliegenden Spannbacken (10) abläuft, wobei das Metallrohr und die Spannbacken axial (13) und rotationsmäßig (14) schrittweise relativ verschoben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorformgebungsschritt für den Rohling (12) durch Relativverschieben des Metallrohrs und von zumindest zwei Druckwalzen abläuft, die symmetrisch in Kontakt mit ihm angeordnet sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallrohr um seine Achse in Drehung versetzt wird, und dass die Walzen parallel zur Rohrachse verschoben werden, indem sie auf das Rohr eine Kraft ausüben.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hydroformgebungsprozess durch Zusammendrücken des Rohlings (12) auf einen Formkern (15) durchgeführt wird, der im Inneren von ihm angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hydroformgebungsschritt durch Wärmedehnung des Rohlings (12) ausgeführt wird, der im Inneren einer Form (19) angeordnet ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringraum (7) zwischen dem rohrförmigen Metallelement (3) und der Außenhülle (2) mit einem Füllmaterial (8) gefüllt wird.

8. Verfahren zum Herstellen eines Stators großer Länge, **dadurch gekennzeichnet, dass** einzeln zumindest zwei Statorteile (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 hergestellt werden, und dass sie aneinander festgesetzt (9) werden.

9. Stator (1) für eine Zahnradpumpe vom Moineau-Typ, aufweisend einen Statorhohlraum, der sich allgemein axial im Inneren eines länglichen Körpers erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Statorhohlraum durch ein rohrförmiges Metallelement (3) mit starrer Wandung festgelegt ist, das im Inneren die Form und die Abmessungen des Statorhohlraums so aufweist, dass nach einem Zusammenbau des Stators mit einem Rotor ein Zwangsspiel mit dem Rotor festgelegt ist, dass er hergestellt wird, durch Ausführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dass dieses Rohrelement (3) mit einem externen Gehäuse (2) mit Hilfe von starren Ringen (4) verbunden ist, welche Einstellstreben bilden, die zwischen den Enden des rohrförmigen Metallelements (3), das den Statorhohlraum bildet, und dem externen Gehäuse (2) angeordnet sind, und dass der Ringzwischenraum (7), der zwischen dem rohrförmigen Metallelement (3), das den Statorhohlraum bildet, und dem Gehäuse (2) festgelegt ist, mit einem Füllmaterial (8) gefüllt ist, das geeignet ist, die Beständigkeit gegenüber Vibrationen von Verbin-

dungsmitteln zwischen dem rohrförmigen Element und dem Gehäuse zu verstärken.

10. Stator nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse mit Einlass- (25a) und Auslassöffnungen (25b) versehen ist, die axial beabstandet sind, um die Zirkulation eines Fluids im Zwischenraum zwischen dem Gehäuse (2) und dem rohrförmigen Metallelement (3) zuzulassen.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

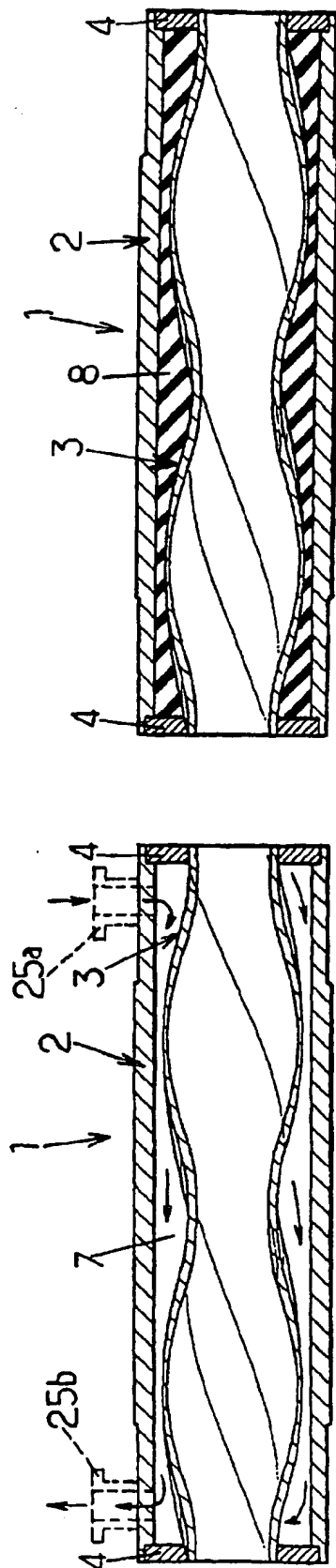


FIG.1.

