



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0708272-0 B1



(22) Data do Depósito: 06/02/2007

(45) Data de Concessão: 13/11/2018

(54) Título: ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS, CONJUNTO DE, PELO MENOS, DOIS CONDUTOS COAXIAIS E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS

(51) Int.Cl.: F16L 13/02; F16L 9/18; F16L 59/147.

(30) Prioridade Unionista: 24/02/2006 FR 06 01603.

(73) Titular(es): SAIPEM S.A..

(72) Inventor(es): MICHEL BAYLOT; JEAN-YVES GOALABRE; FRANÇOIS-RÉGIS PIONETTI.

(86) Pedido PCT: PCT FR2007050752 de 06/02/2007

(87) Publicação PCT: WO 2007/096547 de 30/08/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/08/2008

(57) Resumo: ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS E PROCESSO DE FABRICAÇÃO. A presente invenção refere-se a um processo de fabricação de um elemento (1) de condutos coaxiais compreendendo um conduto (1a) interno e um conduto (1b) externo e comportando, em cada uma das suas extremidades, uma peça (2a, 2b) de junção forjada, comportando, pelo menos, um primeiro ramo (3~ 2~) interno retraído (L~ 1~) relativamente a um primeiro ramo (3) externo, no qual se executam todas as soldaduras circulares entre os referidos condutos, interno e externo, e as referidas peças de junção, a partir do exterior dos referidos condutos.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS, CONJUNTO DE, PELO MENOS, DOIS CONDUTOS COAXIAIS E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS"**.

5 A presente invenção refere-se a um processo de fabricação de um elemento unitário de conjunto de condutos coaxiais, nomeadamente de condutos submarinos que transportam fluidos quentes ou frios, de um modo preferido, condutos submarinos destinados às grandes profundidades.

Na maioria dos domínios industriais pesquisam-se sistemas de
10 isolamento com bom desempenho para manter os fluidos transportados nas tubagens com uma temperatura constante, de modo a que as transferências entre equipamentos sejam possíveis ao longo de distâncias consideráveis, atingindo, por exemplo, várias centenas de metros, e mesmo vários quilômetros. Estas distâncias são habituais em indústrias do tipo refinarias de petró-
15 leo, instalações de gás natural liquefeito (-165°C), e campos petrolíferos submarinos que se estendem ao longo de várias dezenas de quilômetros. Estes campos petrolíferos espalham-se ao longo de profundidades de água cada vez maiores as quais podem ultrapassar 3 000 m.

A presente invenção refere-se, em particular, a elementos de
20 condutos coaxiais destinados à fabricação de condutos submarinos instalados em campos petrolíferos a muito grandes profundidades, nomeadamente os condutos de ligação fundo-superfície em suspensão entre o fundo do mar e um navio de superfície ancorado sobre o referido campo petrolífero.

Estes condutos coaxiais são denominados "*PiPe In PiPe*" ou
25 PiP, ou seja, "conduto em um conduto", nas quais um conduto interno transporta o fluido, e um conduto externo coaxial com a anterior, denominado também "invólucro externo", está em contato com o meio ambiente, ou seja a água. O espaço anelar entre os dois condutos pode ser preenchido por um material isolante ou, ainda, estar em vazio sem a presença de qualquer gás.

30 Estes sistemas foram criados para atingir um alto nível de desempenho térmico, e foram criadas versões específicas para responder de modo mais adaptado aos grandes fundos, ou seja, para resistir à pressão do

Segue-se folha 1a

1a

fundo do mar. Com efeito, sendo a pressão da água, sensivelmente, de 0,1 MPa, (ou seja cerca de 1 bar) para 10 m de profundidade, a pressão a que o

Segue-se na folha 2

conduto deve resistir é, então, de cerca de 10 MPa, (ou seja cerca de 100 bar) para 1 000 m de profundidade, e cerca de 30 MPa, (ou seja cerca de 300 bar) para 3 000 m.

5 Estes conjuntos de condutos coaxiais são fabricados por montagem topo a topo de comprimentos unitários denominados doravante como "elementos de condutos coaxiais" ou "remos de condutos coaxiais", cujo comprimento varia, de um modo geral, entre 10 a 100 metros, e mais particularmente, cada um tem cerca de 12, 24 ou 48 metros.

10 No âmbito da instalação de condutos submarinos a grande profundidade, estes elementos de comprimento unitário são fabricados em terra. Em seguida, são transportados para o mar a bordo de um navio de instalação. Na altura da instalação, os elementos unitários de conjunto de condutos coaxiais são unidos uns aos outros a bordo do navio e à medida que vão sendo colocados no mar. É, portanto, importante que essa união possa ser
15 integrada no processo de montagem e união do conduto e da instalação deste no fundo do mar, atrasando-o o menos possível, e de modo a poder ser, portanto, efetuado rápido e facilmente.

20 Para esse efeito, utilizam-se peças de junção ou peças de ligação forjadas em aço, montadas nas extremidades dos referidos elementos de conjunto de condutos coaxiais a montar. Sendo a peça de junção, na extremidade a jusante de um primeiro elemento de conjunto de condutos coaxiais ainda não montado, ligada à peça de junção na extremidade livre a montante de um segundo elemento de conjunto de condutos coaxiais já montado a jusante.

25 Estas peças de junção forjadas visam, igualmente, reforçar a resistência dos condutos sujeitos a flexões consideráveis no decurso da instalação, nomeadamente na zona de ligação de dois referidos comprimentos unitários sucessivos e, mais particularmente, no caso de ligações fundo-superfície, de modo a lhes conferir uma muito grande resistência à fadiga
30 durante todo o tempo de vida útil das instalações.

Mais particularmente, a presente invenção refere-se às referidas peças forjadas de junção compreendendo dois ramos de revolução, dos

quais um ramo externo e um ramo interno formam uma forquilha que delimita o referido espaço anelar, forquilha essa cujas extremidades cilíndricas livres são montadas diretamente nas extremidades cilíndricas, respectivamente, dos condutos externos e internos.

5 Condutores coaxiais e peças de junção deste tipo foram descritos, nomeadamente, no documento FR 2873427.

Uma operação fundamental para a fiabilidade mecânica dos condutos PiP, reside nas soldaduras entre as peças de junção forjadas e os referidos condutos coaxiais. Em particular, os soldadores devem poder controlar a soldadura em execução e depois da execução, nomeadamente com o auxílio de dispositivos de controle de soldadura por sonda a ultra-sons, que podem ser implementados manualmente ou de modo robotizado através de um operador, e, seja qual for a situação, devem ser deslocados de encontro à e na proximidade da soldadura, por um lado, axialmente em translação da frente para trás na zona de soldadura, e, por outro lado, em toda a circunferência da periferia do conduto na referida zona de soldadura.

É por isso que é desejável poder executar as soldaduras entre as peças de junção e os condutos coaxiais a partir do exterior dos condutos em questão, para as poder controlar mais facilmente. Mas, no caso de peças de junção forjadas do tipo compreendendo dois ramos de revolução, cujas extremidades cilíndricas são montadas nas extremidades cilíndricas respectivas dos condutos internos e externos, esta soldadura a partir do exterior não é possível no que refere-se à soldadura entre o ramo interno da peça de junção forjada e a extremidade do conduto interno, pelo menos, por uma das duas peças de junção para a qual a soldadura é, então, executada a partir do interior do referido conduto interno, como irá ser explicado em seguida. Ora, esta operação de soldadura a partir do interior do conduto interno é delicada e complexa em termos de execução, bem como o controle posterior da soldadura. Compreende-se, com efeito, que trabalhando a partir do interior, um operador tem grandes dificuldades de posicionar com precisão, quer a tocha de soldadura quer o dispositivo de controle.

Como lembrado anteriormente, as zonas de soldadura são par-

ticularmente sensíveis ao fenômeno da fadiga, tanto durante a instalação como durante o tempo de vida do conduto, sendo por isso importante poder controlar cuidadosamente a fiabilidade.

5 Para poder executar uma soldadura do ramo interno da peça de junção forjada com a extremidade do conduto interno, e isso a partir do exterior do conduto interno, e este às duas extremidades de um elemento unitário de conduto coaxial, uma solução consiste em construir peças de junção em várias partes e/ou intercalar peças de encaixe, nomeadamente semimangas tubulares formando duas semiconchas tubulares intercaladas entre
10 as extremidades do ramo externo de uma peça de junção forjada e a extremidade do conduto externo correspondente, como ilustrado na figura 1C. Estas semiconchas são encaixadas por soldadura entre as extremidades do ramo externo da peça de junção forjada e do conduto externo, e são colocadas após a execução da soldadura a partir do exterior do conduto interno,
15 entre a extremidade do ramo interno da peça de junção forjada e a extremidade do conduto interno.

Mas, estas peças de junção complexas e/ou associadas a elementos complementares de tipo conchas, afetam a fiabilidade mecânica da peça de junção propriamente dita e, por conseguinte, da junção entre a peça
20 de junção e o conduto. Uma das razões baseia-se no fato de ser necessário efetuar soldaduras na direção longitudinal do conduto para soldar as duas semimangas tubulares entre si, sendo este tipo de soldadura longitudinal menos fiável que as soldaduras circulares e, além disso, implica cruzamentos de soldadura entre as soldaduras circulares, assegurando a ligação entre
25 as mangas tubulares e as peças de junção forjadas ou as extremidades de condutos coaxiais, e assegurando as soldaduras longitudinais a ligação entre as duas semimangas tubulares encaixadas, constituindo os referidos cruzamentos de soldadura pontos de fraqueza suplementares.

Também se conhecem sistemas nos quais a peça de junção é
30 constituída por dois elementos enroscados e colados entre si, mas este tipo de construção de peças de junção apresenta, igualmente, lacunas na fiabilidade mecânica.

Também se conhece, no documento FR 275171, uma forma de realização das extremidades de uma PiP, dotada com um modo de reforço da zona de ligação entre dois comprimentos unitários de PiP por intermédio de uma manga deslizante com folga reduzida sobre o invólucro externo, sendo a referida manga deslizante solidária com o referido invólucro externo por colagem. Esta disposição permite aumentar, localmente, a inércia da seção transversal para limitar as tensões na zona de ligação entre dois comprimentos unitários de PiP, mas necessita da fabricação de várias peças mecânicas complicadas de montar e necessita de uma ligação relativamente difícil de implementar. Além disso, a colagem proposta permanece sujeita à deformação e degrada-se com os ciclos térmicos aos quais os condutos estão sujeitos durante o seu tempo de vida de 20 a 30 anos. Por fim, este tipo de colagem não poderia ser concebido de modo fiável no caso de ligações fundo-superfície, porque os efeitos dinâmicos da ondulação e da corrente sobre o conduto em suspensão entre o fundo do mar e o suporte flutuante degradariam, rapidamente, o plano de colagem induzindo uma fadiga rápida e excessiva sobre a zona de ligação da PiP.

Deste modo, o problema que se coloca consiste em executar uma ligação de comprimento unitário de conjunto de condutos coaxiais de tipo PiP melhorada de modo a facilitar a implementação de meios de ligação e operações de ligação, nomeadamente meios e operações de soldadura, e em que as zonas de ligação, nomeadamente zonas de soldadura entre peças de junção e comprimentos unitários de condutos, possam ser executadas de modo a que o comportamento em termos de fadiga, no caso de ligações fundo-superfície seja radicalmente melhorado.

Mais particularmente, um problema fundamental da invenção consiste, por conseguinte, em proporcionar um processo de fabricação melhorado de um elemento de condutos coaxiais comportando, em cada extremidade, uma peça de junção forjada composta por uma única peça forjada compreendendo dois ramos de revolução, externo e interno, montados diretamente nas extremidades respectivas dos condutos externo e interno.

Com essa finalidade, a presente invenção proporciona um pro-

cesso de fabricação de um elemento de condutos coaxiais compreendendo um conduto interno e um conduto externo e comportando, em cada uma das suas extremidades, uma peça de junção forjada comportando, pelo menos, dois primeiros ramos de revolução, dos quais um primeiro ramo interno e um primeiro ramo externo, estando a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo externo retraída por um comprimento L_1 relativamente à extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo interno.

No processo de acordo com a presente invenção, efetuam-se as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

10 1/ se solda a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo interno de uma primeira peça de junção, com uma primeira extremidade do referido conduto interno não coberto pelo conduto externo, sendo a soldadura executada a partir do exterior do referido conduto interno, e

15 2/ se desloca o referido conduto externo de um modo coaxial em torno do referido conduto interno, de modo a que uma primeira extremidade do referido conduto externo se encoste topo a topo à extremidade cilíndrica correspondente do primeiro ramo externo da referida primeira peça de junção, estando a segunda extremidade do referido conduto interno retraído relativamente à segunda extremidade correspondente do referido conduto externo por um comprimento L_3 , pelo menos igual a L_1 , e

20 3/ se solda a extremidade do referido primeiro ramo externo da referida primeira peça de junção forjada com a extremidade do referido conduto externo, a partir do exterior do referido conduto externo.

25 Em seguida, de acordo com a presente invenção, o processo é caracterizado por se executarem as etapas posteriores sucessivas, nas quais:

30 4/ se expande, de modo reversível, na direção longitudinal axial XX' , a referida segunda extremidade do referido conduto interno, de modo a que esta ultrapasse, por um comprimento L_2 , a referida segunda extremidade correspondente do referido conduto externo, e

5/ se solda, a partir do exterior do referido conduto interno, a extremidade do primeiro ramo interno de uma segunda peça forjada com a re-

ferida segunda extremidade do referido conduto interno em posição expandida, e

5 6/ se reduz a expansão do referido conduto interno até que a segunda extremidade do primeiro ramo externo da referida segunda peça forjada se encoste topo a topo à referida segunda extremidade do conduto externo, e

7/ se solde, a partir do exterior do referido conduto externo, a extremidade do referido primeiro ramo externo da referida segunda peça forjada com a referida segunda extremidade do referido conduto externo.

