

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Conduite pour le transport de fluides avec contrôle du flambement de la chemise interne anti-corrosion.

②② Date de dépôt : 22.07.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAIPEM S.A. Société anonyme — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 27.01.23 Bulletin 23/04.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.03.24 Bulletin 24/13.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : HALLOT Raymond, GOURIOU
Morgan et DELAPLACE Thomas.

⑦③ Titulaire(s) : SAIPEM S.A. Société anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.



Description

Titre de l'invention : Conduite pour le transport de fluides avec contrôle du flambement de la chemise interne anticorrosion

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général des conduites en acier utilisées pour le transport de fluides corrosifs. Elle concerne plus particulièrement les conduites sous-marines ou terrestres en acier de transport d'hydrocarbures, notamment de pétrole et de gaz.

Technique antérieure

[0002] Les conduites sous-marines utilisées pour le transport d'hydrocarbures, notamment de pétrole et de gaz, issus de puits de production sous-marins sont généralement constituées par un tube en acier.

[0003] Il a été constaté que les fluides transportés sont corrosifs pour l'acier constitutif des tubes. Aussi, pour les protéger contre la corrosion, il est connu d'insérer ou d'appliquer à l'intérieur de la conduite en acier une couche d'acier résistant à la corrosion – ayant typiquement une épaisseur de l'ordre de 3mm - (cette technique est dite de « CRA cladding » pour « Corrosion Resistance Alloy cladding »).

[0004] En alternative, cette solution peut être remplacée par l'insertion d'un chemisage annulaire de protection - ayant typiquement une épaisseur de l'ordre de 10mm - réalisé en matériau polymère, par exemple en matériau thermoplastique. Le chemisage de protection est typiquement inséré par traction à l'intérieur du tube en acier pour venir se plaquer contre la surface interne du tube une fois la force de traction relâchée afin d'obtenir un ajustement serré. Cette technique est assez couramment utilisée pour des conduites de transport de liquide comme de l'eau d'injection mais moins répandue pour des lignes de transports de fluides de production multi-phasiques.

[0005] Bien que plus économique que la technique usuelle dite de « CRA cladding », le chemisage en matériau polymère présente l'inconvénient d'être perméable aux gaz et vapeurs provenant des fluides transportés. Aussi, en pratique, du gaz a tendance à pénétrer au travers du chemisage de protection pour venir se loger dans l'espace interstitiel entre le chemisage et la paroi interne du tube en acier.

[0006] Au cours du temps, les gaz et vapeurs sont s'accumuler dans l'espace interstitiel et créer ainsi une accumulation de gaz sous pression, plus ou moins uniformément distribuée sur la longueur de la conduite. Or, lorsque la conduite va être dépressurisée, le taux de perméation du chemisage de protection n'est pas suffisamment élevé pour permettre de faire diminuer la pression à l'intérieur de l'espace interstitiel à la même vitesse que la baisse de pression à l'intérieur de la conduite. Un différentiel de pression

se crée alors avec une mise en surpression du côté de l'espace interstitiel, avec un risque d'apparition d'un flambement ou effondrement local du chemisage de protection.

- [0007] L'effondrement local et incontrôlé du chemisage de protection au cours de la dépressurisation de la conduite peut avoir comme conséquence de compromettre l'intégrité du chemisage de protection et donc son efficacité comme protection contre la corrosion de l'acier constituant le tube. De plus, lorsque la conduite est remise en pression, il existe un risque que la partie du chemisage de protection qui s'est effondrée ne puisse pas revenir dans sa forme initiale contre la paroi interne du tube.
- [0008] Plusieurs solutions ont été envisagées pour résoudre ce problème d'effondrement incontrôlé du chemisage de protection lors de la dépressurisation de la conduite. Certaines prévoient d'appliquer un revêtement adhésif sur la surface interne du tube en acier pour limiter le volume de gaz pouvant passer au travers du chemisage de protection. D'autres solutions connues consistent à former des rainures sur la face externe du chemisage de façon à collecter les gaz ayant traversé le chemisage et à les évacuer vers l'extérieur de la conduite par l'intermédiaire d'orifices externes pratiqués dans le tube. Cette opération de dégazage peut être réalisée en continue ou à intervalles réguliers.
- [0009] Encore une autre solution consiste à pratiquer des perforations dans le chemisage de protection de façon à mettre en contact l'espace interstitiel avec l'intérieur du chemisage. En cas de dépressurisation de la conduite, les gaz ayant traversé le chemisage vont emprunter ces perforations pour être évacués par l'intérieur du chemisage de façon à garder le différentiel de pression sous la pression d'effondrement du chemisage.
- [0010] Toutes les solutions de l'art antérieur présentées ci-dessus présentent des inconvénients. En particulier, le recours à un revêtement adhésif sur la surface interne du tube en acier présente l'inconvénient d'une importante complexité de processus de mise en œuvre qui nécessite plusieurs phases d'application de différentes couches suivies de phases de cuisson pour créer l'adhésion. En outre, l'utilisation d'orifices externes d'évacuation des gaz nécessite de percer le tube en acier, ce qui affaiblit l'intégrité du tube, et de prévoir une ligne d'évacuation des gaz dans l'environnement sous-marin, ce qui augmente les risques de fuites. De plus, cette solution requiert des opérations de maintenance pour activer l'opération de dégazage. Les rainures pratiquées sur la surface externe de la chemise sont également sujettes au bouchage et à l'accumulation de liquide pouvant réduire l'efficacité de la ventilation.
- [0011] De même, la solution consistant à pratiquer des perforations dans le chemisage de protection présente l'inconvénient de mettre en contact les fluides transportés avec le tube en acier, avec le risque d'engendrer localement de la corrosion.

Exposé de l'invention

- [0012] La présente invention a pour but de proposer une conduite pour le transport de fluides permettant de contrôler l'effondrement d'un chemisage de protection lors d'une dépressurisation de la conduite qui ne présente pas les inconvénients précités.
- [0013] Par contrôle de l'effondrement, on entend ici que l'invention permet de contrôler la localisation et l'amplitude du flambement du chemisage de protection pendant une opération de dépressurisation de la conduite.
- [0014] Ce but est atteint grâce à une conduite pour le transport de fluides comprenant un tube en acier destiné à recevoir un écoulement de fluides à transporter, et un chemisage annulaire de protection réalisé en matériau polymère, inséré à l'intérieur du tube contre une surface interne de celui-ci et destiné à assurer une protection de l'acier contre la corrosion des fluides à transporter, et dans laquelle, conformément à l'invention, le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, au moins une portion angulaire affaiblie dont la résistance mécanique à la déformation radiale est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection de façon à contrôler la localisation angulaire et favoriser la propagation axiale d'un flambement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite.
- [0015] La présente invention est remarquable notamment en ce qu'elle ne cherche pas à éviter lors d'une opération de dépressurisation de la conduite tout effondrement (ou flambement) du chemisage de protection, mais à maîtriser, d'une part sa localisation, et d'autre part son amplitude en la limitant autant que possible. En effet, le fait de prévoir des portions angulaires du chemisage de protection qui ont une résistance mécanique à la déformation radiale affaiblie par rapport au reste du chemisage permet de fixer les zones dans lesquelles le chemisage de protection flambera lors d'une dépressurisation de la conduite. Il est ainsi possible de répartir au mieux la localisation angulaire et la propagation axiale d'un flambement du chemisage de protection.
- [0016] L'invention est également remarquable en ce que la maîtrise du flambement ne nécessite aucun orifice externe d'évacuation sur le tube ou de perforation dans le chemisage de protection. L'intégrité du tube et du chemisage de protection sont ainsi préservés et tout risque de fuite peut être écarté.
- [0017] L'invention est encore remarquable en ce qu'elle peut être utilisée avec différents types de matériau polymère pour réaliser le chemisage de protection, dans des applications offshore ou onshore et être combinée à différents types de terminaison de chemisage.
- [0018] De préférence, la portion angulaire affaiblie du chemisage de protection s'étend sur un angle d'au moins 10°.

