

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 mai 2009 (22.05.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/063019 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F17C 1/06 (2006.01) *F17C 1/16* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/065497

(22) Date de dépôt international :
13 novembre 2008 (13.11.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0759003 13 novembre 2007 (13.11.2007) FR

(71) Déposant (pour AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BE, BF, BG, BH, BJ, BR, BW, BY, BZ, CF, CG, CH, CI, CM, CN, CO, CR, CU, CY, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, FR, GA, GB, GD, GE, GH, GM, GN, GQ, GR, GT, GW, HN, HR, HU, ID, IE, IL, IN, IS, IT, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MC, MD, ME, MG, MK, ML, MN, MR, MT, MW, MY,

MZ, NA, NE, NG, NI, NL, NO, NZ, OM, PG seulement) :
SOCIETE DE TECHNOLOGIE MICHELIN [FR/FR];
23, Rue Breschet, F-63000 Clermont-ferrand (FR).

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH];
Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-paccot (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BLANC, Claude** [CH/CH]; En Ducenet, CH-1694 Villarsviriaux (CH). **ESSINGER, Olivier** [CH/CH]; Avenue des Mousquetaires 10, CH-1714 La Tour De Peilz (CH). **STACCHI, Cesare** [CH/CH]; Via Cantonale, CH-6526 Prosito (CH).

(74) Mandataire : **LASSON, Cédric**; Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN, 23, place des Carmes-Déchaux, SGD/LG/PI - F35 - Ladoux, F-63040 Clermont-ferrand Cedex 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PRESSURISED FLUID TANK AND METHOD AND APPARATUS FOR PRODUCING ONE SUCH TANK

(54) Titre : RÉSERVOIR DE FLUIDE SOUS PRESSION, MÉTHODE ET APPAREIL POUR LA FABRICATION D'UN TEL RÉSERVOIR

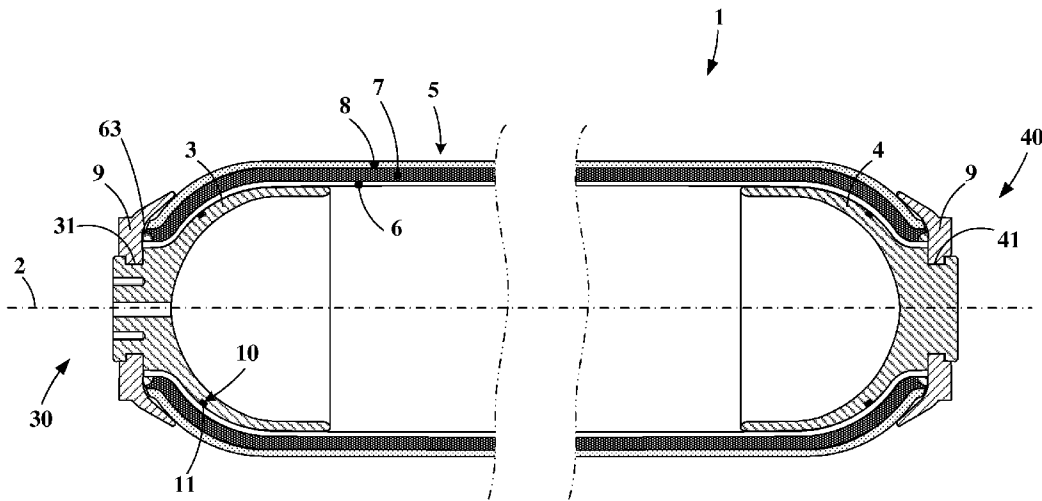


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates in particular to a tank (1) for storing fluids under high-pressure conditions, having a generally cylindrical shape and a round cross-section. Each end of the longitudinal axis (2) of the tank includes a metal end-piece (3, 4), a liner (6) surrounding each end-piece and a structural layer (7) made from fibre impregnated with thermosetting resin that surrounds the liner.

(57) Abrégé : L'invention concerne en particulier un réservoir (1) pour le stockage de fluide sous haute pression de forme générale cylindrique et de section ronde comportant à chacune de ses extrémités le long de son axe (2) un embout métallique d'extrémité (3, 4), un liner (6) enveloppant lesdits embouts, une couche structurale (7) en fibre imprégnée de résine thermodurcissable enveloppant ledit liner.



WO 2009/063019 A2



AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

Réservoir de fluide sous pression, méthode et appareil pour la fabrication d'un tel réservoir

[0001] La présente invention se rapporte au stockage des fluides sous pression. Elle est notamment mais pas uniquement applicable pour le stockage d'hydrogène gazeux dans un
5 véhicule routier, par exemple un véhicule à pile à combustible.

[0002] Dans ce domaine, l'une des difficultés en vue de la production en série de tels véhicules est la conception des réservoirs. En effet, les réservoirs d'hydrogène emportés par ces véhicules sont soumis à des pressions d'usage pouvant aller jusqu'à 700 bar et doivent répondre à d'importantes exigences de sécurité afin de limiter au maximum les conséquences d'un choc, d'un
10 impact accidentel ou d'un incendie. Par exemple, lorsque le réservoir est endommagé au cours d'un accident dans lequel est impliqué le véhicule ou lorsqu'un projectile tiré par une arme à feu traverse le réservoir, il est souhaitable que le réservoir libère sa pression progressivement, sans exploser ni se déchirer de manière importante. Il en est de même en cas d'augmentation de la température du gaz contenu dans le réservoir du fait d'un incendie du véhicule.

15 [0003] Un autre objectif est de permettre une obtention industrielle de tels réservoirs pour un coût raisonnable, par exemple acceptable pour une application automobile.

[0004] L'invention propose pour cela un réservoir pour le stockage de fluide sous haute pression de forme générale cylindrique et de section ronde comportant à chacune de ses extrémités le long de son axe un embout métallique d'extrémité, un liner enveloppant lesdits embouts, une
20 couche structurelle en fibre imprégnée de résine thermodurcissable enveloppant ledit liner, chaque embout comportant une surface d'appui extérieure venant en appui contre le liner, ladite surface d'appui comprenant une partie non cylindrique, la pression interne du réservoir ayant tendance à serrer lesdits embouts contre le liner.

[0005] De préférence, chaque embout comporte en outre un joint élastomérique disposé dans
25 une gorge annulaire de la partie non cylindrique de la surface extérieure dudit embout, la pression interne du réservoir ayant tendance à serrer l'embout contre le liner en comprimant le joint. De préférence, le joint est un joint torique.

-2-

[0006] De préférence, la couche structurelle est une couche de fibre de carbone. De préférence encore, le réservoir comprend en outre une couche extérieure de protection en fibre de verre enveloppant la couche structurelle.

[0007] De préférence, la couche structurelle, et le cas échéant la couche de protection, est
5 (sont) constituée(e) à partir d'un ruban de fibres enroulé autour du liner.

[0008] De préférence, le liner est en polyamide d'une épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, de préférence encore inférieure à 1.5 mm.

[0009] De préférence, pour chaque extrémité, une virole extérieure à la couche structurelle et solidaire de l'embout le maintient axialement en place.

10 [0010] De préférence, pour chaque extrémité, une bague de frettage maintient chaque extrémité du liner radialement serrée sur l'embout.

[0011] De préférence, le diamètre extérieur des embouts correspond sensiblement au diamètre intérieur du réservoir.

[0012] L'invention concerne également une méthode de fabrication d'un réservoir de forme
15 générale cylindrique de section ronde pour le stockage de fluide sous haute pression, le réservoir comprenant autour d'un axe un liner et une couche structurelle, ladite méthode comprenant des étapes consistant successivement à :

- placer des embouts métalliques à l'intérieur d'un tube destiné à former le liner,
- conformer les extrémités du tube à la forme des embouts en réduisant localement le
20 diamètre du tube,
- enrouler au moins un ruban de fibre imprégnée de résine thermodurcissable autour du liner pour former la couche structurelle du réservoir.

[0013] De préférence, la méthode comprend en outre une étape consistant à placer des joints
25 élastomériques dans des gorges annulaires de la surface radialement extérieure des embouts en regard du tube destiné à former le liner.

[0014] De préférence, la méthode comprend en outre une étape consistant à placer une bague de frettage autour des extrémités du tube conformées sur les embouts.

[0015] De préférence, la méthode comprend en outre une étape consistant à enrouler un deuxième ruban de fibre imprégnée de résine thermodurcissable autour de la couche structurale pour former une couche extérieure de protection du réservoir. De préférence, le deuxième ruban de fibres est abouté au premier ruban de fibres.

5 [0016] De préférence, une pression interne est maintenue dans le volume de l'ébauche constituée du liner et des embouts pendant l'enroulement du ruban.

[0017] De préférence, une traction axiale est maintenue sur l'ébauche constituée du liner et des embouts pendant l'enroulement du ruban.

10 [0018] De préférence, on enroule simultanément deux rubans de manière sensiblement symétrique par rapport à l'axe de l'ébauche constituée du liner et des embouts.

[0019] De préférence, pour réaliser l'enroulement, on entraîne l'ébauche constituée du liner et des embouts en rotation autour de son axe, l'ébauche étant tenue par les embouts, les rubans étant guidés par un moyen mobile parallèlement à l'axe de l'ébauche.

15 [0020] De préférence, l'axe de l'ébauche est maintenu sensiblement horizontal pendant l'enroulement.

[0021] L'invention concerne également un appareil pour l'enroulement d'un ruban de fibres autour d'une ébauche de forme générale cylindrique de section ronde comprenant:

- un support rotatif apte à maintenir l'ébauche par ses extrémités,
- des moyens d'entraînement du support rotatif en rotation autour de l'axe de l'ébauche,
- 20 • un dispositif d'alimentation en ruban de fibre imprégné de résine,
- des moyens pour déplacer le dispositif d'alimentation parallèlement à l'axe de l'ébauche.

[0022] De préférence, le dispositif d'alimentation en ruban de fibre comprend un dispositif d'imprégnation du ruban en résine liquide.

25 [0023] De préférence encore, le dispositif d'imprégnation utilise au moins une cascade de résine liquide agencée de manière à ce que le ruban la traverse.

[0024] De préférence encore, le dispositif d'imprégnation utilise plusieurs cascades agencées de manière à ce que le ruban les traverse successivement.

[0025] De préférence, le ruban débouche du dispositif d'imprégnation par un œillet permettant de guider le ruban pour l'enroulement autour de l'ébauche.

[0026] De préférence, le support rotatif permet d'exercer une tension axiale dans l'ébauche.

[0027] De préférence, le support rotatif permet de maintenir une pression de gaz à l'intérieur
5 de l'ébauche.

[0028] De préférence, l'appareil comprend en outre un deuxième dispositif d'alimentation en ruban de fibre. De préférence encore, le deuxième dispositif d'alimentation en ruban est disposé de manière symétrique au premier dispositif d'alimentation par rapport à l'axe de l'ébauche.

[0029] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront grâce à la
10 description de modes préférés de réalisation. Les figures représentent respectivement:

- Figure 1 : vue en coupe partielle d'un réservoir selon l'invention ;
- Figure 2 : vue en perspective du tube destiné à constituer le liner du réservoir de la figure 1 ;
- Figures 3 à 8 : vues montrant successivement différents stades de fabrication du réservoir
15 selon la méthode de l'invention ;
- Figure 9 : vue générale d'un appareil pour la fabrication d'un réservoir selon la méthode de l'invention ;
- Figure 10 : vue de détail de l'appareil de la figure 9 montrant en particulier les moyens d'imprégnation du ruban.

20 [0030] En référence à la figure 1, on voit en coupe un réservoir 1 de forme générale cylindrique de section ronde selon un axe 2. La figure 1 représente une interruption au centre du réservoir car la longueur peut être très grande par rapport au diamètre, par exemple 10, 20 ou 30 fois plus grande. Chaque extrémité du réservoir comporte un embout, de préférence métallique, par exemple en alliage d'aluminium. Le premier embout 3 constitue une interface
25 d'entrée/sortie 30 du réservoir et le deuxième embout 4 constitue le fond 40 du réservoir. Le fond 4 peut naturellement comporter également une interface entrée/sortie. Une paroi composite 5 s'étend axialement d'un embout à l'autre. La paroi comprend une couche intérieure d'étanchéité (généralement appelée « liner ») 6, par exemple en polyamide, et une couche structurelle en fibres saturées de résine. Le liner 6 est très peu épais, de préférence d'une
30 épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, par exemple égale à 1 mm. La couche structurelle est composée ici d'une couche de fibres de carbone 7. Dans ce cas, une couche extérieure de

protection 8 en fibres de verre protège la couche structurale de carbone. Les couches de carbone et de verre sont saturées de résine, par exemple de résine époxyde. Bien sûr, d'autres types de fibres comme par exemple les fibres aramides peuvent être utilisées en lieu et place de l'une ou l'autre des fibres précitées selon les performances, la masse et les coûts visés.

5 **[0031]** Un joint élastomérique 11, par exemple torique, placé dans une gorge annulaire 10 de la surface radialement extérieure de chaque embout, assure l'étanchéité entre les embouts 3, 4 et le liner 6. La surface d'appui de l'embout sur le liner au niveau du joint n'est pas cylindrique. Elle est ici inclinée par rapport à l'axe du réservoir d'environ 45°. On comprend que la pression interne du réservoir a donc tendance à serrer le liner contre le joint puisqu'elle presse
10 les embouts axialement vers l'extérieur. Plus précisément, la pression interne agit sur la partie centrale de l'embout, radialement jusqu'au joint 11 à l'encontre de la pression atmosphérique extérieure. Pour la partie périphérique de l'embout (radialement au delà du joint), la pression interne agit sur les deux faces de l'embout et ne génère donc aucun effort directement sur cette partie périphérique.

15 **[0032]** Un effet de cette disposition du joint dans une partie non cylindrique de l'embout est que l'effort axial généré par la pression tend à maintenir la gorge annulaire 10 fermée et donc à empêcher que le joint torique ne soit extrudé. Cet effet est obtenu dès que l'inclinaison de la surface d'appui par rapport à l'axe du réservoir est significative. A l'extrême, une inclinaison à 90°, c'est à dire une configuration dans laquelle les embouts seraient plats au niveau du joint,
20 génèrerait un effet maximal de ce point de vue.

[0033] La forme en entonnoir des embouts 3 et 4 représentés ici est une forme préférée car elle permet aux embouts, comme décrit plus haut, de prendre appui directement contre la face interne de la paroi composite et de réaliser une excellente étanchéité avec cette face interne, c'est à dire avec le liner. Comme représenté ici, la forme des embouts dans leur zone de
25 transition (c'est à dire ici de part et d'autre du joint) est en outre de préférence sensiblement hémisphérique afin de répartir au mieux les contraintes subies par les embouts et par la paroi composite.

[0034] Comme représenté sur les figures, les embouts s'étendent axialement de préférence jusqu'à la partie cylindrique du réservoir. Ainsi, le diamètre extérieur des embouts
30 correspond sensiblement au diamètre intérieur du réservoir.

[0035] Alternativement au mode de réalisation représenté, le liner peut être adhésivé ou moulé au métal de l'embout, ce qui permet de supprimer le joint et la gorge correspondante. Dans cette hypothèse, des embouts non-métalliques, par exemple en polyamide pourraient également être intéressants.

5 **[0036]** De préférence, des viroles 9, tenues dans des gorges (respectivement 31 et 41) des premier et deuxième embouts, permettent de maintenir axialement les embouts en position lorsqu'il n'y a pas de pression interne ou que la pression est insuffisante pour éviter un déplacement de l'embout en cas de choc axial par exemple. Les viroles (ou à tout le moins l'une
10 d'entre elles) peuvent également servir à fixer le réservoir au véhicule et/ou au circuit qu'il alimente.

[0037] La longueur et le diamètre du réservoir peuvent être plus ou moins grands, en particulier selon l'espace disponible dans le véhicule auquel il est destiné.

[0038] Un avantage du liner en polyamide (ou en tout autre matériau compatible) fondant avant d'atteindre des températures trop hautes est que l'on bénéficie d'une sécurité intrinsèque
15 en cas d'incendie. Soumis aux flammes, le réservoir selon l'invention finit par libérer de lui-même le gaz, sans provoquer d'explosion.

[0039] Les figures 2 à 8 illustrent les étapes successives essentielles de la méthode de fabrication selon l'invention.

[0040] A la figure 2, on voit un tube de section circulaire coupé à longueur et destiné à
20 former le liner 6 du réservoir. Il est constitué d'un matériau étanche, inerte en présence d'hydrogène sous pression et compatible avec les autres constituants de la paroi composite. Le polyamide 6 (PA6) convient bien pour cet usage.

[0041] A la figure 3, on voit comment sont ensuite placés les embouts 3 et 4 à l'intérieur des extrémités du tube de polyamide. De préférence, le diamètre extérieur des embouts
25 correspond sensiblement au diamètre intérieur du tube, c'est à dire au diamètre intérieur du réservoir. Le cas échéant, les joints toriques 11 sont placés dans les gorges annulaires correspondantes 10 des embouts.

[0042] A la figure 4, les extrémités du tube 61 et 62 sont conformées sur les embouts. Ce résultat peut être obtenu par fluotournage, par conformation à froid ou à chaud ou tout autre
30 procédé applicable en fonction en particulier de l'épaisseur choisie pour le liner. Dans la

-7-

présente demande, on appelle « ébauche » l'objet de la figure 4 constitué du liner 6 et des embouts 3 et 4.

5 [0043] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, on place alors une bague de frettage 63 autour du liner conformé afin d'une part de garantir la position de son bord et d'autre part de favoriser la transmission d'effort entre l'embout et le liner pour l'enroulement qui va suivre. Un moletage de la surface correspondante de l'embout favorise encore ces effets du frettage.

10 [0044] A la figure 5, l'ébauche de réservoir est placée dans une machine d'enroulement. Les embouts sont tenus par des mandrins rotatifs 32 et 42. On réalise alors l'enroulement progressif de la couche structurelle et le cas échéant de la couche de protection, c'est à dire ici des couches de fibres de carbone et de verre. On enroule pour cela des rubans 15 et 15' comprenant un grand nombre de fibres parallèles. C'est la rotation des mandrins qui entraîne les rubans, les rubans étant alimentés sous une tension contrôlée. Les rubans sont imprégnés de résine thermodurcissable, par exemple de résine époxyde, avant leur enroulement sur l'ébauche.

15 De préférence, comme décrit plus bas en référence à l'appareil d'enroulement, les rubans sont imprégnés par passage au travers d'une ou plusieurs cascades de résine. Deux rubans sont enroulés simultanément depuis deux orientations diamétralement opposées. Par rapport à un enroulement unique, ceci permet de doubler la productivité et de limiter les déformations de l'ébauche que la tension des rubans a tendance à provoquer. Bien évidemment, si le liner est

20 assez épais ou si la tension dans le ruban est très faible, on peut préférer n'enrouler qu'un seul ruban. Au contraire, on peut choisir d'enrouler simultanément plus de deux rubans, en particulier lorsque le diamètre du réservoir est grand par rapport à la largeur de ruban.

[0045] De préférence, l'axe de l'ébauche 2 est maintenu à l'horizontale pendant l'enroulement afin d'assurer une répartition régulière de la résine le long du réservoir.

25 [0046] Une pression de gaz, par exemple d'air, est de préférence maintenue à l'intérieur de l'ébauche pendant l'enroulement. Elle a pour effet d'une part de maintenir les deux embouts en appui axial contre le liner et d'autre part de tendre le liner pour limiter ses déformations locales sous le serrage des rubans et pour limiter son fléchissement en cas de tension inégale des deux rubans. Une pression interne de l'ordre de 1 à 3 bars donne de bons résultats.

30 [0047] De plus, les mandrins 32 et 42 exercent de préférence une traction axiale sur les embouts afin de tendre axialement le liner pour limiter encore son fléchissement potentiel. De

préférence, cette traction exercée sur l'ébauche n'est pas une force d'intensité déterminée mais vise plutôt à donner à l'ébauche une longueur précise et reproductible, supérieure de quelques millimètres à sa longueur libre (par exemple 2 à 4 mm d'allongement pour un réservoir de 1600 mm de long).

5 **[0048]** La pression interne et/ou la traction axiale ont également pour effet bénéfique de favoriser le couple transmissible des embouts au liner (et par suite à la paroi composite) et donc de favoriser la génération de tension dans les rubans 15 et 15'. Ceci peut être particulièrement intéressant dans l'hypothèse de l'absence des bagues de frettage 63.

10 **[0049]** Aux figures 6 à 8, on a représenté en coupe et à plus grande échelle que pour les vues 2 à 5 une extrémité de réservoir à différents stades de sa fabrication.

[0050] A la figure 6, l'étape consistant à enrouler la couche structurelle de fibre de carbone 7 sur le liner 6 est terminée.

15 **[0051]** La figure 7 représente le résultat de l'étape suivante consistant à enrouler la couche extérieure de protection 8 en fibres de verre sur la couche de fibres de carbone 7. La transition entre l'enroulement de carbone et l'enroulement de verre peut se faire de manière très simple par aboutage des rubans de verre sur les rubans de carbone. Comme exposé plus haut, la couche structurelle peut ne pas recevoir de couche de protection.

20 **[0052]** Le ruban de fibres peut être un ruban disponible dans le commerce en bobines. Différentes largeurs de ruban sont disponibles en fonction du nombre de filaments présents dans le ruban, pour une même qualité de fibre. Le ruban de carbone peut par exemple être un ruban 24K (24000 filaments) d'une densité linéaire de 1600 tex. Sa largeur est d'environ 5 à 6 mm. Le ruban de verre peut être de dimension comparable en 2400 tex.

25 **[0053]** Une fois la couche structurelle enroulée et le cas échéant la couche de protection, une étape optionnelle peut consister à éliminer l'éventuel surplus de résine liquide par brossage, raclage, essuyage ou tout procédé applicable dans le but de ne conserver que la quantité de résine strictement nécessaire. Au cours de cette étape, les mandrins (32 et 42) continuent d'entraîner le réservoir en rotation.

30 **[0054]** De préférence, la pression interne et le mouvement de rotation du réservoir sont également maintenus au-delà des étapes décrites ci-dessus et ceci jusqu'à ce que la polymérisation de la résine soit suffisante pour garantir une stabilité dimensionnelle du réservoir.

[0055] De préférence, l'axe de l'ébauche 2 est maintenu à l'horizontale pendant le ou les enroulements et jusqu'à la polymérisation suffisante de la résine afin d'assurer une répartition régulière de la résine le long du réservoir.

[0056] Une fois atteint le niveau suffisant de polymérisation, la tension axiale et le cas échéant la pression interne peuvent être supprimés et ce réservoir peut en outre subir un étuvage subséquent de quelques heures afin de finaliser la polymérisation de la résine.

[0057] A la figure 8, on a représenté l'étape optionnelle au cours de laquelle on place des demi-lunes 91 et 92 dans la gorge 31 prévue à cet effet sur le col de l'embout 3. Les demi-lunes 91 et 92 sont alors rendues solidaires entre elles et/ou avec l'embout 3 (par exemple par des vis) pour constituer une virole 9 dont on a décrit l'utilité plus haut en référence à la figure 1.

[0058] Les figures 9 et 10 sont des vues d'un appareil pour l'enroulement des rubans et la polymérisation (au moins partielle) d'un réservoir selon la méthode de l'invention.

[0059] La figure 9 est une vue générale de l'appareil 100. L'ébauche de réservoir 1 est maintenue par ses embouts à l'aide d'un support rotatif 101. Le support comporte des moyens d'entraînement de l'ébauche en rotation autour de son axe maintenu à l'horizontale. De préférence, le support comprend une alimentation en air sous pression reliée par un joint tournant à l'embout (3) de l'ébauche afin de pouvoir maintenir une pression contrôlée dans l'ébauche pendant l'enroulement.

[0060] L'appareil comprend un dispositif d'alimentation 102 en ruban sous tension contrôlée. De préférence, la tension est générée de manière connue en soi par l'action d'un contrepoids agissant sur un boucle du ruban, le dévidage des bobines de rubans 107 étant régulé de manière à maintenir le contrepoids actif. Une tension de quelques DaN, par exemple 4 DaN convient bien.

[0061] La figure 10 est une vue de détail montrant plus particulièrement la sortie du ruban 15 du dispositif d'alimentation. Cette sortie comprend un œillet 103 qui guide le ruban pour son enroulement sur l'ébauche. Avant de parvenir à l'œillet 103, le ruban est imprégné de résine liquide par un dispositif d'imprégnation 104. Le dispositif d'imprégnation peut comprendre une ou comme ici plusieurs cascades 105 alimentées en résine liquide par des conduits 106 et agencées de manière à ce que le ruban les traverse. Le débit de résine apporté aux cascades peut être contrôlé par une pompe volumétrique, par exemple par une pompe

péristaltique connue en soi et non représentée ici. Une imprégnation des rubans par cascade évite tout frottement ou flexion des fibres, ce qui a un effet bénéfique quant à leur résistance mécanique. De plus, l'entretien et le nettoyage de l'appareil sont facilités. La résine qui s'écoule des cascades peut être collectée et éventuellement filtrée avant d'être remise à disposition des cascades.

[0062] Après leur imprégnation de résine, les rubans n'ont plus que l'œillet 103 comme point de contact avec l'appareil, ce qui simplifie encore l'entretien de l'appareil.

[0063] On comprend que le support rotatif 101 est mobile par rapport au dispositif d'alimentation 102 selon une direction parallèle à l'axe de l'ébauche de réservoir afin de permettre l'enroulement progressif du ruban 15 par des mouvements d'aller et retour coordonnés à la vitesse de rotation du support rotatif 101, c'est à dire à la vitesse de rotation de l'ébauche. Les moyens pour déplacer le support comprennent par exemple un moto-réducteur déplaçant une courroie crantée à laquelle est lié le support. Inversement, le support rotatif pourrait être stationnaire et l'œillet pourrait alors être mobile axialement, avec ou sans mouvement axial du dispositif d'imprégnation.

[0064] De préférence, un deuxième dispositif d'alimentation 102' est disposé en face du premier, de l'autre côté de l'appareil par rapport au support rotatif 101 afin de fournir le deuxième ruban 15' de manière symétrique par rapport au premier ruban 15. Ainsi chaque dispositif d'alimentation fournit indépendamment de l'autre son ruban de fibres imprégnées de résine liquide sous tension contrôlée. Comme décrit plus haut, on peut envisager d'enrouler plus de deux rubans simultanément auquel cas il est préférable de prévoir un nombre correspondant de dispositifs d'alimentation indépendants.

Revendications

- 1 – Réservoir (1) pour le stockage de fluide sous haute pression de forme générale cylindrique et de section ronde comportant à chacune de ses extrémités le long de son axe (2) un embout métallique d'extrémité (3, 4), un liner (6) enveloppant lesdits embouts, une couche structurelle (7) en fibre imprégnée de résine thermodurcissable enveloppant ledit liner, chaque embout comportant une surface d'appui extérieure venant en appui contre le liner, ladite surface d'appui comprenant une partie non cylindrique, la pression interne du réservoir ayant tendance à serrer lesdits embouts contre le liner.
- 2 – Réservoir selon la revendication 1, dans laquelle chaque embout comporte en outre un joint élastomérique (11) disposé dans une gorge annulaire (10) de la partie non cylindrique de la surface extérieure dudit embout (3, 4), la pression interne du réservoir ayant tendance à serrer l'embout contre le liner (6) en comprimant le joint (11).
- 3 – Réservoir selon la revendication 2 dans lequel le joint (11) est un joint torique.
- 4 – Réservoir selon l'une des revendications précédentes, la couche structurelle (7) étant une couche de fibre de carbone.
- 5 – Réservoir selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre une couche extérieure de protection (8) en fibre de verre enveloppant la couche structurelle (7).
- 6 – Réservoir selon l'une des revendications précédentes dans lequel la couche structurelle (7), et le cas échéant la couche de protection (8), est (sont) constituée(e) à partir d'un ruban de fibres (15) enroulé autour du liner.
- 7 – Réservoir selon l'une des revendications précédentes dans lequel le liner (6) est en polyamide d'une épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, de préférence inférieure à 1.5 mm.
- 8 – Réservoir selon l'une des revendications précédentes dans lequel, pour chaque extrémité, une virole (9) extérieure à la couche structurelle (7) et solidaire de l'embout (3, 4) le maintient axialement en place.

9 – Réservoir selon l'une des revendications précédentes dans lequel, pour chaque extrémité, une bague de fretage (63) maintient chaque extrémité du liner (6) radialement serrée sur l'embout.

5 10 - Réservoir selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le diamètre extérieur des embouts correspond sensiblement au diamètre intérieur du réservoir.

11 – Méthode de fabrication d'un réservoir (1) de forme générale cylindrique de section ronde pour le stockage de fluide sous haute pression, le réservoir comprenant autour d'un axe (2) un
10 liner (6) et une couche structurelle (7), ladite méthode comprenant des étapes consistant successivement à :

- placer des embouts métalliques (3, 4) à l'intérieur d'un tube destiné à former le liner,
- conformer les extrémités du tube à la forme extérieure des embouts en réduisant localement le diamètre du tube,
- 15 • enrouler au moins un ruban (15) de fibre imprégnée de résine thermodurcissable autour du liner pour former la couche structurelle du réservoir.

12 – Méthode selon la revendication 11 comprenant en outre une étape consistant à placer des joints élastomériques (11) dans des gorges annulaires (10) de la surface radialement extérieure des
20 embouts en regard du tube destiné à former le liner.

13 – Méthode selon l'une des revendications 11 à 12 comprenant en outre une étape consistant à placer une bague de fretage (63) autour des extrémités du tube conformées sur les embouts.

25 14 – Méthode selon l'une des revendications 11 à 13 comprenant en outre une étape consistant à enrouler un deuxième ruban de fibre imprégnée de résine thermodurcissable autour de la couche structurelle (7) pour former une couche extérieure de protection (8) du réservoir.

15 – Méthode selon la revendication 14 dans laquelle le deuxième ruban de fibres est abouté au
30 premier ruban de fibres.

16 – Méthode selon l'une des revendications 11 à 15 dans laquelle une pression interne est maintenue dans le volume de l'ébauche constituée du liner et des embouts pendant l'enroulement du ruban.

- 17 – Méthode selon l'une des revendications 11 à 16 dans laquelle une traction axiale est maintenue sur l'ébauche constituée du liner et des embouts pendant l'enroulement du ruban.
- 5 18 – Méthode selon l'une des revendications 11 à 17 précédentes dans laquelle on enroule simultanément deux rubans (15, 15') de manière sensiblement symétrique par rapport à l'axe (2) de l'ébauche constituée du liner et des embouts.
- 10 19 – Méthode selon l'une des revendications 11 à 18 dans laquelle pour réaliser l'enroulement, on entraîne l'ébauche constituée du liner et des embouts en rotation autour de son axe (2), l'ébauche étant tenue par les embouts, les rubans étant guidés par un moyen mobile (103) parallèlement à l'axe de l'ébauche.
- 15 20 – Méthode selon la revendication 19 dans laquelle l'axe (2) de l'ébauche est maintenu sensiblement horizontal pendant l'enroulement.
- 21 – Appareil (100) pour l'enroulement d'un ruban de fibres autour d'une ébauche de forme générale cylindrique de section ronde comprenant:
- un support rotatif (101) apte à maintenir l'ébauche par ses extrémités,
 - 20 • des moyens d'entraînement du support rotatif en rotation autour de l'axe de l'ébauche (2),
 - un dispositif d'alimentation (102) en ruban (15) de fibre imprégné de résine,
 - des moyens pour déplacer le dispositif d'alimentation parallèlement à l'axe de l'ébauche.
- 25 22 – Appareil selon la revendication 21 dans lequel le dispositif d'alimentation en ruban de fibre comprend un dispositif d'imprégnation (104) du ruban en résine liquide.
- 23 – Appareil selon la revendication 22 dans lequel le dispositif d'imprégnation (104) utilise au moins une cascade (105) de résine liquide agencée de manière à ce que le ruban la traverse.
- 30 24 – Appareil selon la revendication 23 dans lequel le dispositif d'imprégnation (104) utilise plusieurs cascades (105) agencées de manière à ce que le ruban les traverse successivement.

-14-

25 – Appareil selon l'une des revendications 21 à 24 dans lequel le ruban débouche du dispositif d'imprégnation (104) par un œillet (103) permettant de guider le ruban (15) pour l'enroulement autour de l'ébauche.

- 5 26 – Appareil selon l'une des revendications 21 à 25 dans lequel le support rotatif (101) permet d'exercer une tension axiale dans l'ébauche.

27 – Appareil selon l'une des revendications 21 à 27 dans lequel le support rotatif (101) permet de maintenir une pression de gaz à l'intérieur de l'ébauche.

10

28 – Appareil selon l'une des revendications 21 à 27 comprenant en outre un deuxième dispositif (102') d'alimentation en ruban de fibre (15').

- 15 29 – Appareil selon la revendication 28 dans lequel le deuxième dispositif d'alimentation (102') en ruban est disposé de manière symétrique au premier dispositif d'alimentation (102) par rapport à l'axe de l'ébauche (2).

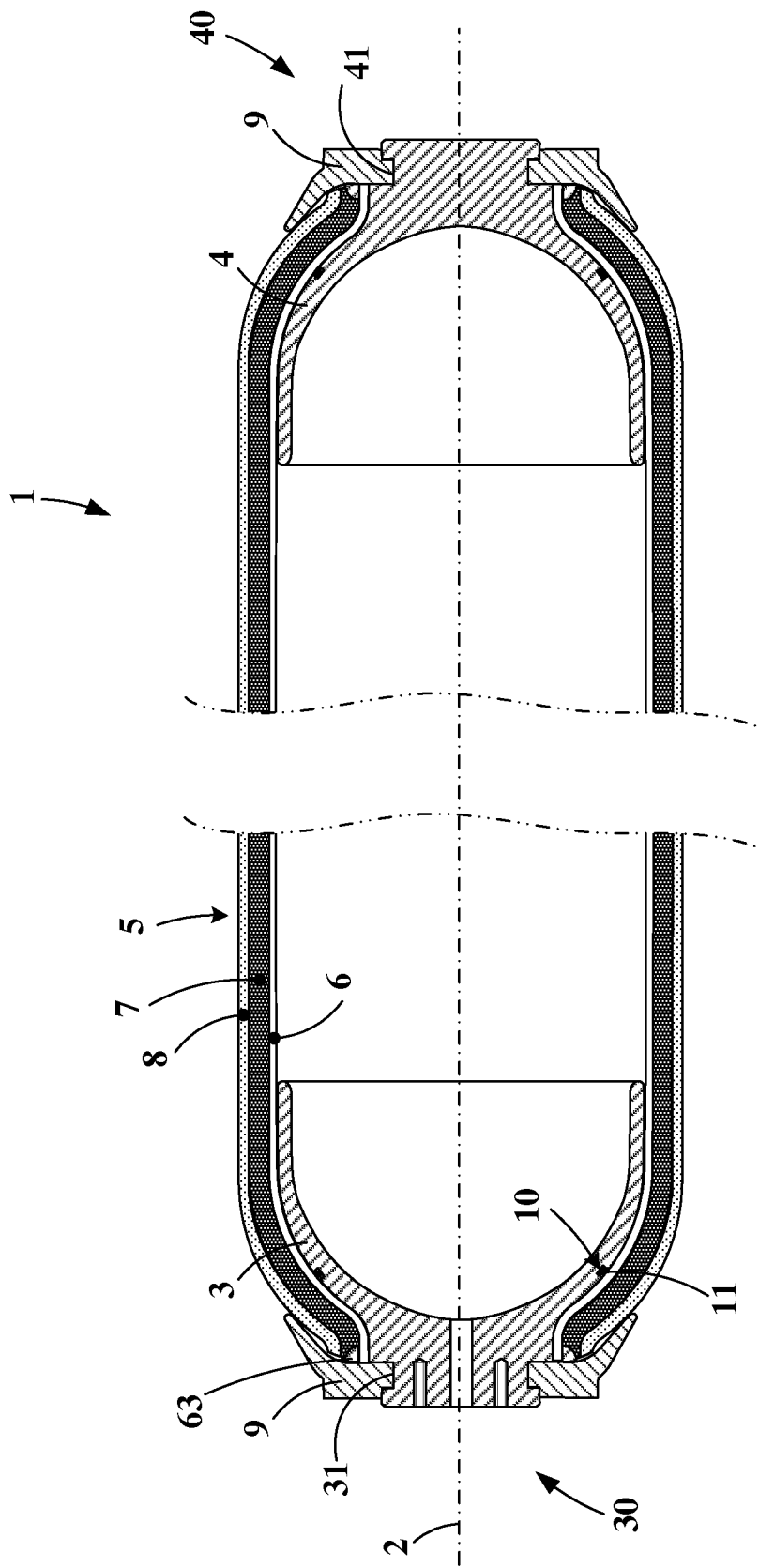


Fig. 1

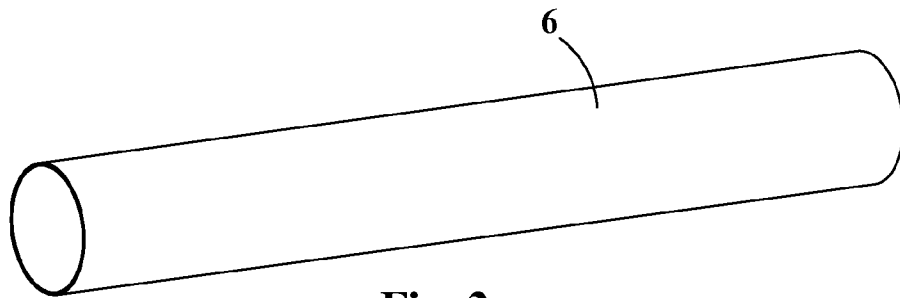


Fig. 2

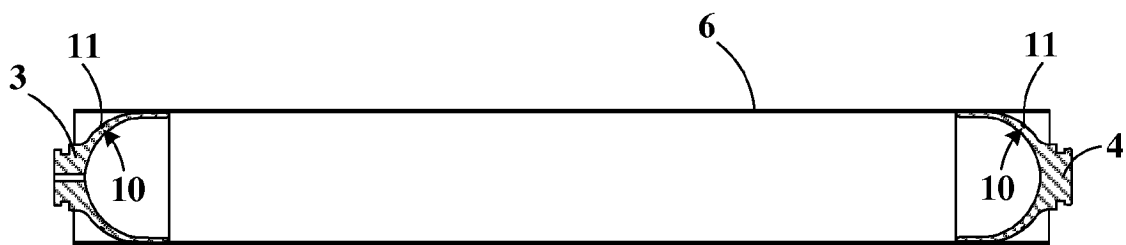


Fig. 3

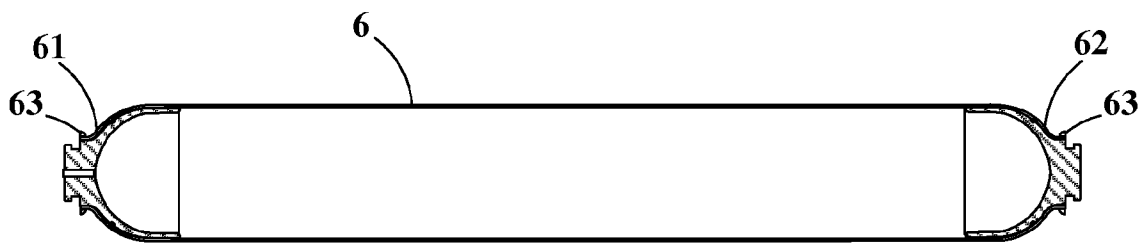


Fig. 4

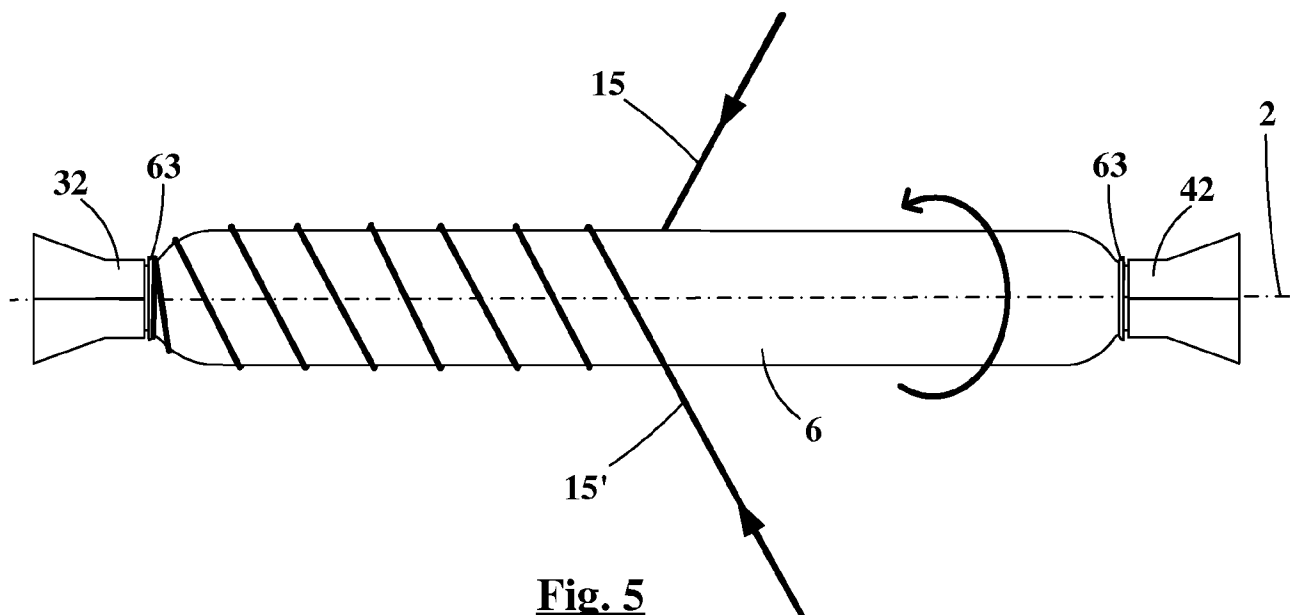


Fig. 5

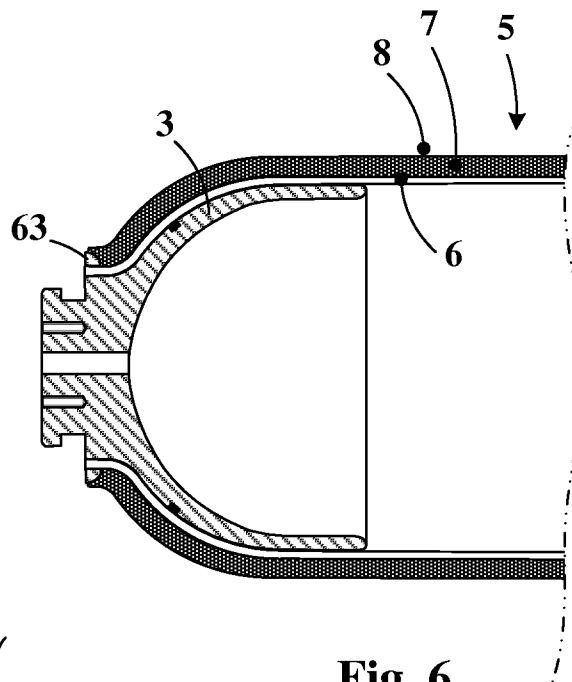


Fig. 6

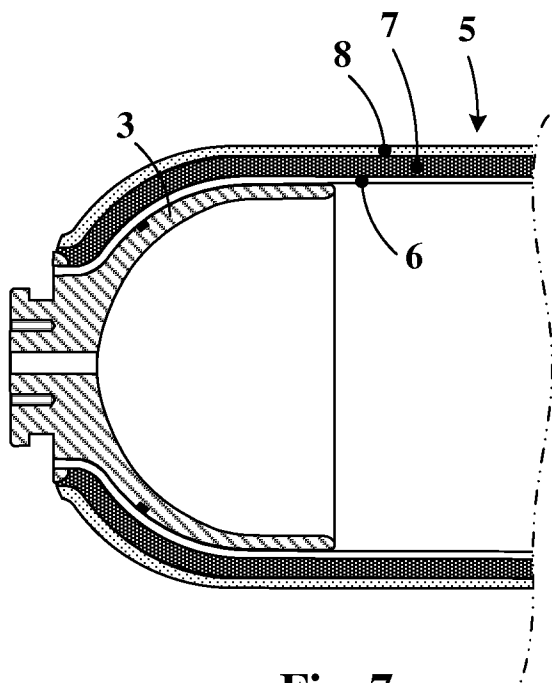


Fig. 7

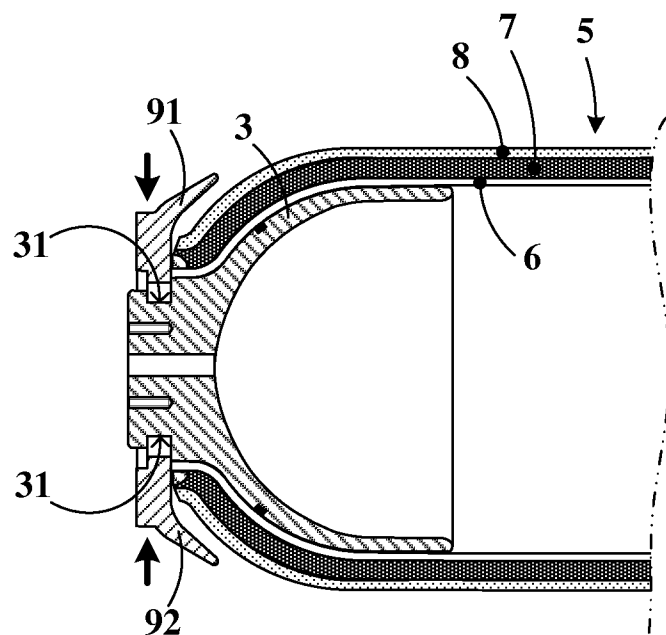


Fig. 8

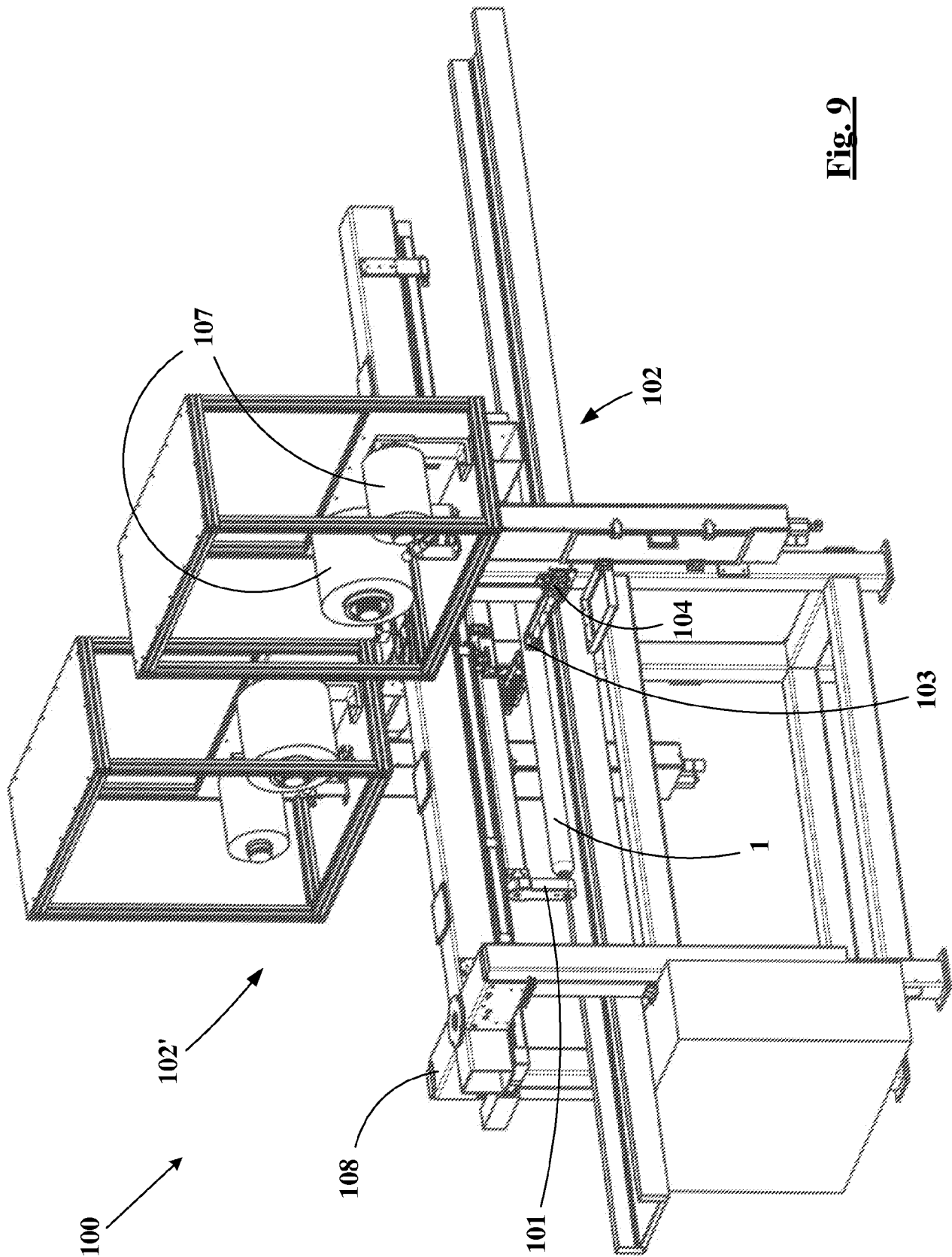


Fig. 9

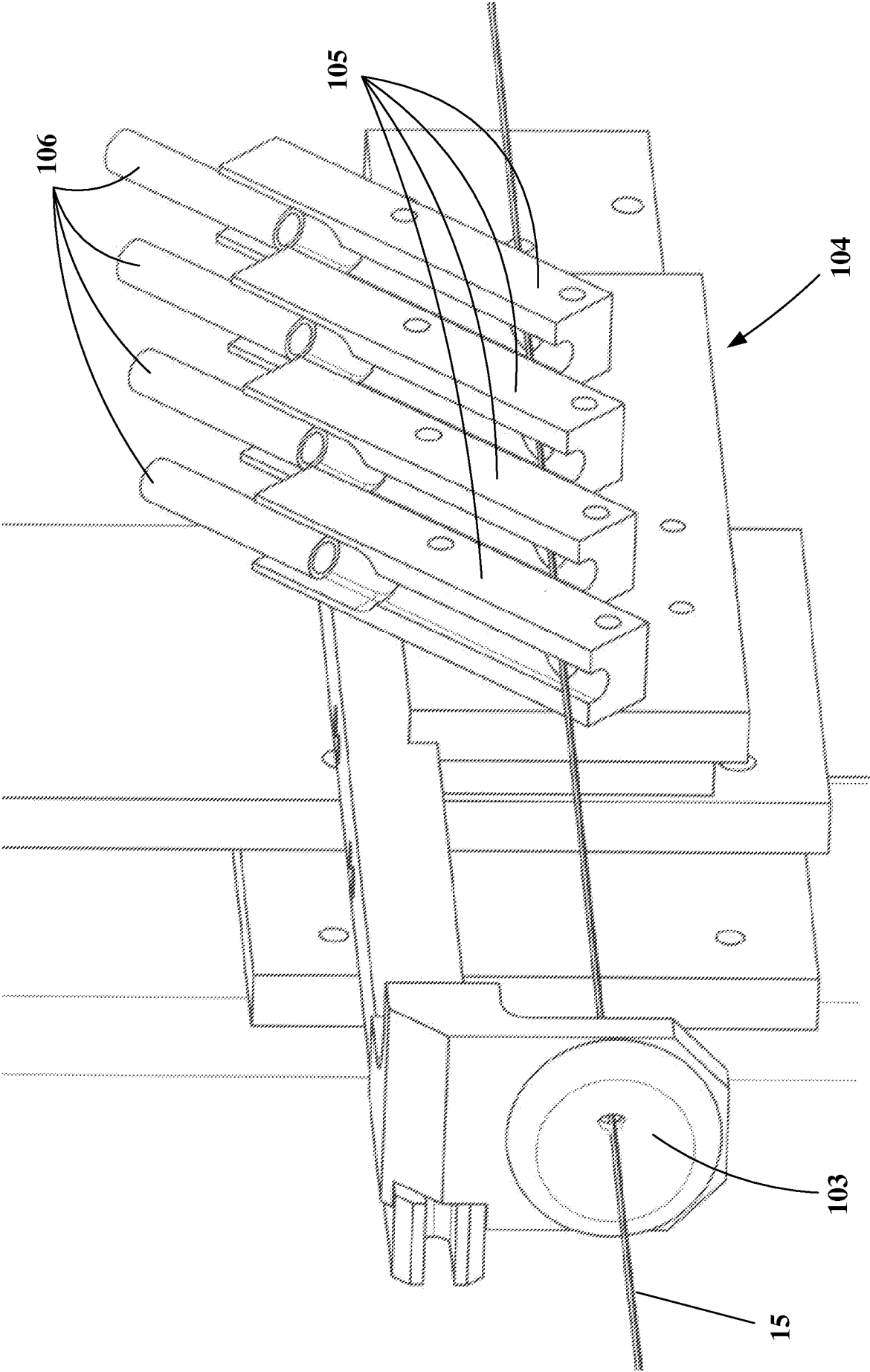


Fig. 10