

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :

3 003 190

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

13 52261

⑤① Int Cl⁸ : **B 21 D 51/24** (2013.01), **B 21 D 22/14**, **F 17 C 1/06**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 14.03.13.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.09.14 Bulletin 14/38.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : **LUXFER GAS CYLINDERS LIMITED**
— GB.

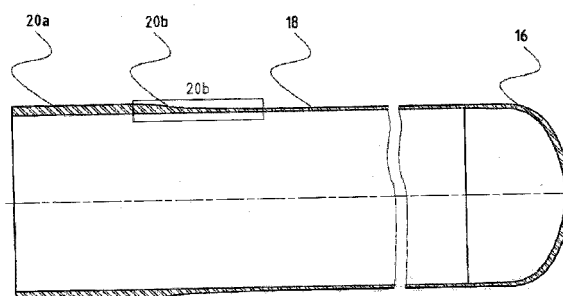
⑦② Inventeur(s) : **CHALANDON BERNARD, DAVAL
ROMARY et HEPPLER WARREN.**

⑦③ Titulaire(s) : **LUXFER GAS CYLINDERS LIMITED.**

⑦④ Mandataire(s) : **CABINET PLASSERAUD.**

⑤④ **PROCEDE DE FABRICATION DE LINERS POUR RESERVOIR SOUS PRESSION.**

⑤⑦ Procédé de fabrication d'un liner pour utilisation dans un réservoir sous pression comportant un processus d'éti-rage à froid qui profile une partie zone de transition 20b d'une enveloppe à liner en alliage d'aluminium 10. La zone de transition 20b relie une partie tambour aux parois amincies 18 et une partie extrémité aux parois plus épaisses 20a, qui se situe au niveau de l'ouverture de l'enveloppe. La zone de transition 20b peut être profilée par le processus d'éti-rage à froid de façon à réduire la vulnérabilité de l'enveloppe aux ruptures au cours de son retrait de la presse d'éti-rage à froid et également à redistribuer le matériau de l'enveloppe en vue d'un processus ultérieur au cours duquel un goulot fileté est formé à partir de la partie extrémité 20a. Ce procédé est particulièrement adapté au traitement de matériaux en alliage d'aluminium dur tel que AA7060 ou AA7032.



FR 3 003 190 - A1



PROCEDE DE FABRICATION DE LINERS POUR RESERVOIR SOUS PRESSION

La présente invention concerne la fabrication d'un liner pour utilisation dans un réservoir sous pression. Cette invention concerne en particulier la fabrication de liners pour réservoir sous pression en alliage d'aluminium
5 sans soudure ayant une extrémité fermée et une autre à goulot fileté pour attacher des raccords au réservoir.

Un réservoir sous pression du type concerné par la présente invention est en général utilisé pour contenir des fluides et gaz, tels que de l'oxygène ou des gaz d'étalonnage d'une pression allant typiquement jusqu'à environ
10 300 à 380 bar, bien que dans le cas du gaz d'hydrogène elle puisse aller jusqu'à 700 bar. Dans de nombreuses applications, telles que des bouteilles d'oxygène portables à usage médical et des appareils respiratoires autonomes, l'intention est de fournir un réservoir d'un poids minimum qui puisse en même temps supporter un grand nombre de
15 pressurisations et dépressurisations sans détérioration notable. Une solution consiste à fournir un liner fin imperméable constitué d'un matériau léger tel qu'un alliage d'aluminium (généralement désigné simplement en tant qu'aluminium) ou un matériau élastomère. Ce matériau est relativement extensible et incapable de supporter la pression interne et est
20 donc renforcé par enroulement avec des fibres de verre, carbone et / ou aramide imprégnées d'une résine telle que la résine époxy. La fonction primaire du liner est donc de contenir le fluide et de transmettre la pression du gaz aux fibres. Les liners en aluminium permettent également d'alléger la charge. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un liner entièrement
25 recouvert par le composite. C'est-à-dire, un liner qui est renforcé afin de supporter à la fois les contraintes longitudinales et circonférentielles. Les fibres sont en conséquence enroulées autour du liner cylindrique dans le sens circonférentiel et dans le sens hélicoïdal le plus près possible de la direction longitudinale.

- Les liners en aluminium entièrement bobinés sont bien connus et sont fabriqués depuis un certain nombre d'années. Le procédé de fabrication implique un certain nombre d'étapes qui ont été améliorées ou ajoutées au fur et à mesure de l'amélioration de la performance du produit. Les
- 5 premiers processus étaient centrés autour des étapes d'extrusion, d'étirage et de formage. L'aluminium est extrudé au travers d'une matrice à température ambiante afin d'obtenir un tube creux fermé à une extrémité. Ce tube est ensuite étiré au travers d'une deuxième matrice d'un diamètre réduit afin de réduire le diamètre du tube de liner et de renforcer le
- 10 matériau aluminium. Le tube est coupé à la longueur voulue. Les extrémités arrondies du réservoir sont formées par chauffage suivi de l'application d'une pression sur le tube en rotation afin de guider le matériau pour former une extrémité hémisphérique avec un goulot longitudinal.
- 15 Le besoin d'avoir un goulot fileté signifie que le réservoir doit comporter une certaine épaisseur minimum au niveau du goulot. C'est-à-dire qu'il faut suffisamment de matériau dans le goulot pour lui permettre de supporter le filetage afin de pouvoir lui fixer un raccord. En outre, la portion de goulot est moins bien renforcée par enroulement filamentaire que dans la bouteille
- 20 fini et doit néanmoins supporter la pression exercée sur le raccord par le gaz stocké. Ces considérations posent effectivement une limite minimum de la quantité de matériau à utiliser dans le goulot. Lors des procédés de fabrication de l'état antérieur de la technique, le tube du réservoir était d'une épaisseur uniforme. Le besoin d'avoir une certaine épaisseur au
- 25 niveau du goulot restreignait donc le reste du réservoir à la même épaisseur, ayant pour résultat que la partie cylindrique du réservoir était plus épaisse que nécessaire. Par conséquent, le liner comportait un surplus de matériau, qui ne contribuait en rien à la réduction de son coût et de son poids.
- 30 CA 2.151.862 décrit une mise au point des procédés de fabrication

- antérieurs dans laquelle le tube en aluminium extrudé est placé dans une machine de fluotournage. Des rouleaux exercent une pression sur le tube pour réduire l'épaisseur de la partie tambour tout en conservant l'épaisseur des extrémités. Les extrémités sont alors formées par rotation afin d'obtenir
- 5 des extrémités en forme de coupole fermées avec des goulots s'étendant dans la direction longitudinale.

- Trois procédés sont décrits dans JP 2000/202552 pour obtenir une bouteille aux parois amincies dans la partie cylindrique. Ces procédés varient aux étapes initiales de formage d'un tube ou d'une enveloppe
- 10 hémisphérique. Par exemple, une enveloppe est formée par profilage d'une billette d'aluminium entre un poinçon et une matrice. Le résultat est un tube comportant une extrémité fermée. La partie cylindrique centrale du tube est alors réduite d'épaisseur par étirage avant la fermeture de la partie ouverte plus épaisse par repoussage.

- 15 Une autre approche pour réduire le poids du liner consiste à utiliser une plus petite quantité d'un matériau plus résistant. Une gamme d'alliages d'aluminium a été utilisée pour la fabrication de liners. Des alliages d'aluminium durcissable par précipitation sont généralement préférés, par exemple les séries AA2xxx, AA6xxx, AA7xxx et AA8xxx telles que définies
- 20 dans *International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Aluminum Alloys* publié par *The Aluminum Association* révisé juin 1994. Des alliages plus durs, tels que l'alliage AA7060, ne se prêtent cependant pas aux méthodes de traitement qui ont été utilisées avec succès pour les alliages moins durs tels que AA6061.

- 25 Il existe par conséquent un besoin ressenti d'un nouveau procédé de fabrication de liners en aluminium qui puisse être appliqué à une plus grande gamme de matériaux que celle possible grâce aux procédés de l'état antérieur de la technique. L'objet de la présente invention est donc de fournir un tel procédé de fabrication qui peut être efficacement utilisé sur

5 tout un ensemble d'alliages en aluminium, y compris les séries AA7xxx plus résistantes. En particulier, le liner qui en résulte, lorsqu'il est entièrement bobiné, est potentiellement moins encombrant et plus léger que les réservoirs sous pression équivalents connus de l'état antérieur de la technique.

