

(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
17 avril 2008 (17.04.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/043891 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F16L 13/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/001536

(22) Date de dépôt international :
20 septembre 2007 (20.09.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0608446 25 septembre 2006 (25.09.2006) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **IFP**
[FR/FR]; 1 et 4 avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Mal-
maison Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **PAPON,**

Gérard [FR/FR]; 11, rue Maurice Ravel, F-78690 Les Es-
sarts-le-Roi (FR). **GUESNON, Jean** [FR/FR]; 20, rue du
Val-Fleury, F-78400 Chatou (FR).

(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; IFP, 1 et 4 avenue de
Bois Préau, F-92852 Rueil Malmaison Cedex (FR).

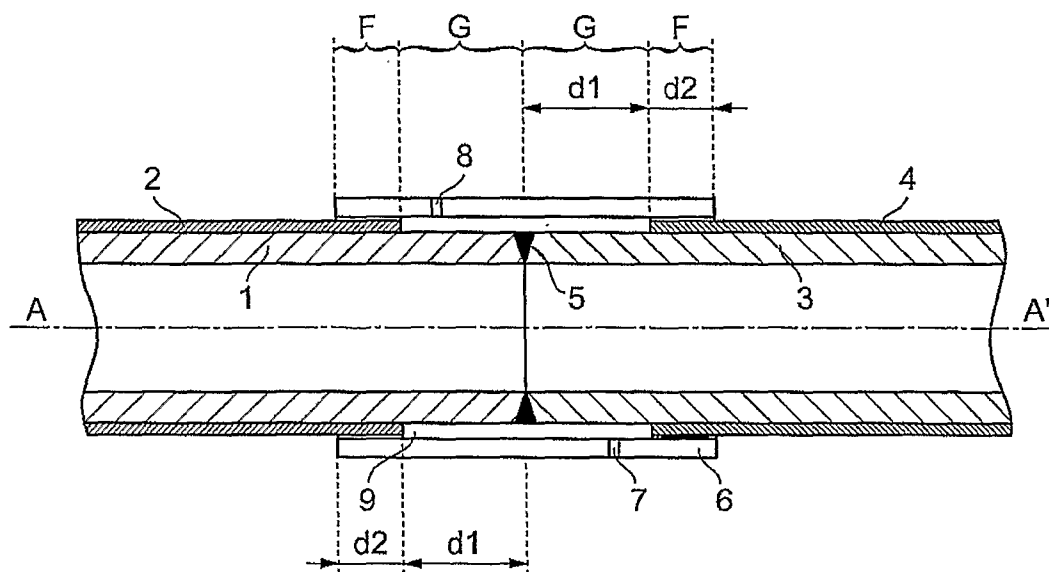
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, 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, 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),

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HIGH-PRESSURE PIPE ELEMENT COMPRISING AN ASSEMBLY OF HOOPED TUBES AND METHOD OF
MANUFACTURE

(54) Titre : ELEMENT DE CONDUITE HAUTE PRESSION COMPORTANT UN ASSEMBLAGE DE TUBES FRETTES ET
METHODE DE FABRICATION



(57) Abstract: The invention relates to a high-pressure pipe element comprising at least two metal tubes 1 and 3 reinforced by hoops 2 and 4, the ends of the tubes being made bare. The tubes are assembled end-to-end by welding 5 the bare ends together. A sleeve 6 covers the weld 5 and a portion of the hoop 2 and 4 of each tube, forming an annular space between the bare ends of the tubes and the sleeve, the space being filled with a curable material 9. The invention also relates to the manufacture of the high-pressure pipe element.

[Suite sur la page suivante]

WO 2008/043891 A2



européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, 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*

(57) Abrégé : L'invention concerne un élément de conduite haute pression comportant au moins deux tubes métalliques 1 et 3 renforcés par des frettages 2 et 4, les extrémités des tubes étant dénudées. Les tubes sont assemblés bout à bout par une soudure 5 des extrémités dénudées. Un manchon 6 recouvre la soudure 5 ainsi qu'une portion du frettage 2 et 4 de chaque tube en formant un espace annulaire entre les extrémités dénudées des tubes et le manchon, ledit espace étant rempli d'un matériau durcissable 9. L'invention se rapporte également à la fabrication de l'élément de conduite haute pression.