- [0019] Dans un premier mode de réalisation, le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, une variation d'épaisseur sur toute sa circonférence.
- [0020] Dans ce premier mode de réalisation, la variation d'épaisseur du chemisage de protection peut être obtenue en insérant un chemisage de protection d'épaisseur variable à l'intérieur du tube en acier avec un décalage des axes longitudinaux respectifs de la surface interne et de la surface externe du chemisage de protection.
- [0021] Dans un deuxième mode de réalisation, le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, une surface externe sensiblement circulaire et une surface interne ayant une forme ovale de sorte à former deux portions angulaires affaiblies diamétralement opposées qui possèdent chacune une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0022] Dans un troisième mode de réalisation, le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, une surface externe sensiblement circulaire et une surface interne ayant quatre renforcements régulièrement espacés autour d'un axe longitudinal du chemisage de protection de sorte à former quatre portions angulaires affaiblies qui possèdent chacune une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0023] Dans un quatrième mode de réalisation, le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, une surface externe sensiblement circulaire et une surface interne avec un renforcement formant la portion angulaire affaiblie qui possède une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0024] Dans un cinquième mode de réalisation, le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, une portion angulaire composée de deux matériaux différents ayant des propriétés mécaniques différentes de façon à former la portion angulaire affaiblie du chemisage de protection.
- [0025] Dans un sixième mode de réalisation, le chemisage de protection présente, avant son insertion dans le tube, dans un plan de section transversale, une surface externe ayant une forme ovale et une surface interne sensiblement circulaire de sorte à former après son insertion dans le tube deux portions angulaires affaiblies diamétralement opposées.
- [0026] De préférence, le chemisage de protection comprend un longeron qui est localisé angulairement au niveau d'une portion angulaire affaiblie et qui s'étend longitudinalement le long de l'axe longitudinal du tube de façon à raidir axialement le chemisage de protection et à augmenter la propagation axiale du flambement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite.
- [0027] Le longeron peut être situé au niveau de la surface interne du chemisage de protection. Alternativement, il peut être intégré à l'intérieur du chemisage de protection.
- [0028] De préférence également, la surface interne du tube en acier comprend un traitement

de surface pour réduire la rugosité de surface préalablement à l'insertion du chemisage de protection.

[0029] De préférence encore, le tube en acier comprend un bossage au niveau de sa surface interne qui est localisé angulairement au niveau de la portion angulaire affaiblie du chemisage de protection de façon à initier le flambement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite.

[0030] Dans ce cas, le bossage du tube en acier peut être réalisé par un cordon de soudure en acier ou par une tige rigide soudée ou collée à la surface interne du tube.

[0031] Le tube peut être réalisé en acier au carbone et le chemisage de protection peut être réalisé en matériau thermoplastique ou en matériau thermodurcissable ou en matériau thermoplastique avec un renforcement de fibres.

Brève description des dessins

[0032] [Fig.1A-1B] Les figures 1A et 1B représentent une conduite de transport de fluides selon un premier mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal.

[0033] [Fig.2A-2B] Les figures 2A et 2B montrent en perspective et en coupe selon un plan transversal un exemple de flambement du chemisage de protection de la conduite des figures 1A et 1B.

[0034] [Fig.3A-3B] Les figures 3A et 3B représentent une conduite de transport de fluides selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal.

[0035] [Fig.4A-4B] Les figures 4A et 4B représentent une conduite de transport de fluides selon un troisième mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal.

[0036] [Fig.5A-5B] Les figures 5A et 5B représentent une conduite de transport de fluides selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal.

[0037] [Fig.6A-6B] Les figures 6A et 6B représentent une conduite de transport de fluides selon un cinquième mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal.

[0038] [Fig.7A-7B] Les figures 7A et 7B représentent en coupe selon un plan transversal une conduite de transport de fluides selon un sixième mode de réalisation de l'invention, respectivement avant et après insertion du chemisage de protection à l'intérieur du tube de la conduite.

[0039] [Fig.8A-8B] Les figures 8A et 8B représentent, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal, une conduite de transport de fluides selon le premier mode de réalisation de l'invention munie d'un longeron.

[0040] [Fig.9] La [Fig.9] représente en coupe selon un plan transversal une conduite selon le premier mode de réalisation de l'invention munie d'un longeron selon une variante de réalisation de ce dernier.

[0041] [Fig.10] La [Fig.10] représente en coupe selon un plan transversal une conduite selon le premier mode de réalisation de l'invention munie d'un bossage.

Description des modes de réalisation

[0042] L'invention concerne tout type de conduite de transport de fluides corrosifs, notamment d'hydrocarbures, comprenant un tube en acier à l'intérieur duquel s'écoule les fluides à transporter, et un chemisage annulaire de protection réalisé en matériau polymère, inséré à l'intérieur du tube contre une surface interne de celui-ci et destiné à assurer une protection de l'acier contre la corrosion des fluides à transporter.

[0043] L'invention trouve une application privilégiée (mais non limitative) au transport sous-marin d'hydrocarbures, en particulier de pétrole et de gaz, issus de puits de production sous-marins.

[0044] Les figures 1A et 1B montrent, respectivement en perspective et en coupe selon un plan transversal, une portion de conduite 2-1 selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0045] La conduite 2-1 comprend un tube en acier 4, par exemple en acier au carbone, ayant un axe longitudinal X-X et qui est destiné à recevoir l'écoulement de fluides à transporter. La conduite comprend également un chemisage annulaire de protection 6-1 qui est réalisé en matériau polymère, inséré à l'intérieur du tube 4 contre une surface interne de celui-ci et destiné à assurer une protection de l'acier contre la corrosion des fluides à transporter.

[0046] Le chemisage de protection 6-1 peut être réalisé en matériau thermoplastique (par exemple en polyéthylène haute densité (PE-HD), en polypropylène, en polyamide, en polyfluorure de vinylidène ou en polyétheréthercétone de phénylène) ou en matériau thermodurcissable ou en matériau thermoplastique avec un renforcement de fibres.

[0047] Dans le premier mode de réalisation des figures 1A et 1B, le chemisage de protection 6-1 présente, dans un plan de section transversale (voir la figure 1B), une variation d'épaisseur e sur toute sa circonférence.

[0048] En d'autres termes, l'épaisseur e du chemisage de protection varie de façon continue entre un minima $e_{\min}$ et un maximum $e_{\max}$. On notera que les épaisseurs $e_{\min}$ et $e_{\max}$ sont diamétralement opposées et de préférence l'épaisseur minimale $e_{\min}$ est positionnée « à midi ».

[0049] Cette variation d'épaisseur e du chemisage de protection 6-1 est obtenue en insérant un chemisage de protection d'épaisseur variable à l'intérieur du tube en acier 4, la surface externe 6b du chemisage ayant un axe longitudinal confondu avec l'axe lon-

gitudinal X-X du tube 4, et la surface interne 6a du chemisage ayant un axe longitudinal Y-Y qui est désaxé par rapport à l'axe longitudinal X-X (c'est-à-dire qu'il n'est pas confondu avec celui-ci mais il lui est parallèle). En d'autres termes, on introduit une déviation de concentricité entre les surfaces interne et externe du chemisage de protection 6-1.

- [0050] Ainsi, le chemisage de protection 6-1 présente une portion angulaire affaiblie $\alpha 1$ (centrée sur l'épaisseur minimale $e_{\min}$) dont la résistance mécanique à la déformation radiale est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0051] Comme représenté sur les figures 2A et 2B, cette portion angulaire affaiblie $\alpha 1$ permet de contrôler la localisation angulaire d'un flambement ou effondrement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite tout en facilitant sa propagation axiale, et par là en limitant son amplitude.
- [0052] En effet, en cas d'opération de dépressurisation de la conduite 2-1, il a été constaté que c'est la portion angulaire affaiblie $\alpha 1$ du chemisage de protection 6-1 qui subit un flambement (ou effondrement) vers l'intérieur de la conduite, ce flambement s'étendant angulairement uniquement sur la portion affaiblie $\alpha 1$ située « à midi », et ayant une amplitude qui est limitée (dans le sens radial), et qui s'étend longitudinalement sur toute la longueur de la conduite 2-1 (voir la figure 2A).
- [0053] Il a également été constaté que suite à l'opération de dépressurisation, lorsque la conduite 2-1 est à nouveau mise en service (et donc mise sous pression), le chemisage de protection 6-1 qui a subi un flambement contrôlé reprend sa forme initiale (c'est-à-dire que la portion angulaire affaiblie qui a collapsé vient à nouveau se plaquer contre la surface interne du tube 4).
- [0054] On notera que lors de l'assemblage des tuyaux pour construire le chemisage de protection 6-1 avec les opérations de soudage par fusion bout à bout, les tuyaux doivent être assemblés pour assurer la continuité axiale de la variation d'épaisseur, c'est-à-dire que les sections de tuyau doivent être correctement alignées d'un tuyau à l'autre pour construire un chemisage de protection homogène. Cela pourrait être fait en utilisant des marques/rayures de couleur externe qui sont courantes dans l'industrie des tuyaux. Ce procédé d'assemblage à l'aide de repères de couleurs est également applicable aux autres modes de réalisation de l'invention décrits ci-après.
- [0055] Ce premier mode de réalisation présente l'avantage que le passage à l'intérieur du chemisage de protection 6-1 reste de forme cylindrique sur toute la longueur de la conduite 2-1, ce qui autorise une utilisation normale des éléments de nettoyage de la conduite (tels que les racleurs).
- [0056] Les figures 3A et 3B montrent une portion de conduite 2-2 selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