La présente invention fournit par conséquent un procédé de fabrication d'un liner pour utilisation dans un réservoir sous pression, le procédé comportant les étapes visant à :

- 10 (a) Fournir une enveloppe, ou ébauche d'étui, en alliage d'aluminium, ayant une extrémité en fermée et une ouverture, l'enveloppe comportant une partie cylindrique aux parois amincies, une partie extrémité au niveau de l'ouverture aux parois plus épaisses et une zone de transition d'épaisseur décroissante ;
- 15 (b) Etirer l'enveloppe à froid à l'aide d'un poinçon ayant des parois généralement cylindriques et une partie supérieure profilée qui, au cours de l'opération d'étirage, rejoint la zone de transition de l'enveloppe ;
- (c) Former la partie extrémité et la zone de transition afin de fermer l'ouverture et de former un goulot s'étendant à partir de celle-ci ; et
- 20 (d) Découper un filetage dans le goulot.

La présente invention est avantageuse dans le sens où elle convient non seulement au traitement d'alliages d'aluminium plus souples, tels que AA6061, mais également aux matériaux AA7060 et AA7032, qui étaient auparavant considérés comme des matériaux relativement réfractaires

25 dans le cadre du travail à froid. Il s'est cependant avéré, de façon surprenante, que le travail à froid peut être appliqué efficacement à ces matériaux, notamment si la zone de transition du cylindre est profilée par

étirage à froid conformément au procédé décrit dans le présent.

Dans un mode de réalisation préféré, la partie supérieure profilée du poinçon s'étend généralement vers l'intérieur et l'étape d'étirage à froid comporte les étapes visant à :

- 5 (i) pousser le poinçon et l'enveloppe à l'intérieur d'une matrice dont le diamètre est plus petit qu'au moins un diamètre extérieur de la partie extrémité de l'enveloppe ; et
 (ii) retirer le poinçon de l'enveloppe de sorte que la partie cylindrique du poinçon forme en outre la zone de transition de l'enveloppe.
- 10 Au cours de ce processus d'étirage à froid, la zone de transition est poussée vers l'intérieur pour rejoindre la partie supérieure profilée du poinçon. Au fur et à mesure du retrait du poinçon, sa partie inférieure généralement cylindrique repousse la zone de transition profilée vers l'extérieur et aplatit de façon pratique sa surface intérieure. Ceci amène
- 15 ensuite le profilage apporté à la zone de transition de l'enveloppe à être transmis à l'extérieur de l'enveloppe. Ce profilage peut être tel qu'il présente des avantages pratiques lors des étapes suivantes du traitement de l'enveloppe.
- 20 Il s'avère notamment que, dans des modes de réalisation dans lesquels la partie supérieure profilée du poinçon comporte une première portion courbée vers l'intérieur d'un rayon convexe de courbure R_1 adjacente à une deuxième portion courbée vers l'intérieur d'un rayon concave de courbure R_2 , la première portion protège en quelque sorte l'enveloppe lors de son retrait du poinçon, la rendant moins sensible aux ruptures, et la
- 25 deuxième portion épaissit efficacement la paroi de l'enveloppe au niveau de l'extrémité de celle-ci. Ce dernier fait est avantageux lors du traitement ultérieur de la partie extrémité pour fermer l'ouverture et former le goulot du

liner.

R1 est de préférence plus grand que R2 et de préférence égal à deux fois R2 $\pm 20\%$.

R1 et R2 peuvent être déterminés par les équations

5

$$R1 = \frac{1515 \times (T_{fm} - FTT)}{A}$$

$$R2 = \frac{675 \times (T_{fm} - FTT)}{A}$$

10 où la partie extrémité de l'enveloppe, après l'étirage, a une épaisseur T_{fm}, la zone de transition a une partie en coin, après l'étirage, d'épaisseur maximum FTT et A est une valeur constante entre 11 et 60.

15 La matrice à l'intérieur de laquelle le poinçon et l'enveloppe peuvent être poussés au cours de l'opération d'étirage à froid peut en outre avoir un diamètre plus petit qu'un diamètre extérieur de la partie cylindrique de l'enveloppe. Ce plus petit diamètre d'enveloppe permet de procéder à l'étirage à froid sur toute la longueur de l'enveloppe, augmentant sa longueur, amincissant les parois de l'enveloppe et renforçant l'ensemble du matériau.

20 Avant l'étirage à froid, l'enveloppe, ou ébauche d'étui, ayant une extrémité en fermée et une ouverture peut être profilée par usinage pour obtenir une enveloppe dont la partie cylindrique a des parois amincies, une partie extrémité dont les parois sont plus épaisses et une zone de transition d'épaisseur décroissante. En variante, cette enveloppe profilée peut être obtenue grâce à des procédés connus de l'état antérieur de la technique, 25 par exemple tels que décrits dans JP 2002/202552. L'usinage s'avère cependant être plus adapté au traitement d'alliages d'aluminium plus solides, tels que AA7060.

L'enveloppe est de préférence formée par extrusion de l'alliage d'aluminium. Elle peut autrement être formée par emboutissage profond.

Dans le procédé de la présente invention, l'ouverture et le goulot de l'enveloppe peuvent être formés par repoussage.

- 5 L'alliage d'aluminium est de préférence un alliage dur tel qu'un alliage sélectionné parmi les séries AA7xxx ou AA2xxx. En particulier, il peut être sélectionné parmi la série AA7xxx et être de préférence AA7060 et/ou AA7032. Ces alliages sont des matériaux en aluminium particulièrement résistants dont l'utilisation permet par conséquent de fabriquer un liner
- 10 d'une solidité similaire à celle de l'état antérieur de la technique mais en utilisant moins de matériau. Un tel liner est donc plus léger et plus facilement transportable que ceux de l'état antérieur de la technique, ce qui en améliore l'utilité. L'étape d'étirage à froid peut impliquer le travail à froid de l'enveloppe d'une quantité de 15 à 38% et de préférence d'une quantité
- 15 de 25 à 38%.

La description suivante de la présente invention est donnée uniquement à titre d'exemple et en référence aux dessins annexes, dans lesquels :

- La Figure 1 représente un schéma de principe illustrant les étapes du procédé impliquées dans la fabrication d'un liner conformément à la
- 20 présente invention ;

La Figure 2 représente une vue en coupe transversale d'un schéma simplifié d'un liner après extrusion conformément à la présente invention ;

La Figure 3 représente une illustration du même liner après ajustement de sa forme par usinage ;

- 25 La Figure 4a représente un schéma simplifié d'un liner usiné au début du processus d'étirage à froid ;

La Figure 4b représente une illustration du même liner au cours des premières étapes du processus d'étirage à froid ;

La Figure 4c représente un agrandissement de la partie C de la Figure 4b, illustrant une partie profilée du poinçon d'étirage à froid ;

- 5 La Figure 4d représente une illustration du liner à la fin de l'étape d'étirage à froid ;

La Figure 4e représente un schéma simplifié du retrait du liner du poinçon d'étirage à froid ;

- La Figure 5 représente une vue en coupe transversale illustrant
10 l'allongement et le profilage du liner après l'étirage à froid ;

La Figure 6 représente un schéma agrandi de la partie 20b du liner de la Figure 5, illustrant la forme de la transition de paroi fine à paroi épaisse, qui est importante pour la présente invention ;

- La Figure 7 représente une vue en coupe transversale du liner après avoir
15 subi un repoussage afin de former un goulot ;

La Figure 8 représente une vue en coupe transversale du goulot du liner suite au filetage en préparation de l'attache d'un raccord de valve ; et

- La Figure 9 représente un schéma de principe illustrant les étapes du processus impliquées dans la conception de la partie profilée du poinçon
20 d'étirage à froid afin de fabriquer un liner conformément à la présente invention.

En référence à la Figure 1 et aux autres Figures le cas échéant, la description suivante est donnée en tant qu'exemple d'un liner fabriqué conformément au procédé de la présente invention.

Lors d'une première étape S10, une billette cylindrique en alliage d'aluminium AA7060 est soumise à une extrusion inverse à froid à l'aide d'une presse hydraulique afin de former une enveloppe. La Figure 2 illustre un exemple d'enveloppe 10 obtenue par ce procédé. La presse comporte

5 un poinçon ayant un diamètre et une base en forme de coupole correspondant respectivement au diamètre intérieur et à la base fermée de l'enveloppe et un moule et contremoule ayant une forme correspondant à l'extrémité de la base externe de l'enveloppe. Le poinçon pousse la billette

10 soumise à une extrusion inverse autour du poinçon afin de former une enveloppe hémisphérique 10. L'enveloppe 10 comporte une partie en couronne fermée arrondie 16, et une partie tubulaire 18, 20 avec une épaisseur de paroi uniforme. La partie tubulaire 18, 20 peut en outre être

15 considérée comme comportant une partie cylindrique 18 et une partie extrémité ouverte 20.

Lors d'une deuxième étape S20, l'enveloppe 10 est placée dans un tour à commande numérique par ordinateur (CNC) pour un usinage extérieur. La Figure 3 illustre une vue en coupe transversale de l'enveloppe 10 après usinage. La fonction de l'étape d'usinage S20 est d'amincir les parois de la

20 partie tambour 18, en éliminant le matériau d'alliage excédentaire aux besoins de résistance. Une partie 20a de la partie extrémité 20 près de l'ouverture de l'enveloppe n'est pas ou très peu usinée afin de conserver en grande partie son épaisseur d'origine. Le reste 20b de la partie

25 extrémité, entre l'extrémité plus épaisse 20a et la partie tambour plus fine 18 est usiné pour former une zone de transition. Dans la zone de transition 20b, la paroi est généralement effilée de façon linéaire entre les deux épaisseurs (des parties tambour 18 et extrémité 20a).

L'enveloppe 10 est ensuite recuite à l'étape S30 afin de adoucir l'alliage en vue de l'étirage à froid. Le recuit est effectué à une température comprise

30 dans la plage adaptée à l'alliage traité. Dans ce mode de réalisation, le

matériau de l'enveloppe est un alliage d'aluminium des séries AA7xxx, qui est donc recuit à une température allant de 385 à 405 °C pendant 3 à 5 heures. On laisse refroidir l'enveloppe 10 à température ambiante.

5 L'étape de recuit S30 est suivie par l'étirage à froid S40. Par étirage à froid, nous entendons l'extension de l'enveloppe de sorte que son matériau se déforme à une température inférieure à celle à laquelle une restauration ou une recristallisation notable se produit. Il est de préférence effectué à une température égale ou proche de la température ambiante.

10 La séquence d'étapes impliquées dans le processus d'étirage à froid S40 est illustrée plus en détail dans les Figures 4a à 4e. En référence tout d'abord à la Figure 4a, l'enveloppe 10 est représentée dans une presse d'étirage à froid 22. L'enveloppe 10 est lubrifiée et placée sur un poinçon 24, dont le diamètre et la base correspondent généralement au diamètre intérieur et à la couronne 16 de l'enveloppe. Le poinçon 24 est
15 généralement cylindrique avec une partie profilée 24a au niveau de sa partie supérieure. Ceci est illustré plus en détail dans la Figure 4c. La presse 22 comprend le poinçon 24, une matrice 26 qui est responsable du travail de l'enveloppe 10, un support 28 qui soutient un équipement divers (non illustré) associé au contrôle du processus et une plaque d'extraction
20 30. Dans la Figure 4a, l'enveloppe 10 et le poinçon 24 sont représentés soutenus par un guide en vue du processus d'étirage à froid S40.

La Figure 4b représente la presse d'étirage à froid 22 au début de l'étirage à froid. La matrice 26 a la même forme d'ensemble que l'enveloppe 10 mais son diamètre est plus petit que le diamètre extérieur de la partie
25 tambour de l'enveloppe. Au fur et à mesure que l'enveloppe 10 est poussée à l'intérieur de la matrice, un travail à froid est effectué sur ses parois, qui sont amincies et allongées. C'est-à-dire que la longueur globale de l'enveloppe 10 est augmentée et que son épaisseur de paroi est diminuée.

Comme déjà indiqué ci-dessus, le poinçon 24 comporte une partie profilée 24a. Celle-ci est représentée plus en détail dans la Figure 4c, qui est un agrandissement de la partie C de la Figure 4b. La partie profilée est graduellement courbée. La partie inférieure est courbée vers l'intérieur

5 (vers la partie interne du poinçon) avec un rayon convexe de courbure R1. La forme adopte ensuite une courbure concave de rayon R2. Comme il est montré dans la Figure 4c, avant l'étirage à froid, ceci laisse un espace 32 entre le poinçon 24 et la surface interne de l'enveloppe 10. Alors que l'étirage à froid se poursuit, l'enveloppe 10 est allongée jusqu'à ce que la

10 zone de transition en forme de coin 20b soit située adjacente à la partie profilée 24a du poinçon, le moment auquel la partie profilée 24a est sur le point d'être poussée à l'intérieur de la matrice 26. Un déplacement supplémentaire du poinçon 24 à l'intérieur de la matrice 26 amène la zone de transition 20b à être pressée contre la partie profilée 24a du poinçon de

15 sorte qu'elle prend une forme courbée dont l'épaisseur de paroi varie le long de sa longueur. L'achèvement du cycle d'étirage à froid S40, l'enveloppe ayant été entièrement forcée à l'intérieur de la matrice 26, est représenté dans la Figure 4d.

La Figure 4e illustre l'enveloppe 10 au moment de son retrait du poinçon

20 24. Après la situation illustrée dans la Figure 4d, la plaque d'extraction 30 est déplacée vers l'intérieur afin de toucher les bords du poinçon 24, au-dessus de l'enveloppe 10. Le poinçon 24 est ensuite retiré de la matrice. Au moment où l'enveloppe 10 est soulevée avec le poinçon, son bord s'accroche à la plaque d'extraction 30. Le poinçon 24 continue alors d'être

25 retiré et l'enveloppe 10 est enlevée. Ce retrait requiert cependant un travail supplémentaire de la zone de transition 20b. Il est rappelé que la zone de transition 20b est courbée vers l'intérieur au cours du processus d'étirage à froid. C'est-à-dire que la surface intérieure de l'enveloppe sur cette partie est courbée vers l'intérieur, avec un diamètre inférieur à celui du reste de

30 l'enveloppe 10 et également de la partie cylindrique du poinçon. Par conséquent, alors que le poinçon est tiré vers le haut hors de l'enveloppe,

la surface intérieure de la zone de transition 20b de l'enveloppe est lissée. En conséquence, la zone de transition 20b est profilée de nouveau et les déformations courbées sont transférées à la surface extérieure.

- La Figure 5 est une vue en coupe transversale de l'enveloppe-même 10 après étirage à froid. Le résultat est une augmentation de la longueur, en comparaison avec l'enveloppe 10 avant étirage à froid illustrée dans la Figure 3, une diminution de l'épaisseur de paroi et un reprofilage de la zone de transition 20b. Une vue en coupe transversale de la zone de transition reprofilée 20b est représentée plus en détail dans la Figure 6.
- 10 En référence à la Figure 6, une surface intérieure 34 de l'enveloppe du liner est essentiellement parfaitement lisse et cylindrique. Par conséquent, sur cette vue en coupe transversale, la surface intérieure 34 apparaît comme une ligne droite, substantiellement parallèle à l'axe longitudinal du cylindre. Une surface extérieure 36 est formée par le processus d'étirage à
- 15 froid S40 à l'intérieur d'une partie présentant une augmentation généralement courbée de son épaisseur. L'épaisseur LT (après étirage à froid) de la partie tambour 18 de l'enveloppe est indiquée sur la Figure 6 à l'endroit où la zone de transition 20b commence à augmenter en épaisseur. Sur une première longueur FTL, la paroi présente une augmentation
- 20 d'épaisseur généralement linéaire, formant, en coupe transversale, un faible angle de tranchant α . Après la longueur FTL, la surface 36 s'élève vers le haut, augmentant l'épaisseur de la paroi de l'enveloppe avec un profile courbé (concave) ayant un rayon de courbure relativement grand R1. La courbure devient par la suite convexe avec un rayon de courbure
- 25 R2 et l'épaisseur de la paroi de l'enveloppe augmente jusqu'à atteindre l'épaisseur Tfm de l'extrémité plus épaisse de l'enveloppe. Ces rayons de courbure R1 et R2 sont environ égaux à ceux présentés par la partie profilée 24a du poinçon 24 et les même symboles de représentation sont donc utilisés. Il ne faut cependant pas oublier qu'il y aura un certain retour
- 30 élastique et autres déformations inhérentes au retrait de l'enveloppe du

poinçon et que cette égalité présumée est uniquement approximative.

Il y a un certain nombre de facteurs à considérer à la fois lors de l'opération d'étirage à froid et lors de la définition de la forme de la zone de transition 20b. De telles considérations sont au cœur de nombreux modes de
5 réalisation du procédé de la présente invention et seront abordées plus en détail ci-dessous. Pour le moment, il suffit de comprendre que l'étirage à froid renforce et amincit les parois de l'enveloppe et ajuste la forme de la zone de transition 20b.

Après l'étirage à froid S40, l'étape suivante S50 consiste à repousser la
10 partie extrémité 20a, 20b de l'enveloppe 10 pour obtenir un embout en forme de coupole substantiellement fermé 40 ayant un goulot s'étendant vers l'extérieur 42. Le repoussage est une technique conventionnelle bien connue et souvent utilisée pour former une partie goulot sur un récipient cylindrique. Il est, par exemple, utilisé dans les deux procédures de l'état
15 antérieur de la technique indiquées ci-dessus : CA 2 151 862 et JP 2000/202552. Il ne sera donc pas décrit plus en détail.

La zone de transition 20b et l'extrémité plus épaisse 20a sont formées pour obtenir l'embout 40 et le goulot 42 de la façon suivante. Le tranchant linéaire FTL forme la partie supérieure de la partie cylindrique de
20 l'enveloppe. La première partie courbée R1 recouvre la première courbure de l'embout en forme de coupole, le matériau de l'enveloppe étant courbé vers le centre. La deuxième partie courbée R2 recouvre la deuxième courbure à partir de laquelle l'embout 40 commence à former le goulot. Le goulot-même est formé à partir de matériau provenant principalement de
25 l'extrémité plus épaisse 42 de l'enveloppe.

Une variante du repoussage est le formage à matrices multiples dans lequel l'embout et le goulot sont formés au moyen de petites déformations attribuées à tour de rôle par des moules profilés.

Après le repoussage, l'enveloppe 10 est soumise à un traitement de mise en solution S60. Le traitement de mise en solution est effectué par chauffage de l'alliage à une température à laquelle l'intégralité ou la plupart des éléments solubles sont mis en solution (typiquement de 400 à 545 °C pour les alliages d'aluminium) et ensuite par refroidissement à un rythme suffisant pour conserver la plupart ou l'intégralité des éléments solubles dans la solution. Le traitement de mise en solution est suivi d'un durcissement par vieillissement pour augmenter la dureté de l'alliage. Dans l'exemple spécifique de l'alliage AA7060, le vieillissement est effectué par un processus à deux étapes, la température de la deuxième étape étant supérieure à celle de la première. Le traitement de mise en solution et le durcissement par vieillissement sont des techniques de traitement bien connues et leur application aux alliages d'aluminium a été bien documentée. Les détails du processus sont donc clairs pour l'homme du métier et il n'est donc pas nécessaire d'élaborer davantage. Ce traitement thermique donne au liner les propriétés mécaniques et la résistance à la corrosion nécessaires à son utilisation en tant que réservoir haute pression.

Lors de l'étape finale S70 de la fabrication du liner conformément à la présente invention, l'enveloppe 10 est à nouveau placée dans un tour CNC pour usinage. En référence à la Figure 8, le tour est utilisée pour découper une partie filetée 44 dans la partie intérieure du goulot 42. Ce besoin est une des raisons de la partie goulot plus épaisse : elle doit présenter une épaisseur de paroi suffisante pour permettre le découpage du filetage. Des variantes de mode de réalisation peuvent être filetées de l'extérieur. Un raccord de valve 46 est vissé dans le liner pour fermer cette extrémité et en vue de son utilisation.

Afin d'achever le processus de fabrication de la bouteille, l'enveloppe 10 est renforcées avec des fibres de carbone haute résistance imprégnées de résine époxy. Les fibres sont enroulées de façon conventionnelle, par

exemple à la fois en hélice et en boucle, pour fournir une résistance aux contraintes longitudinales et circonférentielles. Une couche de fibres de verre également imprégnée de résine époxy est aussi enroulée autour du cylindre pour fournir une protection supplémentaire à la fibre de carbone.

- 5 Le bobinage composite fibre/époxy est alors complètement durci. Pour finir, la bouteille bobinée est soumise à une opération d'autofrettage afin d'augmenter sa durabilité en induisant des contraintes résiduelles de compression.

- 10 Pour en revenir à l'opération d'étirage à froid S40 et au profilage de la zone de transition 20b, les facteurs qui contribuent à déterminer les détails de ces paramètres vont désormais être énoncés.

La quantité de travail à froid auquel la bouteille est soumise par l'étirage doit suffire à produire une grosseur de grain fine après une opération de recuit supplémentaire. Il s'agit d'éviter une croissance de grain secondaire.

- 15 Cette quantité requise dépend de facteurs tels que la composition de l'alliage et les détails précis du processus de recuit. La croissance de grain secondaire est particulièrement susceptible de se produire avec des degrés relativement faibles d'écrouissage. En pratique et pour l'alliage AA7060, le minimum requis sera probablement 20% d'écrouissage (tel que
20 défini par le changement dans la surface de la couronne). Si au contraire la quantité d'écrouissage est trop élevée, l'enveloppe 10 se fracturera pendant le traitement. Les alliages de série AA7xxx sont relativement difficiles à traiter et particulièrement susceptibles aux ruptures au cours d'une opération de travail à froid. La limite maximale d'écrouissage pour
25 AA7060 se trouve aux alentours de 38%.

Cette restriction s'applique principalement aux parties cylindrique 18 et du fond 16 de l'enveloppe. La partie extrémité plus épaisse 20 subit généralement moins de travail à froid au cours de l'étape d'étirage S40, mais le processus par lequel le goulot est ensuite formé modifie encore la

microstructure de l'alliage, rendant les effets du traitement précédent moins importants.

En revenant aux Figures 4c-e, il peut être remarqué qu'en retirant l'enveloppe 10 du poinçon 24, une force est appliquée du poinçon à la zone de transition orientée vers l'intérieur 20a, la poussant vers l'extérieur. L'effet de cette force est ressenti le plus fortement au début de la première courbure R1. C'est-à-dire là où la forme de tranchant initiale commence à se courber vers l'intérieur après une distance FTL. Le rayon de courbure est donc laissé relativement grand, afin de distribuer cette force le long de la longueur étirée de l'enveloppe et donc de réduire la possibilité de rupture du matériau.

En référence à la Figure 7, il est clair qu'il est souhaitable d'avoir davantage de matériau d'enveloppe au niveau du goulot, c'est-à-dire au niveau de l'extrémité plus épaisse de la zone de transition 20a, afin de supporter le filetage. Pour en revenir à la Figure 6, il peut être remarqué que l'effet du reprofilage de la zone de transition 20b à partir de la forme de tranchant qui résultait de l'étape d'usinage initiale S20 était d'enlever du matériau du milieu du tranchant et de le mettre dans la partie plus épaisse. La réduction du matériau et le grand rayon de courbure de la première partie non-linéaire aident au travail à froid et au retrait de l'enveloppe du poinçon d'étirage à froid. L'ajout de matériau à la partie supérieure aide au repoussage et autres procédures de profilage du goulot. La valeur de R1 est de préférence environ deux fois la valeur de R2.