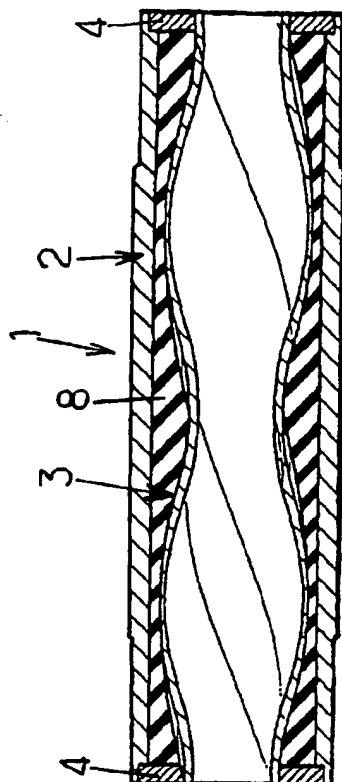


FIG.2.

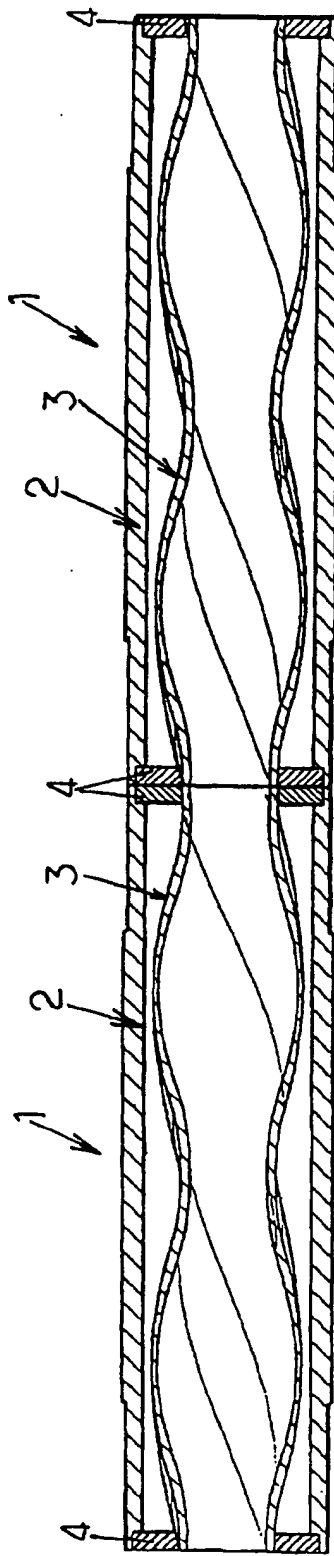


FIG.3.

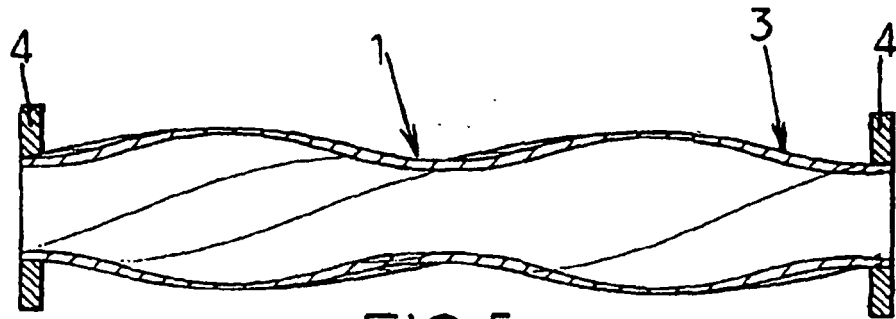


FIG.5.