- [0057] Ce deuxième mode de réalisation se distingue du précédent en ce que le chemisage de protection 6-2 présente, dans un plan de section transversale (voir la figure 3B), une surface externe 6b qui est sensiblement circulaire et une surface interne 6a ayant une forme ovale.
- [0058] Ainsi, le chemisage de protection 6-2 présente deux portions angulaires affaiblies α_2 diamétralement opposées (et de préférence positionnées « à midi » et « à six heures ») qui possèdent chacune une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0059] Ces deux portions angulaires affaiblies α_2 possèdent une résistance mécanique à la déformation radiale qui est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0060] En pratique, il a été constaté qu'avec une telle géométrie du chemisage de protection 6-2, en cas d'opération de dépressurisation de la conduite 2-2, ce sont les deux portions angulaires affaiblies α_2 du chemisage de protection qui subissent un flambement vers l'intérieur de la conduite, ces flambements s'étendant angulairement uniquement sur les portions affaiblies α_2 situées « à midi » et « à six heures », et ayant une amplitude qui est limitée (dans le sens radial) et qui s'étend longitudinalement sur toute la longueur de la conduite 2-2.
- [0061] Lors d'une dépressurisation de la conduite, le flambement peut ainsi s'amorcer des deux côtés des portions angulaires affaiblies α_2 avant qu'un côté devienne plus instable que l'autre si le flambement devient important. Pour les faibles dépressurisations (variations de débit par exemple), cette solution présente l'avantage de diviser la détente des gaz sur deux fronts au lieu d'un, limitant davantage le flambement (car les gaz se dilateront sur deux volumes). La répartition des contraintes dans le chemisage de protection en ajustement serré aidera également à obtenir les instabilités souhaitées. Ceci aidera également lors de la re-pressurisation de la conduite.
- [0062] Les figures 4A et 4B montrent une portion de conduite 2-3 selon un troisième mode de réalisation de l'invention.
- [0063] Ce troisième mode de réalisation se distingue des précédents en ce que le chemisage de protection 6-3 présente, dans un plan de section transversale (voir la figure 4B), une surface externe 6b qui est sensiblement circulaire et une surface interne 6a ayant quatre renforcements 8 qui sont régulièrement espacés autour de l'axe longitudinal du chemisage de protection (qui est confondu avec l'axe longitudinal X-X du tube 4 de la conduite) et de préférence positionnées « à midi », « à trois heures », « à six heures » et à « neuf heures ».
- [0064] Le chemisage de protection 6-3 selon ce mode de réalisation présente ainsi quatre portions angulaires affaiblies α_3 (correspondant aux quatre renforcements 8 de sa surface interne) qui possèdent chacune une épaisseur inférieure à celle de la portion

angulaire restante du chemisage de protection.

[0065] Ces quatre portions angulaires affaiblies $\alpha 3$ possèdent une résistance mécanique à la déformation radiale qui est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.

[0066] En pratique, il a été constaté qu'avec une telle géométrie du chemisage de protection 6-3, en cas d'opération de dépressurisation de la conduite 2-3, ce sont les quatre portions angulaires affaiblies $\alpha 3$ du chemisage de protection qui subissent un flambement vers l'intérieur de la conduite, ces flambements s'étendant angulairement uniquement sur les portions affaiblies $\alpha 3$, et ayant une amplitude qui est limitée (dans le sens radial) et qui s'étend longitudinalement sur toute la longueur de la conduite 2-3.

[0067] De la même manière que pour le mode de réalisation précédent, lors de la dépressurisation de la conduite, le flambement peut ainsi s'amorcer des quatre côtés des portions angulaires affaiblies $\alpha 3$ avant qu'un côté devienne plus instable que les autres si le flambement devient important.

[0068] Les figures 5A et 5B montrent une portion de conduite 2-4 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.

[0069] Ce quatrième mode de réalisation se distingue des précédents en ce que le chemisage de protection 6-4 présente, dans un plan de section transversale (voir la figure 5B), une surface externe 6b qui est sensiblement circulaire et une surface interne 6a avec un renforcement (ou marche) 10 localisé angulairement de préférence « à midi ».

[0070] Le renforcement 10 du chemisage de protection 6-4 forme ainsi une portion angulaire affaiblie $\alpha 4$ qui possède une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection. Ici, l'épaisseur de la portion angulaire affaiblie $\alpha 4$ est constante.

[0071] Cette portion angulaire affaiblie $\alpha 4$ possède une résistance mécanique à la déformation radiale qui est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.

[0072] En pratique, il a été constaté qu'avec une telle géométrie du chemisage de protection 6-4, en cas d'opération de dépressurisation de la conduite 2-4, c'est la seule portion angulaire affaiblie $\alpha 4$ du chemisage de protection qui subit un flambement vers l'intérieur de la conduite, ce flambement s'étendant angulairement uniquement sur la portion affaiblie $\alpha 4$, et ayant une amplitude qui est limitée (dans le sens radial) et qui s'étend longitudinalement sur toute la longueur de la conduite 2-4.

[0073] Les figures 6A et 6B montrent une portion de conduite 2-5 selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

[0074] Ce cinquième mode de réalisation possède la particularité que le chemisage de protection 6-5 présente, dans un plan de section transversale (voir la figure 6B), une portion angulaire qui est composée de deux matériaux différents ayant des propriétés

mécaniques différentes de façon à former la portion angulaire affaiblie $\alpha 5$ du chemisage de protection.

- [0075] Par exemple, la portion angulaire affaiblie $\alpha 5$ pourra être composée de deux matériaux thermoplastiques différents avec un ou plusieurs inserts 12 réalisé dans un matériau thermoplastique moins rigide que le matériau thermoplastique utilisé pour le reste du chemisage de protection.
- [0076] Cette portion angulaire affaiblie $\alpha 5$ possède ainsi une résistance mécanique à la déformation radiale qui est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0077] Dans ce mode de réalisation, le chemisage de protection 6-5 peut ainsi présenter une surface interne 6a et une surface externe 6b qui sont, dans un plan de section transversale, de forme sensiblement circulaire.
- [0078] En pratique, il a été constaté qu'avec une telle géométrie du chemisage de protection 6-5, en cas d'opération de dépressurisation de la conduite 2-5, c'est la seule portion angulaire affaiblie $\alpha 5$ du chemisage de protection qui subit un flambement vers l'intérieur de la conduite, ce flambement s'étendant angulairement uniquement sur la portion affaiblie, et ayant une amplitude qui est limitée (dans le sens radial) et qui s'étend longitudinalement sur toute la longueur de la conduite 2-5.
- [0079] Les figures 7A et 7B montrent une portion de conduite 2-6 selon un sixième mode de réalisation de l'invention, respectivement avant et après insertion du chemisage de protection à l'intérieur du tube de la conduite.
- [0080] Dans ce sixième mode de réalisation, le chemisage de protection 6-6 présente, avant son insertion dans le tube (figure 7A), dans un plan de section transversale, une surface externe 6b qui possède une forme ovale et une surface interne 6a qui est sensiblement circulaire.
- [0081] Ainsi, une fois le chemisage de protection 6-6 inséré à l'intérieur du tube 4, celui-ci va venir se plaquer contre la paroi interne du tube de sorte à former deux portions angulaires affaiblies $\alpha 6$ qui sont diamétralement opposées (et qui sont de préférence positionnées « à midi » et « à six heures »).
- [0082] Plus précisément, ces deux portions angulaires affaiblies $\alpha 6$ possèdent, après insertion du chemisage de protection dans le tube, des épaisseurs inférieures à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0083] Ces deux portions angulaires affaiblies $\alpha 6$ possèdent ainsi une résistance mécanique à la déformation radiale qui est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [0084] Avec une telle géométrie du chemisage de protection 6-6, il a été constaté en pratique qu'en cas d'opération de dépressurisation de la conduite 2-6, ce sont les deux portions angulaires affaiblies $\alpha 6$ du chemisage de protection qui subissent un flambement vers

l'intérieur de la conduite, ces flambements s'étendant angulairement uniquement sur les portions affaiblies α6 situées « à midi » et « à six heures », et ayant une amplitude qui est limitée (dans le sens radial) et qui s'étend longitudinalement sur toute la longueur de la conduite 2-6.