10 Compreende-se que, na etapa 4, se executa uma expansão do referido conduto interno por um comprimento L_2+L_3 , de modo a que a distância $L=L_1+L_2$, entre a extremidade livre do referido primeiro ramo externo da segunda peça forjada e a extremidade do referido conduto interno, seja suficiente para permitir, a partir do exterior do conduto interno, a execução da
15 soldadura da extremidade cilíndrica livre do primeiro ramo interno da segunda peça forjada com a extremidade do conduto interno. Na prática, esta distância $L=L_1+L_2$ deve ser, pelo menos, igual a 5 cm (o que corresponde à dimensão da tocha de soldadura) e, de um modo preferido, pelo menos 10 cm, quando se utiliza um material para deslocar em rotação a tocha de soldadura
20 em torno do referido conduto a soldar, como irá ser explicado em seguida.

Também se compreende, igualmente, que, em repouso, quando os dois condutos externo e interno têm a mesma temperatura sem tração e sem compressão, a extremidade do conduto externo ultrapassa a extremidade do conduto interno por um comprimento L_3 , pelo menos igual ao diferencial de comprimento L_1 entre os referidos primeiros ramos, interno e externo, das referidas peças forjadas, e isto a fim de que, depois da redução da expansão (etapa 6), a extremidade do referido primeiro ramo interno entre em contato topo a topo com a extremidade do referido conduto externo.

De acordo com uma primeira variante de realização do processo
30 de fabricação de um elemento de condutos coaxiais de acordo com a invenção, na etapa 4/, executa-se a expansão do referido conduto interno por aquecimento desta, de um modo preferido, com o auxílio de dispositivos de

aquecimento que se introduzem e, de um modo preferido, que se deslocam no interior do referido conduto interno e que se ativam de modo uniforme ou não ao longo do referido conduto, no interior deste. Compreende-se que a redução da expansão da etapa 4/, se faz, então, por simples arrefecimento.

5 Em uma segunda forma de realização, na etapa 4/, executa-se a referida expansão por tração longitudinal XX' mecânica do referido conduto interno com o auxílio de um dispositivo de tração compreendendo um guincho ou um macaco colocados no exterior do referido conduto interno. Compreende-se que a redução da expansão se faz por relaxamento da referida
10 tração.

Também é, igualmente, interessante poder combinar as duas formas de expansão, como explicado posteriormente.

Mais particularmente, na etapa 4/, a referida expansão faz-se por tração longitudinal do referido conduto interno e compressão longitudinal
15 simultânea do referido conduto externo ao nível das suas referidas segundas extremidades. Esta compressão longitudinal deve-se à implementação de meios de bloqueio do conduto externo, como explicado posteriormente.

A presente invenção proporciona, igualmente, um elemento de condutos coaxiais compreendendo um conduto interno e um conduto externo
20 com um espaço anelar, de um modo preferido, preenchido com um material de isolamento, ainda de um modo preferido, mantido sob vácuo forçado, e em cada extremidade uma peça de fecho estanque do referido espaço anelar constituída, cada uma, por uma peça de junção de revolução forjada constituída, cada uma, por um só bloco, destinada a unir os dois referidos
25 elementos de condutos coaxiais topo a topo, comportando cada referida peça de junção, pelo menos, dois primeiros ramos de revolução, dos quais um primeiro ramo de revolução interno soldado diretamente a uma extremidade do referido conduto interno com um cordão de soldadura circular, e um primeiro ramo externo soldado diretamente à extremidade do referido conduto
30 externa com um cordão de soldadura circular, sendo os referidos primeiros ramos internos de revolução mais compridos, relativamente aos referidos primeiros ramos externos, por um comprimento L_1 na direção longitudinal

axial XX' do referido elemento de condutos coaxiais, sendo cada referida
peça de junção em cada extremidade do referido elemento de conduto des-
tinado a ser montado, em um lado, às extremidades dos referidos condutos
externo e interno do referido elemento de conduto coaxial, e no lado oposto,
5 diretamente a uma outra referida peça de junção, esta mesmo montada por
soldadura na extremidade de um outro elemento unitário de conduto coaxial,
caracterizado por todos os referidos cordões de soldadura circular serem
assentes no lado exterior dos condutos, interno e externo.

Entende-se aqui, por "peça de junção constituída por um só blo-
co", uma peça de junção forjada constituída em contínuo e não por várias
10 partes montadas.

Por outro lado, entende-se aqui, por "soldadas diretamente", o
fato das extremidades dos referidos condutos internos e externos e da peça
forjada serem montadas uma na outra sem peça ou elemento intermédio
15 intercalado.

Por fim, entende-se por "cordão de soldadura assente do lado
exterior", que o referido cordão de soldadura é executado sobre a superfície
externa dos condutos, interna e, respectivamente, externa se for caso disso.

Em uma forma de realização preferida do processo de acordo
20 com a invenção:

- na etapa 2/, a referida segunda extremidade do conduto exter-
no, do lado destinado a ser unido à referida segunda peça (2a) de junção
forjada, é ajustada de modo a ultrapassar a referida segunda extremidade
correspondente do conduto interno por um comprimento $L_3=L_1+e$, e

25 - na etapa 4/, executa-se uma expansão do referido conduto in-
terno com um comprimento L_2 superior ou igual a L_1+e pelo que, no final da
soldadura da etapa 7/, o referido conduto interno se encontra sujeita a uma
tração correspondente a um alongamento residual inferior ou igual a e .

Na prática, e representa de 5 a 100 mm para um elemento de
30 conduto interno de 25 a 50 m.

Compreende-se que este alongamento residual se deve ao fato
da extremidade do referido primeiro ramo interno da segunda peça forjada

ultrapassar, por um comprimento L_1 , a extremidade do referido primeiro ramo externo da referida segunda peça forjada, como resultado da etapa 6/, só podendo a extremidade do referido conduto interno recuar um comprimento L_1 . E, como resultado da etapa 7/, o alongamento residual do referido conduto interno é inferior ou igual a e conforme os seguintes casos:

- 5 - o alongamento residual do conduto interno é sensivelmente igual a e no caso em que a expansão do conduto interno foi obtida por tração direta sobre o conduto interno, induzindo, de modo concomitante, uma tensão de compressão no invólucro externo;
- 10 - o alongamento residual do conduto interno representa uma percentagem R_{th} de e, no caso em que a expansão é obtida por efeito térmico, tendo em conta que, na altura do arrefecimento do conduto interno após soldadura, a tração exercida pelo referido conduto interno sobre a peça forjada provoca, concomitantemente, uma compressão longitudinal do referido
- 15 conduto interno ao nível da sua segunda extremidade, o que dá origem a uma redução do comprimento do remo, reduzindo, igualmente, o esforço de tração no conduto interno. A referida percentagem R_{th} é função da relação das superfícies das seções transversais de aço do conduto interno e do invólucro externo;
- 20 - o alongamento residual do conduto interno representa uma percentagem R_{mixte} de e, no caso em que a expansão é obtida de modo misto por tração mecânica e por efeito térmico, estando R_{mixte} compreendida entre 100% e R_{th} .

25 Esta forma de realização com um conduto interno sob esforço de tração é, particularmente, vantajosa porque, quando o conduto coaxial está em serviço durante a utilização no fundo do mar e a temperatura do fluido que a atravessa atinge temperaturas elevadas (120-150°C), o aumento da temperatura provoca uma expansão do conduto interno relativamente ao conduto externo que permanece em contato com a temperatura do fundo do

30 mar (3-5°C) o que provoca uma compressão do referido conduto interno, estando este bloqueado nas suas extremidades ao nível das referidas peças de junção forjadas. Esta ação de compressão é, tradicionalmente, reprimida

pela colocação de elementos centralizadores entre os referidos condutos, interno e externo, que têm um custo elevado, são difíceis de instalar e criam pontes térmicas que reduzem, igualmente, a eficácia do sistema de isolamento. Deste modo, a tração residual do conduto interno no decurso do processo de fabricação de acordo com a invenção, permite reduzir, igualmente, a tensão de compressão do conduto interno quando está em serviço e, por conseguinte, aumenta, de um modo vantajoso, o espaçamento dos elementos centralizadores e, por conseguinte, reduz o seu número.

A presente invenção também proporciona um elemento de condutos coaxiais, tal como definido anteriormente, caracterizado por o referido conduto interno estar sujeito a um esforço de tração exercido por cada referida peça de junção em cada extremidade, quando o referido elemento de conduto coaxial está fora de serviço.

Entende-se por "fora de serviço", que o referido elemento de condutos coaxiais não está montado em um conjunto de elementos de condutos coaxiais e/ou não é manipulado, ou está montado em um conjunto de elementos de condutos coaxiais, mas o referido conjunto não é manipulado e/ou não é percorrido por um fluido a transportar. Uma situação destas acontece no fim do processo de fabricação em terra, durante o transporte e instalação, quando o elemento de conduto ou o conduto está à temperatura ambiente até que o conduto seja assente no fundo do mar, à temperatura do referido fundo do mar, enquanto espera pelo arranque da produção e, por fim, no caso de paragem prolongada da produção, estando, então, o conduto interno e o invólucro externo estabilizados à temperatura da água do mar (3-5°C), Entende-se por «elemento de conduto ou conduto a temperatura ambiente» que os referidos condutos, interno e externo, estão à mesma temperatura que a temperatura ambiente do ar ou da água do mar, caso o conduto esteja imerso.

Compreende-se que o referido esforço de tração se deve ao referido alongamento residual do conduto interno relativamente ao seu comprimento em repouso após uma redução parcial da referida expansão na etapa 6 e após a soldadura da etapa 7/. Entende-se aqui por «repouso» que

o referido conduto interno não está sujeito a qualquer tração ou compressão, como é o caso quando está fora de serviço e na ausência de peça de junção.

5 Compreende-se, por conseguinte, que o referido esforço de tração exercido pelas referidas peças de junção se exerce em sentido oposto em cada extremidade do elemento unitário de conduto.

10 De acordo com a presente invenção, a presença de uma peça de junção de fecho em cada extremidade do elemento unitário de conduto também permite montar as peças de junção em terra estabelecendo um vácuo forçado ou confinando um material de isolamento no espaço anelar entre os condutos, interno e externo, o que seria difícil de fazer a bordo de um navio.

15 De um modo vantajoso, o referido conduto interno é sujeito a uma tração correspondente a um esforço de tração inferior a 90%, de um modo preferido de 5 a 75% do limite elástico do aço que constitui o referido conduto interno, quando o referido elemento de condutos coaxiais está fora de serviço, ou seja, nomeadamente à temperatura ambiente.

20 Mais particularmente e na prática, este esforço de tração corresponde à tração a exercer sobre um referido conduto interno de 25 a 50 m para lhe provocar um alongamento de 5 a 100 mm.

Este esforço de tração do conduto interno pode ser detectado e medido por processos e meios conhecidos, quer de tipo não destrutivo, quer do tipo semidestrutivo.

25 Processos e meios para detectar um esforço de tração consistem, por exemplo:

- em instalar extensômetros sobre o conduto interno paralelamente ao eixo XX da PiP e de modo circular perpendicularmente a esse mesmo eixo,

30 - em abrir, em seguida, na proximidade dos referidos extensômetros, um furo de pequeno diâmetro, por exemplo 4 mm, através de 75% a 80% da espessura do conduto, de modo a não perfurar este último.

Na ausência de um pré-esforço, não será verificada qualquer

modificação do estado dos extensômetros. No caso de pré-esforço do conduto interior, ir-se-á provocar, na zona do furo, um relaxamento das tensões de compressão existentes no invólucro externo, induzindo alongamentos localizados, paralelamente ao eixo da PiP, sendo os alongamentos verificados ao nível dos referidos extensômetros longitudinais e circulares. Conhecendo os valores de alongamento obtidos na zona do furo, um cálculo pelo método dos elementos finitos com malhagem fina, conhecido pelos versados na técnica, permite determinar a ordem de grandeza das tensões de compressão do referido invólucro externo e, por conseguinte, deduzir a ordem de grandeza do esforço de tração no seio do conduto interior.

Existem outros meios não destrutivos baseados em um bombardeamento por neutrões rápidos, cuja trajetória é modificada conforme o referido conduto é sujeito a um esforço de tração ou de compressão. Este método é muito delicado de implementar, mas é utilizado correntemente para verificar o estado de relaxação das tensões em algumas peças mecânicas sensíveis utilizadas, principalmente, na aeronáutica ou na indústria espacial.

Esta tração do conduto interno dá origem, quando se separam as extremidades do elemento de condutos coaxiais de uma, pelo menos, das referidas peças de junção forjadas soldadas nessas extremidades, à verificação de uma redução do referido conduto interno.

Na prática, verifica-se uma redução do conduto interno de 5 a 100 mm para um elemento de conduto interno de 25 a 50 m.

Por outro lado, como mencionado anteriormente, verifica-se, de um modo geral e igualmente, uma compressão do conduto externo, mas com um valor menor.

Mais particularmente, o referido elemento de condutos coaxiais está destinado à montagem de condutos submarinos em aço e apresenta um comprimento de 10 a 100 m, de um modo preferido de 20 a 50 m.

De acordo com outras características vantajosas:

- os referidos primeiros ramos, interno e externo, das referidas peças forjadas de revolução têm, sensivelmente, a mesma espessura, res-

pectivamente, que os referidos condutos, interno e externo, nas suas extremidades;

- o material isolante é um material microporoso ou nanoporoso, de um modo preferido um aerogel, que se apresenta, ainda de um modo preferido, sob a forma de grãos com um diâmetro de 0,5 a 5 mm.

