

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 82 08555**

---

⑮ Conduit tubulaire isolant à parois concentriques pour former une colonne tubulaire et son procédé de fabrication.

⑯ Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). F 16 L 9/14, 59/00.

⑰ Date de dépôt..... 17 mai 1982.

⑱ ⑳ ㉑ Priorité revendiquée : EUA, 18 mai 1981, n° 06/264 728, et 10 juin 1981, n° 06/272 411.

㉒ Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 46 du 19-11-1982.

---

㉓ Déposant : Société dite : BAKER INTERNATIONAL CORPORATION, résidant aux EUA.

㉔ Invention de : John R. Baker, David V. Chenoweth et David M. McStravick.

㉕ Titulaire : *Idem* ㉓

㉖ Mandataire : Rinuy et Santarelli,  
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

---

L'invention concerne d'une manière générale un conduit isolé particulièrement utile dans des puits souterrains, et elle a trait plus particulièrement à un conduit isolé à parois concentriques formant entre elles un espace annulaire dans lequel une matière d'isolation est déposée et scellée.

Dans la production de certains puits souterrains, de la vapeur d'eau est injectée dans un puits d'injection afin d'accroître la récupération des hydrocarbures en réduisant la viscosité élevée du pétrole brut par ailleurs connu sous le nom de "brut lourd". La diminution de viscosité rend le pétrole plus facilement pompable. Une technique pour effectuer une telle opération consiste à injecter une grande quantité de vapeur d'eau dans la zone de production contenant le "brut lourd", pendant une période de temps prolongée, par exemple d'environ 3 à 5 semaines. A ce moment, la viscosité du brut chauffé diminue et permet un pompage aisé du pétrole au moyen d'un puits de production qui communique avec la zone de production. Le puits d'injection peut également être modifié pour la production. Un "déplacement" à la vapeur d'eau peut également être obtenu par des techniques connues, généralement au moyen d'un puits d'injection, permettant de diriger la vapeur d'eau injectée et les hydrocarbures produits vers un puits de production voisin.

L'un des principaux problèmes posés par l'injection de vapeur d'eau dans une zone de production souterraine au moyen d'une colonne de production de puits classique est que la vapeur perd une grande partie de sa chaleur dans le tubage du puits et dans la formation environnante pendant qu'elle descend jusqu'à la zone de production. On a tenté, par le passé, de réduire la perte de chaleur de la vapeur d'eau introduite dans des formations souterraines. L'un de ces essais est décrit dans le brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 3 511 282. Ce brevet décrit une structure tubulaire à deux parois, comprenant un matériau isolant scellé dans l'espace annulaire compris entre les parois intérieure et extérieure, le scellement

s'effectuant au moyen de bagues soudées respectivement aux extrémités de cet espace, entre les parois intérieure et extérieure. La paroi intérieure est précontrainte en tension avant d'être soudée à la paroi extérieure.

5 L'espace formé entre les parois intérieure et extérieure est rempli d'un matériau isolant classique tel que du silicate de calcium. Bien que cette technique puisse être satisfaisante dans certaines installations de champ pétrolier, elle ne donne pas satisfaction dans toutes les  
10 installations de champ pétrolier où de grandes différences de température apparaissent entre les parois intérieure et extérieure. Dans ce cas, bien que la paroi intérieure soit précontrainte en tension, lorsqu'elle est chauffée, elle s'allonge par rapport à la paroi extérieure de  
15 sorte qu'elle peut même passer de l'état tendu à l'état comprimé, avec, pour résultat, un risque de flambage. Les amplitudes des forces engendrées sont telles qu'il apparaît dans les zones des soudures des contraintes localisées provoquant la formation de fissures qui per-  
20 mettent l'exposition du matériau isolant aux fluides du puits et qui finissent par provoquer une détérioration ou une dégradation de la structure isolante. Des centreurs sont mis en place pour réduire le flambage, mais ils participent également, à leur tour, à la perte de chaleur  
25 en raison de la nature généralement résistance de ces dispositifs.

Une autre technique connue pour lutter contre les différences de température précitées et l'allongement qui en résulte entre les parois intérieure et extérieure  
30 d'un tube isolant consiste à placer des soufflets à parois minces entre les deux parois, à chaque extrémité de l'ensemble, une extrémité de chaque soufflet étant fixée rigidement à la paroi intérieure et l'autre extré-  
35 mité étant fixée rigidement à la paroi extérieure. Cette technique élimine évidemment les efforts appliqués aux soudures et à la structure de liaison entre les parois sous l'effet du mouvement relatif des parois intérieure et extérieure. Cependant, les soufflets posent d'autres

problèmes, à savoir qu'ils ont une paroi relativement mince et fragile, généralement réalisée en matière flexible, résistant à la chaleur, ne pouvant supporter les traitements sévères ayant lieu normalement dans le domaine pétrolier.

Un conduit à isolation thermique à parois concentriques est également décrit dans la demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 264 728, intitulée "CONCENTRIC WALLED CONDUIT FOR TUBULAR CONDUIT STRING" déposée le 18 mai 1981. Ce conduit tubulaire comprend des éléments tubulaires concentriques. L'élément tubulaire intérieur est ondulé et comporte des extrémités évasées qui sont soudées à l'élément tubulaire extérieur, à proximité de ses extrémités. Un matériau isolant est placé dans la zone annulaire comprise entre les deux éléments tubulaires afin de réduire la perte de chaleur pendant l'injection de vapeur d'eau.

L'invention concerne un conduit tubulaire isolant à parois concentriques destiné à la formation d'une colonne tubulaire dans un puits souterrain et comportant un élément tubulaire intérieur à extrémités évasées. Les extrémités évasées du tube intérieur, dont l'épaisseur est au moins égale à l'épaisseur nominale présentée par le tube intérieur entre ses extrémités, sont soudées au tube extérieur. Seules deux soudures par conduit individuel sont nécessaires. Les extrémités intérieures évasées sont réalisées par forgeage des extrémités repoussées ou élargies d'un élément tubulaire. Bien que l'épaisseur des extrémités soit réduite par l'opération de forgeage, les extrémités évasées restent relativement épaisses, ce qui accroît la qualité de la soudure. L'élément tubulaire intérieur est de préférence pré-contraint en tension par rapport à l'élément tubulaire extérieur.

Un accouplement extérieur lie des éléments adjacents par vissage de manière classique sur le tube extérieur, et un élément d'accouplement intérieur s'étend entre les tronçons évasés des extrémités du tube intérieur. Un

matériau isolant peut être introduit entre les éléments d'accouplement intérieur et extérieur et dans la cavité annulaire formée entre les tubes intérieur et extérieur. Une couche isolante, des éléments isolants rigides de support de charge et un écran à faible pouvoir d'échange calorifique sont disposés dans la cavité s'étendant axialement.