- [0085] De la même manière que pour les précédents modes de réalisation, lors de la dépressurisation de la conduite, le flambement va s'amorcer des deux côtés des portions angulaires affaiblies α6 avant qu'un côté devienne plus instable que l'autre si le flambement devient important.
- [0086] Afin d'avoir un ajustement serré après l'insertion du chemisage de protection 6-6, le diamètre minimum externe du chemisage avant son insertion est plus grand que le diamètre interne du tube. Ainsi, une fois l'insertion réalisée, toute la surface externe du chemisage de protection sera en contact avec le tube en acier. La forme géométrique avec la variation d'épaisseur et la répartition des contraintes internes après insertion favorisera le flambement dans les zones souhaitées (« à midi » et « à six heures ») et la répartition axiale du flambement.
- [0087] En liaison avec les figures 8A, 8B, 9 et 10, on décrira maintenant des caractéristiques avantageuses de l'invention. Ces caractéristiques s'appliquent à l'ensemble des modes de réalisation précédemment décrits. A titre d'exemple, elles sont détaillées ci-dessous en liaison avec le premier mode de réalisation (figures 1A et 1B).
- [0088] Les figures 8A et 8B représentent une conduite 2-1 selon le premier mode de réalisation de l'invention munie d'un longeron 14 (ou raidisseur axial) qui est localisé angulairement au niveau de la portion angulaire affaiblie α1 du chemisage de protection 6-1 et qui s'étend longitudinalement le long de l'axe longitudinal X-X du tube.
- [0089] La présence d'un tel longeron 14 permet de raidir axialement le chemisage de protection 6-1 et d'augmenter la propagation axiale du flambement de celui-ci suite à une opération de dépressurisation de la conduite 2-1.
- [0090] Dans la variante de réalisation des figures 8A et 8B, le longeron 14 est situé au niveau de la surface interne 6a du chemisage de protection 6-1.
- [0091] Dans une autre variante de réalisation représentée par la [Fig.9], le longeron 14' est directement intégré à l'intérieur du chemisage de protection 6-1 (toujours au niveau de la portion angulaire affaiblie α1 de celui-ci).
- [0092] La [Fig.10] représente une conduite 2-1 selon le premier mode de réalisation de l'invention munie d'un bossage 16 permettant avantageusement d'initier le flambement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite et donc de favoriser davantage sa localisation angulaire.
- [0093] Plus précisément, le bossage 16 est disposé au niveau de la surface interne du tube 4 et est localisé angulairement au niveau de la portion angulaire affaiblie α1 du chemisage de protection 6-1.

- [0094] Le bossage 16 s'étend longitudinalement de façon parallèle à l'axe longitudinal X-X de la conduite et sur toute la longueur de celle-ci. Il peut être réalisé par un cordon de soudure en acier ou par une tige rigide soudée à la surface interne du tube.
- [0095] On notera que quelque soit le mode de réalisation pour la ou les portion(s) angulaire(s) affaiblie(s), chacune d'entre elles s'étend sur un angle d'au moins 10°.
- [0096] On notera également que quelque soit le mode de réalisation, la surface interne du tube en acier est avantageusement traité en surface pour réduire la rugosité de surface préalablement à l'insertion du chemisage de protection.
- [0097] Ce traitement de surface peut être un sablage de la surface interne du tube ou l'application d'une peinture ou revêtement sur celle-ci. Il permet de réduire davantage la quantité maximale de gaz traversant le chemisage de protection et s'accumulant sous la chemise.

Revendications

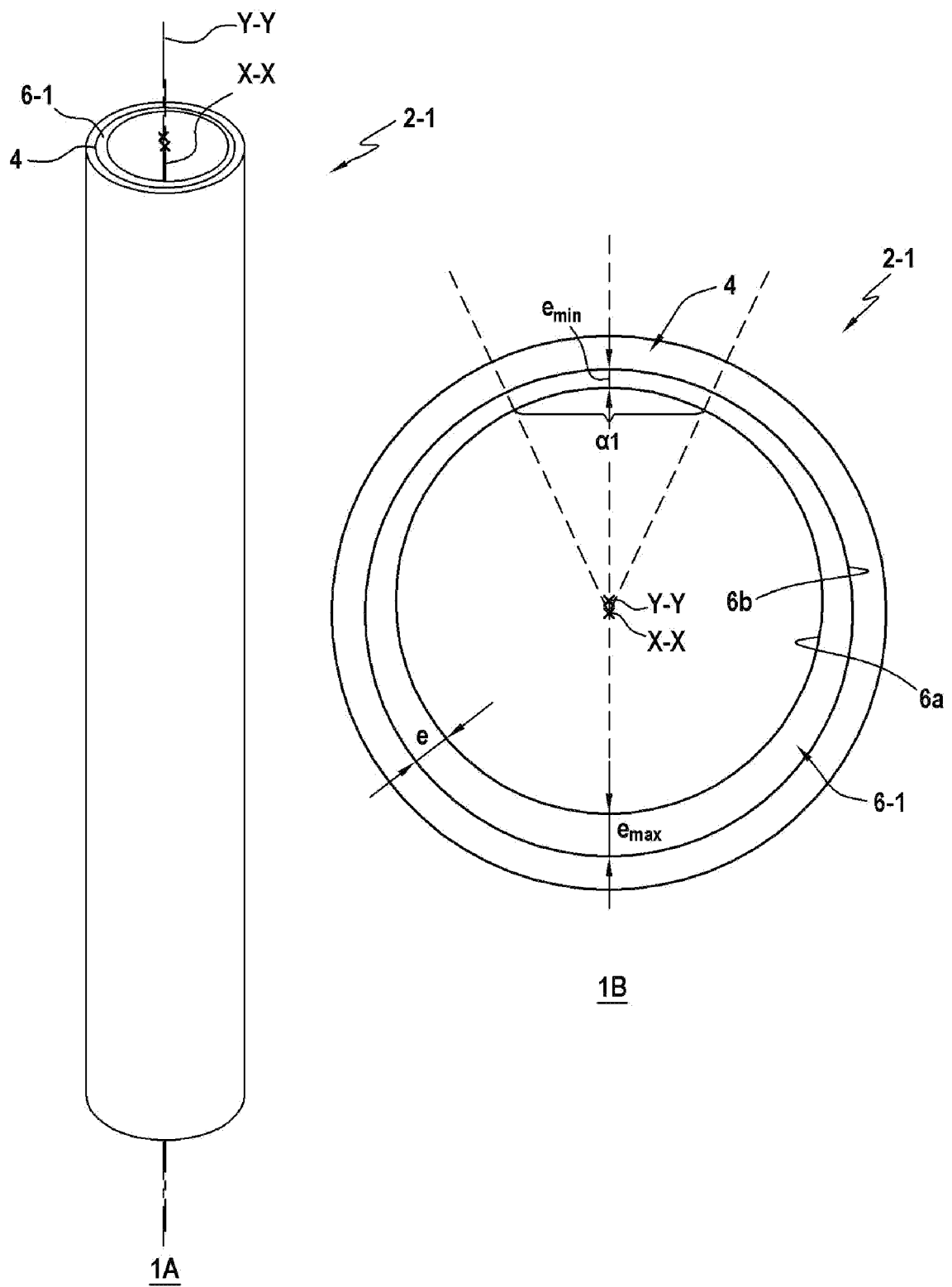
- [Revendication 1] Conduite (2-1 à 2-6) pour le transport de fluides comprenant un tube (4) en acier destiné à recevoir un écoulement de fluides à transporter, et un chemisage annulaire de protection (6-1 à 6-6) réalisé en matériau polymère, inséré à l'intérieur du tube avec une surface externe du chemisage de protection qui est en contact avec une surface interne du tube sur toute la circonférence de celui-ci, et destiné à assurer une protection de l'acier contre la corrosion des fluides à transporter, caractérisée en ce que le chemisage de protection présente, dans un plan de section transversale, au moins une portion angulaire affaiblie ($\alpha 1$ à $\alpha 6$) dont la résistance mécanique à la déformation radiale est plus faible que celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection de façon à contrôler la localisation angulaire et favoriser la propagation axiale d'un flambement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite.
- [Revendication 2] Conduite selon la revendication 1, dans laquelle la portion angulaire affaiblie ($\alpha 1$ à $\alpha 6$) du chemisage de protection (6-1 à 6-6) s'étend sur un angle d'au moins 10°.
- [Revendication 3] Conduite (2-1) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle le chemisage de protection (6-1) présente, dans un plan de section transversale, une variation d'épaisseur sur toute sa circonférence.
- [Revendication 4] Conduite selon la revendication 3, dans laquelle la variation d'épaisseur du chemisage de protection est obtenue en insérant un chemisage de protection d'épaisseur variable à l'intérieur du tube en acier avec un décalage des axes longitudinaux respectifs (X-X, Y-Y) de la surface interne (6a) et de la surface externe (6b) du chemisage de protection.
- [Revendication 5] Conduite (2-2) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle le chemisage de protection (6-2) présente, dans un plan de section transversale, une surface externe (6b) sensiblement circulaire et une surface interne (6a) ayant une forme ovale de sorte à former deux portions angulaires affaiblies ($\alpha 2$) diamétralement opposées qui possèdent chacune une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [Revendication 6] Conduite (2-3) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle le chemisage de protection (6-3) présente, dans un plan de section transversale, une surface externe (6b) sensiblement circulaire et une surface interne (6a) ayant quatre renforcements (8) régulièrement

espacés autour d'un axe longitudinal (X-X) du chemisage de protection de sorte à former quatre portions angulaires affaiblies ($\alpha 3$) qui possèdent chacune une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.