De um modo vantajoso, executam-se as referidas soldaduras com um dispositivo compreendendo uma cabeça de soldadura fixa, de um modo preferido, na vertical por cima do referido elemento de condutos, e faz-se rodar o referido elemento de condutos sobre si próprio em torno do seu eixo longitudinal XX', de um modo preferido, com o auxílio de rolos ou de viradores motorizados sobre os quais assenta o referido conduto externo.

Ainda de um modo vantajoso, executa-se a expansão com um referido dispositivo de tração que compreende ou coopera com:

- meios de bloqueio do referido conduto interno, permitindo, desse modo, uma translação longitudinal do referido conduto interno em expansão quando o dispositivo de tração é acionado, autorizando, se for caso disso, a rotação do referido conduto interno em torno do seu eixo longitudinal XX', e

- meios de bloqueio do referido conduto interno, impedindo qualquer movimento de translação longitudinal do referido conduto externo, e autorizando a sua rotação em torno do seu eixo longitudinal XX'.

Mais particularmente, os referidos meios de bloqueio do conduto externo compreendem:

- um primeiro dispositivo de bloqueio por compressão radial disposto fixamente em torno do referido conduto externo, tal como um adaptador de cunhas bloqueantes, e

- um primeiro corpo periférico fixo em relação ao solo, cooperando com o referido primeiro dispositivo de bloqueio por intermédio de uma primeira chumaceira que autoriza a rotação do referido conduto externo segundo o seu eixo longitudinal XX'.

Ainda mais particularmente, a referida primeira chumaceira compreende rolamentos de rolos cruzados, em uma e entre uma armação

interior solidária com o referido adaptador, e uma armação exterior solidária com o referido primeiro corpo periférico fixo.

Em uma forma de realização preferida, o referido dispositivo de tração compreende ou coopera com, pelo menos, um tirante, constituído por um cabo ou uma haste rígida, apto a ser deslocado em translação longitudinal XX' por guincho ou um macaco, ligado a um segundo dispositivo de bloqueio do referido conduto interno por compressão radial da parede interna do referido conduto interno, disposto no interior do referido conduto interno, tal como um mandril autoblocante.

Mais particularmente, o referido dispositivo de tração compreende, pelo menos, dois macacos diametralmente opostos, de um modo preferido, pelo menos quatro macacos, regularmente repartidos de um modo circular, cujos pistões solidários com hastes se encostam ao referido primeiro corpo periférico fixo, suporte da referida chumaceira, estando os referidos macacos ligados ao referido tirante por intermédio de uma segunda chumaceira, constituída, de um modo preferido, por um rolamento de rolos cruzados, comportando um segundo corpo periférico fixo relativamente ao solo que suporta os referidos macacos, apto a cooperar com um suporte solidário com o referido tirante, pelo que, ao se aplicar aos macacos uma pressão P, o tirante exerce uma tração sobre o conduto interno, ao mesmo tempo que autoriza a rotação do referido elemento de condutos em torno do seu eixo longitudinal XX', permanecendo os referidos, primeiro e segundo, corpos periféricos, bem como as hastes dos macacos, fixos relativamente ao solo, autorizando, desse modo, a utilização de uma cabeça de soldadura fixa.

Outras características e vantagens da presente invenção surgirão à luz da descrição pormenorizada que se irá seguir, fazendo referência às figuras seguintes, nas quais:

as figuras 1A e 1B representam, em corte longitudinal e em uma vista lateral, um remo de tipo PiP preenchido com um material isolante sob pressão reduzida de gás e equipado nas suas extremidades, respectivamente esquerda (figura 1A) e direita (figura 1B), com peças forjadas de junção de

acordo com a técnica anterior,

a figura 1C representa uma variante de realização, na qual se intercalam semimangas tubulares entre as extremidades dos ramos externos da peça forjada e a extremidade do conduto externo,

5 a figura 2A representa em corte longitudinal e em uma vista lateral, a extremidade direita de um remo de tipo PiP de acordo com a invenção, ilustrando a expansão longitudinal transitória segundo o eixo XX' do conduto interno ao longo de um comprimento L_3+L_2 , estando o referido conduto interno, inicialmente, retraída por um comprimento L_3 relativamente ao conduto externo, de modo a se poder efetuar a soldadura do referido conduto interno
10 à peça forjada de extremidade, a partir do exterior,

a figura 2B é um corte idêntico ao corte da figura 2A, após redução da expansão do referido conduto interno, entrando, então, a peça forjada de extremidade em contato com o conduto externo e autorizando, por
15 isso, a execução da soldadura externa a partir do exterior,

a figura 3A representa, em corte longitudinal e em uma vista lateral, um remo de tipo PiP de acordo com a invenção, no qual a expansão do conduto interno é executado por aquecimento do referido conduto interna por meio de três cartuchos de aquecimento eléctricos repartidos pelo referi-
20 do conduto interno,

a figura 3B ilustra um outro modo de aquecimento com o auxílio de um queimador a gás ou a combustível, ou ainda um gerador de ar quente,

a figura 3C ilustra um outro modo de expansão do conduto interno com base na tração da extremidade do referido conduto interno por
25 meio de um guincho e de um cabo ligado a um dispositivo de bloqueio instalado na proximidade da extremidade do referido conduto interno,

a figura 4A ilustra o modo de soldadura da peça forjada de extremidade sobre o conduto interno da PiP da figura 3A, sendo o conjunto da
30 PiP posto a rodar para se efetuar a referida soldadura com o auxílio de uma cabeça de soldadura fixa,

a figura 4B ilustra o modo de soldadura da peça forjada de ex-

tremidade sobre o conduto exterior da PiP após retração do conduto interno por simples arrefecimento, sendo o conjunto da PiP posto a rodar para se efetuar a referida soldadura com o auxílio de uma cabeça de soldadura fixa,

5 a figura 4C ilustra o modo de soldadura da peça forjada de extremidade sobre o conduto interno da PiP da figura 3C, sendo o conjunto da PiP posto a rodar para se efetuar a referida soldadura com o auxílio de uma cabeça de soldadura fixa,

10 a figura 4D ilustra o modo de soldadura da peça forjada de extremidade sobre o conduto interno da PiP da figura 3C, com um dispositivo de tração compreendendo macacos hidráulicos, sendo o conjunto da PiP posto a rodar para se efetuar a referida soldadura com o auxílio de uma cabeça de soldadura fixa,

a figura 4E é uma vista em corte segundo AA da figura 4A,

a figura 4F é uma vista em corte segundo BB da figura 4D,

15 as figuras 5A e 5B representam, em corte longitudinal e em uma vista lateral, a extremidade direita de um remo de tipo PiP de acordo com a invenção, respectivamente em repouso antes da montagem, e em expansão para se efetuar a soldadura do conduto interno sobre a peça forjada de extremidade, encontrando-se o referido conduto interno sujeito a uma tração
20 após soldadura sobre a referida peça de junção forjada de extremidade.

Nas figuras 1 a 5, representou-se um conduto 1 de tipo PiP constituída por um conduto 1a externa e um conduto 1b interno solidarizados por soldaduras a uma primeira peça 2a de junção forjada situada à esquerda da figura 1A, e a uma segunda peça 2b de junção forjada situada à direita da
25 figura 1B, sendo o espaço 1d anelar entre os dois referidos condutos, interno e externo, preenchido com um material 1e isolante. Elementos 1c centralizadores são repartidos, de forma espaçada, de um modo preferido regular, em torno da circunferência e ao longo do comprimento do conduto interno. Estes centralizadores mantêm a distância radial entre os condutos, interno e exter-
30 no, e, por conseguinte, a espessura do referido espaço anelar com um valor sensivelmente constante.

As referidas peças 2a, 2b de junção são delimitadas do seguinte

modo:

- em uma direção radial relativamente a um eixo longitudinal XX' de revolução da referida peça, é delimitada por uma parede 2_2 interna cilíndrica sensivelmente com o mesmo diâmetro que o da seção principal do referido conduto 1b interno, e por uma parede 2_1 externa cilíndrica com um diâmetro sensivelmente igual ao diâmetro externo da seção principal do referido conduto 1a externo, e
- na direção axial longitudinal XX' ,
 - do lado da referida peça de junção destinada a ser montada por soldadura na extremidade dos referidos condutos, externo e interno, de um referido elemento de condutos coaxiais, as referidas paredes 2_1 externa e 2_2 interna da referida peça de junção formam, em seção longitudinal, uns primeiros ramos, respectivamente externo 3_1 e interno 3_2 , sensivelmente com a mesma espessura que os referidos condutos, externo 1a e interno 1b, nos quais estão destinados a ser montados, delimitando os primeiros ramos 3_1 externo e interno (3_2) uma primeira cavidade 4_1 anelar, e
 - do lado oposto da referida peça de junção destinada a ser montada em uma outra referida peça de junção, ela própria montada por soldadura na extremidade de um outro elemento de condutos coaxiais, as referidas paredes externa 2_1 e interna 2_2 formam, em seção longitudinal, uns segundos ramos, respectivamente externo 5_1 e interno 5_2 , que delimitam uma segunda cavidade anelar 6_1 ,
 - sendo os fundos das referidas primeira 4_1 e segunda 6_1 cavidades espaçadas na referida direção longitudinal XX' , de modo a delimitar uma zona cheia da referida peça de junção na qual as referidas paredes externa 3_1 e interna 3_2 formam as faces externa e interna de uma mesma parede cilíndrica.

A primeira cavidade 4_1 anelar desemboca no espaço 1d anelar e pode receber o material 1e isolante de modo a continuar o isolamento do conduto o mais longe possível.

Depois da montagem e ligação de dois comprimentos unitários de PiP equipados com peças de junção forjadas, a segunda cavidade 6_1 a-

nelar de uma primeira peça 2a de junção na extremidade a jusante de um primeiro comprimento de PiP 1 desemboca sobre uma segunda cavidade anelar de uma segunda peça 2a de junção na extremidade a montante de um segundo comprimento de PiP formando, desse modo, uma câmara formada por soldadura ao nível das extremidades dos segundos ramos 5₁ externos. Mas esta câmara não é estanque, porque a extremidade dos segundos ramos 5₁ internos das duas peças de junção não está soldada, estando as faces dos referidos ramos simplesmente em contato uma com a outra.

Mais particularmente, nas peças de junção forjadas:

10 - a extremidade livre do referido segundo ramo 5₁ externo apresenta uma forma, de um modo preferido um bisel 18, que a torna apta a ser soldada, a partir do exterior do conduto, à extremidade livre de um outro referido segundo ramo externo de uma outra peça de junção na qual está destinada a ser montada, estando a referida outra peça de junção, ela própria,
15 montada na extremidade de um segundo referido elemento de conjunto de dois condutos coaxiais, e

- a extremidade livre do referido segundo ramo 5₂ interno apresenta uma forma que a destina a entrar em contato, sem ser soldada, com a extremidade livre de um outro referido segundo ramo interno de uma outra
20 referida peça de junção montada na extremidade de um referido segundo elemento de conjunto de condutos coaxiais, e

- as extremidades livres dos referidos segundos ramo 5₁ externo e ramo 5₁ interno de uma mesma peça de junção chegam sensivelmente ao mesmo nível na referida direção longitudinal XX', e

25 - tendo os dois referidos segundos ramos externos das duas referidas peças de junção destinadas a ser montadas por soldadura, a mesma espessura, superior à espessura do referido conduto externo e, de um modo preferido, superior à espessura do referido segundo ramo interno da referida
peça de junção.

30

As extremidades livres dos referidos primeiros ramos 3₁ externo e interno 3₂ apresentam uma forma em bisel 18, o que permite efetuar de

modo conhecido uma primeira passagem de soldadura chamada de «penetração plena», seguida de um preenchimento completo do bisel. Na figura 1A, os biséis 28 estão virados para o exterior e estão, portanto, aptos a ser soldados a partir do exterior dos referidos condutos externo 3_1 e interno 3_2 .

5 Na figura 1B, os biséis 28 estão virados para o exterior na extremidade do referido primeiro ramo externo e para o interior na extremidade do referido primeiro ramo interno, o que os torna aptos a serem soldados, respectivamente, a partir do exterior do referido conjunto para os referidos primeiros ramos externos e a partir do interior do referido conduto interno para os referidos primeiros ramos internos.

10 A formação das referidas primeira e segunda cavidades anelares permite, por um lado, estabelecer uma continuidade ao nível do diâmetro interno do conduto interno e, por outro lado, proporcionar uma continuidade e identidade de inércia relativas da seção transversal, da seção principal da PiP e da zona de ligação, sendo a espessura do ramo externo da peça de junção forjada sensivelmente igual ou ligeiramente superior à espessura principal do conduto externo.

20 O afastamento das extremidades dos referidos primeiros ramos, externo e interno, em relação ao fundo da primeira cavidade e da extremidade do referido segundo ramo externo em relação ao fundo da referida segunda cavidade, permite a execução de soldaduras nas melhores condições, porque a massa de aço de um lado e do outro da zona de soldadura é sensivelmente igual e a zona de fusão não se encontra, portanto, perturbada por um «efeito radiador» provocado pela zona cheia e maciça situada entre os

25 fundos das referidas primeira e segunda cavidades, consistindo a referida perturbação em um arrefecimento desequilibrado entre a esquerda e a direita da referida zona de soldadura.