Le conduit à parois concentriques est de préférence fabriqué au moyen d'éléments tubulaires normaux utilisés dans des puits de pétrole et de gaz, les extrémités du tube intérieur étant initialement repoussées. La fabrication réalisée à l'aide de ces éléments tubulaires normaux donne un élément tubulaire à parois concentriques ne nécessitant que deux soudures sur chaque tronçon de conduit pour relier les extrémités évasées d'un tube ayant au moins une épaisseur nominale au tube extérieur. Les tronçons extrêmes évasés restent cependant relativement longs et minces, ce qui diminue les passages par lesquels la chaleur peut être transmise par conduction.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 est une coupe longitudinale schématique montrant l'injection de vapeur d'eau dans une colonne tubulaire formée de conduits individuels réalisés selon l'invention ;

- la figure 2 est une coupe longitudinale de deux conduits reliés à leurs extrémités, cette vue montrant les éléments d'une forme préférée de réalisation de l'invention ;

- la figure 3 est une coupe longitudinale montrant l'opération de forgeage au cours de laquelle un tube refoulé classique est évasé au moyen d'une étampe pour former le tube intérieur de l'élément isolant concentrique selon l'invention ;

- la figure 4 est une coupe longitudinale montrant le profil d'un tube refoulé après que ses extrémités ont été évasées afin qu'il puisse être utilisé

comme conduit intérieur pour l'ensemble tubulaire à parois concentriques selon l'invention ;

5 - la figure 5 est une coupe longitudinale montrant les moyens utilisés pour établir une dépression à l'intérieur de la cavité isolante annulaire du conduit selon l'invention ; et

- la figure 6 est une coupe longitudinale d'une variante du conduit selon l'invention.

10 La figure 1 représente schématiquement l'utilisation de plusieurs sections comprenant des éléments tubulaires isolants à parois concentriques réalisés selon l'invention, pour former une colonne tubulaire isolante. La colonne tubulaire T montrée sur la figure 1 permet l'injection de vapeur d'eau à la surface du puits jusqu'à  
15 la formation se trouvant en dessous du puits, en passant par la colonne. La colonne tubulaire isolante évite toute perte de chaleur excessive entre la surface et la formation, de manière à ne pas nuire à l'efficacité de l'injection de la vapeur d'eau. La colonne tubulaire T,  
20 constituée de plusieurs conduits tubulaires isolants distincts 2, est placée à l'intérieur du puits et du tubage C du puits, sensiblement comme une colonne tubulaire classique.

25 La figure 2 montre les éléments de chaque conduit distinct et la liaison entre des conduits tubulaires adjacents disposés bout à bout. Il convient de noter que les extrémités opposées de chaque conduit individuel ont sensiblement la même forme, comme montré sur la figure 2. Chaque conduit isolant concentrique individuel  
30 comprend un tube extérieur 4 et un tube intérieur 6. Le tube extérieur 4 comprend un élément cylindrique droit qui présente des filets classiques 10 à chaque extrémité. Un élément extérieur classique 8 d'accouplement, vissé sur les filets 10, peut être utilisé pour relier des  
35 conduits concentriques adjacents. Pour réduire le nombre de soudures nécessaires à la fixation du tube intérieur 6 au tube extérieur 4, l'extrémité du tube intérieur 6 est évasée comme montré sur la figure 2. Une seule soudure

circulaire en bout 30a et 30b peut être alors réalisée entre le tube intérieur 6 et le tube extérieur 4. La reprise de la forme du tube intérieur 6 a pour résultat la formation d'extrémités évasées comprenant sensiblement trois parties. Une première partie extérieure 32 comprend globalement un tronçon arrondi ayant un rayon de courbure utile à peu près égal à ou de l'ordre de l'écartement entre les tubes intérieur et extérieur. Il n'est pas indispensable que le rayon de courbure soit limité à cet écartement, mais une structure souhaitable peut être construite en utilisant un rayon de courbure de cet ordre de grandeur. Comme montré sur la figure 2, l'épaisseur de ce tronçon arrondi est sensiblement égale à une valeur  $D_3$ . Un tronçon conique 34 est adjacent au tronçon arrondi extérieur 32, à chaque extrémité du tube intérieur 6. Le degré de conicité de ce tronçon ne doit pas être trop grand et, dans la forme préférée de réalisation de l'invention, le tronçon 34 présente une conicité, orientée radialement vers l'extérieur, de  $1^\circ$ . Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, un second tronçon conique 36, de conicité plus marquée, est utilisé pour former une transition entre le tronçon 34 de conicité de  $1^\circ$  et le tronçon central du tube intérieur 6. Ce tronçon intermédiaire 36 présente, dans la forme préférée de réalisation de l'invention, une conicité égale à environ  $5^\circ$ .

Lorsqu'un conduit tubulaire isolant unique est assemblé comme montré sur la figure 2, une cavité annulaire 13 est formée entre le tube extérieur 4 et le tube intérieur 6. Cette cavité annulaire 13 peut être remplie d'un matériau d'isolation thermique. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, ce matériau d'isolation thermique comprend l'association d'une couche isolante 12 en fibres de céramique, d'au moins un élément isolant rigide 14 et d'un écran 18 réfléchissant la chaleur. Au moins un élément isolant cylindrique et rigide 14 est placé à l'intérieur de la cavité annulaire 13, entre les extrémités soudées reliant le tube

extérieur 4 au tube intérieur 6. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, cet élément isolant rigide est constitué d'un tube moulé pour hautes températures et d'un bloc isolant composé de silicate de calcium hydraté. Cet élément moulé 14 en silicate de calcium constitue un support structurel entre le tube intérieur 6 et le tube extérieur 4, entre les extrémités de la cavité annulaire 13. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, l'élément isolant 14 est constitué d'un bloc tubulaire isolant classique disponible dans le commerce. Un élément d'isolation à bloc et tube moulé en silicate de calcium, pouvant être utilisé dans le conduit selon l'invention, est fabriqué par la firme Johns-Manville et est désigné par la référence "Thermo-12". Ces éléments d'isolation à tube et bloc classiques sont disponibles en moitiés qui peuvent être placées autour du tube intérieur 6. Des bandes métalliques 16 peuvent ensuite être fixées sur la surface périphérique des deux moitiés pour former un élément isolant annulaire supportant structurellement le tube extérieur 4 par rapport au tube intérieur 6.