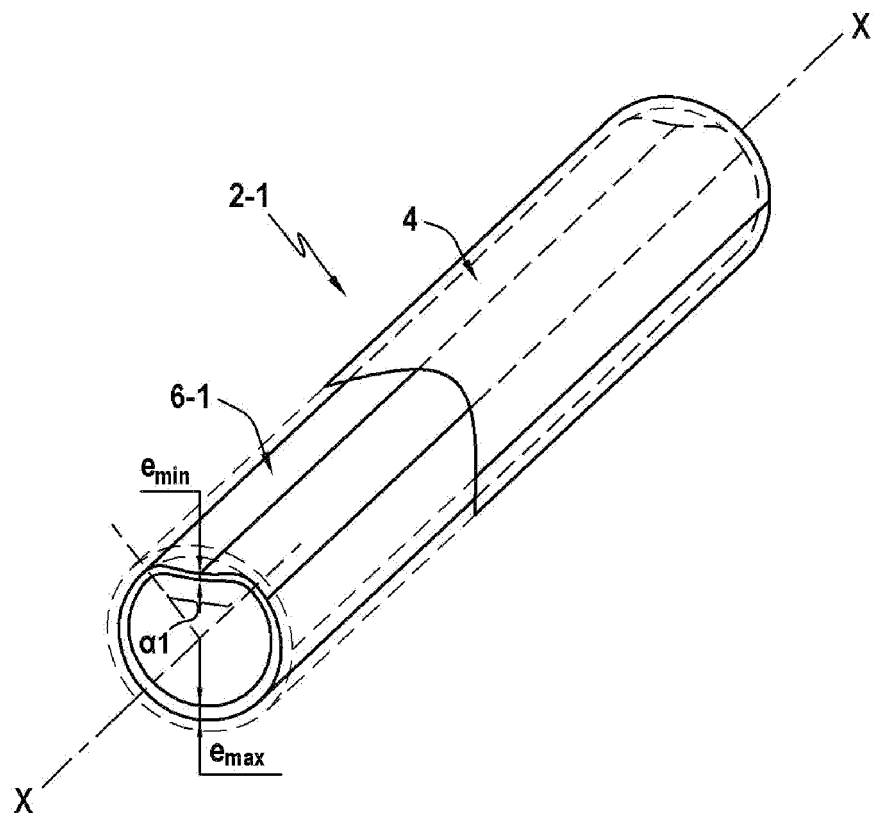
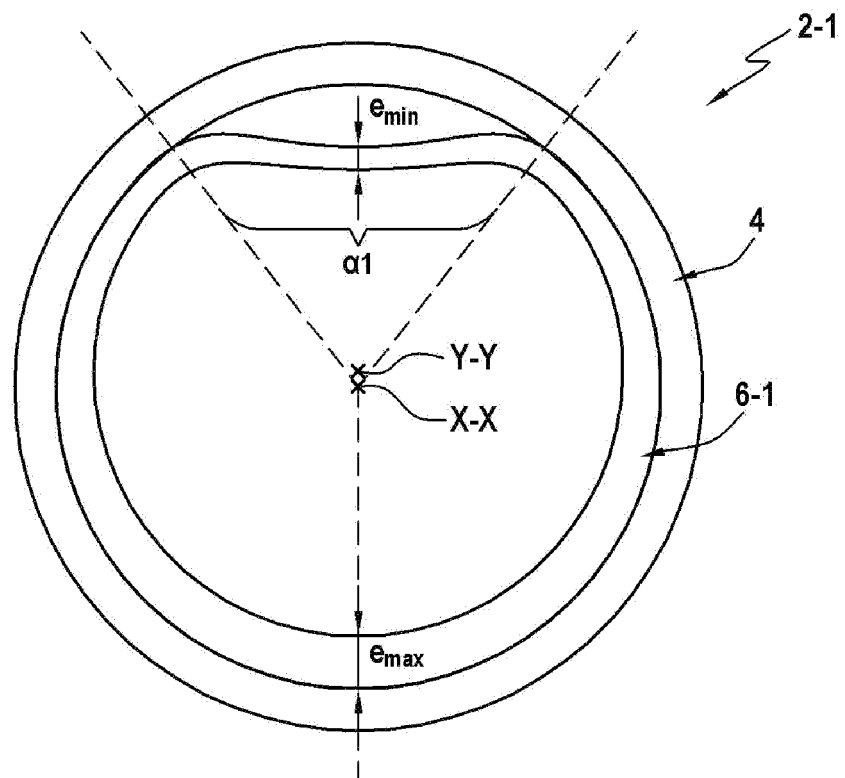
- [Revendication 7] Conduite (2-4) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle le chemisage de protection (6-4) présente, dans un plan de section transversale, une surface externe (6b) sensiblement circulaire et une surface interne (6a) avec un renforcement (10) formant la portion angulaire affaiblie ($\alpha 4$) qui possède une épaisseur inférieure à celle de la portion angulaire restante du chemisage de protection.
- [Revendication 8] Conduite (2-5) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle le chemisage de protection (6-5) présente, dans un plan de section transversale, une portion angulaire composée de deux matériaux différents ayant des propriétés mécaniques différentes de façon à former la portion angulaire affaiblie ($\alpha 5$) du chemisage de protection.
- [Revendication 9] Conduite (2-6) selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle, avant son insertion dans le tube, le chemisage de protection (6-6) présente, dans un plan de section transversale, une surface externe (6b) ayant une forme ovale et une surface interne (6a) sensiblement circulaire de sorte à former après son insertion dans le tube deux portions angulaires affaiblies ($\alpha 6$) diamétralement opposées.
- [Revendication 10] Conduite selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle le chemisage de protection comprend un longeron (14 ; 14') qui est localisé angulairement au niveau d'une portion angulaire affaiblie et qui s'étend longitudinalement le long de l'axe longitudinal (X-X) du tube de façon à raidir axialement le chemisage de protection et à augmenter la propagation axiale du flambement du chemisage de protection faisant suite à une dépressurisation de la conduite.
- [Revendication 11] Conduite selon la revendication 10, dans laquelle le longeron est situé au niveau de la surface interne du chemisage de protection.
- [Revendication 12] Conduite selon la revendication 10, dans laquelle le longeron est intégré à l'intérieur du chemisage de protection.
- [Revendication 13] Conduite selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle la surface interne du tube (4) en acier comprend un traitement de surface pour réduire la rugosité de surface préalablement à l'insertion du chemisage de protection.
- [Revendication 14] Conduite selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans laquelle le tube est réalisé en acier au carbone et le chemisage de

protection est réalisé en matériau thermoplastique ou en matériau therm durcissable ou en matériau thermoplastique avec un renforcement de fibres.

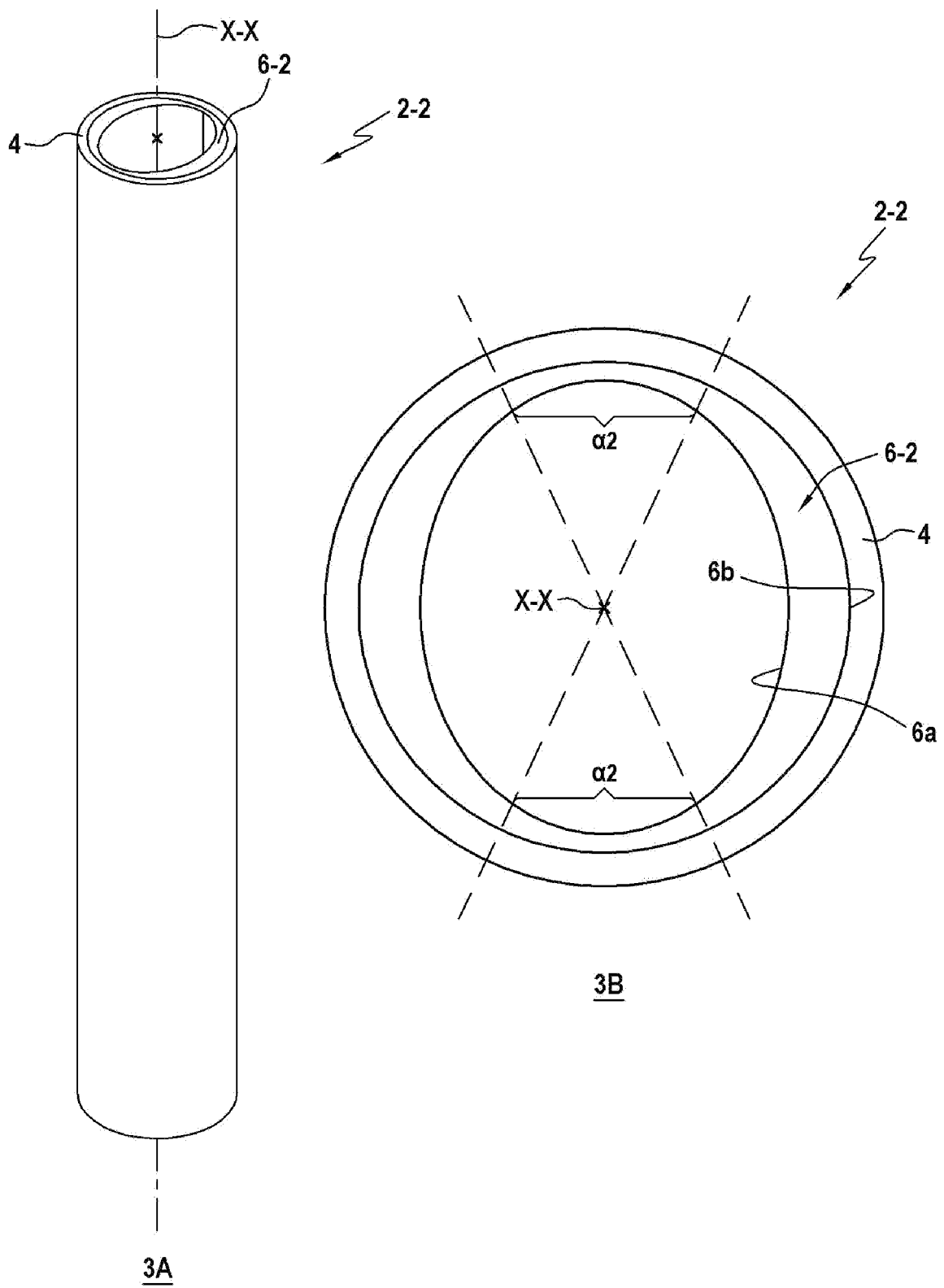
[Fig. 1A-1B]