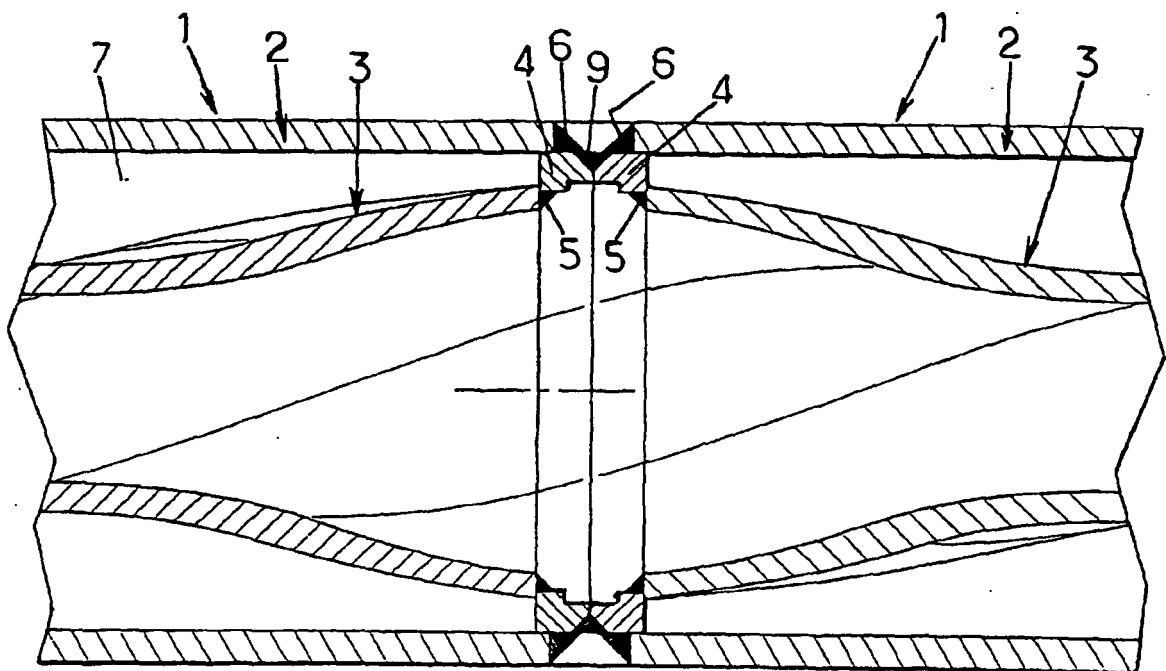
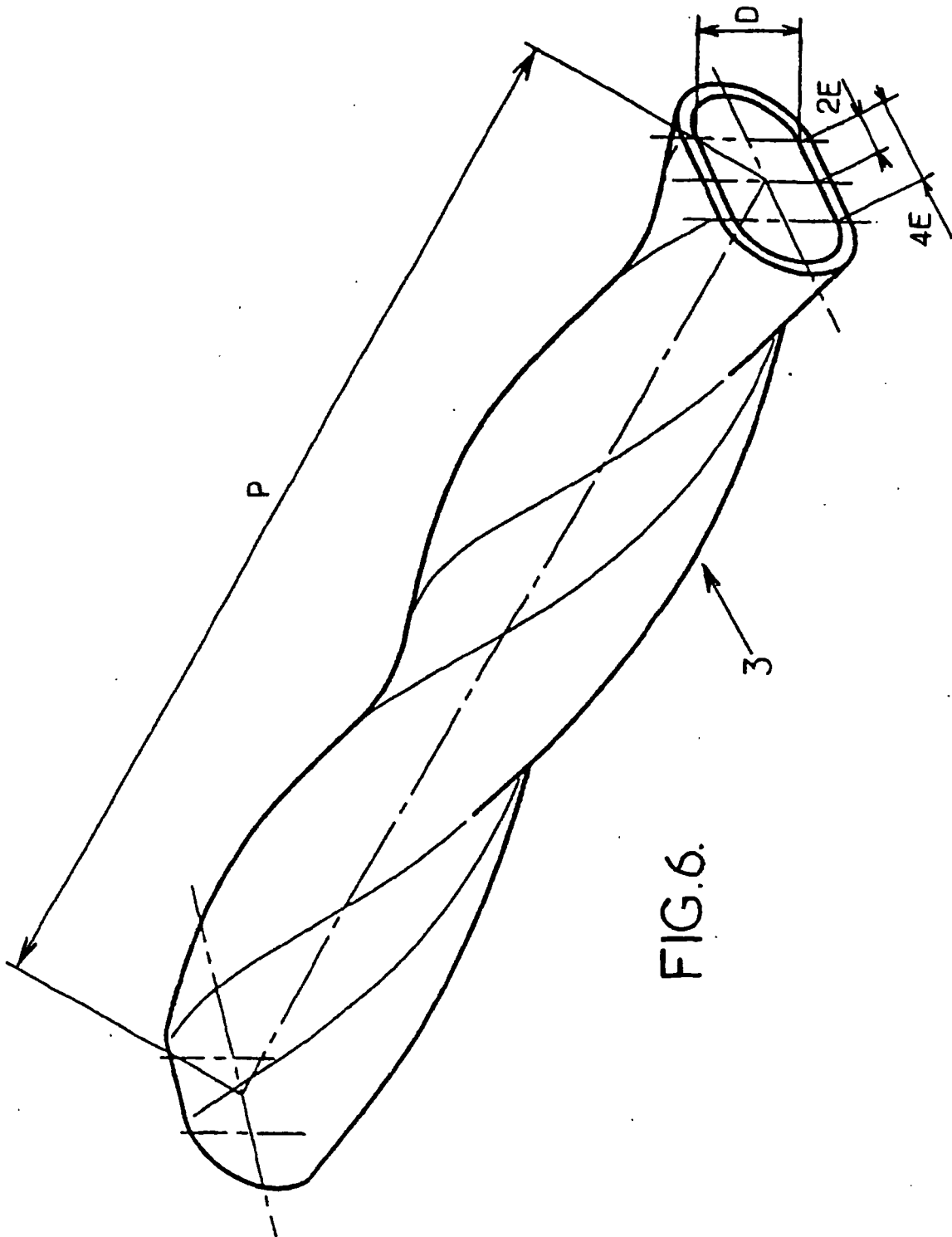