La partie restante de la cavité annulaire 13 contient une couche isolante 12 qui est également disponible dans le commerce. Des couches d'isolation thermique, composées de longues fibres réfractaires liées mécaniquement et offrant à la fois une résistance mécanique élevée, une grande flexibilité et de bonnes performances thermiques, sont disponibles dans le commerce. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, une couche d'isolation thermique du type fabriqué par la firme Johns-Manville sous la marque "Thermo-Mat" ou "Ceratex" a été utilisée pour former une barrière isolante agissant par convection à l'intérieur de la cavité annulaire 13. Cette couche isolante peut être fixée au tube intérieur entre les éléments isolants 14 en silicate de calcium et les extrémités de la cavité annulaire 13. La couche isolante 12 peut être fixée au tube intérieur 6 par

enroulement d'une bande de fibres de verre classique sur la surface extérieure de cette couche isolante 12. Lorsqu'ils sont utilisés ensemble, la couche isolante 12 et l'élément isolant rigide 14 en silicate de calcium  
5 doivent remplir sensiblement la cavité annulaire 13 formée entre les tubes intérieur et extérieur. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, un vide au moins partiel est établi dans la cavité annulaire 13 pour empêcher l'humidité de diminuer l'efficacité de l'isolation par convection.  
10

En plus des barrages isolants par convection formés par la couche d'isolation 12 et l'élément isolant rigide 14, un écran 18, réfléchissant la chaleur par rayonnement, peut être utilisé. Dans la forme préférée  
15 de réalisation de l'invention, cet écran de réflexion de la chaleur est placé sur la surface extérieure du tube intérieur 6 et il est constitué d'une matière ayant un pouvoir d'échange calorifique relativement faible. Dans cette forme de réalisation, une feuille d'aluminium  
20 est appliquée autour du tube intérieur 6. Cette feuille d'aluminium présente une surface réfléchissante qui réduit davantage la transmission de chaleur de l'ensemble tubulaire.

La cavité annulaire 13 présente un espace suffisant pour contenir un matériau d'isolation maintenant  
25 des caractéristiques appropriées de transmission de la chaleur sur la plus grande partie de la longueur du tube. Il subsiste cependant un certain espace entre les extrémités évasées intérieures des tubes adjacents. Un élément intérieur d'accouplement ou élément cylindrique  
30 20 d'entretoisement peut être utilisé pour isoler complètement la zone par ailleurs délimitée par les extrémités évasées des tubes intérieurs de conduits adjacents et par l'élément d'accouplement extérieur 8. Cet élément  
35 intérieur 20 d'accouplement comprend un élément cylindrique comportant des parties extérieures 24 et 26 dont l'épaisseur est inférieure à celle d'une partie centrale 28 dudit élément intérieur d'accouplement. Comme montré

sur la figure 2, les extrémités 24 et 26 peuvent être emmanchées fermement dans le tronçon conique 34 de chaque élément tubulaire intérieur 6. Du matériau isolant peut ensuite être placé sur le pourtour de la surface extérieure de l'élément intérieur 20 d'accouplement pour réduire la perte de chaleur à proximité de l'accouplement. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, une couche isolante du même type que la couche isolante 12 utilisée dans la cavité annulaire 13 peut être fixée en anneau autour de la partie centrale 28 de l'élément intérieur d'accouplement. La couche isolante remplit alors la cavité délimitée par les extrémités arrondies des éléments tubulaires intérieurs adjacents et par les éléments d'accouplement intérieur et extérieur. Une colonne ou conduite tubulaire assemblée, comprenant plusieurs conduits tubulaires isolants distincts 2, renferme alors un matériau isolant, placé à l'intérieur de l'espace annulaire formé entre le tube intérieur 6 et le tube extérieur 4, sensiblement sur toute la longueur de cette conduite tubulaire isolante 2. Enfin, un second barrage à faible pouvoir d'échange calorifique ou un second écran thermique rayonnant est placé sur la face extérieure du tube extérieur. Ce second écran peut être réalisé par peinture du tube extérieur sur toute sa longueur. Les deux écrans à faible pouvoir d'échange calorifique agissent alors pour réduire la transmission de chaleur sur la plus grande partie de la colonne.

Les extrémités évasées du tube intérieur 6 non seulement constituent un moyen efficace pour améliorer la qualité et la tenue des soudures à la fois en réduisant leur nombre et en accroissant la surface soudée, mais elles permettent également une diminution de la perte de chaleur par conduction par les joints soudés. Le seul trajet conduisant la chaleur entre la liaison de l'élément d'accouplement intérieur 20 et le tronçon conique 34 du tube intérieur 6 passe le long du tube évasé et relativement long et mince. Aucune bague relativement large, présentant une conductivité thermique importante,

de par sa nature, n'est nécessaire. La partie évasée du tube reste assez épaisse pour permettre la réalisation d'une soudure de grande résistance.

La figure 6 représente une autre forme de réalisation comprenant un élément tubulaire intérieur ondulé 72 dont l'épaisseur de la paroi est du même ordre que celle d'une colonne de puits classique de même diamètre, de manière à constituer un élément de structure robuste présentant une certaine élasticité axiale. Il apparaît que les extrémités de l'élément tubulaire intérieur 72 comportent des tronçons droits respectifs 74 et 74' et des tronçons évasés 76 et 76' fixés chacun par leur extrémité à la surface intérieure de l'élément tubulaire extérieur 80 au moyen de soudures 78 et 78'. On peut également noter que les tronçons évasés 76 et 76' définissent l'espace annulaire 84 de cette forme de réalisation de l'invention, cet espace étant destiné à recevoir le matériau isolant 86. Dans ce cas, les tronçons droits 74 et 74' constituent des surfaces intermédiaires commodes entre les extrémités évasées et les tronçons ondulés de l'élément tubulaire intérieur ondulé 72. On peut noter que les tronçons évasés 76 et 76' sont espacés radialement des ondulations de l'élément tubulaire intérieur 72. Pour éviter toute perte de chaleur, il est essentiel que les ondulations, qu'elles soient sinusoïdales ou hélicoïdales, n'entrent pas en contact avec l'élément tubulaire extérieur. De même que dans les autres formes de réalisation, les "tronçons évasés" 76 et 76', situés uniquement aux extrémités de l'élément tubulaire intérieur 72, sont destinés à établir un contact avec l'élément tubulaire extérieur 80, tout en réduisant en même temps le nombre de soudures.