Finalmente, a continuidade do diâmetro da parede externa ao nível da referida peça de junção em relação ao das seções principais dos condutos externas permite criar um aumento importante da inércia da seção transversal ao nível da zona de ligação de duas peças de junção adjacentes, e, portanto, reforçar a ligação na zona em que, precisamente, as tensões

30

são máximas. Com efeito, a inércia da seção transversal de um conduto em relação ao seu centro varia com a potência 4 do raio. Com efeito, se a seção transversal considerada corresponder à do conduto externo da PiP, a espessura necessária é fortemente reduzida, e mesmo, em certos casos, dividida por dois, o que simplifica consideravelmente as operações de montagem por soldadura efetuadas a bordo de navios instaladores, em condições difíceis.

Por outro lado, o fato de duas peças de junção adjacentes serem soldadas, unicamente ao nível da extremidade dos referidos segundos ramos externos, permite que a totalidade dos fenômenos de transferência de carga e tensões seja localizada ao nível externo e não implique as referidas paredes internas, o que permite controlar melhor os riscos de fissuração ou fenômenos de fadiga e evitar que o dispositivo se arruine completamente ao nível da parede interna.

Além disso, o fato das duas extremidades dos referidos segundos ramos internos das duas peças adjacentes não serem soldadas entre si, autoriza movimentos ínfimos das referidas paredes internas frente a frente devidos a eventuais flexões ou variações de pressão ou de temperatura, e autoriza que as referidas paredes internas possam deformar-se plasticamente e permite o amolecimento dos referidos segundos ramos internos sem correr o risco de transferir cargas de compressão de contato, o que permite evitar a perturbação da repartição das tensões na zona de montagem e que o essencial das tensões seja retomado ao nível das paredes externas das referidas peças.

A formação da referida parede interna cilíndrica que assegura uma continuidade quase completa com o conduto interno permite evitar fenômenos de turbulência do tipo vórtice na circulação do fluido no interior do dispositivo depois da montagem, ao nível da ligação de duas referidas peças de junção de duas partes de PiP adjacentes.

Deve salientar-se que a referida segunda cavidade não deve ser estanque depois da ligação de duas peças de junção, face ao interior da referida parede interna e do referido conduto interno porque, na altura do arranque da circulação de um fluido no interior, este deverá migrar na direção

desta segunda cavidade, sendo a estanquicidade assegurada pela soldadura externa ao nível da extremidade dos referidos segundos ramos externos, encontrando-se o fluido preso durante todo o tempo de vida da instalação ao nível desta segunda cavidade.

5 Todas estas características contribuem para melhorar radicalmente o comportamento em termos de flexão, bem como de fadiga, de um dispositivo implicando dois elementos de conjunto coaxial equipados com as referidas peças de junção ligadas uma à outra, a bordo de navios instalados e, no caso de ligações fundo-superfície, durante todo o seu tempo de vida que pode exceder 30 anos.

10 Além disso, a fabricação e montagem das referidas peças de junção são relativamente fáceis e fiáveis no que refere-se à ligação de duas peças de junção adjacentes e à ligação de uma peça de junção com a extremidade de um conjunto de, pelo menos, dois condutos coaxiais.

15 Nas figuras 1A e 1B, representou-se, em corte longitudinal e em uma vista lateral, um remo 1 de tipo PiP preenchido com material 1 isolante sob pressão reduzida de gás e equipado, nas suas extremidades, respectivamente esquerda e direita, com uma primeira peça 2a de junção forjada e uma segunda peça 2b de junção forjada, montadas de acordo com a técnica anterior. A montagem é efetuada por soldadura de acordo com a seguinte sequência. O conduto 1b interno é soldado, em primeiro lugar, ao ramo 3₁ interno da primeira peça de junção forjada de extremidade com um cordão 1b₁ de soldadura executado a partir do exterior do conduto interno, como representado na figura 1A. Em seguida, o invólucro 1a externo é inserido em torno do conduto 1b interno e mantido de modo concêntrico graças a centralizadores 1c repartidos ao longo do remo de modo regular ou não. O referido invólucro externo é, então, soldado por um cordão 1a₁ de soldadura executado a partir do exterior do referido conduto externo sobre o ramo 3₁ externo da referida primeira peça 2a de junção forjada. Estas duas soldaduras são executadas a partir do exterior de modo conhecido.

25 Para que as figuras se percebam melhor, os cordões de soldadura são, de um modo geral, representados somente na parte baixa da figu-

ra, estando os elementos a soldar representados frente a frente na parte alta, prontos a serem soldados.

5 A segunda extremidade necessita de um modo particular de soldadura, porque os dois condutos estão em posição final coaxial com a extremidade do conduto externo que cobre a extremidade correspondente do conduto interno por um comprimento L_3 . Na altura da colocação da referida segunda peça 2b forjada, é, então, necessário executar a soldadura da referida segunda peça 2b forjada sobre o conduto 1b interno com uma soldadura 1b₂ executada a partir do interior do referido conduto interno, o que é
10 muito delicado e necessita de meios complicados de controle, porque os soldadores não têm uma visão direta do banho de soldadura devido à falta de espaço no interior do conduto. A soldadura da segunda peça 2b forjada sobre o invólucro 1a externo é executada de modo convencional em 1a₁ a partir do exterior.

15 Na figura 1C, representou-se uma variante de realização de acordo com a técnica anterior, que permite a execução de todas as soldaduras entre as peças 2a, 2b de junção e os condutos, interna e externa, a partir do exterior dos referidos condutos. Com essa finalidade, para a colocação da segunda peça 2b forjada, faz-se com que se passe para o exterior a extremidade do conduto interno relativamente ao do conduto externo, o que
20 permite executar uma soldadura do conduto interno sobre a referida peça de junção forjada, a partir do exterior do conduto interna. Em seguida, intercalase, entre a extremidade do ramo 3₁ externo da peça de junção e a extremidade correspondente do conduto externo, duas semiconchas 14 em forma de semimangas tubulares. Mas, esta forma de realização não é satisfatória porque afeta a fiabilidade mecânica da junção entre a segunda peça 2b de junção e o elemento de condutos coaxiais, nomeadamente, devido à necessária implementação de uma soldadura longitudinal ao nível da junção
25 longitudinal das duas semiconchas, e devido ao necessário cruzamento de soldadura entre a soldadura circular ao nível dos biséis 16 e a soldadura longitudinal ao nível dos bordos 15 longitudinais, na extremidade das referidas soldaduras longitudinais.
30

Nas figuras 2A e 2B, representou-se, em corte longitudinal e em uma vista lateral, a soldadura da segunda extremidade de um remo 1 de tipo PiP a uma segunda peça 2b forjada de junção montada de acordo com a invenção por soldadura a partir do exterior e de acordo com a seguinte sequência. Em uma primeira etapa, o conduto interno e o invólucro externo são soldados à primeira peça forjada, como explicado anteriormente, relativamente à figura 1A. O conduto 1b interno, cuja segunda extremidade está, inicialmente, retraída por um comprimento L_3 em relação à segunda extremidade correspondente do conduto externo, é, então, expandida de modo reversível, longitudinalmente segundo o eixo XX' , do lado da sua segunda extremidade, por um comprimento $L_3 + L_2$, como irá ser explicado mais adiante na descrição, de modo a que a referida segunda extremidade do referido conduto interno ultrapasse a extremidade do invólucro externo por um comprimento L_2 , de modo a que a distância entre a referida extremidade do invólucro 1a externo e a correspondente do ramo externo da segunda peça 2b de junção forjada, ao nível da sua periferia, atinja um valor $L = L_2 + L_1$ suficiente para permitir o acesso à tocha 9 de soldadura e aos equipamentos de soldadura convencionais para se efetuar uma soldadura 1b, a partir do exterior, da extremidade do conduto interno com a extremidade do ramo 3_2 interno da peça 2b forjada, quando as referidas extremidades são colocadas topo a topo. Depois da soldadura e das operações de controle, a expansão do conduto interna é, então, reduzida e a segunda peça forjada torna a entrar em contato com o invólucro externo para ser soldada de modo conhecido a partir do exterior em $1a_1$.

Na figura 3A, representou-se um primeiro modo de expansão do conduto interno constituído por um sistema de aquecimento do referido conduto interno. Com essa finalidade, a partir da primeira extremidade, insere-se um ou vários cartuchos 3 de aquecimento constituídos por um cilindro metálico ou vários cilindros metálicos espaçados comportando, na sua superfície, resistências eléctricas e introduzidos no interior do referido conduto interno, repartidos de modo uniforme ou não ao longo do referido conduto interno. Estes cartuchos 3 são alimentados por um cabo 3a. O aquecimento

provoca uma expansão proporcional ao comprimento do conduto sujeito a uma determinada temperatura e à variação da temperatura na zona considerada. A expansão do conduto 1b interno permite disponibilizar um espaço livre $L=L_0=L_2+L_1$ entre as extremidades do ramo 3₁ externo e do conduto 1a externo, permitindo o acesso à zona de soldadura para se efetuar a montagem da segunda peça forjada sobre a extremidade do referido conduto interno, sendo a referida soldadura 1a₁ efetuada de modo conhecido a partir do exterior. Depois da soldadura e das operações de controle, o aquecimento é suprimido e, depois, o conduto interno, ao se arrefecer, retrai-se e o espaço de valor L tende para 0. A segunda peça 2b forjada entra, então, em contato com o invólucro 1a externo ao nível da sua periferia e pode ser, desse modo, soldada de modo conhecido a partir do exterior em 1a₁.

Para se perceberem os desenhos com mais clareza, representou-se uma manga que funciona como calibrador 5 posicionador da segunda peça 2b forjada sobre o conduto 1a interno, somente nas figuras 3A, 4A e 4C, mas este dispositivo conhecido dos versados na técnica é necessário em qualquer caso para manter em posição a referida segunda peça forjada durante toda a duração do processo de soldadura.

Na figura 3B, representou-se uma alternativa de expansão térmica do conduto interno com base na utilização de um gerador 4 de ar quente, ou de um simples queimador de gás ou óleo combustível, alimentado a partir de uma das extremidades, por exemplo a partir da segunda extremidade da PiP, por um conduto 4a.

Na figura 3C, representou-se um modo de expansão com base em uma tração mecânica do conduto interno efetuado com o auxílio de um guincho 8 exterior ao conduto, ligado por um cabo 8a a um mandril 6 de cunhas 6a autoblocantes situado no interior do conduto externo e que se fixa de modo a bloquear-se à parede 2₃ interna do referido conduto interno, em uma zona próxima da extremidade do referido conduto interno, por exemplo a 1 m da referida extremidade. O invólucro 1a externo da PiP é mantido, firmemente, por um dispositivo 7 de bloqueio fixo ao solo, assegurando uma compressão radial do referido conduto externo ao nível da superfície 2₅ ex-

terna da sua segunda extremidade. O guincho 8 é, então, colocado em tensão, e quando o espaço $L=L_0$ pretendido é atingido, o referido guincho é bloqueado e a operação de soldadura da segunda peça 2b forjada sobre a extremidade do conduto interno é executado do modo anteriormente descrito a partir do exterior.

Um dispositivo de tração similar com base na utilização de macacos 13 hidráulicos irá ser desenvolvido mais adiante, em uma versão preferida da invenção.

Em todos os métodos descritos, o modo convencional de soldadura utilizado, conhecido pelos versados na técnica sob o nome de soldadura orbital, utiliza um dispositivo de soldadura, de tipo anel guia, instalado no conduto, sobre o qual se desloca uma plataforma móvel que suporta a ou as cabeças de soldadura, sendo a soldadura efetuada, então, sobre um conduto fixo relativamente ao solo, rodando as referidas cabeças de soldadura em torno do referido conduto. Neste modo de soldadura, a manutenção do banho de soldadura necessita de fazer variar inúmeros parâmetros de soldadura para ter em conta a zona em curso de soldadura. Com efeito, a parte superior do conduto é extremamente simples de soldar, porque o banho de soldadura é suportado de um modo natural, enquanto que em subface, o banho iria ter tendência a escorrer e a desfazer-se, apresentando as partes laterais e oblíquas dificuldades complementares de níveis variáveis. Desse modo, para um tal tipo de soldadura, os parâmetros principais de soldadura, intensidade, tensão, frequência, velocidade linear da cabeça e fio de adição, etc., são modificados em tempo real em função da posição da referida tocha de soldadura em rotação em torno do conduto.

Nas figuras 4A-4F, ilustra-se um modo preferido da invenção no qual a cabeça 9 de soldadura permanece fixa relativamente ao solo, de um modo preferido, na vertical por cima do conduto, sendo o comprimento completo do conduto assente em rolos ou viradores 10, então, posto a rodar de modo controlado por intermédio de um virador 10a motorizado para efetuar a operação de soldadura nas melhores condições operacionais de manutenção do banho de soldadura.

Na figura 4A, representou-se a soldadura da segunda peça 2b forjada sobre o conduto 1b interna, sendo a expansão térmica assegurada pelos cartuchos 3 de aquecimento anteriormente descritos relativamente à figura 3A.

5 Na figura 4B, no final da soldadura da segunda peça forjada sobre o conduto 1b interno, o aquecimento é interrompido e o conduto interno retrai-se, autorizando, desse modo, a soldadura do ramo externo da segunda peça 2b forjada sobre a segunda extremidade do invólucro externo com o auxílio de uma mesma cabeça 9 de soldadura, após reposicionamento desta
10 última na vertical do cordão 1a₁ de soldadura circular a executar.

Na figura 4C, pormenorizou-se o dispositivo de acordo com a invenção utilizando um guincho 8 de tração tal como descrito relativamente à figura 3C. Para que a rotação do remo se possa efetuar livremente, o dispositivo comporta um primeiro corpo 11 periférico colocado por cima da superfície 2₅ externa do conduto externo, fixo em relação ao solo, cooperando por
15 intermédio de uma primeira chumaceira 11a com um adaptador de cunhas bloqueantes 11b que comprime a superfície externa do conduto externo, impedindo qualquer movimento de translação do remo 1, segundo o eixo XX', para a esquerda, ao mesmo tempo que autoriza a sua rotação em torno do referido eixo XX'. A referida primeira chumaceira 11a é constituída, por exemplo, por um rolamento de rolos cruzados no interior de uma primeira armação 11a₁ exterior solidária com o referido corpo 11 periférico e de uma armação 11a₂ interior solidária com o referido adaptador de cunhas 11b. O
20 cabo 8a de tração está ligado ao mandril 6 autoblocante por intermédio de um dispositivo de tipo destorcedor 6b que autoriza uma rotação do mandril 6 em torno do eixo longitudinal XX'. O processo de expansão do conduto 1b interna permanece similar ao processo anteriormente descrito relativamente à figura 3C, e o processo de soldadura permanece, então, idêntico ao descrito relativamente às figuras 4A-4B, sendo a rotação do remo assegurada por
25 uma motorização, não representada, integrada no primeiro corpo 11 periférico ou por motorização 10a de um virador 10.

Na figura 4D pormenorizou-se um dispositivo utilizando maca-

cos 13 hidráulicos para efetuar a expansão do conduto 1b interno, e permitindo, também, fazer rodar o remo, e, por conseguinte, utilizar uma cabeça 9 de soldadura em posição fixa na vertical, por cima do conduto a soldar.

O primeiro corpo 11 periférico, a primeira chumaceira 11a e o
5 adaptador de cunhas autoblocantes 11b solidários com o remo, bem como a motorização 11a que permite controlar a rotação do remo, são idênticos ao descrito relativamente à figura 4C. Um tirante 12C, constituído por um cabo ou uma barra rígida, tal como de um macaco, liga o mandril 6 autoblocante a uma segunda chumaceira 12a, constituída, por exemplo, por um rolamento
10 de rolos cruzados, por intermédio de um suporte 12b solidário com o tirante 12c. A segunda chumaceira 12a é constituída por um rolamento de rolos cruzados integrado em uma e entre uma armação 12a₂ interior solidária com o referido suporte 12b e uma armação 12a₁ exterior solidária com um segundo corpo 12 periférico aplicado por cima da superfície externa do conduto
15 interno e suportando, pelo menos, dois macacos 13 hidráulicos colocados de um modo diametralmente oposto relativamente ao eixo XX', neste caso particular 6 macacos hidráulicos repartidos regularmente, de um modo circular, como representados na figura 4f. Os pistões 13a dos referidos macacos 13 estão solidários com hastes 13b que se encostam em 13C ao primeiro corpo
20 11 periférico. Desse modo, aplicando-se uma pressão P aos macacos 13, o segundo corpo 12 periférico afasta-se do primeiro corpo 11 periférico na direção XX', o tirante 12 exerce, então, uma tração sobre o conduto interno por intermédio do mandril 6 autoblocante. Aumentando, progressivamente, a pressão P, o conduto 1b interno expande-se até que o espaço entre as extremidades do invólucro 1a externo e o ramo 3₁ externo da peça forjada atinja o valor $L=L_0$ necessário para se efetuar a soldadura da peça 2b forjada sobre o conduto 1b interno, como explicado anteriormente. As referidas, primeira e segunda, chumaceiras 11a-12a autorizam a rotação do remo completo enquanto que os referidos, primeiro e segundo, corpos 11, 12 periféricos, bem como as hastes 13b dos macacos 13, permanecem fixos relativa-
25 mente ao solo e, por conseguinte, autorizam a utilização de uma cabeça 9 de soldadura fixa situada, de um modo vantajoso, na vertical, por cima do
30

conduto a soldar. Quando a soldadura $1b_1$ do conduto 1b interno sobre a peça 2b forjada termina, a pressão nos macacos é aliviada, o conduto interno, então, retrai-se e a peça forjada entra em contato com o invólucro externo ao nível da sua periferia, ao qual pode, então, ser soldada do mesmo modo.

5 Descreveu-se nas figuras 3C e 4C a utilização de um guincho 8 de tensionamento, mas continua-se abrangido pelo espírito da invenção se se utilizar um macaco solidário com o solo e situado no eixo XX' do remo e ligado ao mandril 6 autoblocante por intermédio de um cabo ou de uma barra metálica idêntica à barra 12c da figura 4D.

10 No caso de PiP que devam transportar fluidos a temperaturas muito elevadas, o invólucro externo encontra-se, de um modo geral, à temperatura do fundo do mar, ou seja $3-5^{\circ}\text{C}$, enquanto que o conduto interno se encontra à temperatura do fluido, a qual pode atingir $120-150^{\circ}\text{C}$, e mesmo mais. Desse modo, quando se fabrica o remo de PiP, os dois condutos, em repouso, têm uma temperatura sensivelmente idêntica ($20-30^{\circ}\text{C}$ por exemplo). Além disso, depois de assentes no fundo, ficam as duas à temperatura do fundo do mar ($3-5^{\circ}\text{C}$), mas, a partir do momento em que o fluido circula, a temperatura do referido fluido cria uma tensão de compressão no referido

15 conduto 1b interno, porque esta última está bloqueada nas suas extremidades ao nível das peças forjadas. Esta aplicação de compressão segundo o eixo XX' risca criar instabilidades de tipo deformação lateral no plano perpendicular a XX' , risco que é suprimido instalando, a intervalos regulares ou não, centralizadores 1c que impedem o aparecimento de fenômenos desse

20 tipo. Mas, estes centralizadores têm um custo elevado, são delicados em termos de instalação e, além disso, criam pontes térmicas que reduzem, ainda, a eficácia do sistema de isolamento e é vantajoso reduzir o seu número. Com essa finalidade, estando o conduto 1b interno e o invólucro 1a externo em repouso, à mesma temperatura, ajusta-se o comprimento do conduto interno de modo a que fique mais curta por um valor L_1+e relativamente

25 ao conduto externo, tal como representado na figura 5a. A expansão do conduto interno é, então, executada por um dos processos anteriormente

30

descritos, dando os mesmos parâmetros térmicos ou de esforço, então, uma expansão que define um espaço $L=L_0-e$ entre a extremidade do ramo 3_2 externo da peça e a extremidade do conduto externo. A soldadura da peça 2b forjada sobre o conduto 1b interno é, então, efetuado como indicado anteriormente, dado que o conduto interno está retraído. Quando a peça forjada entra em contato com o invólucro 1a externo, o conduto interno apresenta, então, uma tração residual proporcional ao valor de e . Na prática, para um comprimento de remo de 50 m, L_1 representa 10 a 100 mm e o valor de e irá depender do ponto de funcionamento em temperatura do conduto. Por exemplo, se o conduto for levado a atingir um diferencial de temperatura relativamente à água do mar $\delta T=120^\circ\text{C}$ durante a utilização, prever-se-ão, classicamente, valores de e de 35 a 45 mm, o que corresponde a uma tensão, devida só à temperatura, nula para um diferencial de temperatura $\delta T=60^\circ\text{C}$ e, por conseguinte, a uma diminuição de cerca de 50% do nível de tensão de compressão no conduto interno. Do mesmo modo, para $\delta T=180^\circ\text{C}$, $e=55$ a 60 mm para se obter a mesma diminuição de 50%, da tensão de compressão no conduto interior.

Desse modo, durante a utilização, a tensão de compressão do conduto interno encontra-se igualmente reduzido, o que permite aumentar o espaçamento dos centralizadores e, por conseguinte, reduzir o seu número.

Para efetuar a soldadura interna da segunda peça 2b forjada sobre o invólucro externo, tem que se ter o cuidado de manter no conduto interno um nível de expansão (temperatura ou tensão) suficiente para que a face das duas peças a soldar não sejam apoiadas uma na outra de modo significativo, de modo a que a soldadura possa ser efetuada sem tensões de compressão na zona de soldadura. No final do processo de soldadura, a expansão (calor ou tensão) pode, então, ser completamente aliviada e o conduto interior atinge, assim, o nível de preensão pretendido.

Para efetuar as operações de soldadura da segunda peça forjada sobre o conduto interno, deixando o remo fixo, como descrito relativamente às figuras 3A-3B-3C, a distância L deve ser da ordem dos 10 cm para autorizar a passagem das cabeças de soldadura e das plataformas móveis

Ogúias circulares, e ter uma boa visibilidade para controlar o processo. Este valor de expansão só é possível de obter com remos de comprimento suficiente, por exemplo 24-36-48 m, e mesmo mais, e não pode ser concebido de modo realista em comprimentos menores porque o diferencial de temperatura ou o esforço de tração seriam, então, incompatíveis com os aços utilizados.

A título de exemplo, um remo de tipo PiP com um comprimento de 50 m constituído por um conduto interno de 273,1 mm de diâmetro e com 15,88 mm de espessura, e um invólucro externo de 355,6 mm de diâmetro e com 19,1 mm de espessura, necessita de uma força de tração de 329,5 toneladas para conseguir um deslocamento da extremidade do conduto interno de forma a que $L=100$ mm, sendo 61,1% do deslocamento obtidos pelo alongamento do conduto interno (em tração), e sendo 38,9% obtidos por contração do invólucro externo (em compressão longitudinal).

Permanece-se limitado devido ao fato de não se dever ultrapassar o limite elástico do aço, e para um aço de qualidade X60 de acordo com a norma americana API-5L, o limite elástico é de 413 MPa, e as tensões respectivas, de tração no conduto interno, e de compressão no invólucro externo, são, respectivamente, de 257 MPa e 163 MPa, ou seja, respectivamente, 62% e 40% dos limites elásticos. Estes valores ilustram que se dividir por 2 o comprimento do remo (remo de 25 m) estes valores duplicam para se obter o alongamento pretendido ($L=100$ mm), tornando-se, então, a tensão no conduto interno inaceitável, enquanto permanece ainda aceitável para o invólucro externo.

Utilizando a expansão térmica do conduto interno, ou o que seria o mesmo mas seria muito mais complicado de executar, o arrefecimento criogénico do invólucro externo, obtém-se uma expansão a temperaturas relativamente baixas.

A título de exemplo, o mesmo conduto interno de 273,1 mm de diâmetro e com 15,88 mm de espessura sujeita a uma variação de temperatura de 192,3°C ao longo de um comprimento de 40 m apresenta uma expansão térmica L de 100 mm.

Para um funcionamento do conduto interno com uma temperatura diferencial de $\delta T=120^{\circ}\text{C}$ relativamente à água do mar, a PiP irá ser fabricada, de um modo vantajoso, com um valor de $e=39$ mm, o que corresponde a um pré-esforço de tração de 100,15 MPa no conduto interior quando a PiP está fora de serviço, o que representa 24,3% do limite elástico, a uma tensão nula quando o diferencial de temperatura é de $\delta T=60^{\circ}\text{C}$, e a uma tensão de compressão de 100,15 MPa quando o diferencial de temperatura é máximo $\delta T=120^{\circ}\text{C}$. O referido esforço de tração inicial em repouso corresponde, então, a um pré-esforço de 128,5 toneladas. Aumentando o valor de e , diminui-se o nível de tensão máxima de compressão no conduto interior à temperatura máxima de funcionamento. Estes valores só são dados a título ilustrativo do interesse da invenção e só são aproximados, porque o cálculo exato das tensões internas na PiP em funcionamento deve também ter em conta os efeitos da pressão interna do fluido circulante, bem como os efeitos da pressão ao nível do fundo do mar que é, aproximadamente, de 10 MPa, (ou seja, cerca de 100 bar) por faixa de 1 000 m. Desse modo, em função de diversos parâmetros de funcionamento da PiP (pressão de serviço, temperatura, profundidade de água,...) é-se levado a considerar valores de e adaptados às condições de serviço e, por conseguinte, a fazer diminuir a tensão máxima de compressão no conduto interior por uma percentagem adaptada a cada um dos casos encontrados.

No caso em que o sistema de isolamento pré-instalado entre os dois condutos apresentam um limite superior a não ultrapassar, por exemplo 120°C , ir-se-á efetuar, de um modo vantajoso, uma expansão mista, na qual uma parte da expansão é gerada de modo térmico, sendo a soldadura efetuada com o auxílio de um dos meios de tração anteriormente descritos. Este dispositivo misto também é vantajoso em termos de segurança porque permite evitar que os operadores trabalhem na proximidade de elementos mecânicos sob esforços de tensão consideráveis, sendo as referidas tensões da ordem das 300-500 toneladas e podendo mesmo atingir 1 000 toneladas, e mesmo mais, no caso de condutos tipo PiP muito espessos.

No caso em que se utiliza uma cabeça de soldadura fixa e em

que se faz rodar o remo, como descrito relativamente às figuras 4A-4B-4C-4D, o espaço necessário apenas para a passagem da cabeça é muito mais reduzido e pode, em alguns casos, ser limitado a 5-6 cm, o que reduz, igualmente, os esforços necessários, ou a amplitude dos efeitos térmicos necessários para atingir o resultado.

A expansão térmica apresenta uma vantagem em termos de segurança, porque não implica o trabalho na proximidade de elementos sob fortes tensões mecânicas. Em contrapartida, a aplicação de calor e o arrefecimento do conduto interno necessitam de um determinado período de tempo que reduz, igualmente, as cadências de produção.

A expansão mecânica necessita de esforços consideráveis que atingem várias centenas de toneladas e implica meios de segurança adaptados. Em compensação, a aplicação de tensão e relaxamento da referida tensão são efetuados em tempos muito curtos da ordem de alguns minutos.

De acordo com uma outra variante de realização da invenção, instalam-se, a alguns metros das extremidades do conduto interior, tampões obturadores, habitualmente denominados «*packers*», que também permitem encher integralmente de água o referido conduto interior e, depois, colocá-la sob pressão para obter o alongamento do referido conduto interior. A título de exemplo, no caso da PiP pormenorizada anteriormente, a expansão devida apenas ao efeito de fundo do conduto interior para uma pressão de 30 MPa (300 bar) é de cerca de 32,6 mm para um referido remo com um comprimento de 50 m. No entanto, este modo de expansão só é interessante para remos muito compridos (75-100 m), porque o valor de L permanece pequeno para remos de 50 m.

De acordo com uma variante de realização, utilizam-se os referidos *packers* para obter, no seio do conduto interior, um volume estanque no qual se faz circular água quente, provindo a água quente, por exemplo, de um reservatório resistente ao calor, e mantido à temperatura desejada. Desse modo, no início de ciclo, depois da instalação dos *packers*, o referido volume é cheio de água já quente e é mantido com a temperatura pretendida por simples circulação, sendo a injeção de calor efetuada, de um modo

preferido, no seio do reservatório resistente ao calor. No fim do ciclo, recupera-se a água quente que se reenvia para o referido reservatório resistente ao calor, esperando o próximo ciclo. Este modo de aquecimento está, de um modo vantajoso, acoplado a um modo de tração mecânica para atingir um

5 nível de expansão mais elevado.

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de condutos (1) coaxiais compreendendo um conduto (1b) interno e um conduto (1a) externo com um espaço (1d) anelar, de um modo preferido preenchido com um material (1e) de isolamento, e em
5 cada extremidade uma peça de fecho estanque do referido espaço anelar constituída, cada uma, por uma peça (2a, 2b) de junção de revolução forjada constituída, cada uma, por um só bloco, destinada à junção de dois referidos elementos de condutos (1) coaxiais topo a topo, comportando cada referida
10 peça (2a, 2b) de junção, pelo menos, dois primeiros ramos (3₁, 3₂) de revolução, dos quais um primeiro ramo (3₂) de revolução interna soldado diretamente a uma extremidade do referido conduto interno com um cordão (1b₁) de soldadura circular e um primeiro ramo (3₁) externo soldado diretamente à
15 extremidade do referido conduto externo com um cordão (1a₁) de soldadura circular, sendo os referidos primeiros ramos (3₂) internos de revolução mais compridos, relativamente aos referidos primeiros ramos (3₁) externos, por um comprimento L₁ na direção longitudinal (XX') do referido elemento de condutos coaxiais, sendo cada referida peça de junção em cada extremidade do referido elemento de conduto destinado a ser montado, em um lado, à
20 extremidade dos referidos condutos, externo e interno, do referido elemento de conduto coaxial, e do lado oposto, diretamente a uma outra referida peça de junção, ela própria montada por soldadura na extremidade de um outro elemento unitário de conduto coaxial, caracterizado por todos os referidos cordões (1a₁, 1b₁) de soldadura circulares serem assentes do lado exterior dos condutos externo e interno.

25 2. Elemento de condutos coaxiais de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido conduto (1b) interno estar sujeito a um esforço de tração exercido por cada referida peça de junção em cada extremidade, quando o referido elemento de conduto coaxial está fora de serviço.

30 3. Elemento de condutos coaxiais de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o referido conduto (1b) interno ser sujeito a uma tração correspondente a um esforço de tração inferior a 90%, de um modo

preferido de 5 a 75% do limite elástico do aço que constitui o referido conduto interno, quando o referido elemento de condutos coaxiais está fora de serviço.

5 4. Elemento de condutos coaxiais de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado por ser destinado à montagem de condutos submarinos em aço e apresentando um comprimento de 10 a 100 m, de um modo preferido de 20 a 50 m.

10 5. Elemento de condutos coaxiais de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado por os referidos primeiros ramos, interno (3₂) e externo (3₁), das referidas peças (2a, 2b) forjadas de revolução terem, sensivelmente, a mesma espessura, respectivamente, que os referidos condutos, interno (1b) e externo (1b), nas suas extremidades.

15 6. Elemento de condutos coaxiais de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido elemento de condutos comportar, em cada extremidade, uma referida peça (2a, 2b) forjada delimitada do seguinte modo:

20 • em uma direção radial relativamente a um eixo longitudinal XX' de revolução da referida peça, é delimitada por uma parede (2₂) interna cilíndrica sensivelmente com o mesmo diâmetro que o da seção principal do referido conduto (1b) interno, e por uma parede (2₁) externa cilíndrica com um diâmetro sensivelmente igual ao diâmetro externo da seção principal do referido conduto (1a) externo, e

25 • na direção axial longitudinal XX',
• do lado da referida peça de junção destinada a ser montada por soldadura na extremidade dos referidos condutos, externo e interno, de um referido elemento de condutos coaxiais, as referidas paredes (2₁) externa e (2₂) interna da referida peça de junção formam, em seção longitudinal, uns primeiros ramos, respectivamente externo (3₁) e interno (3₂), sensivelmente com a mesma espessura que os referidos condutos, externo (1a) e
30 interno (1b), nas quais estão destinados a ser montados, delimitando os primeiros ramos (3₁) externo e interno (3₂) uma primeira cavidade (4₁) anelar, e

• do lado oposto da referida peça de junção destinada a ser

montada em uma outra referida peça de junção, ela própria montada por soldadura na extremidade de um outro elemento de condutos coaxiais, as referidas paredes externa (2₁) e interna (2₂) formam, em seção longitudinal, uns segundos ramos, respectivamente externo (5₁) e interno (5₂), que delimitam uma segunda cavidade anelar (6₁),

• sendo os fundos das referidas primeira (4₁) e segunda (6₁) cavidades espaçados na referida direção longitudinal XX', de modo a delimitar uma zona cheia da referida peça de junção na qual as referidas paredes externa (3₁) e interna (3₂) formam as faces externa e interna de uma mesma parede cilíndrica.

7. Elemento de condutos coaxiais de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado por o material (1e) isolante ser um material microporoso ou nanoporoso, de um modo preferido um aerogel, que se apresenta, ainda de um modo preferido, sob a forma de grãos com um diâmetro de 0,5 a 5 mm.

8. Elemento de condutos coaxiais de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado por

- a extremidade livre do referido segundo ramo (5₁) externo apresentar uma forma, de um modo preferido um bisel (18), que a torna apta a ser soldada, a partir do exterior do conduto, à extremidade livre de um outro referido segundo ramo externo de uma outra peça de junção na qual está destinada a ser montada, estando a referida outra peça de junção, ela própria, montada na extremidade de um segundo referido elemento de conjunto de dois condutos coaxiais, e

- a extremidade livre do referido segundo ramo (5₂) interno apresentar uma forma que a destina a entrar em contato, sem ser soldada, com a extremidade livre de um outro referido segundo ramo interno de uma outra referida peça de junção montada na extremidade de um referido segundo elemento de conjunto de condutos coaxiais, e

- as extremidades livres dos referidos segundos ramo (5₁) externo e ramo (5₁) interno de uma mesma peça de junção chegarem sensivelmente ao mesmo nível na referida direção longitudinal XX', e

- tendo os dois referidos segundos ramos externos das duas referidas peças de junção destinadas a ser montadas por soldadura, a mesma espessura, superior à espessura do referido conduto externo e, de um modo preferido, superior à espessura do referido segundo ramo interno da referida
5 peça de junção.

9. Conjunto de, pelo menos, dois condutos coaxiais constituídos por montagem de, pelo menos, dois elementos de condutos coaxiais como definido em uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado por compreender, pelo menos, dois referidos elementos de conjunto de condutos coaxiais co-
10 mo definido em uma das reivindicações 1 a 8, compreendendo, cada um, pelo menos, em uma extremidade, uma referida peça de junção montada por soldadura em uma peça de junção do outro referido elemento de conjunto de condutos coaxiais, estando as duas referidas peças de junção, de um modo preferido, soldadas uma à outra somente ao nível da extremidade dos referi-
15 dos ramos (5₁) externos, entrando as extremidades dos referidos dois ramos (5₂) internos não soldados em contato uma com a outra na altura da montagem das duas referidas peças de junção, de modo a que as referidas segundas cavidades (6₁) internas não sejam estanques face ao interior da referida parede interna e do referido conduto interno.

20 10. Processo de fabricação de um elemento de condutos (1) coaxiais compreendendo um conduto (1a) interno e um conduto (1b) externo e comportando, em cada uma das suas extremidades, uma peça (2a, 2b) de junção forjada de revolução comportando, cada referida peça (2a, 2b) de junção forjada, pelo menos, dois primeiros ramos de revolução, dos quais
25 um primeiro ramo (3₂) interno e um primeiro ramo (3₁) externo, estando a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo (3₁) externo retraída por um comprimento L₁ relativamente à extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo (3₂) interno, processo no qual se efetuam as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

30 1/ se solda a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo (3₂) interno de uma primeira peça (2a) de junção, com uma primeira extremidade do referido conduto (1b) interno não coberta pelo conduto (1a) externo,

sendo a soldadura executada a partir do exterior do referido conduto interno,
e

2/ se desloca o referido conduto (1a) externo de um modo coaxial em torno do referido conduto interno, de modo a que uma primeira extremidade do referido conduto externo se encoste topo a topo à extremidade correspondente do primeiro ramo (3₁) externo da referida primeira peça de junção, estando a segunda extremidade do referido conduto interno retraído relativamente à segunda extremidade correspondente do referido conduto externa por um comprimento L₃, pelo menos igual a L₁, e

3/ se solda a extremidade do referido primeiro ramo (3₁) externo da referida primeira peça (2a) de junção forjada com a extremidade do referido conduto (1a) externo, a partir do exterior do referido conduto externo, processo caracterizado por se executarem as etapas posteriores sucessivas, nas quais:

4/ se expande, de modo reversível, na direção longitudinal axial (XX'), a referida segunda extremidade do referido conduto (1b) interno, de modo a que esta ultrapasse, por um comprimento L₂, a referida segunda extremidade correspondente do referido conduto (1a) externo, e

5/ se solda, a partir do exterior do referido conduto (1b) interno, a extremidade do primeiro ramo (3₂) interno de uma segunda referida peça (2b) forjada com a referida segunda extremidade do referido condutoa (1b) interno em posição expandida, e

6/ se reduz, pelo menos parcialmente, a expansão do referido conduto interno até que a referida segunda extremidade do referido primeiro ramo (3₁) externo da referida segunda peça (2b) forjada se encoste topo a topo à referida segunda extremidade do referido conduto (1a) externo, e

7/ se solde, a partir do exterior do referido conduto externo, a extremidade do referido primeiro ramo (3₁) externo da referida segunda peça (2b) forjada com a referida segunda extremidade do referido conduto externo.

11. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por:

- na etapa 2/, a referida segunda extremidade do conduto (1a) externo, do lado destinado a ser unido à referida segunda peça (2b) de junção forjada, ser ajustada de modo a ultrapassar a referida segunda extremidade correspondente do conduto interno por um comprimento $L_3=L_1+e$, e

5 - na etapa 4/, se executar uma expansão do referido conduto interno por um comprimento L_2 superior ou igual a L_1+e pelo que, na etapa 6/, se reduz parcialmente a referida expansão e, no final da soldadura da etapa 7/, o referido conduto (1b) interno se encontrar sujeita a uma tração correspondente a um alongamento residual inferior ou igual a e.

10 12. Processo de uma das reivindicações 10 ou 11, caracterizado por, na etapa 4/, se executar a expansão do referido conduto interno por aquecimento da mesma, de um modo preferido, com o auxílio de dispositivos (3, 4) de aquecimento que são introduzidos e, de um modo preferido, que são deslocados no interior do referido conduto interno e são ativados de modo uniforme ou não aparelho longo do referido conduto interno, no interior
15 do mesmo.

13. Processo de acordo com uma das reivindicações 10 a 12, caracterizado por, na etapa 4/, se executar a referida expansão por tração longitudinal (XX') mecânica do referido conduto interno com o auxílio de um
20 dispositivo (8, 13) de tração compreendendo um guincho (8) ou um macaco (13) colocado no exterior do referido conduto interno.

14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por, na etapa 4/, a referida expansão ser feita por tração longitudinal do referido conduto interno e compressão longitudinal simultânea do referido conduto
25 externo ao nível das suas referidas segundas extremidades.

15. Processo de acordo com uma das reivindicações 10 a 14, caracterizado por se executar a referida soldadura com um dispositivo compreendendo uma cabeça (9) de soldadura fixa, de um modo preferido, na vertical por cima do referido elemento (1) de condutos, e se fazer rodar o
30 referido elemento (1) de condutos sobre si próprio em torno do seu eixo longitudinal (XX').

16. Processo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado

por o referido dispositivo (8, 13) de tração compreender ou cooperar com:

- meios (6-6a-6b) de bloqueio do referido conduto interno, permitindo, desse modo, uma translação longitudinal do referido conduto interno em expansão quando o dispositivo de tração é acionado, e autorizando, se for caso disso, a rotação do referido conduto interno em torno do seu eixo longitudinal (XX'), e

- meios (11a-11b, 11) de bloqueio do referido conduto interno, impedindo qualquer movimento de translação longitudinal do referido conduto externo, e autorizando a sua rotação em torno do seu eixo longitudinal (XX').

17. Processo de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por os referidos meios de bloqueio do conduto externo compreenderem:

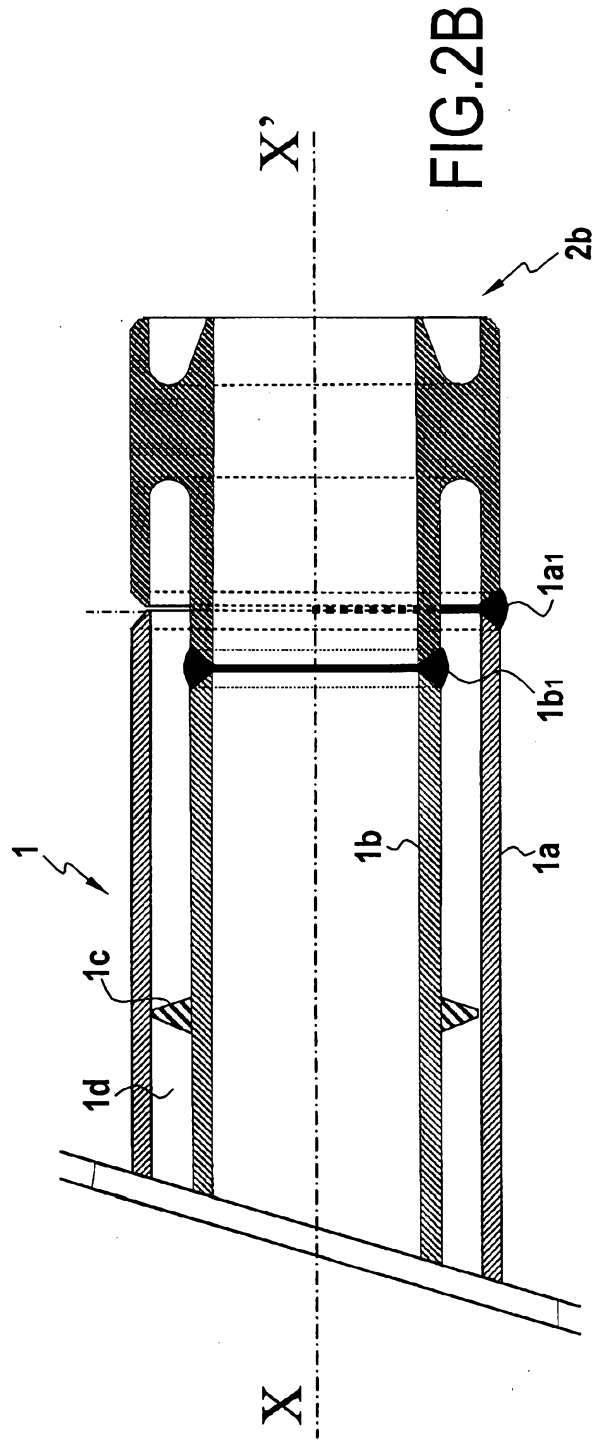
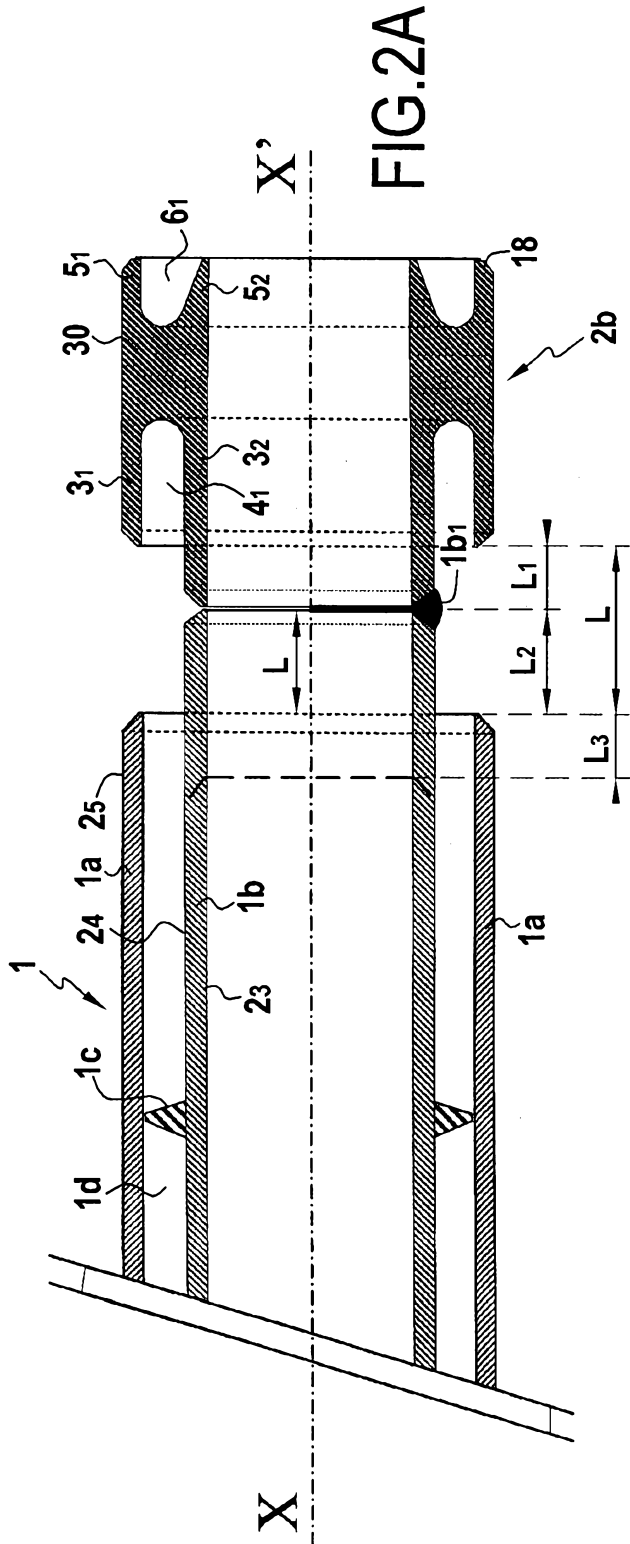
- um primeiro dispositivo (11b) de bloqueio por compressão radial disposto fixamente em torno do referido conduto externo, tal como um adaptador de cunhas bloqueantes (11a), e

- um primeiro corpo (11) periférico fixo em relação ao solo, cooperando com o referido primeiro dispositivo (11b) de bloqueio por intermédio de uma primeira chumaceira (11a) que autoriza a rotação do referido conduto externo segundo o seu eixo longitudinal (XX').

18. Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por a referida primeira chumaceira (11a) compreender rolamentos (11c) de rolos cruzados, em uma e entre uma armação (11a₂) interior solidária com o referido adaptador (11b), e uma armação (11a₁) exterior solidária com o referido primeiro corpo (11) periférico fixo.

19. Processo de acordo com uma das reivindicações 16 a 18, caracterizado por o referido dispositivo de tração compreender ou cooperar com, pelo menos, um tirante (12c), constituído por um cabo ou uma haste rígida, apto a ser deslocado em translação longitudinal (XX') por guincho (8) ou um macaco (13), ligado a um segundo dispositivo (6-6a-6b) de bloqueio do referido conduto interno por compressão radial da parede interna (2₂) do referido conduto interno, disposto no interior do referido conduto interno, tal como um mandril autoblocante.

20. Processo de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por o referido dispositivo de tração compreender, pelo menos, dois macacos (13) diametralmente opostos, de um modo preferido, pelo menos quatro macacos (13), regularmente repartidos de um modo circular, cujos pistões (13a) solidários com hastes (13b) se encostam (13c) ao referido primeiro corpo (11) periférico fixo, suporte da referida primeira chumaceira (11a), estando os referidos macacos ligados ao referido tirante (12c) por intermédio de uma segunda chumaceira (12a), constituída, de um modo preferido, por um rolamento de rolos cruzados, comportando um segundo corpo periférico fixo relativamente ao solo (12) que suporta os referidos macacos (13), apto a cooperar com um suporte (12b) solidário com o referido tirante (12c), pelo que, ao se aplicar aos macacos (13) uma pressão (P), o tirante (12c) exerce uma tração sobre o conduto interno, ao mesmo tempo que autoriza a rotação do referido elemento de condutos em torno do seu eixo longitudinal (XX'), permanecendo os referidos, primeiro e segundo, corpos (11, 12) periféricos, bem como as hastes (13b) dos macacos (13), fixos relativamente ao solo, autorizando, desse modo, a utilização de uma cabeça (9) de soldadura fixa.



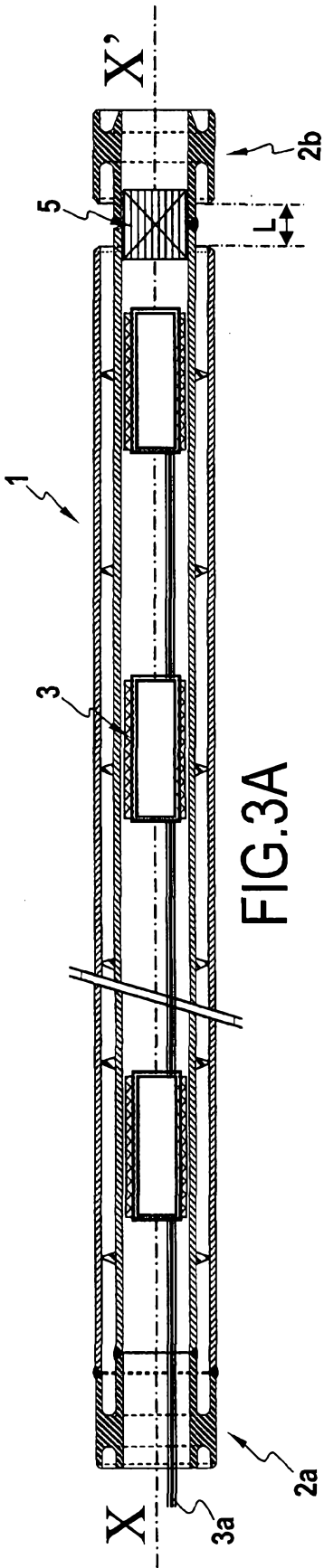


FIG. 3A

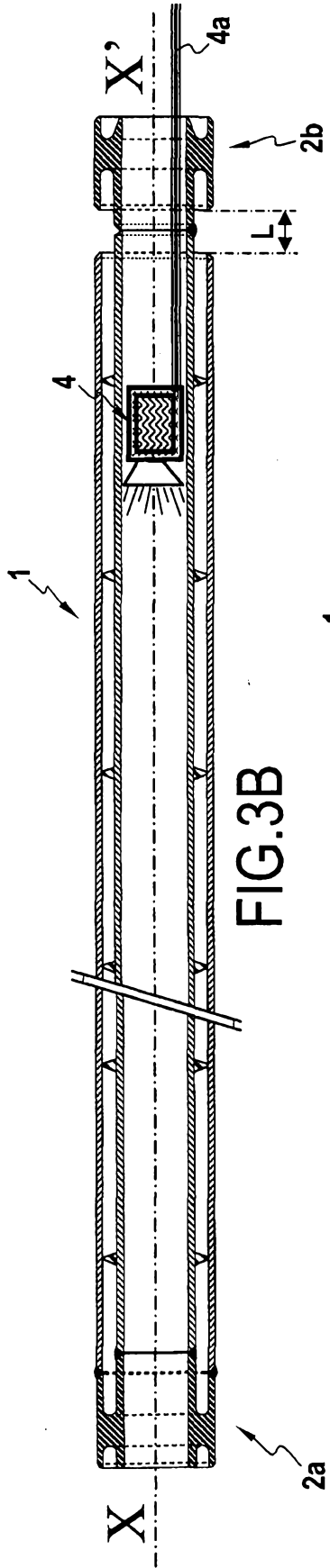


FIG. 3B

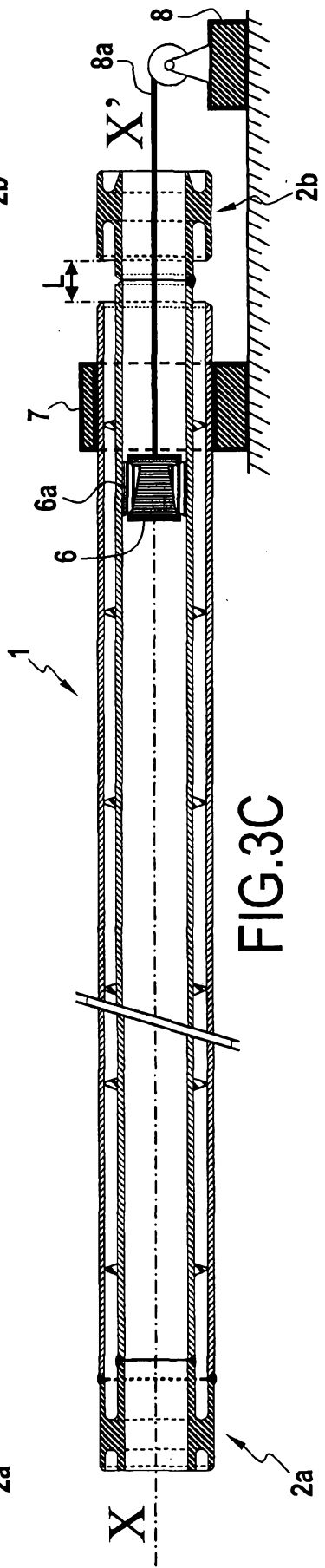


FIG. 3C

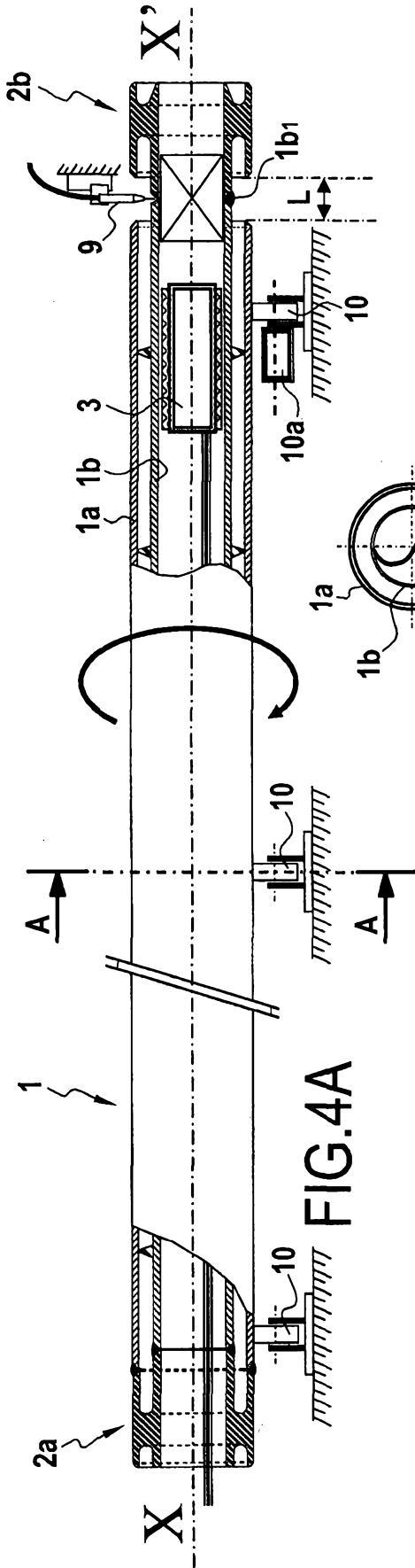


FIG. 4A

FIG. 4E

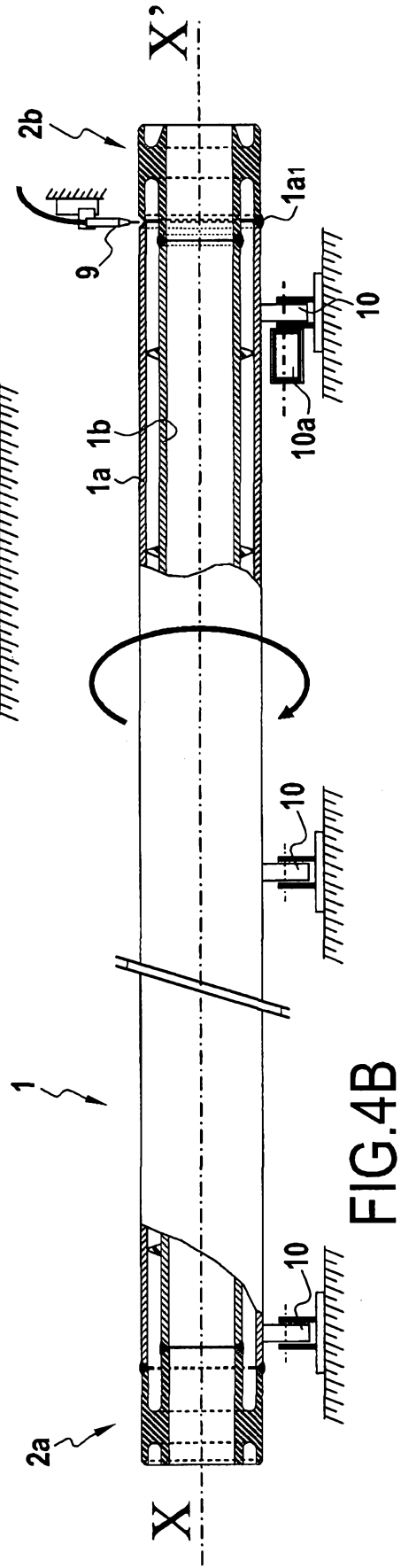


FIG. 4B

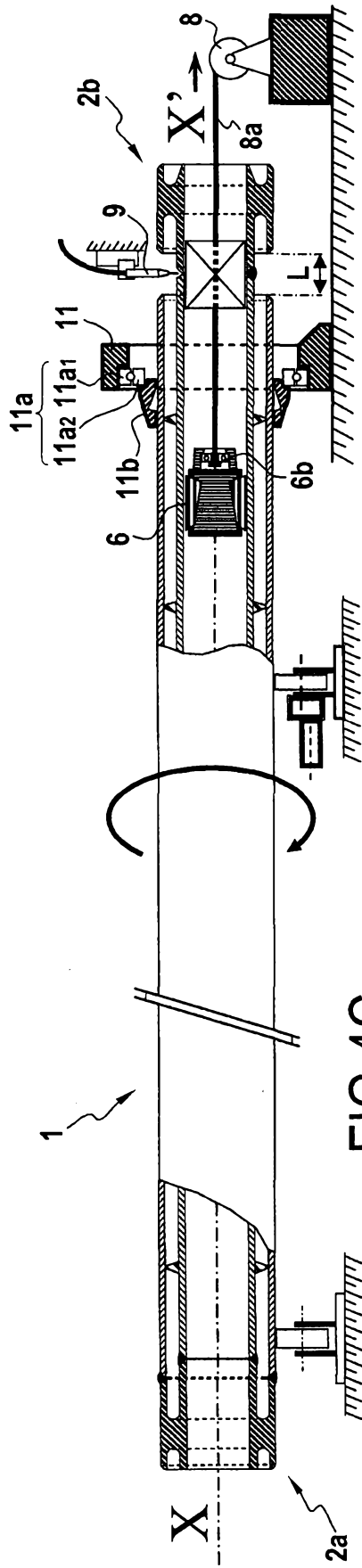


FIG. 4C

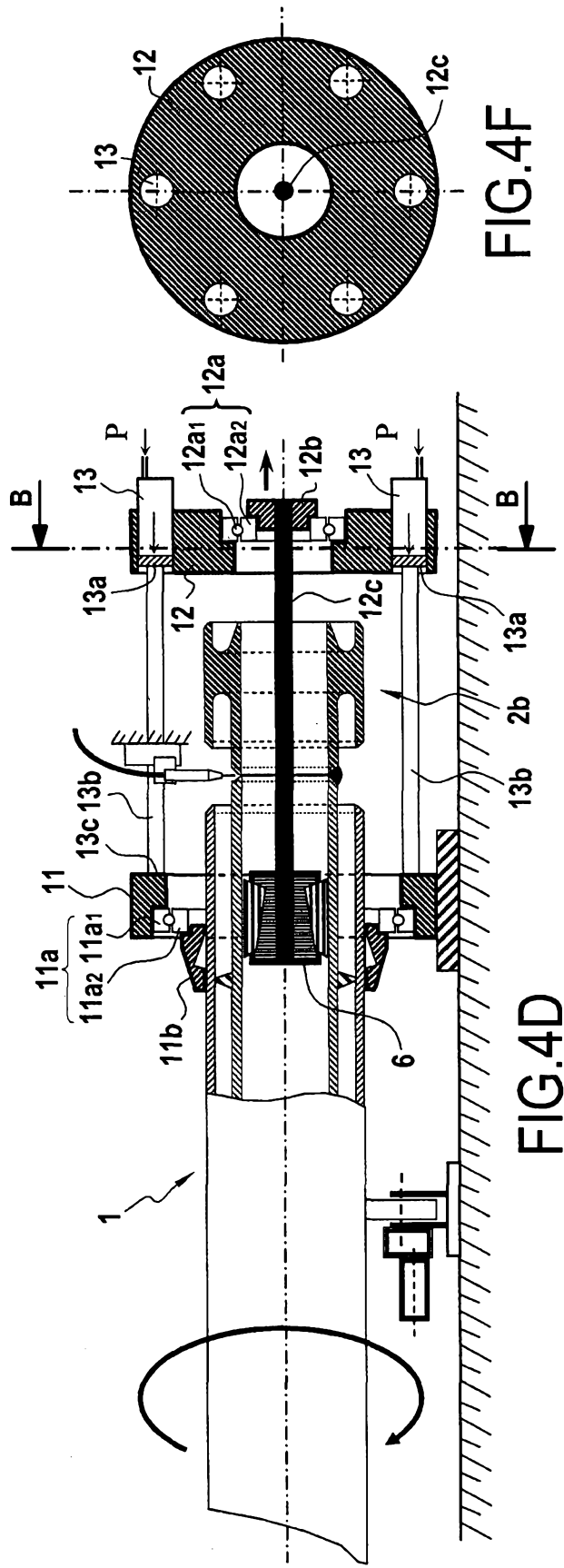


FIG. 4D

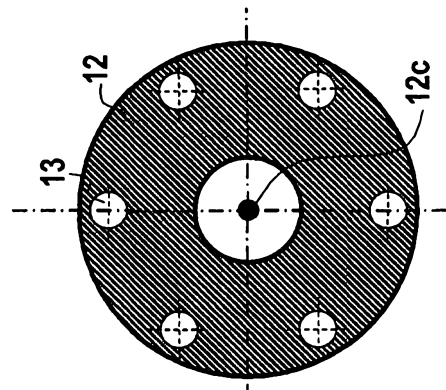


FIG. 4F

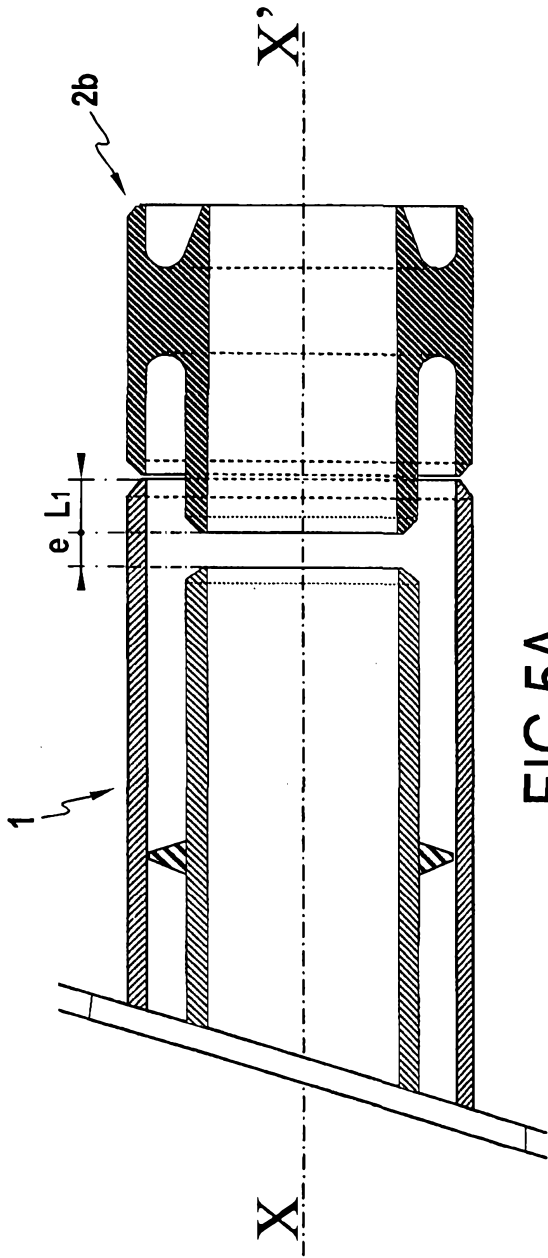


FIG. 5A

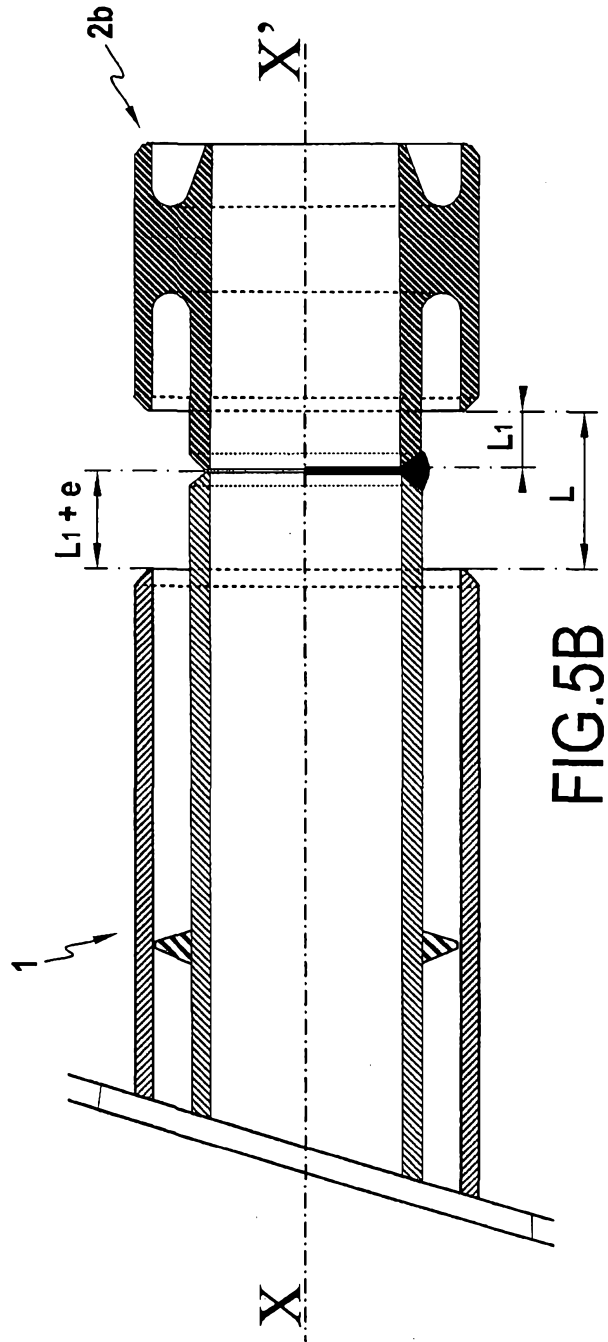


FIG. 5B