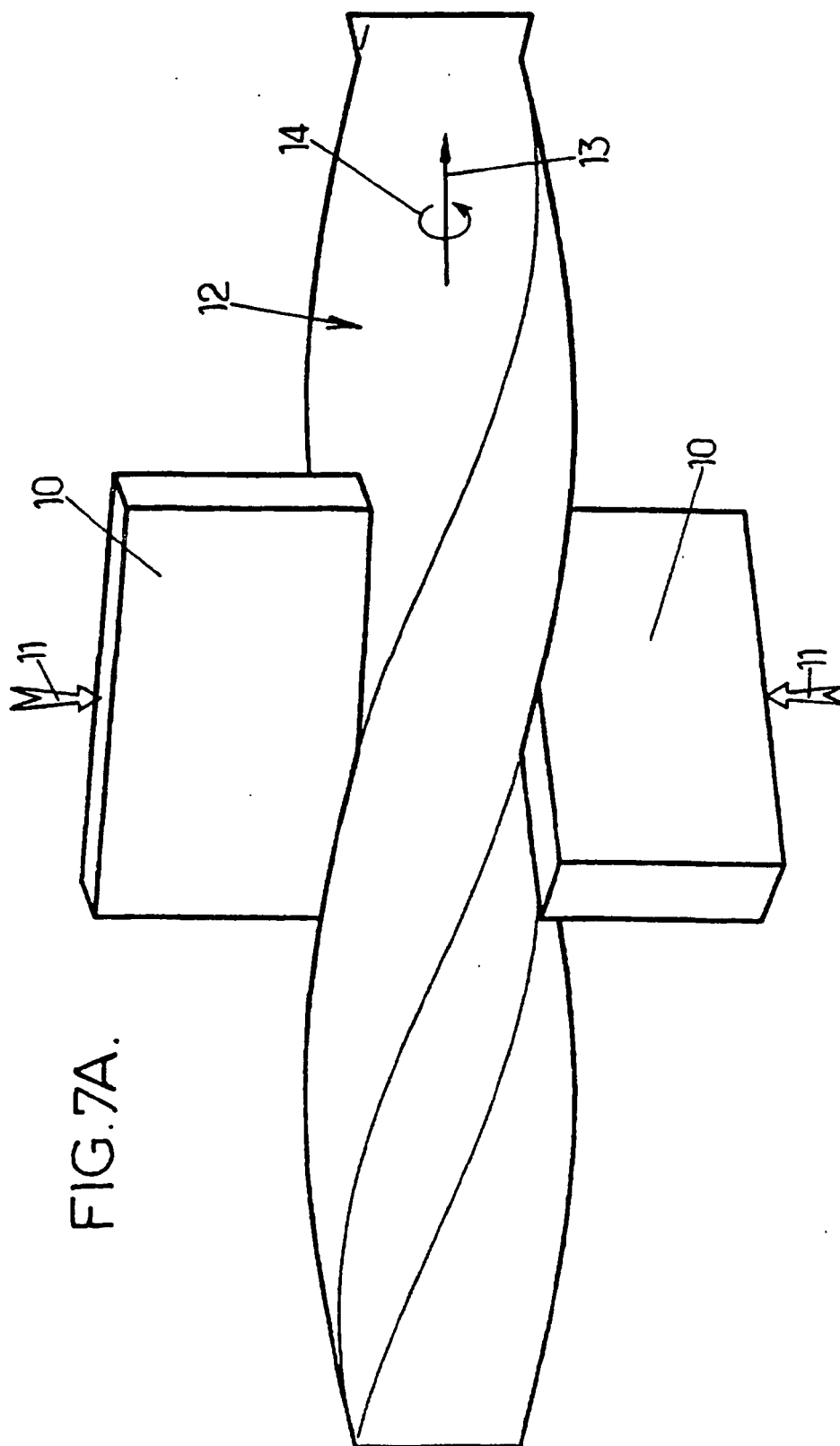