ÉLÉMENT DE CONDUITE HAUTE PRESSION COMPORTANT UN ASSEMBLAGE DE TUBES FRETTÉS ET MÉTHODE DE FABRICATION

La présente invention concerne la réalisation d'élément de conduite haute
5 pression. Plus particulièrement, l'invention propose une conduite haute pression
composée d'un assemblage de tubes frettés, ainsi qu'un procédé de fabrication de
cet assemblage.

La technique du fretage consiste à enrouler un élément de renfort, généralement
10 sous forme d'une bande en fibres enrobées dans une matrice en polymère, autour
d'un tube métallique afin d'augmenter la résistance du tube à la pression interne
sans augmenter son poids de manière significative.

Il est notamment envisagé d'utiliser des tubes frettés pour exploiter des gisements
15 pétroliers en mer. Les tubes frettés peuvent être mis en oeuvre pour réaliser des
conduites pour convoyer le pétrole d'une tête de puits implantée au fond de la mer
à une installation de traitement située à la surface de la mer. Plus précisément, les
tubes frettés peuvent être utilisés pour réaliser les conduites installées au fond de
la mer, couramment appelées «flow unes », les conduites reliant le fond de la mer
20 à la surface, couramment appelées «riser », ou les conduites auxiliaires telles que
les “kiil unes” et “choke unes” qui ont pour fonction d'établir une liaison
hydraulique parallèle au “riser” entre la surface et la tête de puits située sur le fond
marin.

25 Les tubes frettés sont réalisés par tronçons de tube, pouvant atteindre de 20 à 30
mètres. Pour réaliser les conduites haute pression, on assemble bout à bout les
tubes frettés par soudage. Lors de l'opération de soudage, le matériau de fretage

situé aux extrémités du tube risque d'être endommagé par la chaleur dégagée lors de la soudure. La conduite ainsi obtenue risque de présenter une faible tenue mécanique au niveau des joints soudés.

- 5 La présente invention propose une technique d'assemblage de tubes frettés par soudage qui permet notamment de réaliser une conduite sans point faible du point de vue de la résistance mécanique.

- De manière générale, l'invention propose un élément de conduite haute pression
10 comportant au moins deux tubes métalliques renforcés par des frettages, les extrémités des tubes étant dénudées, les tubes étant assemblés bout à bout par une soudure des extrémités dénudées, un manchon recouvrant la soudure ainsi qu'une portion du frettage de chaque tube en formant un espace annulaire entre les extrémités dénudées des tubes et le manchon, ledit espace étant rempli d'un
15 matériau injectable et durcissable.

Selon l'invention, la surface intérieure du manchon peut comporter des stries. Le manchon peut comporter des extrémités de forme conique. Le frettage peut comporter des éléments de renfort en fibres enrobées dans un matériau polymère.

- 20 Le matériau injectable et durcissable peut comporter un polymère.

- On peut choisir les caractéristiques du manchon de manière à ce que l'ensemble constitué par le manchon, l'espace rempli par le matériau injectable et durcissable et l'extrémité dénudée des tubes présente une résistance à la pression interne
25 supérieure à celle des tubes métalliques renforcés par des frettages.

La présente invention concerne également une méthode de fabrication d'une conduite haute pression comportant au moins deux tubes métalliques, la méthode comportant au moins les opérations suivantes:

- 5 a) on enroule des éléments de renfort autour des tubes métalliques en laissant dénudées les extrémités des tubes,
- b) on assemble bout à bout les tubes par une soudure,
- c) on dispose le manchon en position au niveau de la soudure, le manchon recouvrant la soudure ainsi qu'une portion des éléments de renfort de chaque tube en formant un espace annulaire entre les extrémités dénudées des tubes et le
10 manchon, et
- d) on injecte un matériau durcissable dans l'espace annulaire. A l'étape d), on peut polymériser le matériau durcissable.

A l'étape a), on peut enrouler sous tension les éléments de renfort de manière à
15 introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes métalliques.

Alternativement, avant l'étape b), on peut appliquer une pression interne dans les tubes revêtus d'éléments de renfort jusqu'à déformer les tubes de manière plastique afin d'introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes
20 métalliques.

Alternativement, après l'étape d), on peut appliquer une pression interne dans l'élément de conduite jusqu'à déformer les tubes métalliques de manière plastique afin d'introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes métalliques.

25

Selon l'invention, on peut effectuer l'opération a) dans une usine spécialisée, puis on peut transporter les tubes revêtus d'éléments de renfort sur le lieu d'assemblage, puis on peut effectuer les opérations b), c) et d) sur le lieu d'assemblage.

5

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris et apparaîtront clairement à la lecture de la description faite ci-après en se référant aux dessins parmi lesquels:

- la figure 1 représente un assemblage de deux tubes frettés,
- 10 - la figure 2 représente une vue en coupe d'un manchon, et
- la figure 3 schématise une conduite haute pression selon l'invention.

Sur la figure 1, les tubes métalliques 1 et 3 sont respectivement recouverts par les éléments de renfort 2 et 4. En général, dans l'industrie pétrolière, on travail des
15 tubes métalliques de longueur comprise entre 10 m et 20m.

Les éléments de renfort 2 et 4 sont des rubans en matériau composite enroulés sur la surface extérieure des tubes 1 et 3. Les rubans sont constitués de fibres, par exemple fibre de verre, de carbone ou d'aramide, les fibres étant enrobées dans
20 une matrice polymère, thermoplastique ou thermodurcissable, telle qu'un polyamide.

Les éléments de renforts peuvent être enroulés sous tension afin d'introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes métalliques et, ainsi, améliorer la
25 tenue à la pression interne des tubes métalliques. Une technique de frettage des tubes peut être celle qui consiste à enrouler sous tension des rubans en matériau

composite autour d'un corps tubulaire en métal. Cette technique de frettage est notamment décrite dans les documents FR 2 828 121, FR 2 828 262, US 4,5 14,254.

- 5 Alternativement, les tubes 1 et 3 peuvent être auto-fretté: la contrainte de frettage est introduite lors d'une épreuve hydraulique des tubes à une pression provoquant le dépassement de la limite élastique dans le tube métallique. En d'autres termes, on enroule des rubans en matériau composite autour du tube en métal. Lors de l'opération d'enroulement, les rubans n'induisent pas ou induisent qu'une très
- 10 faible contrainte dans le tube métallique. Puis, on applique une pression déterminée à l'intérieur du tube de sorte que la contrainte dans le métal dépasse la limite élastique du métal et que le tube se déforme de manière plastique. La pression peut être appliquée dans le tube par l'introduction d'un fluide sous pression. Après retour à la pression nulle, il subsiste des contraintes résiduelles de
- 15 compression dans le tube métallique et des contraintes de traction dans les rubans en matière composite.

- Alternativement, l'opération d'auto-frettage est réalisée après assemblage des tubes élémentaires. Les éléments de renfort peuvent être disposés autour du tube
- 20 métallique sans induire de contrainte dans le tube métallique, c'est-à-dire que lors de l'opération d'enroulement, les rubans n'induisent pas ou induisent qu'une très faible contrainte dans le tube métallique. Puis, les tubes recouverts d'éléments de renfort sont assemblés, selon le procédé d'assemblage décrit ci-après. La mise sous contrainte des éléments de renfort est effectuée ultérieurement à l'opération
- 25 d'assemblage des tubes 1 et 3 : les éléments de renfort sont mis sous contrainte en appliquant une pression prédéterminée dans l'assemblage de tube de sorte que la contrainte dans le métal dépasse la limite élastique du métal et que le tube se déforme de manière plastique.

Dans tous les cas, en référence à la figure 1, les extrémités des tubes 1 et 3 sont dépourvues d'élément de renfort sur une zone G de longueur axiale dl. La longueur dl est choisie de manière à éviter d'endommager les éléments de renfort 2 et 4 par une température excessive lors des opérations de soudage. En effet, la surface dénudée située à chaque extrémité des tubes facilite les opérations de soudure et permet, en particulier, de dissiper la chaleur lors de la soudure des tubes 1 et 3. La longueur dénudée dl peut être déterminée suite à des essais de mesure du profil de température dans le tube métallique lors de diverses opérations de soudure. La longueur dl peut être comprise entre 100 mm et 300 mm.

Une extrémité du tube 1 est raccordée à une extrémité du tube 3 par la soudure 5. On réalise l'opération de soudage, de manière à ce que le tube 1 et le tube 3 soient sensiblement coaxiaux, c'est-à-dire aient le même axe A-A'.

15

Un manchon 6 vient consolider l'assemblage des tubes 1 et 3 au niveau de la soudure 5. De préférence, le manchon présente une forme intérieure cylindrique. Par exemple, le manchon 6 peut être un tronçon de tube qui recouvre les tubes 1 et 3. L'axe du manchon 6 correspond sensiblement à l'axe A-A' des tubes 1 et 3. Le manchon 6 couvre complètement les zones G dénudées des tubes 1 et 3, ainsi qu'une partie des éléments de renfort 2 et 4 correspondant aux zones F sur la figure 1. Une zone F s'étend sur une longueur axiale d2. En général, on choisit la longueur d2 environ égale à la longueur dl. Par exemple, la zone F s'étend sur une longueur axiale d2 comprise entre 100 mm et 300 mm.

25

La figure 2 représente une variante de la forme du manchon 6: les extrémités du manchon sont taillées en biseau. Sur la figure 2, le manchon possède une partie centrale C en forme de tube. Les extrémités de la partie centrale C sont prolongées

par les parties E qui présente une forme conique. La surface intérieure du manchon sur les parties E et C forme une surface cylindrique de rayon constant. Par contre, l'épaisseur du manchon qui est constante sur la partie centrale C, diminue au niveau des parties coniques E jusqu'à devenir quasiment nulle. Ainsi, 5 la forme conique des parties E permet d'effectuer une transition du point de vue de la résistance mécanique entre le tube fretté et la zone soudée renforcée par le manchon.

Le diamètre intérieur du manchon 6 est égal ou légèrement supérieur au diamètre 10 du cylindre formé par la surface extérieure des frettages 2 et 4. Le diamètre intérieur du manchon 6 peut être déterminé en tenant compte des phénomènes d'ovalisation des tubes frettés et des tolérances de fabrication des tubes frettés.

Le manchon 6 forme avec les tubes 1 et 3 un espace annulaire fermé, cet espace 15 étant délimité axialement par les éléments de renfort 2 et 4. L'espace annulaire s'étend sur les zones G. Cet espace annulaire est rempli par un matériau injectable et durcissable. Le polymère est injecté par le trou d'injection 7 de manière à remplir tout l'espace et former ainsi un élément 9 qui transmet les efforts entre les tubes 1 et 3 et le manchon 6. L'élément 9 peut transmettre au manchon 6 des 20 efforts radiaux engendrés par la pression interne subie par les tubes 1 et 3. Et à l'inverse, l'élément 9 peut transmettre aux tubes 1 et 3 des efforts radiaux engendrés par la pression externe supportée par le manchon 6. On choisit le matériau de l'élément 9, notamment pour ses qualités mécaniques: le matériau doit pouvoir transmettre les efforts entre les tubes en acier et le manchon. Par 25 exemple, le matériau comporte un polymère thermoplastique ou thermodurcissable, éventuellement mélanger avec une charge, telle que des fibres de carbone, de verre ou d'aramide.

Le manchon peut être pourvu d'un trou de purge 8 permettant l'évacuation de l'air lors de l'injection du polymère. Ainsi, on évite de laisser des poches d'air dans l'espace annulaire entre le manchon 6 et les tubes en acier 1 et 3, ces poches d'air pouvant nuire à la transmission et à la répartition des efforts entre les tubes et le manchon. De préférence, le trou d'injection 7 et le trou de purge 8 sont situés diamétralement opposés et aux extrémités opposés du manchon afin de favoriser le remplissage de l'espace annulaire entre le manchon 6 et les tubes 1 et 3.

La surface intérieure du manchon peut comporter des stries ou des rainures de manière à améliorer l'adhérence du matériau formant l'élément 9 au manchon 6.

De préférence, on choisit les caractéristiques du manchon 6 de manière à ce que l'ensemble mécanique constitué par le manchon 6, les zones G des tubes 1 et 2, et de l'élément 9 présente une résistance à la pression interne supérieure à celle des tubes 1 et 3 renforcés par les éléments de renfort 2 et 4. Par exemple, on peut choisir le type d'acier, les dimensions, la géométrie du manchon 6, les matériaux de l'élément 9. Par exemple, le type d'acier du manchon peut présenter une meilleure résistance mécanique que l'acier des tubes 1 et 3.

Le raboutage des tubes frettés pour réaliser un assemblage selon la figure 1 peut être réalisé en effectuant les étapes décrites ci-après.

On enroule des éléments de renfort autour de chacun des tubes métalliques en laissant les extrémités des tubes libres sur les zone G. Les rubans peuvent être enroulés sous tension autour des tubes métalliques de manière à induire des contraintes dans le tube métallique. Les rubans peuvent également être enroulés en induisant pas ou en induisant qu'une très faible contrainte dans les tubes

métalliques. Dans ce cas, on peut appliquer une épreuve hydraulique au tube métallique de manière à réaliser par auto frettage une mise sous contrainte des tubes métalliques et des éléments de renfort. On peut également appliquer cette épreuve hydraulique ultérieurement.

5

Eventuellement, avant l'opération de soudage, on enfile le manchon autour d'un des tubes frettés à rabouter, c'est-à-dire en faisant glisser le manchon autour d'un des tubes frettés.

- 10 On dispose les tubes frettés bout à bout et on réalise la soudure 5. On peut effectuer un contrôle non destructif de la soudure, par exemple par rayon X ou par ultrason, afin de vérifier que la soudure ne présente pas de défaut.

On amène le manchon 6 en position au-dessus de la soudure 5.

15

On dispose des moyens de maintien du manchon en position au-dessus de la soudure 5. Par exemple, on peut serrer deux colliers qui prennent appui sur les frettages 2 et 4 de part et d'autre du manchon 6 de manière à bloquer les mouvements du manchon 6 selon l'axe A-A'.

20

On injecte un matériau par l'orifice 8 dans l'espace annulaire entre le manchon 6 et les tubes 1 et 3. Dans le cas des résines thermodurcissables, on réalise la polymérisation de la résine, par exemple, par élévation de température et par mise sous pression.

25

Dans le cas où les éléments de renfort sont simplement enroulés autour des tubes métalliques sans induire de contrainte, on applique une épreuve hydraulique à l'élément de conduite formé par l'assemblage des tubes 1 et 3 de manière à réaliser par auto-frettage une mise sous contrainte des tubes métalliques et des éléments de renfort.

On obtient un élément de conduite haute pression selon l'invention, composé de tube frettés soudés. Le matériau 9 injecté entre le manchon et le tube transmet les efforts radiaux entre les tubes métalliques et le manchon afin que celui-ci participe à la résistance de l'élément de conduite et, en conséquence, limite les sollicitations mécaniques appliquées à la soudure 5.

De plus, la méthode d'assemblage de tubes frettés selon l'invention permet de réaliser des conduites frettées de grande longueur à partir de tronçon élémentaire de tube fretté facilement réalisable et manipulable. On peut réaliser des éléments de conduite haute pression constitués de l'assemblage de plusieurs tubes élémentaires, par exemple entre 4 et 20 tubes élémentaires. La figure 3 représente un exemple de conduite haute pression comportant quatre tubes élémentaires 11 raccordés entre eux par les connexions 12 réalisées selon l'invention. Les extrémités de la conduite haute pression sont munies de connecteurs mécaniques 13 et 14 qui permettent de raccorder deux conduites haute pression.