Une caractéristique très importante de la forme préférée de réalisation de l'invention est qu'elle peut être fabriquée au moyen uniquement d'éléments classiques et disponibles dans le commerce. Alors que le conduit concentrique 2 peut être réalisé au moyen de divers

éléments cylindriques, la forme préférée de réalisation de l'invention peut être construite au moyen de tubes normalisés conformément à l'Institut Américain du Pétrole ("American Petroleum Institute"). Dans une forme de réalisation d'une certaine dimension, l'invention peut utiliser 5 du tube du type "J-55", selon l'Institut Américain du Pétrole, d'un diamètre extérieur de 60,3 mm, comportant des extrémités refoulées ou élargies pour permettre la fabrication du tube intérieur évasé 6. Dans la même 10 configuration, il est possible d'utiliser pour le tube extérieur 4 un tubage du type "A.P.I. J-55" de 114,3 mm comportant des extrémités non refoulées. Le tube normalisé montré sur la figure 3, par exemple du type "J-55" de 60,3 mm de diamètre extérieur, présente une épaisseur 15 nominale de paroi  $D_1$  sur la plus grande partie de sa longueur. Cette épaisseur nominale  $D_1$  est inférieure à l'épaisseur  $D_2$  des extrémités refoulées. Les extrémités du tube normalisé J-55 peuvent être évasées dans leur configuration finale par une opération de forgeage 20 mettant en oeuvre une estampe 42 comme montré sur la figure 3. L'estampe comporte une partie chanfreinée 44 à son extrémité. A proximité de cette surface chanfreinée d'entrée 44 se trouve une partie cylindrique ou partie 46 de guidage qui sert à aligner le tube pendant l'opération de forgeage. Un profil 48 de transition d'estampage, 25 qui présente une conicité s'étendant radialement vers l'extérieur, à partir de l'extrémité inférieure du tronçon 46 de guidage, constitue une image réfléchie du tronçon 36 de transition du tube intérieur fabriqué 6. 30 Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, la conicité de cette section de transition est de l'ordre de  $5^\circ$ . Un profil conique 50 d'estampage, adjacent à la section 48 de transition, correspond au tronçon conique 34 du tube intérieur fabriqué 6. Le profil 35 conique 50 présente une conicité inférieure à celle du profil 48 de transition et, dans la forme préférée de réalisation, ce profil d'estampage présente une conicité

d'environ 1° afin de correspondre à la conicité de la section 34 de transition. L'extrémité inférieure de l'estampe comporte un profil arrondi 52. De même que pour les sections profilées 48 et 50, le profil arrondi 52 est destiné à correspondre à la section complémentaire du tube intérieur fini 6. La section arrondie 32 du tube intérieur 6 est formée par forgeage, à l'aide du profil arrondi 52, de l'extrémité extérieure d'un tube normalisé J-55 refoulé. Il convient de noter que, bien que le profil 52 soit décrit comme étant un profil arrondi, il n'est pas nécessaire qu'il présente un rayon de courbure constant. L'expression "profil arrondi" est destinée simplement à indiquer que l'évasement du tronçon conique 36 généré par le profil 52 est sensiblement plus grand que celui des tronçons adjacents 32 et 34 du tube intérieur 6. Il semble cependant que l'expression "profil arrondi" soit appropriée, car le profil réel se rapproche, au moins étroitement, d'une surface présentant un rayon de courbure constant. Etant donné que la fonction principale de cette section arrondie est d'établir l'écartement transversal radial entre le tube intérieur 6 et le tube extérieur 4, un rayon de courbure effectif de l'ordre de grandeur de l'écartement entre le tube extérieur 4 et le tube intérieur 6 convient à la formation de ce profil. Comme on peut le voir sur la figure 3, la forme finale du tube intérieur 6 peut être obtenue par introduction de l'estampe 42 dans un tube normal 38 à extrémités élargies ou refoulées 40. Le tronçon du tube normal 38 adjacent aux extrémités refoulées 40 est de préférence chauffé avant cette opération de forgeage. Lorsque l'estampe est introduite dans l'extrémité du tube, ce dernier se dilate radialement pour former les profils extrêmes évasés souhaités dans la forme préférée de réalisation de l'invention. Pendant cette opération de forgeage, les extrémités du tube normalisé 38 sont non seulement évasées radialement, mais elles sont également étirées par le processus de forgeage. Etant donné que l'extrémité est étirée, l'épaisseur du tube diminue.

Le tube intérieur évasé 6 comporte une section arrondie 32 ayant une épaisseur  $D_3$ , une section conique 34 ayant une épaisseur  $D_4$  et une section 36 de transition ayant une épaisseur  $D_5$ . Si l'évasement et l'étirement de la matière constituant le tube normalisé sont limités aux extrémités refoulées 40, les épaisseurs  $D_3$ ,  $D_4$  et  $D_5$  peuvent être supérieures ou au moins égales à l'épaisseur nominale  $D_1$  d'un tube normal. Même dans le cas où l'épaisseur finale est légèrement inférieure à l'épaisseur nominale de la paroi du tube, l'utilisation d'un tube ayant initialement des extrémités refoulées ou élargies favorise une plus grande intégrité de structure pour les extrémités évasées de ce tube. L'étirement réduit cependant les épaisseurs  $D_3$ ,  $D_4$  et  $D_5$  à une valeur inférieure à l'épaisseur initiale  $D_2$  des extrémités tubulaires refoulées 40. Un avantage important résultant de la formation du tube intérieur 6 à partir d'un tube normalisé à extrémités refoulées apparaît car, bien que l'épaisseur des extrémités refoulées normales soit réduite, l'épaisseur  $D_3$  de la section arrondie 32 reste supérieure à l'épaisseur nominale  $D_1$  du tube intérieur. Cette épaisseur accrue améliore l'intégrité structurelle des soudures 30a et 30b réalisées le long des sections arrondies 32 sur l'élément tubulaire extérieur 4. Les soudures s'étendent sur une plus grande surface et l'épaisseur du tube intérieur à proximité des soudures, comprenant la section arrondie 32, la section conique 34 et la section 36 de transition, n'est pas réduite au-dessous de l'épaisseur nominale du tube. Cette meilleure intégrité structurelle des soudures est obtenue, en plus de la meilleure fiabilité des soudures, par réduction du nombre de soudures réalisées à chaque extrémité.

Après que les deux extrémités d'un élément tubulaire intérieur 6 ont été évasées par l'opération de forgeage montrée sur la figure 3, le tube intérieur 6 présente la configuration finale montrée sur la figure 4. A ce stade, l'écran thermique réfléchissant ou l'écran à faible pouvoir d'échange calorifique peut être

appliqué sur la surface extérieure du tube intérieur 6. Dans la forme préférée de réalisation, une feuille d'aluminium est enroulée autour du tube intérieur. Les éléments rigides 14 d'isolation peuvent ensuite être  
5 fixés en des points appropriés le long de la surface extérieure du tube intérieur par mise en place de deux moitiés de ces éléments autour du tube, des bandes de métal fixant ensemble les éléments en silicate de calcium. La couche isolante 12 peut ensuite être fixée sur la partie restante  
10 du tube intérieur 6.