FIG.4.





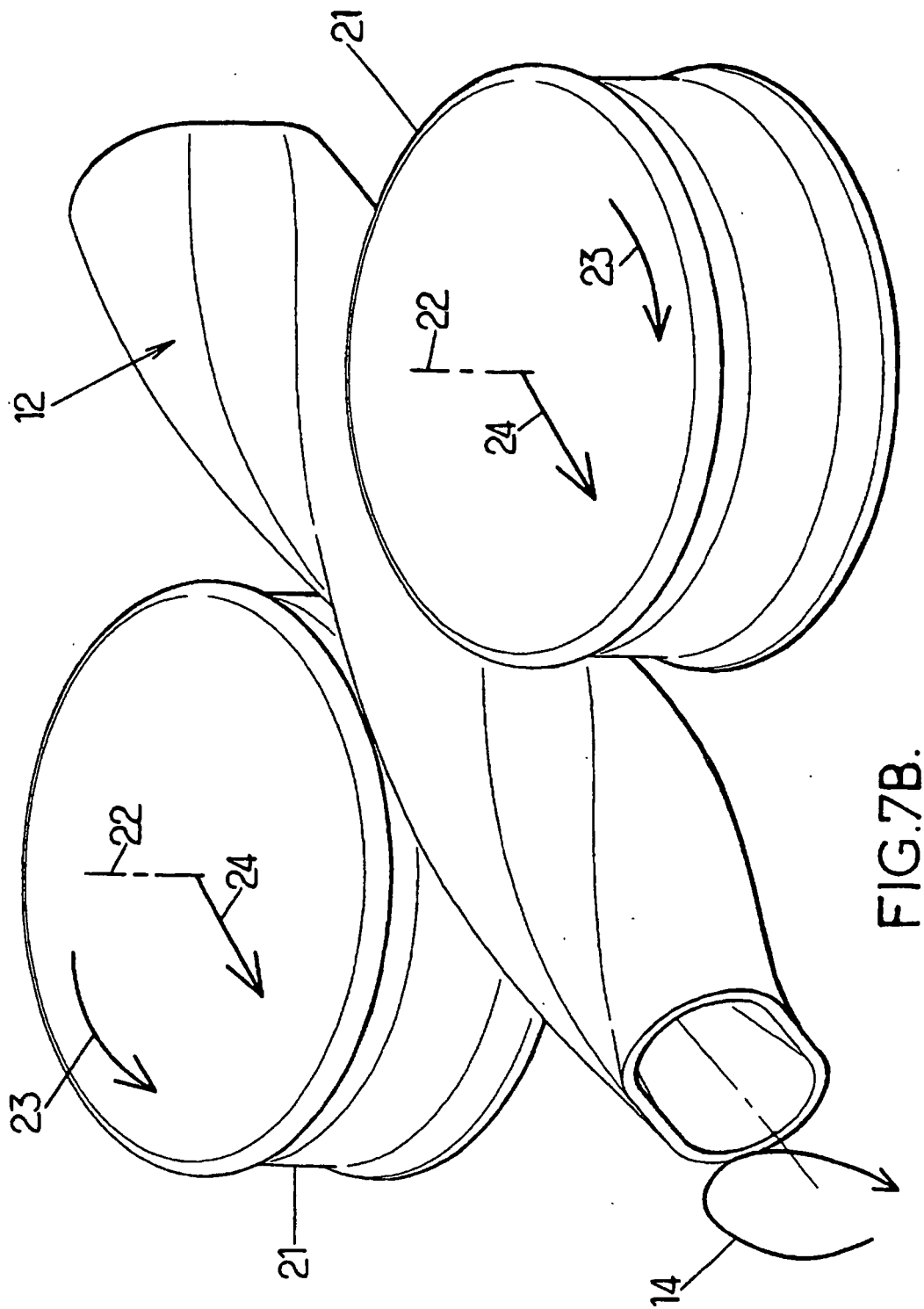


FIG. 7B.