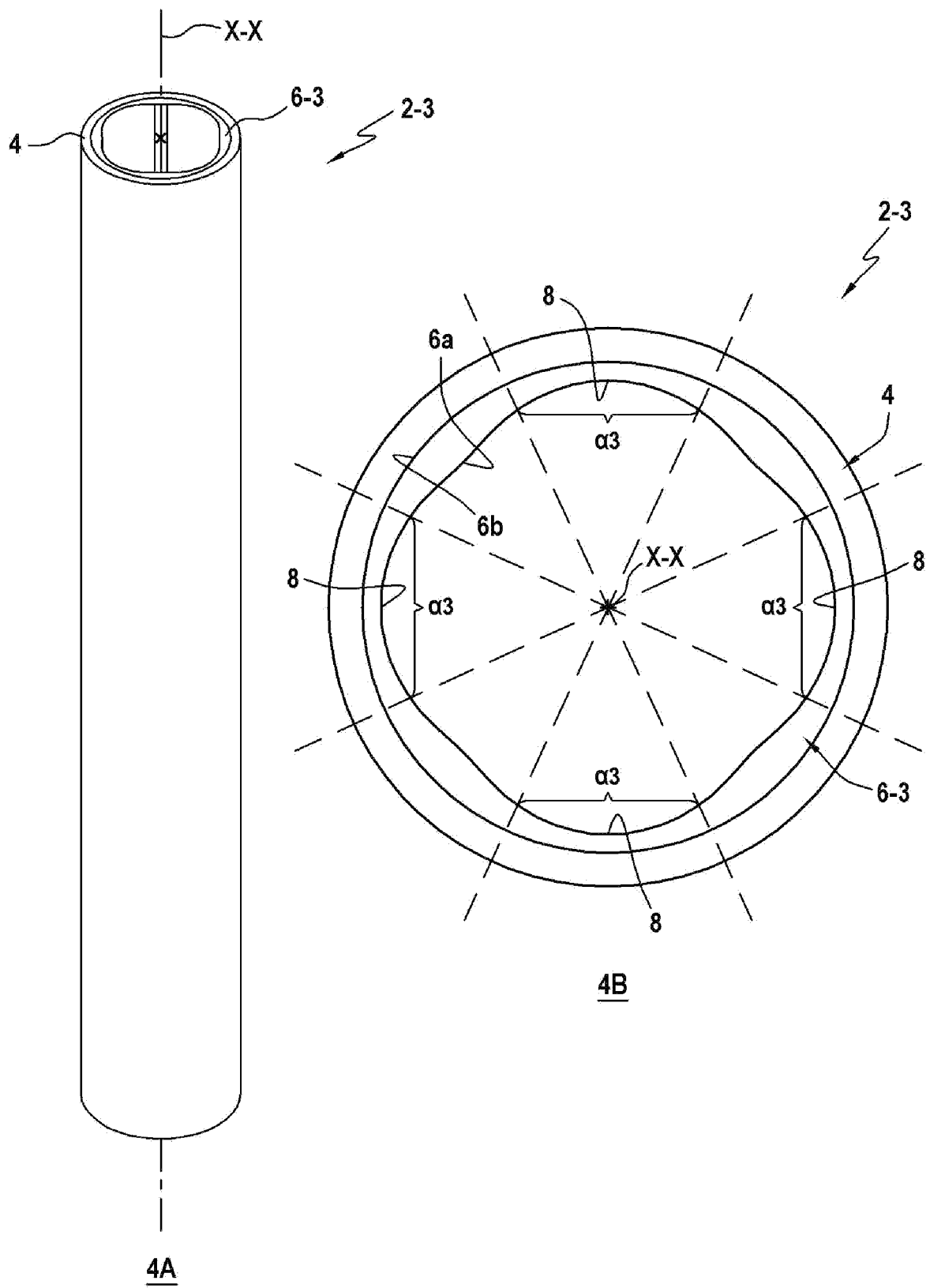
[Fig. 2A-2B]

2A2B

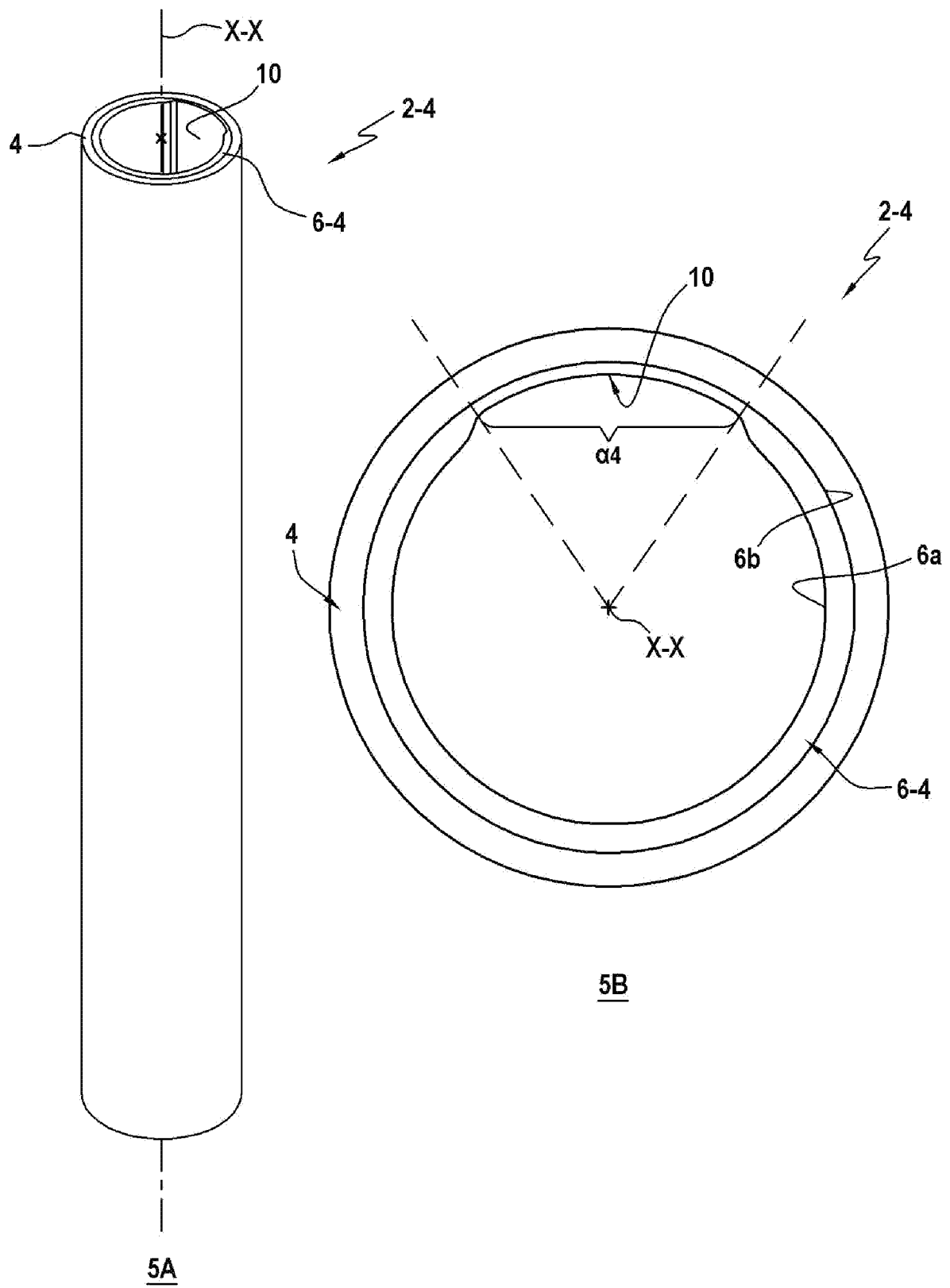
[Fig. 3A-3B]