L'étape suivante de la fabrication du conduit tubulaire isolant final 2 consiste à introduire dans le tube extérieur 4 l'ensemble constitué par le tube intérieur et les éléments d'isolation. Lors de l'insertion, la  
15 surface circonferentielle continue formée à chaque extrémité libre du tube intérieur évasé est placée à proximité immédiate de la surface intérieure du tube extérieur, sur toute sa circonférence, et elle est alors placée dans une position lui permettant d'être fixée au tube exté-  
20 rieur. L'extrémité arrondie du tube intérieur 6 peut alors être soudée au tube extérieur 4, le long d'une extrémité de l'ensemble à tubes concentriques. Cette première soudure 30A s'étend sur tout le pourtour de la jonction entre la partie arrondie 32 du tube intérieur et le tube  
25 extérieur 4. On peut procéder en plusieurs passes pour s'assurer que cette soudure est saine du point de vue structurel et qu'elle obture complètement la jonction entre les tubes intérieur et extérieur.

Dans la forme préférée de réalisation de l'in-  
30 vention, il est souhaitable de précontraindre l'ensemble à tubes en plaçant le tube intérieur 6 sous traction et le tube extérieur 4 sous compression. Cette précontrainte est importante en raison des charges qui seront appliquées à la conduite pendant une utilisation à température  
35 élevée. Bien qu'il soit sous compression, le tube extérieur sert à maintenir le tube intérieur 6 sensiblement dans sa configuration précontrainte ou pré-étirée. La longueur de l'ensemble tubulaire concentrique doit donc

être sensiblement la même à l'état refroidi et à l'état chauffé. De plus, les contraintes engendrées dans l'ensemble à tubes concentriques doivent être réduites pendant le fonctionnement à des températures élevées. Après  
5 que la première soudure 30a a fixé une extrémité du tube intérieur au tube extérieur, la précontrainte souhaitée peut être exercée par étirement du tube intérieur 6 à l'extrémité opposée de l'ensemble à tubes concentriques. Cette opération d'étirement peut être effectuée par  
10 l'application d'une traction mécanique au tube intérieur tandis que le tube extérieur est maintenu fixement, ou bien par chauffage du tube intérieur par rapport au tube extérieur. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, l'élément tubulaire intérieur 6 n'est pas pré-  
15 contraint initialement au-delà de sa limite d'élasticité. Après que la précontrainte d'amplitude souhaitée a été appliquée au tube intérieur, une seconde soudure 30b est réalisée sur la totalité du pourtour de la jonction entre le tube intérieur et le tube extérieur. De même que  
20 précédemment, on peut réaliser cette soudure en plusieurs passes afin de s'assurer de son intégrité.

Les soudures 30a et 30b non seulement fixent l'élément tubulaire intérieur 6 à l'élément tubulaire extérieur 4, mais scellent également la cavité isolante  
25 annulaire 13 formée entre les tubes intérieur et extérieur. Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, il est souhaitable d'accroître la capacité d'isolation du matériau contenu dans la cavité annulaire 13 en évacuant les gaz de cette cavité annulaire 13 afin  
30 d'y établir un certain vide. Ce vide peut être établi par perçage initial d'un trou, ou autre perforation, dans le tube extérieur 4 afin de former une ouverture débouchant dans la cavité annulaire 13.

Un montage 54, montré sur la figure 5, peut  
35 être utilisé pour percer un trou dans le tube extérieur 6 et pour éliminer les gaz de la cavité annulaire 13. Ce montage comprend une bride 56 qui entoure le tube extérieur 6. Un canal 68 traverse radialement le montage 54

jusqu'à la surface extérieure du tube 6. Un canon de perçage (non représenté) peut être introduit dans le canal 68 et une ouverture ou un trou 60 peut être réalisé par perçage dans le tube extérieur 6, en alignement avec le canal radial 68. Le même montage peut être utilisé pour établir au moins un vide partiel dans la cavité annulaire 13, sans destruction de l'alignement avec le trou 60 réalisé par perçage. Le canon de perçage peut être enlevé et un obturateur, tel qu'une goupille conique, entouré d'un joint annulaire 62, peut être inséré dans le canal 68, comme montré sur la figure 5. Un tuyau 58 à vide peut ensuite être branché entre le montage 54 et une pompe à vide (non représentée). Le tuyau 58 communique par le canal 68 avec la cavité annulaire intérieure 13. Un joint torique 66, placé entre le montage 54 d'application du vide et la surface extérieure de la conduite isolante concentrique 2, empêche toute fuite pendant l'établissement du vide dans la chambre annulaire 13. La goupille conique 64 pénétrant dans le canal 68 et le joint circonférentiel 62 entourant cette goupille conique 64 s'opposent aux fuites par le canal 68 au-delà de la goupille conique 64. Après qu'un vide convenable a été établi dans la cavité annulaire 13, la goupille conique 64 peut être enfoncée dans le trou 60 réalisé par perçage afin de le boucher. Le tronçon extérieur de la goupille 64 dépassant de la surface du tube extérieur 4 peut alors être retiré et, si cela est nécessaire, une soudure peut être réalisée pour sceller cette goupille.

Après fabrication des conduits individuels, plusieurs conduits peuvent être assemblés pour former une colonne tubulaire isolée, cet assemblage consistant d'abord à insérer un élément interne 20 d'accouplement dans une extrémité de chaque élément tubulaire distinct. L'élément intérieur d'accouplement est emmanché étroitement dans l'extrémité évasée de l'élément tubulaire intérieur 6. Chaque élément intérieur 20 d'accouplement est de préférence inséré davantage dans un conduit que dans

le conduit adjacent. Si l'élément intérieur 20 d'accouplement est emboîté dans le tronçon conique 34 d'un élément plus profondément que dans l'autre élément, il reste fixé à un élément déterminé lors du démontage. Le démontage effectué sur les lieux d'utilisation peut ainsi en être simplifié.

La forme préférée de réalisation de l'invention comprend donc un ensemble à tubes concentriques précontraints isolé thermiquement sur pratiquement toute sa longueur. Une isolation est réalisée envers la chaleur transmise aussi bien par convection que par rayonnement et l'établissement du vide dans la cavité annulaire comprise entre les deux tubes concentriques élimine toute humidité résiduelle et réduit la transmission de chaleur à travers le matériau isolant. La forme préférée de réalisation n'utilise également que deux soudures pour chaque conduit individuel. L'intégrité des soudures réalisées selon l'invention est accrue à la fois par le fait que le nombre des soudures a diminué et par l'utilisation d'éléments tubulaires intérieurs évasés dont l'épaisseur des extrémités évasées n'est pas réduite au-dessous de l'épaisseur nominale des tronçons intermédiaires de ces éléments tubulaires intérieurs. En outre, les conduits isolants concentriques individuels 2 sont fabriqués au moyen de tubes classiques.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au conduit tubulaire isolant décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Conduit tubulaire isolant à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T) dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un  
5 élément tubulaire extérieur (4) et un élément tubulaire intérieur concentrique (6) présentant au moins une extrémité évasée qui est soudée à l'élément tubulaire extérieur et dont l'épaisseur ( $D_2$ ) est au moins égale à l'épaisseur nominale ( $D_1$ ) de la paroi présentée par l'élément  
10 tubulaire intérieur entre ses extrémités, l'épaisseur de l'extrémité évasée étant de préférence supérieure à l'épaisseur nominale ( $D_1$ ) présentée par l'élément tubulaire intérieur entre ses extrémités.