On peut utiliser la méthode selon l'invention pour assembler bout à bout des tubes élémentaires lors de la pose d'un "pipe-line" afin de réaliser une conduite entre le fond marin et la surface qui peut atteindre plusieurs centaines de mètres de long.

De préférence, on procède à la fabrication des éléments de conduite haute pression en deux temps. Premièrement, on revêt les tubes métalliques de rubans composites dans une usine spécialement équipée de moyens de production destinés à cet usage. Cette usine permet de travailler des tubes de diamètre, 5 d'épaisseur et de longueur divers. Puis dans un deuxième temps, les tubes métalliques revêtus d'éléments de renfort sont transportés par lots dans une seconde usine qui réalise l'assemblage des tubes métalliques revêtus. De préférence, les usines d'assemblages sont dédiées à un type particulier de tube. Cette méthode procure des avantages tant au niveau de la fabrication des tubes 10 élémentaires, que dans le transport vers les lieux d'assemblage et de leur assemblage. En effet, on peut faciliter le transport de conduite haute pression en disposant l'usine de montage proche du lieu d'utilisation. Les cadences de fabrication peuvent être élevées et facilement augmentées si nécessaire par l'ajout de nouvelles machines standards.

REVENDICATIONS

- 1) Élément de conduite haute pression comportant au moins deux tubes métalliques (1, 3) renforcés par des frettages (2, 4), les extrémités (G) des tubes
5 étant dénudées, les tubes (1, 3) étant assemblés bout à bout par une soudure (5) des extrémités dénudées, un manchon (6) recouvrant la soudure (5) ainsi qu'une portion (F) du frettage de chaque tube (1, 3) en formant un espace annulaire (9) entre les extrémités dénudées des tubes (1, 3) et le manchon (6), ledit espace (9) étant rempli d'un matériau injectable et durcissable.
- 10
- 2) Élément de conduite haute pression selon la revendication 1, dans lequel la surface intérieure du manchon (6) comporte des stries.
- 3) Élément de conduite haute pression selon l'une des revendications 1 et 2, dans
15 lequel le manchon (6) comporte des extrémités (E) de forme conique.
- 4) Élément de conduite haute pression selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le frettage (2, 4) comporte des éléments de renfort en fibres enrobées dans un matériau polymère.
- 20
- 5) Élément de conduite haute pression selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le matériau injectable et durcissable comporte un polymère.
- 6) Élément de conduite haute pression selon l'une des revendications précédentes,
25 dans lequel on choisit les caractéristiques du manchon (6) de manière à ce que l'ensemble constitué par le manchon (6), l'espace (9) rempli

par le matériau injectable et durcissable et l'extrémité dénudée des tubes (1, 3) présente une résistance à la pression interne supérieure à celle des tubes métalliques (1, 3) renforcés par des frettages (2, 4).

- 5 7) Méthode de fabrication d'une conduite haute pression comportant au moins deux tubes métalliques (1, 3), la méthode comportant au moins les opérations suivantes:

- a) on enroule des éléments de renfort (2, 4) autour des tubes métalliques (1, 3) en laissant dénudées les extrémités des tubes,
- 10 b) on assemble bout à bout les tubes (1, 3) par une soudure (5),
- c) on dispose le manchon (6) en position au niveau de la soudure (5), le manchon (6) recouvrant la soudure (5) ainsi qu'une portion (F) des éléments de renfort (2, 4) de chaque tube (1, 3) en formant un espace annulaire (9) entre les extrémités dénudées des tubes (1, 3) et le manchon (6), et
- 15 d) on injecte un matériau durcissable dans l'espace annulaire (9).

8) Méthode de fabrication selon la revendication 7, dans laquelle à l'étape d), on polymérise le matériau durcissable.