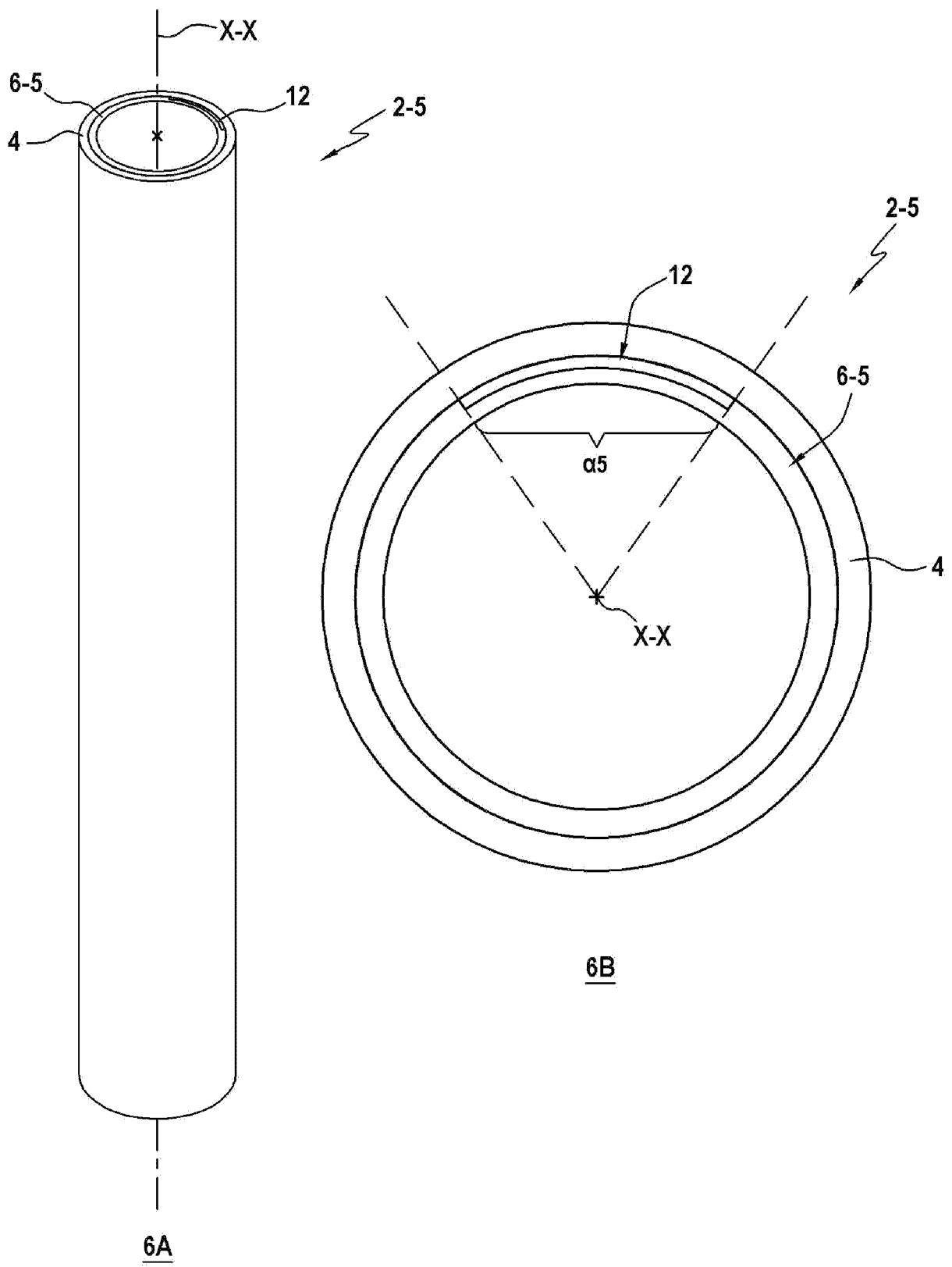
[Fig. 4A-4B]



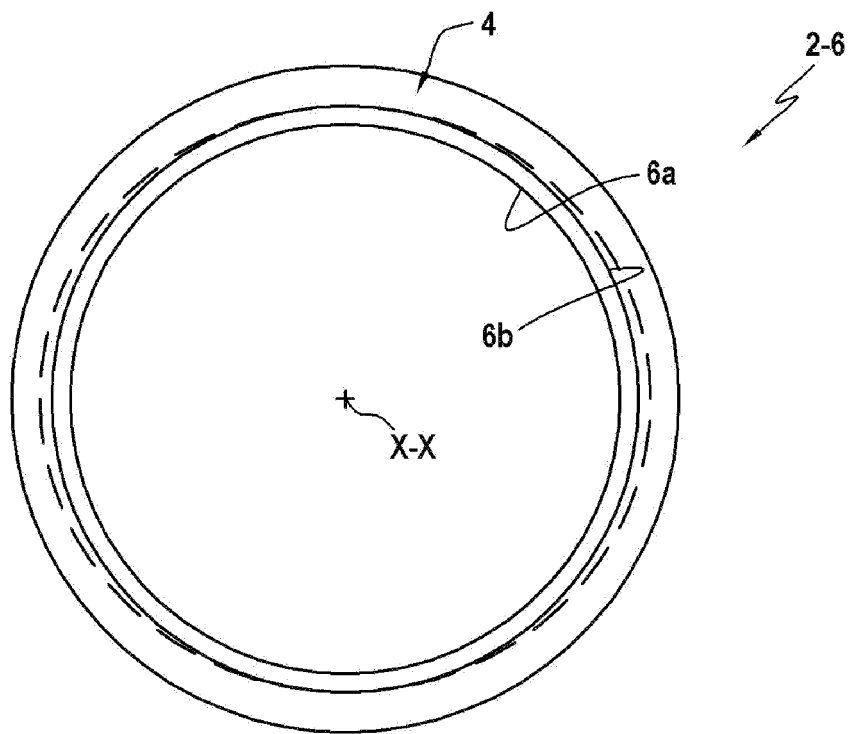
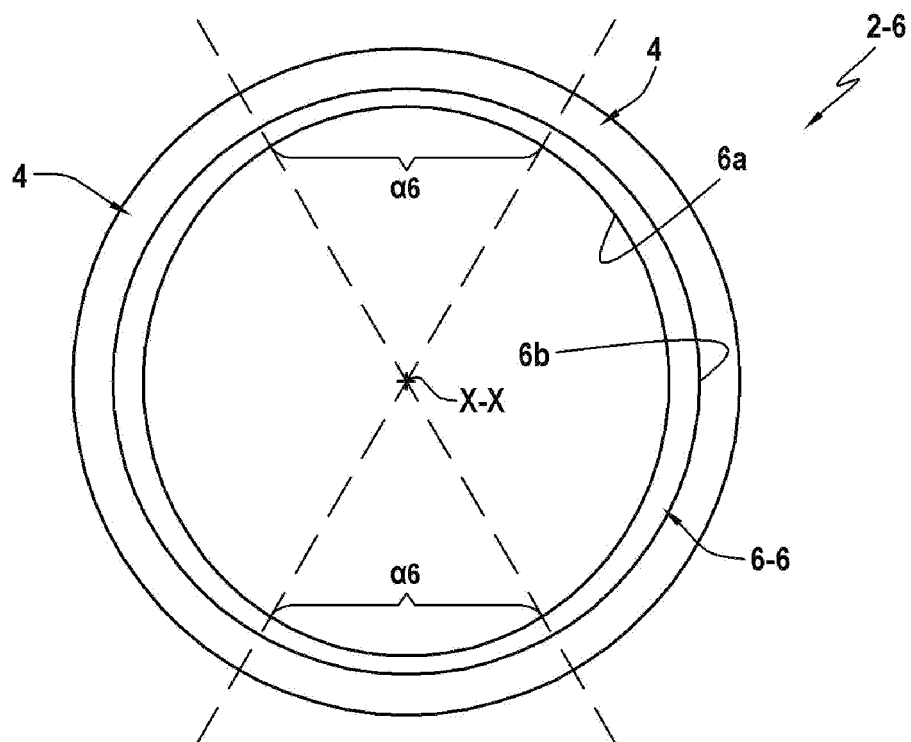
[Fig. 5A-5B]