2. Conduit tubulaire isolant à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T) dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un  
15 élément tubulaire extérieur (4) et un élément tubulaire intérieur concentrique (6) qui est initialement refoulé et présente une épaisseur ( $D_3$ ) de paroi plus grande à ses extrémités, au moins l'une desdites extrémités refoulées étant évasée et soudée à l'élément tubulaire extérieur,  
20 l'épaisseur de l'extrémité évasée étant de préférence supérieure à l'épaisseur nominale ( $D_1$ ) présentée par l'élément tubulaire intérieur entre ses extrémités.

3. Conduit tubulaire isolant à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T) dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un  
25 élément tubulaire extérieur (4) et un élément tubulaire intérieur concentrique (6) comprenant au moins une extrémité évasée qui est soudée à l'élément tubulaire extérieur et qui comprend une section extérieure (32) adjacente au bout et ayant un rayon de courbure à peu près égal à la distance comprise entre les éléments tubulaires intérieur et extérieur, et une section conique (34)  
30 adjacente à ladite section extérieure, l'épaisseur ( $D_3$ ) de cette dernière étant de préférence au moins égale à l'épaisseur nominale ( $D_1$ ) présentée par l'élément tubulaire intérieur entre ses extrémités.

4. Conduit tubulaire isolant à parois concentriques pouvant être relié à plusieurs conduits identiques (2) pour former une colonne tubulaire isolante (T) dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire extérieur (4), un élément tubulaire intérieur concentrique (6) dont les extrémités sont évasées et soudées à l'élément tubulaire extérieur, un élément extérieur (8) d'accouplement destiné à être fixé à des conduits tubulaires disposés bout à bout, et un élément intérieur (20) d'accouplement destiné à s'emboîter dans l'élément tubulaire intérieur, à proximité de l'une de ses extrémités évasées, et en faisant saillie pour s'emboîter dans l'extrémité évasée de l'élément tubulaire intérieur d'un conduit tubulaire adjacent.

5. Conduit tubulaire isolé à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T) devant être utilisée dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire extérieur (80), un élément tubulaire intérieur (72) logé concentriquement dans l'élément tubulaire extérieur et espacé de la surface périphérique intérieure de cet élément extérieur, l'un desdits éléments tubulaires étant ondulé sensiblement sur toute sa longueur, un espace annulaire (84) sous vide étant défini entre les éléments tubulaires, des moyens (78, 78') reliant rigidement entre elles les extrémités des éléments tubulaires intérieur et extérieur, et un matériau isolant (86) entourant l'élément tubulaire intérieur, ce dernier se présentant de préférence sous la forme d'un tube ondulé dont au moins l'une des extrémités (76, 76') est évasée, chaque extrémité étant fixée à l'extrémité adjacente de l'élément tubulaire extérieur, le matériau isolant comprenant de préférence un écran qui réfléchit la chaleur.

6. Conduit tubulaire isolé à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T) dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire extérieur (4), un élément tubulaire intérieur (6) logé concentriquement dans l'élément tubulaire

extérieur et espacé de la surface périphérique intérieure de celui-ci, des moyens (30a, 30b) destinés à fixer rigidement les extrémités de l'élément tubulaire intérieur aux extrémités correspondantes de l'élément tubulaire extérieur, et un matériau isolant (12, 14, 18) entourant l'élément tubulaire intérieur dont au moins l'une des extrémités est évasée, chaque extrémité de cet élément intérieur étant fixée à l'extrémité adjacente de l'élément tubulaire extérieur, un espace annulaire (13), dans lequel un certain vide est établi, étant de préférence défini entre ledit élément tubulaire.

7. Conduit tubulaire isolé à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T), caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire extérieur (80), un élément tubulaire intérieur ondulé (72) précontraint en tension et logé concentriquement dans l'élément tubulaire extérieur de la surface périphérique intérieure duquel il est espacé, des moyens (78, 78') destinés à fixer rigidement les extrémités de l'élément tubulaire intérieur précontraint à la surface périphérique intérieure de l'élément tubulaire extérieur, et un matériau isolant (86) qui entoure l'élément tubulaire intérieur, au moins l'une des extrémités de l'élément tubulaire intérieur ondulé et précontraint étant de préférence évasée et fixée à la surface périphérique intérieure de l'élément tubulaire extérieur.

8. Conduit tubulaire à parois concentriques destiné à former une colonne tubulaire (T) dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il comporte un élément tubulaire extérieur (4), un élément tubulaire intérieur (6) précontraint en tension et logé concentriquement dans l'élément tubulaire extérieur de la surface périphérique à l'intérieur duquel il est espacé, des moyens (30a, 30b) destinés à fixer rigidement les extrémités de l'élément tubulaire intérieur précontraint à la surface périphérique intérieure de l'élément tubulaire extérieur, et un matériau isolant (12, 14, 18) qui entoure l'élément tubulaire intérieur, au moins l'une

des extrémités de ce dernier étant évasée et chaque extrémité de cet élément tubulaire intérieur étant fixée à l'extrémité adjacente de l'élément tubulaire extérieur.

5 9. Procédé de fabrication d'un conduit tubulaire isolant à parois concentriques destiné à être utilisé dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il consiste à évaser les extrémités refoulées et élargies d'un élément tubulaire (6) ayant initialement une épaisseur nominale ( $D_1$ ) entre ses extrémités et une plus grande épaisseur ( $D_2$ )  
10 aux extrémités élargies, à introduire l'élément tubulaire intérieur dans un élément tubulaire extérieur (4), et à fixer les extrémités évasées de l'élément tubulaire intérieur à l'élément tubulaire extérieur pour former un conduit tubulaire (2) à parois concentriques, présentant  
15 une cavité annulaire (13) formée entre les éléments tubulaires intérieur et extérieur, les extrémités évasées étant de préférence fixées à l'élément tubulaire extérieur par des soudures (30a, 30b), le procédé consistant en outre, de préférence, à précontraindre l'élément tubulaire  
20 intérieur en tension après soudage de la première extrémité évasée à l'élément tubulaire extérieur et avant soudage de la seconde extrémité évasée à l'élément tubulaire extérieur, les extrémités refoulées et élargies de l'élément tubulaire pouvant être éventuellement évasées  
25 par forgeage au moyen d'une estampe (42) ayant un profil symétrique.