- 20 9) Méthode de fabrication selon l'une des revendications 7 et 8, dans laquelle à l'étape a), on enroule sous tension les éléments de renfort (2, 4) de manière à introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes métalliques (1, 3).

- 10) Méthode de fabrication selon l'une des revendications 7 et 8, dans laquelle,
- 25 avant l'étape b), on applique une pression interne dans les tubes (1, 3) revêtus d'éléments de renfort (2, 4) jusqu'à déformer les tubes (1, 3) de manière

plastique afin d'introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes métalliques (1, 3).

- 11) Méthode de fabrication selon l'une des revendications 7 et 8, dans laquelle,
5 après l'étape d), on applique une pression interne dans l'élément de conduite jusqu'à déformer les tubes métalliques (1, 3) de manière plastique afin d'introduire une précontrainte circonférentielle dans les tubes métalliques (1, 3).

- 12) Méthode de fabrication selon l'une des revendications 7 à 11, dans laquelle on
10 effectue l'opération a) dans une usine spécialisée, puis on transporte les tubes revêtus d'éléments de renfort sur le lieu d'assemblage, puis on effectue les opérations b), c) et d) sur le lieu d'assemblage.

1/1

Figure 1

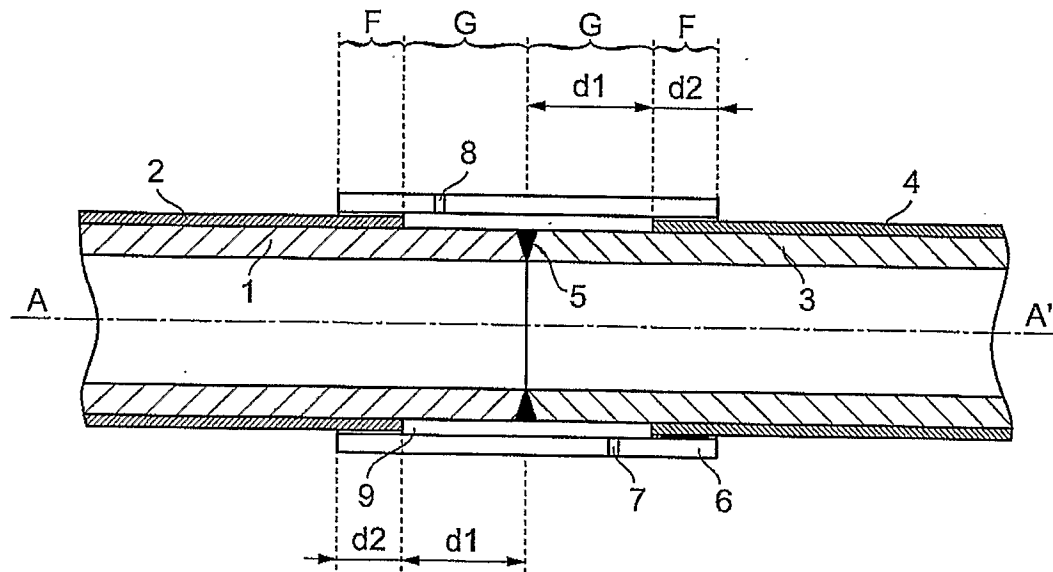


Figure 2

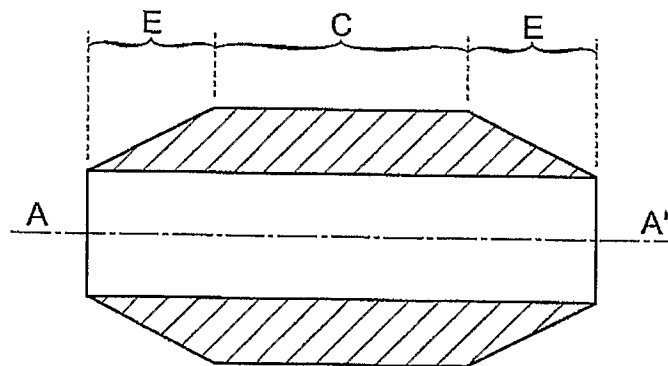


Figure 3