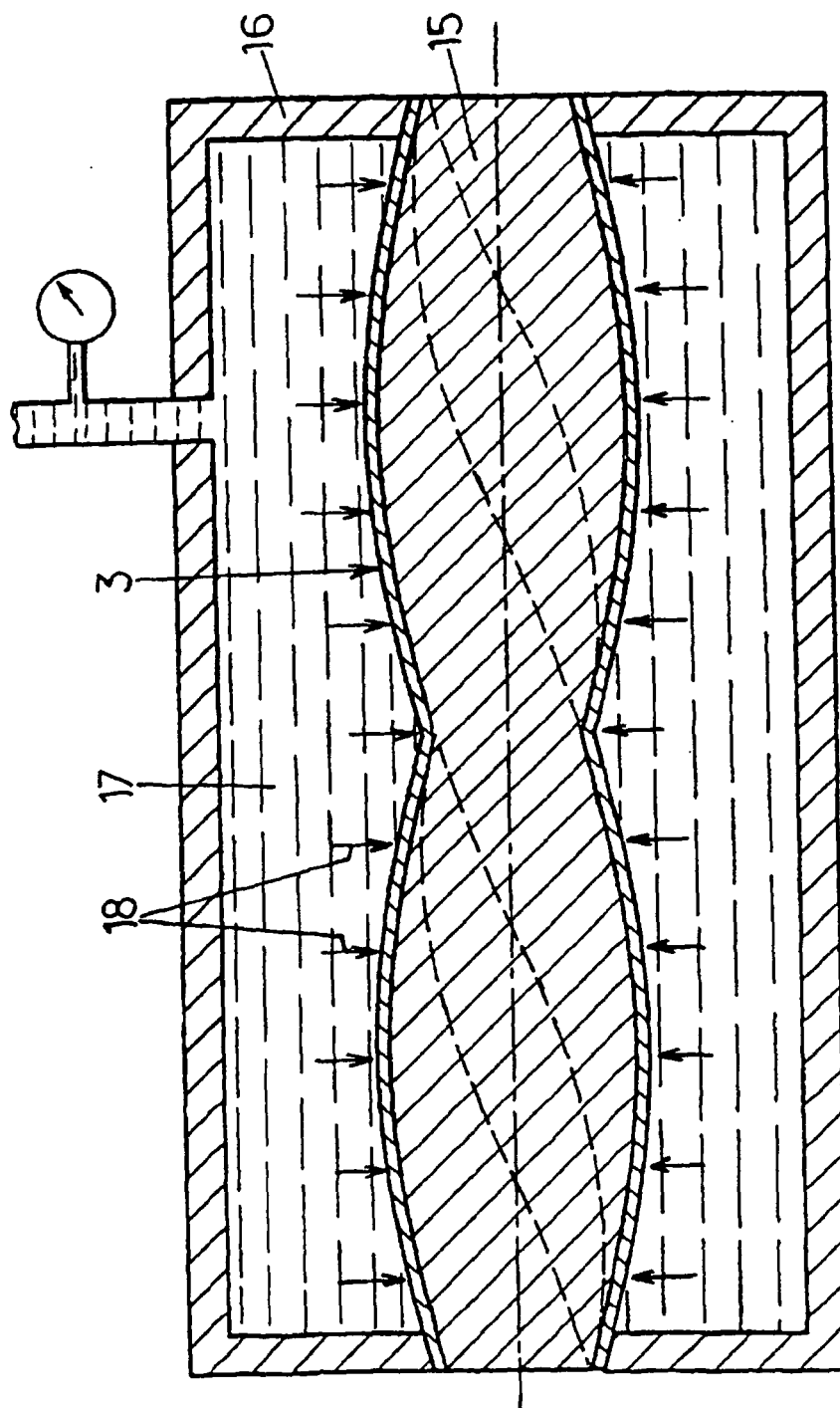
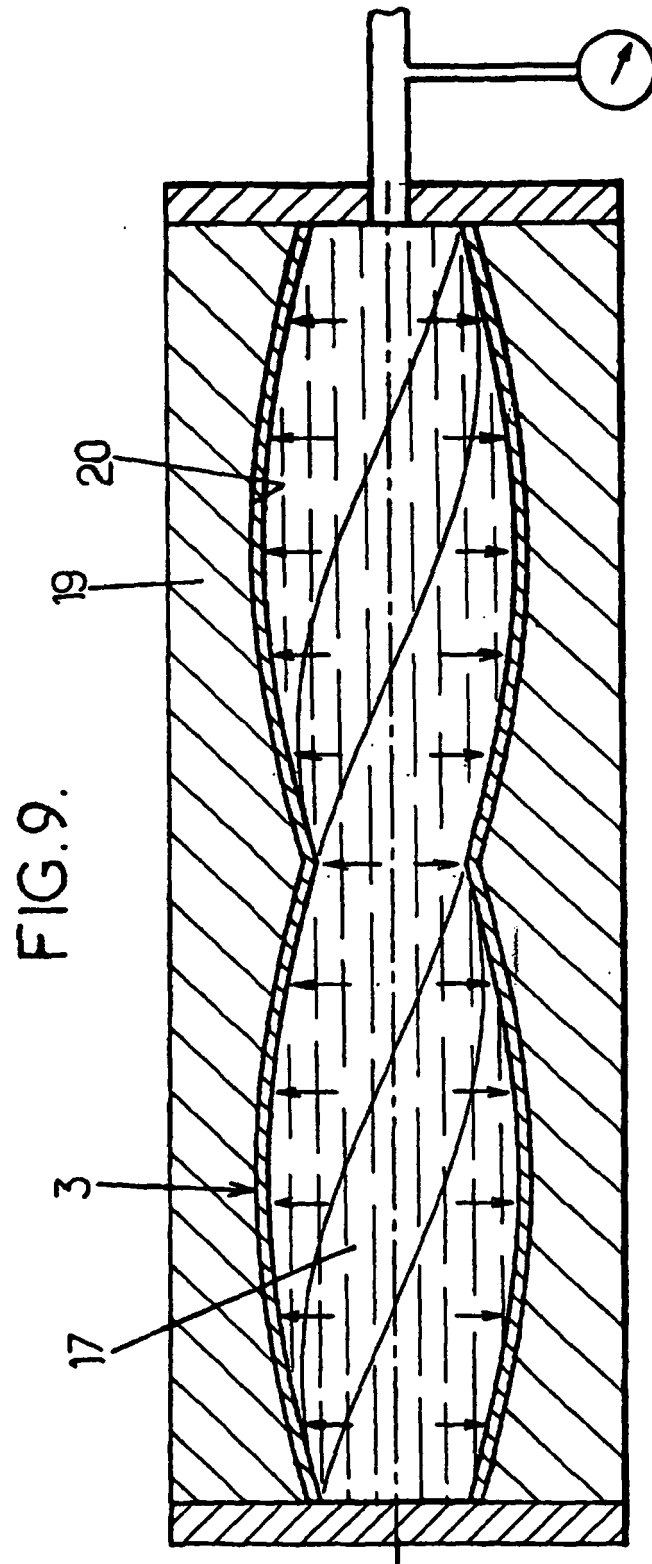


FIG.8.



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2756018 [0006]
- FR 2794498 A [0007]
- FR 2756018 A [0036]