La Figure 9 énonce les étapes impliquées dans la conception de la zone de transition pour la construction d'un liner particulier. Ceci est effectué en référence au processus d'étirage à froid et il s'agit essentiellement de remonter la chaîne de conditions nécessaires au travers du procédé de fabrication. Au début S80, les épaisseurs après étirage de la partie goulot et de la partie cylindrique de l'enveloppe sont choisies pour atteindre les

- objectifs de la conception finale du cylindre, par exemple, résistance à la pression conformément aux normes de conception, poids du cylindre, etc. Les tolérances en matière de taux d'étirage déterminent ensuite S82 les épaisseurs avant étirage des parties tambour et extrémité. Après l'étirage à
- 5 froid, l'expérience a démontré que, pour les alliages AA7060, l'angle de tranchant α est de préférence entre 1,5° et 3°. R1 et R2 (pour le poinçon) sont déterminés S84 par les formules suivantes :

$$10 \quad R1 = \frac{1515 \times (T_{fm} - FTT)}{A}$$

$$R2 = \frac{675 \times (T_{fm} - FTT)}{A}$$

où Tfm est l'épaisseur de la partie extrémité 20a de l'enveloppe, FTT est l'épaisseur de l'extrémité de la partie en forme de coin linéaire de la zone de transition et A est une constante. La valeur de A se situe entre 11 et 60.

- 15 À partir des valeurs de FTL, R1 et R2, la longueur de la zone de transition 20b peut être déterminée S86. Ceci peut être utilisé pour déterminer S88 la longueur avant étirage à froid et donc la forme et la taille du tranchant qui devra être usiné dans l'enveloppe au départ.

- Dans l'exemple spécifique sur lequel les illustrations des Figures 3 et 5
- 20 sont basées, l'étirage à froid n'est pas distribué de façon uniforme sur l'enveloppe 10. La longueur de l'enveloppe 10 est augmentée de 235 mm à 290 mm. C'est-à-dire une extension de 23%. La partie cylindrique 18 est réduite de 1,75 à 1,3 mm et la partie extrémité 20a de 4,4 à 4,0 mm. C'est-à-dire de 26% et 9,1% respectivement. Afin d'obtenir une mesure de la
- 25 quantité de travail à froid effectué sur l'enveloppe 10 durant cette étape d'étirage S40, une mesure utile est le ratio de la surface de la partie du fond 16 avant et après étirage.

Un liner a été fabriqué à l'aide d'alliage d'aluminium AA7060 et ses

performances comparées à celles d'un liner en alliage AA6061 typique de l'état antérieur de la technique. Il s'est avéré que la limite d'élasticité et la résistance à la traction du liner AA7060 avaient toutes deux augmenté.

REVENDECATIONS

1. Procédé de fabrication d'un liner pour utilisation dans un réservoir sous pression, le procédé comportant les étapes visant à :
 - (a) Fournir une enveloppe (10) en alliage d'aluminium, ayant une extrémité fermée (16) et une ouverture, l'enveloppe comportant une partie cylindrique (18) aux parois amincies, une partie extrémité (20a) au niveau de l'ouverture aux parois plus épaisses et une zone de transition intermédiaire (20b) d'épaisseur décroissante ;
 - (b) Etirer l'enveloppe à froid à l'aide d'un poinçon (24) ayant des parois généralement cylindriques et une partie supérieure profilée (24a) qui, au cours de l'opération d'étirage, rejoint la zone de transition (20b) de l'enveloppe ;
 - (c) Former la partie extrémité (20a) et la zone de transition (20b) afin de fermer l'ouverture et de former un goulot (32) s'étendant à partir de celle-ci ; et
 - (d) Découper un filetage dans le goulot.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel la partie supérieure profilée (24a) du poinçon s'étend généralement vers l'intérieur et l'étape d'étirage à froid comporte les étapes visant à :
 - (i) pousser le poinçon (24) et l'enveloppe (10) à l'intérieur d'une matrice dont le diamètre est plus petit qu'au moins un diamètre extérieur de la partie extrémité (20a) de l'enveloppe ; et

(ii) retirer le poinçon de l'enveloppe (10) de sorte que la partie cylindrique du poinçon forme en outre la zone de transition (20b) de l'enveloppe.

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel l'étape b(ii) conduit à l'aplatissement d'une surface intérieure de la zone de transition (20b) de l'enveloppe.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3 dans lequel la partie supérieure profilée (24a) du poinçon comporte une première portion courbée vers l'intérieur d'un rayon convexe de courbure R1 adjacente à une deuxième portion courbée vers l'intérieur d'un rayon concave de courbure R2.
5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel R1 est plus grand que R2.
6. Procédé selon la revendication 5 dans lequel $R1 = 2 \times R2 \pm 20\%$.
7. Procédé selon la revendication 6 dans lequel R1 et R2 sont déterminés par les équations

$$R1 = \frac{1515 \times (Tfm - FTT)}{A}$$

$$R2 = \frac{675 \times (Tfm - FTT)}{A}$$

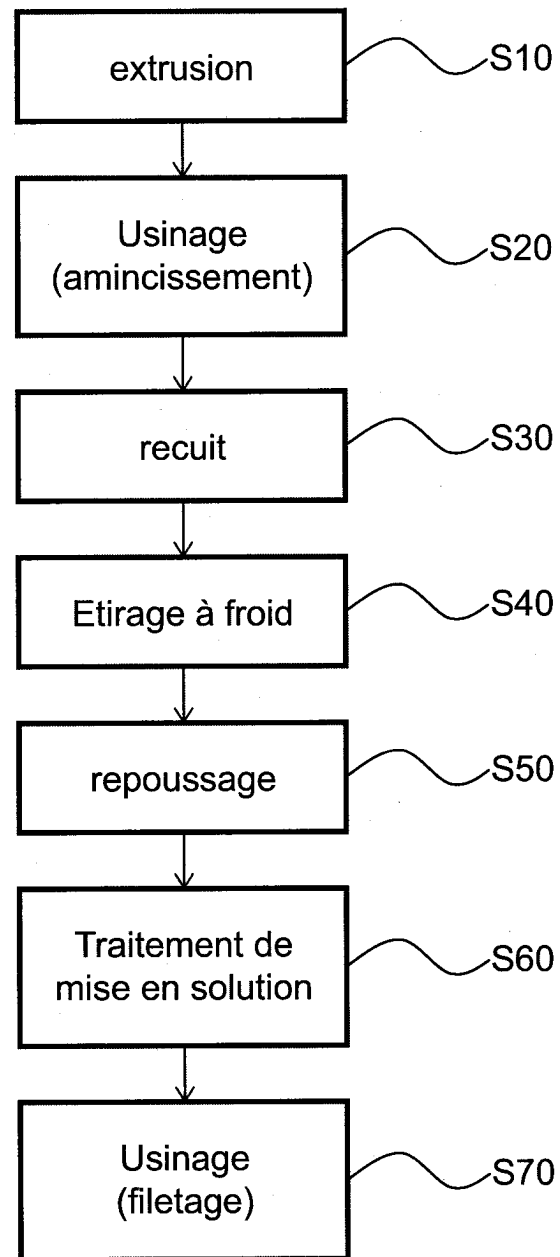
où la partie extrémité (20a) de l'enveloppe, après étirage, a une épaisseur T_{fm} , la zone de transition a une partie en coin, après l'étirage, d'épaisseur maximum FTT et A est une valeur constante entre 11 et 60.

8. Procédé selon n'importe laquelle des revendications 2 à 7 dans lequel la matrice à un diamètre inférieur à celui de la partie cylindrique (18) de l'enveloppe.
9. Procédé selon n'importe laquelle des revendications précédentes dans lequel l'étape (a), l'étape visant à fournir l'enveloppe, comporte les étapes visant à :
 - (i) Fournir l'enveloppe (10) ayant une extrémité fermée (16) et une ouverture ; et
 - (ii) Usiner l'enveloppe pour obtenir l'enveloppe ayant une partie cylindrique (18) aux parois amincies, la partie extrémité (20a) aux parois plus épaisses et la zone de transition (20b) d'épaisseur décroissante.
10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel l'enveloppe (10) est formée par extrusion de l'alliage d'aluminium.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'étape (c) est effectuée par repoussage.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'alliage d'aluminium est un alliage dur tel qu'un alliage sélectionné parmi les séries AA7xxx ou AA2xxx.
13. Procédé selon la revendication 12 dans lequel l'alliage d'aluminium

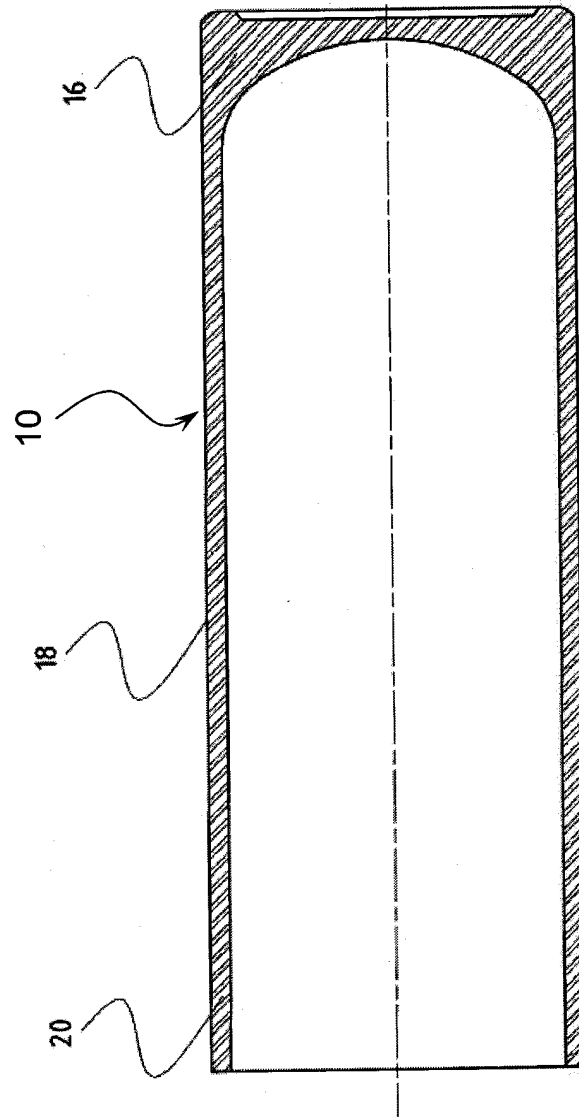
est sélectionné parmi la série AA7xxx.

14. Procédé selon la revendication 13 dans lequel l'alliage d'aluminium est AA7060.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'étape d'étirage à froid implique le travail à froid de l'enveloppe d'une quantité allant de 15 à 38%.
16. Procédé selon la revendication 15 dans lequel le travail à froid est d'une quantité allant de 25 à 38%.

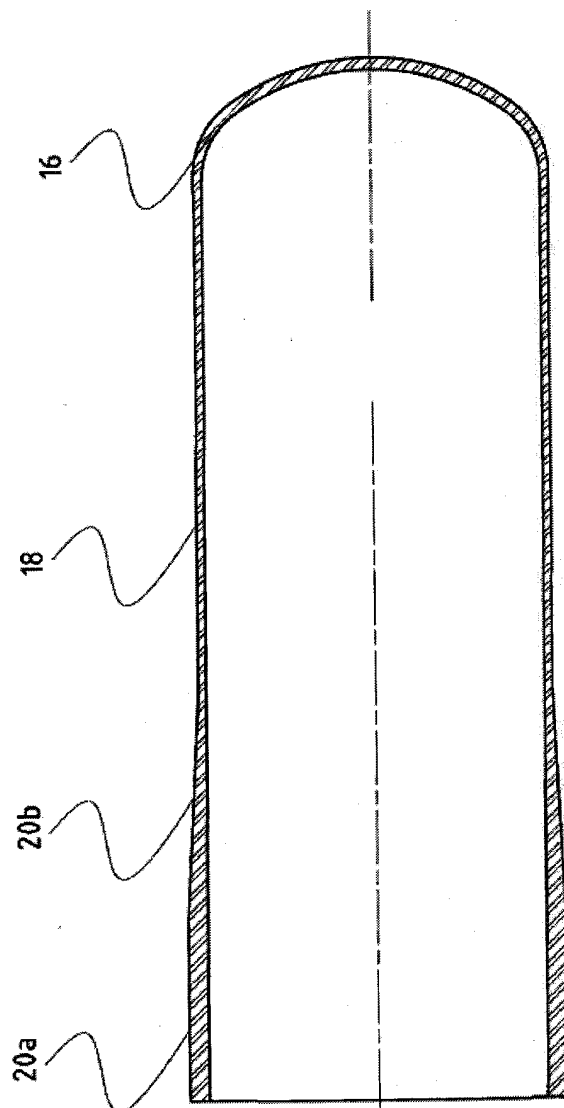
1/10

**Figure 1**

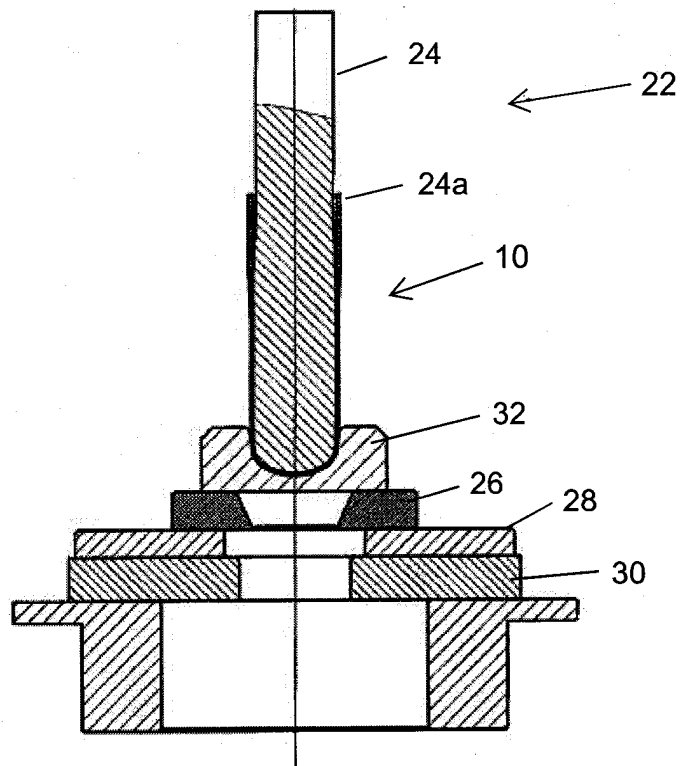
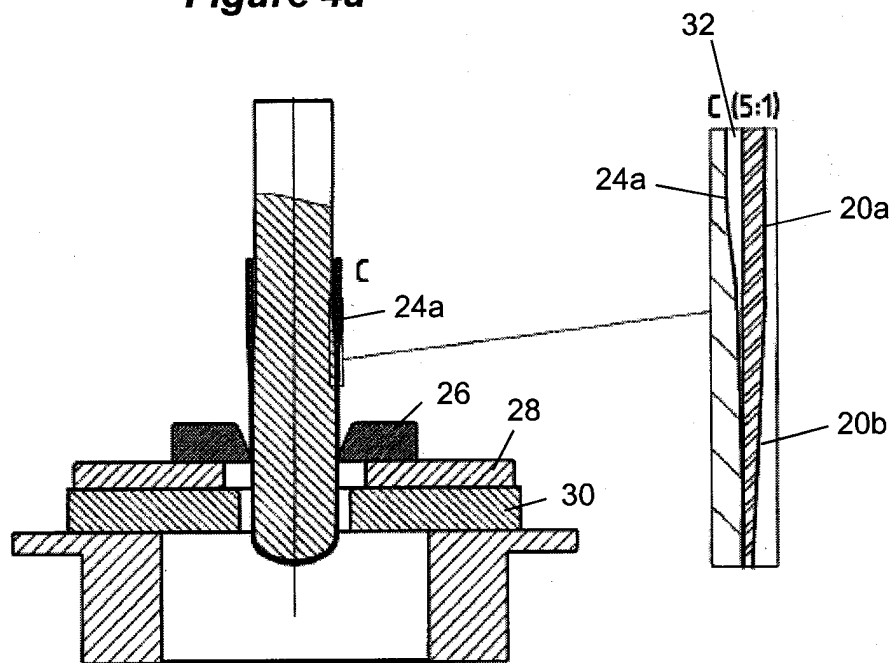
2/10

**Figure 2**

3/10

**Figure 3**

4/10

**Figure 4a****Figure 4c****Figure 4b**

5/10

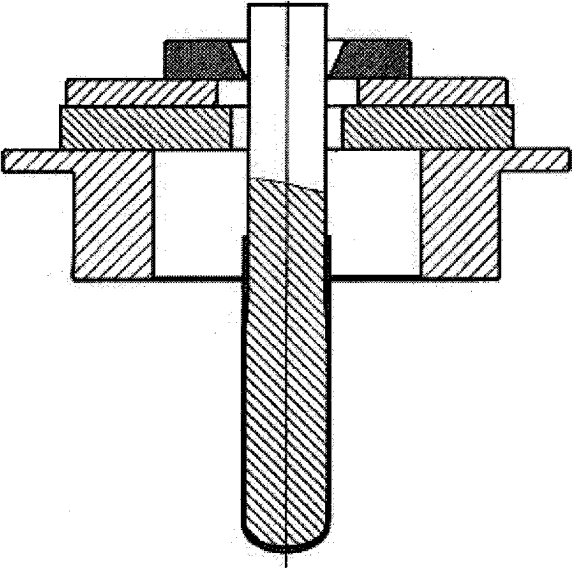


Figure 4d

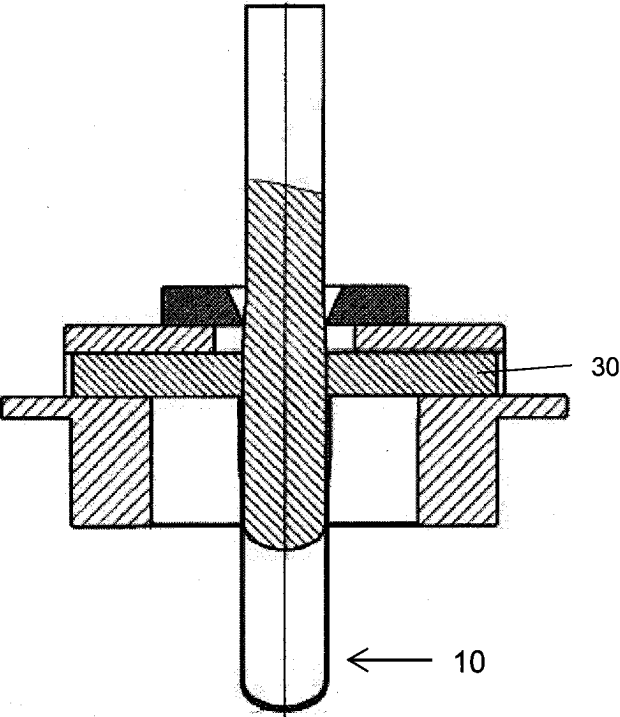
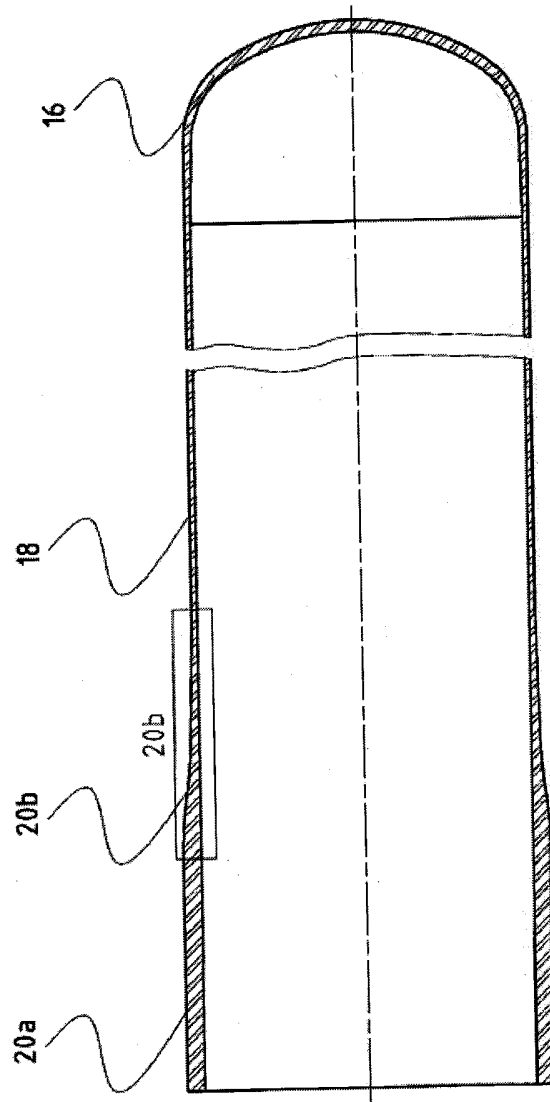
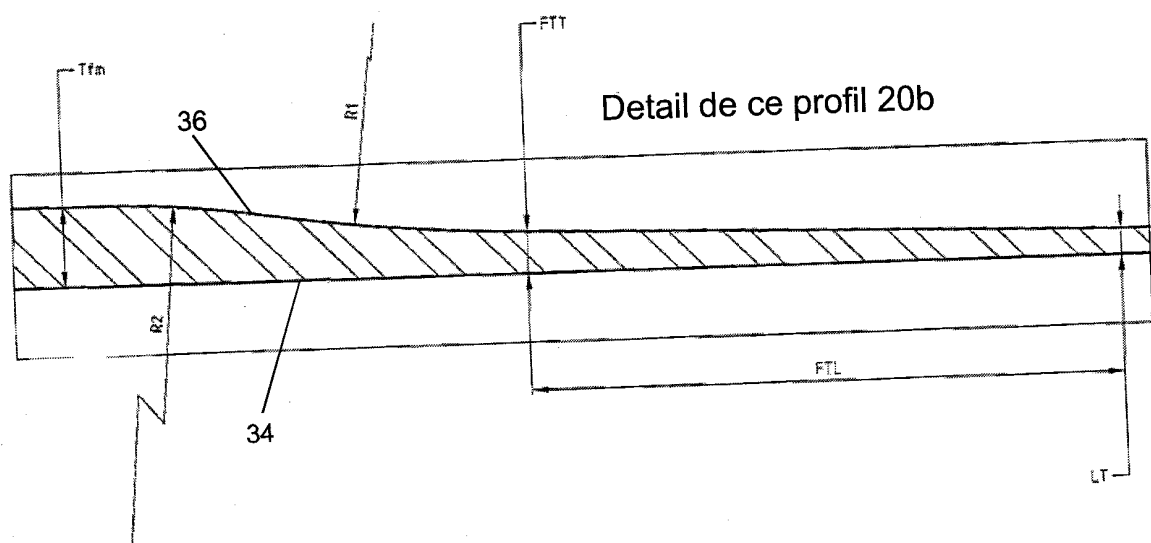


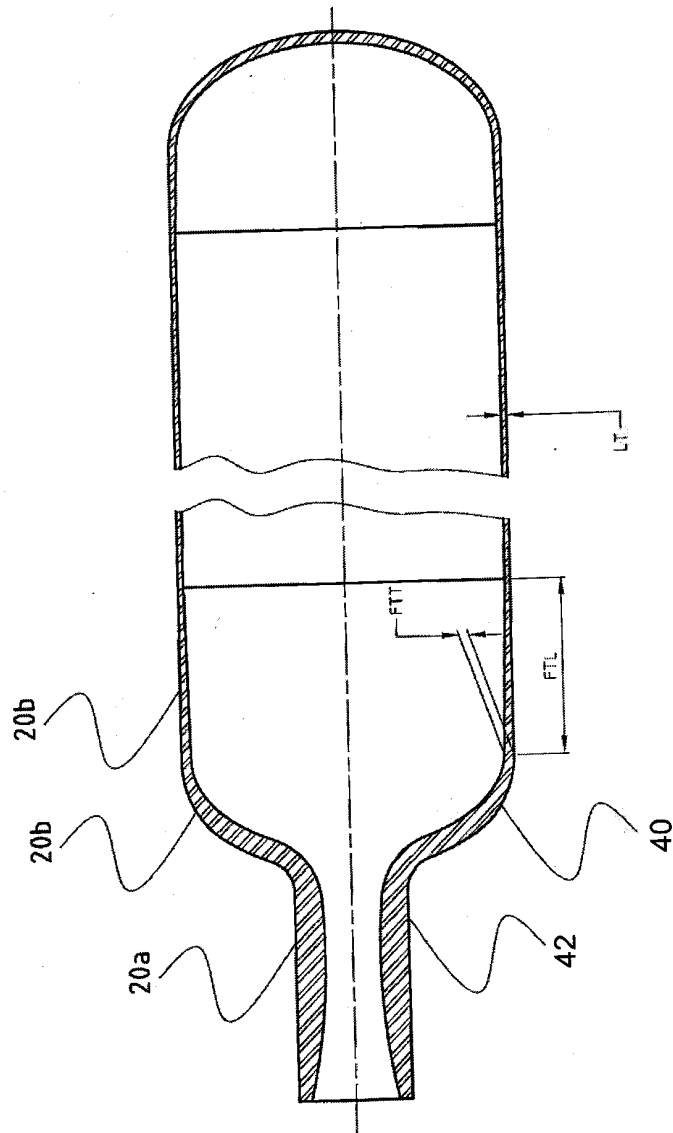
Figure 4e

6/10

**Figure 5**

7/10

**Figure 6**

**Figure 7**

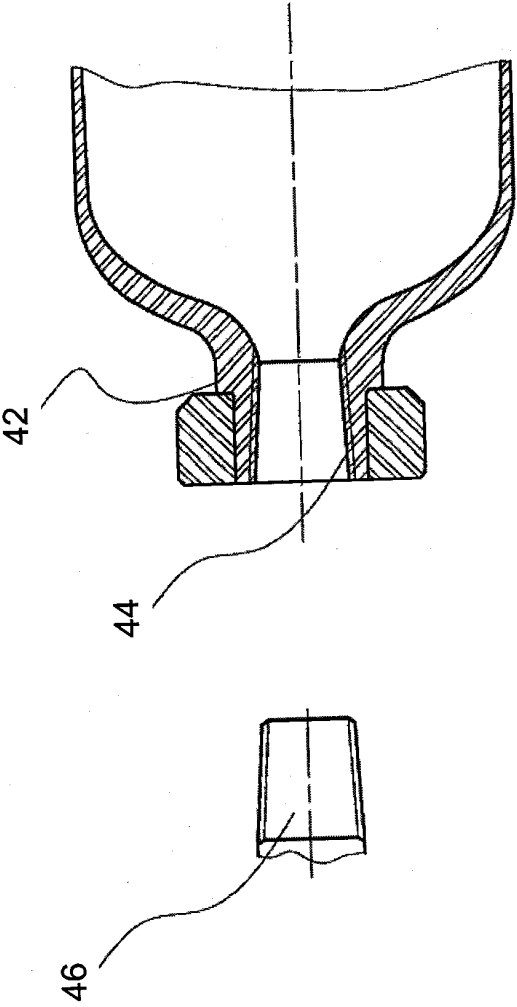
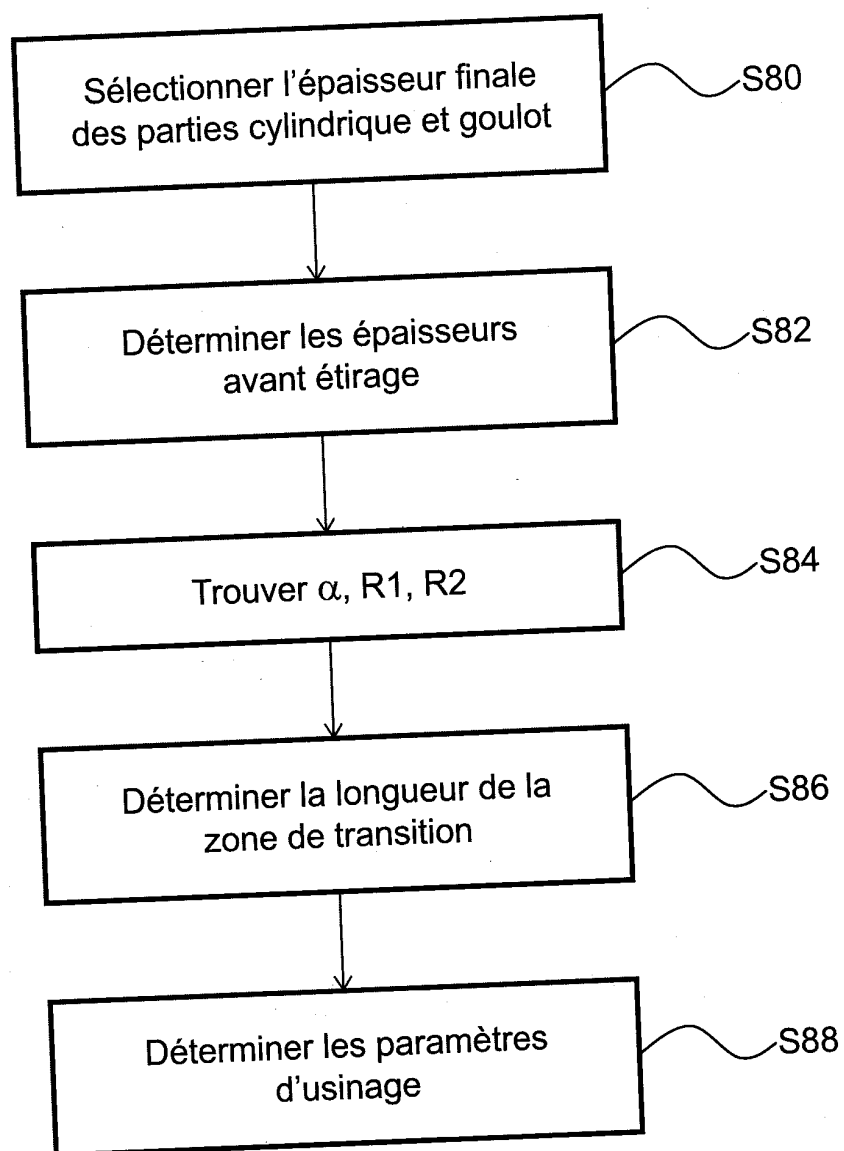


Figure 8

10/10

**Figure 9**



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 780599
FR 1352261

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2 026 133 A (DANIEL MAPES) 31 décembre 1935 (1935-12-31) * page 1, ligne 4-9; figures 1-4 * -----	1-16	B21D51/24 B21D22/14 F17C1/06
A	WO 2010/150649 A1 (TOYO SEIKAN KAISHA LTD [JP]; SHIRANE ZENROU [JP]; MIYOSE SHINICHI [JP]) 29 décembre 2010 (2010-12-29) * abrégé; figures * -----	1-16	
A	GB 2 010 720 A (KRUPP GMBH) 4 juillet 1979 (1979-07-04) * figures * -----	1-16	
A	FR 2 255 976 A1 (DAIWA CAN CO LTD [JP]) 25 juillet 1975 (1975-07-25) * figures * -----	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B21D F17C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 novembre 2013		Knecht, Frank	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1352261 FA 780599

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-11-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2026133	A	31-12-1935	AUCUN	

WO 2010150649	A1	29-12-2010	JP 4835883 B2	14-12-2011
			JP 2011006087 A	13-01-2011
			WO 2010150649 A1	29-12-2010

GB 2010720	A	04-07-1979	AU 4096378 A	01-05-1980
			DD 140847 A5	02-04-1980
			DE 2758254 A1	05-07-1979
			FR 2413147 A1	27-07-1979
			GB 2010720 A	04-07-1979
			IT 1101243 B	28-09-1985
			JP S5489968 A	17-07-1979

FR 2255976	A1	25-07-1975	AUCUN	