10. Procédé de fabrication d'un conduit tubulaire isolant (2) à parois concentriques, destiné à être utilisé dans un puits souterrain, caractérisé en ce qu'il consiste  
30 à évaser au moins une extrémité d'un premier élément tubulaire (6) par introduction à force d'une estampe (42) dans l'extrémité de cet élément afin de forger ladite extrémité, à introduire le premier élément tubulaire dans un second élément tubulaire (4) et à fixer les extrémités du premier élément au second élément pour former  
35 un conduit tubulaire à parois concentriques présentant une cavité annulaire (13) comprise entre les premier

et second éléments tubulaires, le procédé pouvant en outre consister à précontraindre en tension le premier élément tubulaire après la fixation d'une extrémité du second élément tubulaire et avant la fixation de l'autre

5 extrémité du second élément tubulaire, et/ou à souder (30a, 30b) ladite extrémité évasée au second élément tubulaire.

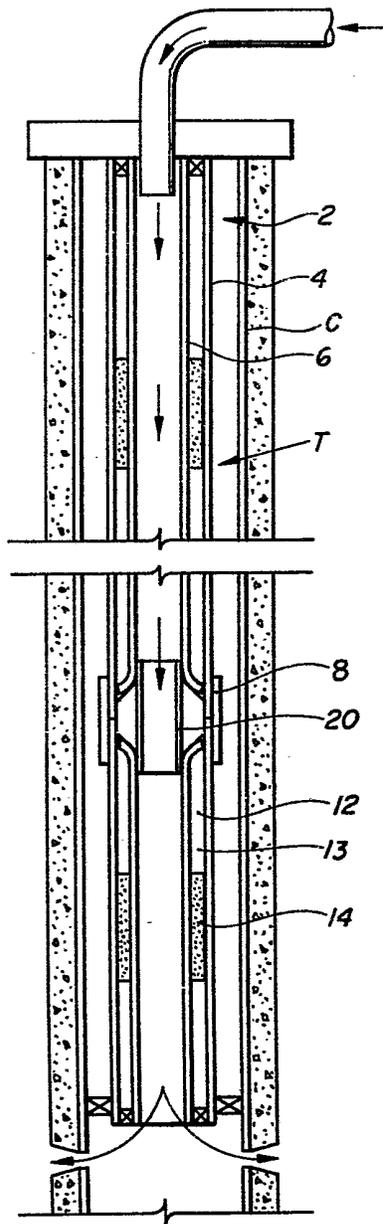


fig. 1

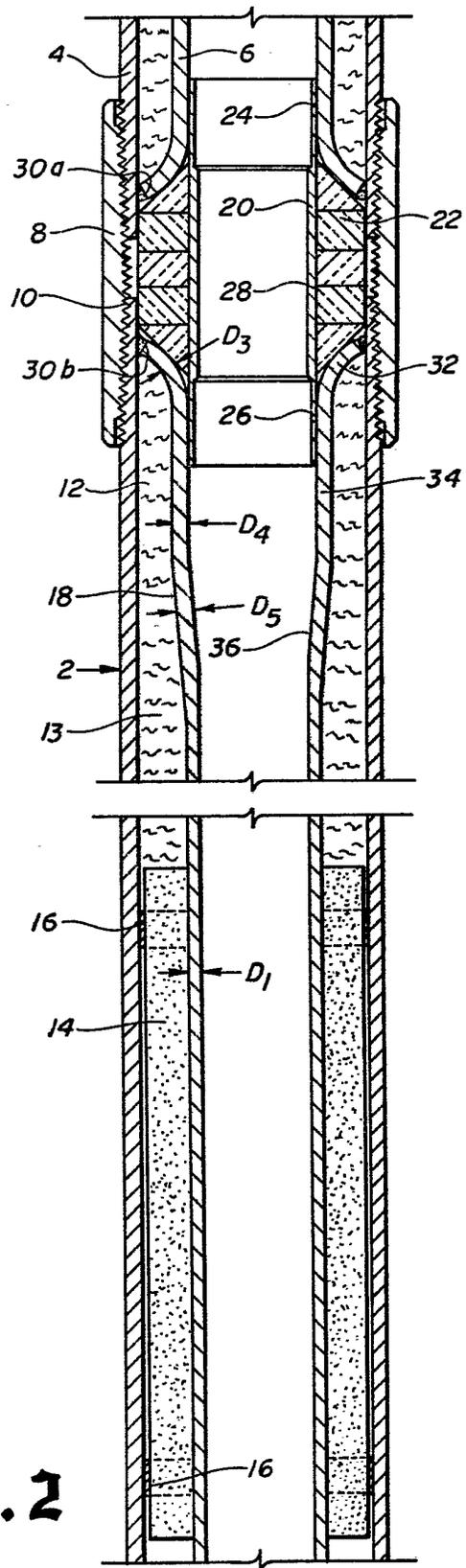


fig. 2

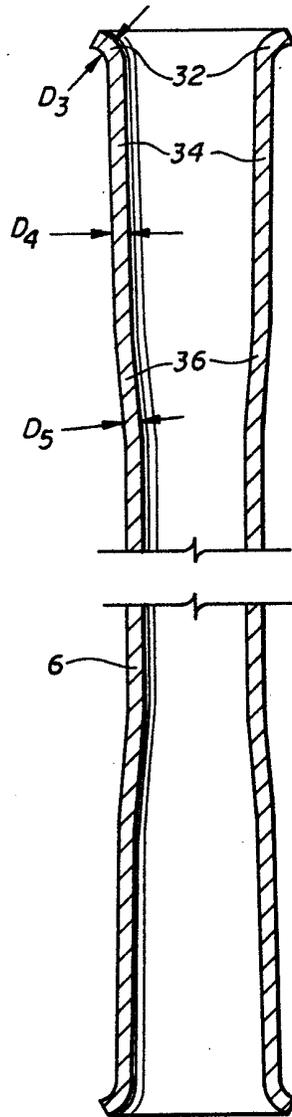
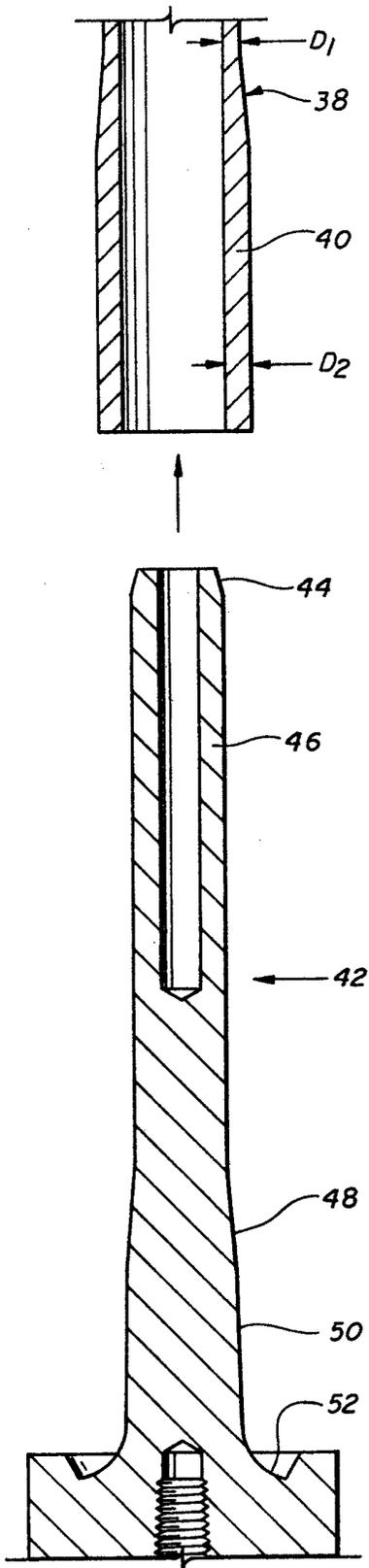


fig.4

fig.3

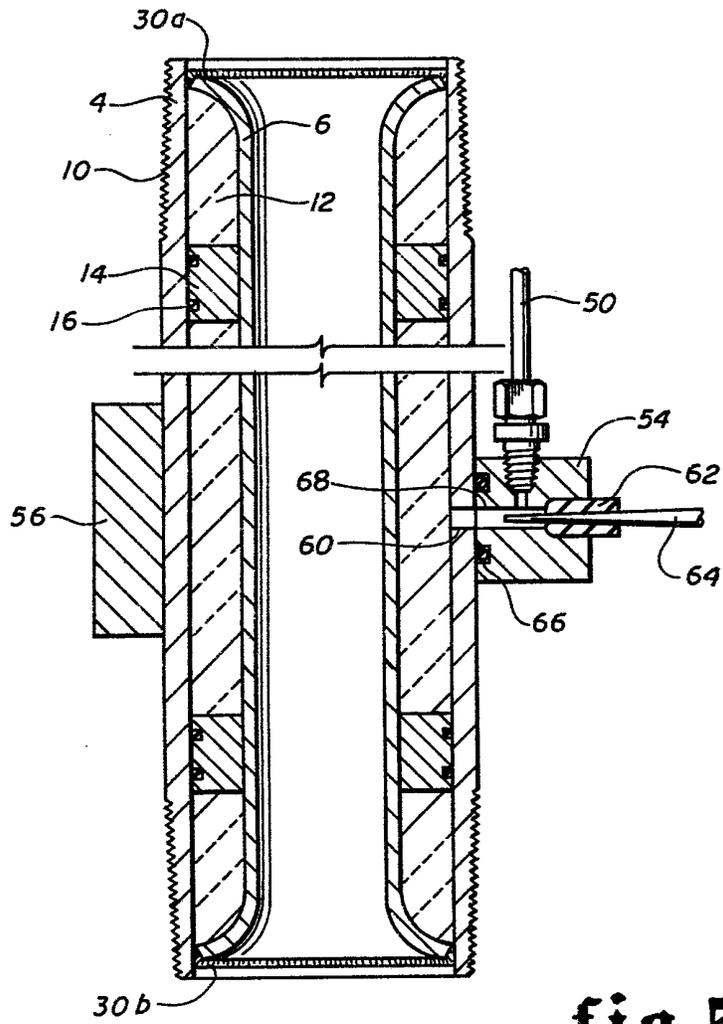
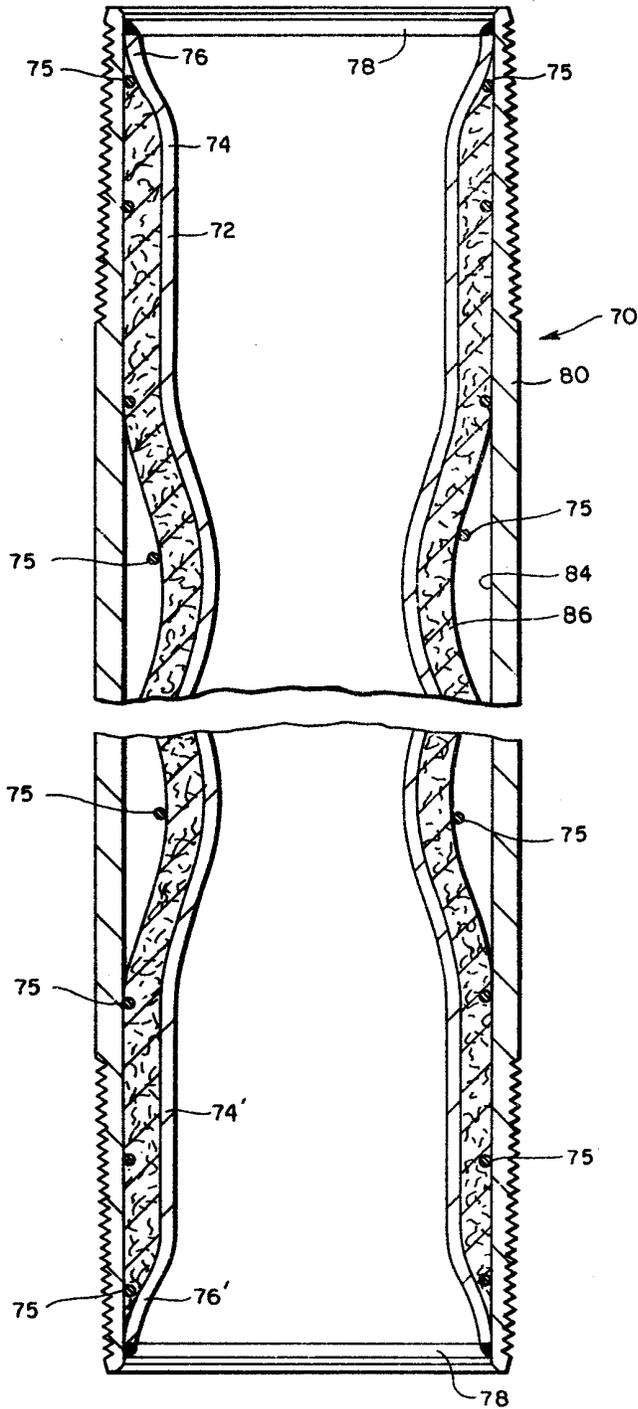


fig. 5



**FIG. 6**