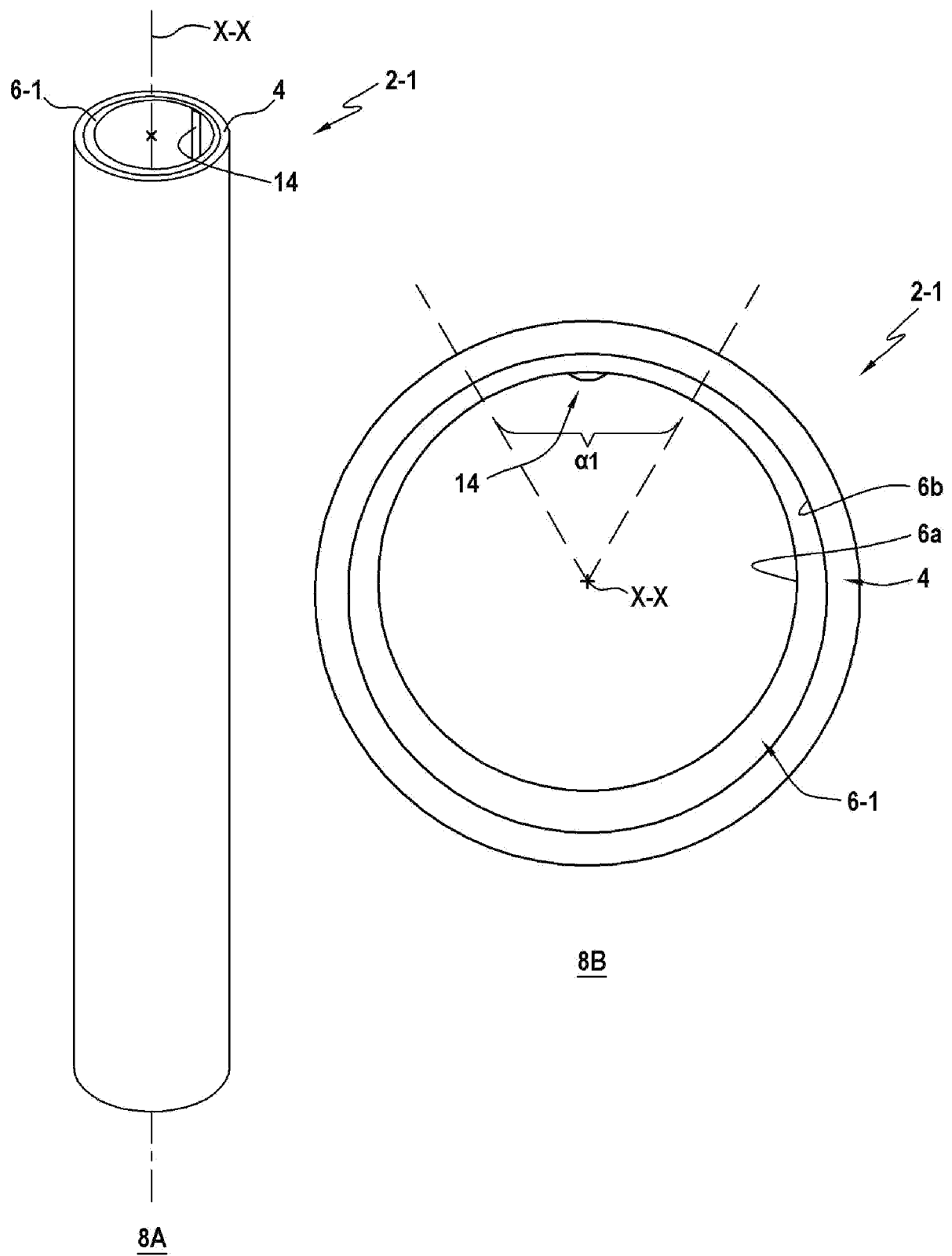
[Fig. 6A-6B]



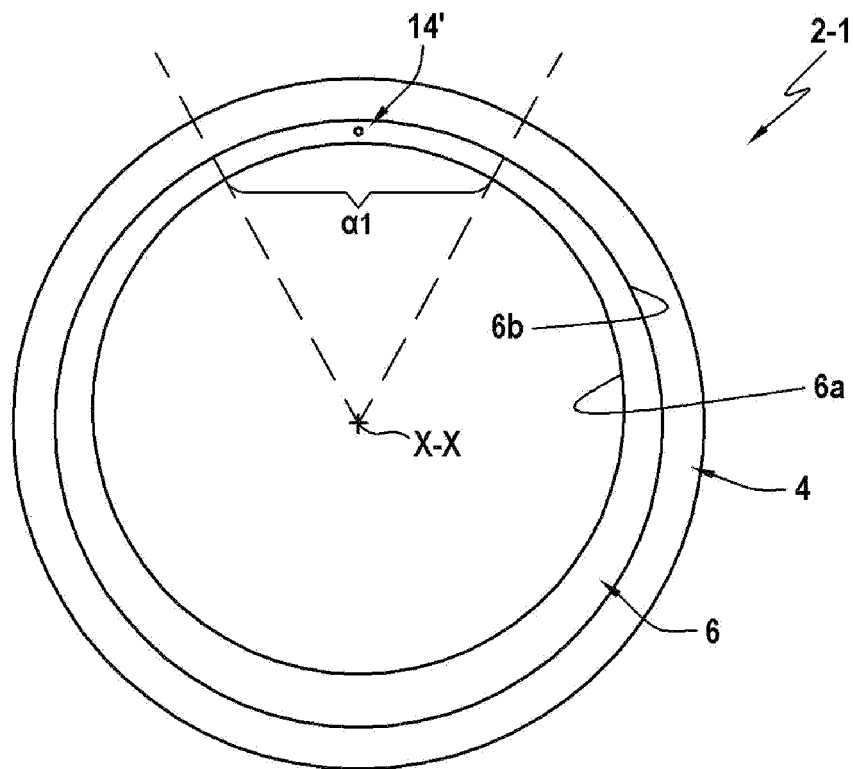
[Fig. 7A-7B]

7A7B

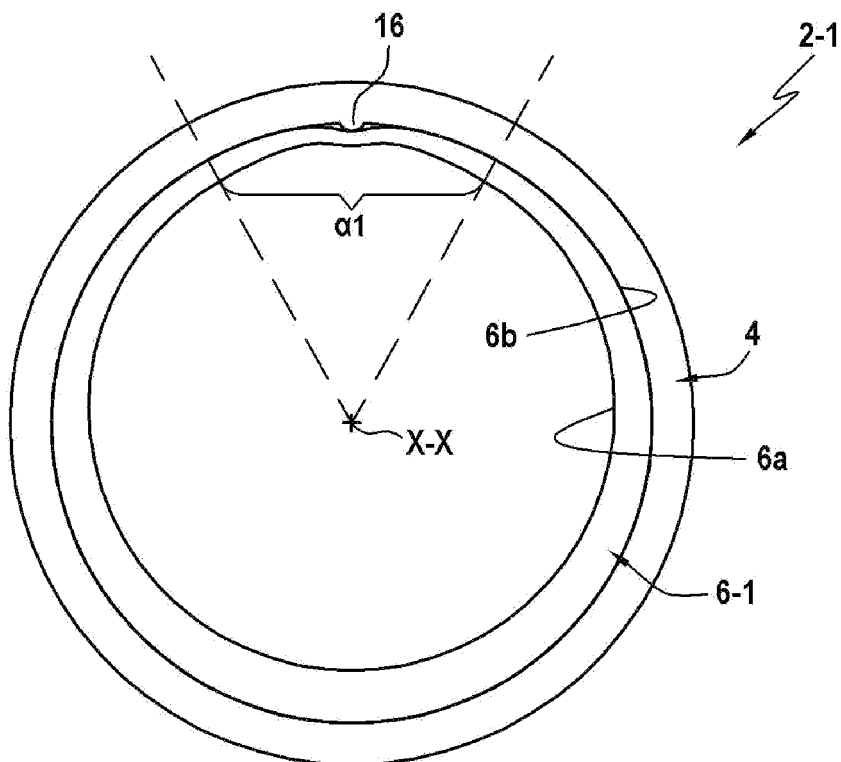
[Fig. 8A-8B]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

DE 196 15 935 A1 (BEB ERDGAS & ERDOEL GMBH
[DE]) 23 octobre 1997 (1997-10-23)

CN 104 344 100 A (TIANJIN BINHAI NEW AREA
DAGANG SHUNCHENG CHEMICAL FACTORY)
11 février 2015 (2015-02-11)

GB 2 561 197 A (RADIUS SYSTEMS LTD [GB])
10 octobre 2018 (2018-10-10)

CN 107 906 301 A (GUIZHOU INST TECH)
13 avril 2018 (2018-04-13)

FR 2 906 339 A1 (SAIPEM S A SA [FR])
28 mars 2008 (2008-03-28)

CN 104 455 761 A (BAOJI PETROLEUM STEEL
PIPE CO) 25 mars 2015 (2015-03-25)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT