



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

(11) PI 0708194-4 B1

(22) Data do Depósito: 06/02/2007

(45) Data de Concessão: 22/05/2018



(54) Título: ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS CUJO CONDUTO INTERNO ESTÁ SOB TENSÃO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO

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

(30) Prioridade Unionista: 16/03/2006 FR 06 02313, 24/02/2006 FR 06 01603

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

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

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**ELEMENTO DE CONDUTOS COAXIAIS CUJO CONDUTO INTERNO ESTÁ SOB TENSÃO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO**".

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 a grandes profundidades.

10 Na maioria dos domínios industriais pesquisam-se sistemas de isolamento com bom desempenho para manter os fluidos transportados nas tubagens com uma temperatura constante, de modo 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 petróleo, instalações de gás natural liquefeito (-165°C), e campos petrolíferos
15 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 condutos coaxiais destinados a fabricação de condutos submarinos instalados em campos petrolíferos a muito grandes profundidades, nomeadamente
20 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 PiP, ou seja, "conduto em um conduto", nos quais um conduto interno transporta o fluido, e um conduto externo coaxial com o anterior, denominado
25 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.

Estes sistemas foram criados para atingir um alto nível de desempenho térmico, e foram criadas versões específicas para responder de
30 modo mais adaptado aos grandes fundos, ou seja, para resistir à pressão do 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 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
15 sendo colocados no mar. É, portanto, importante que essa união possa ser integrada no processo de montagem e união do conduto e da instalação desta no fundo do mar.

Para esse efeito, utilizam-se peças de junção ou peças de ligação forjadas em aço, montadas nas extremidades dos referidos elementos
20 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 internas.

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

10 No documento FR 2786713 descreveu-se uma outra forma de realização na qual não se utilizam peças de junção para assegurar o fechamento do espaço anelar entre os condutos, interno e externo, nas suas extremidades, mas fazendo com que as extremidades do conduto externo ultrapassem as extremidades do conduto interno e deformando uma parte terminal do conduto externo em torno da parte terminal do conduto interno restringindo o seu diâmetro até as aproximar uma da outra para fechar o espaço anelar, nomeadamente por soldadura das extremidades dos condutos, 15 externo e interno, entre si. Este tipo de fechamento do espaço anelar e junção das extremidades dos condutos coaxiais é denominado «enrugamento». É vantajoso porque permite que uma máquina de soldar tenha acesso às extremidades dos condutos internas de dois elementos de condutos coaxiais sucessivos a montar para os soldar topo a topo sem se ser perturbado pelos 20 condutos externos associadas. O espaço entre as extremidades de 2 condutos externos de 2 elementos de condutos coaxiais montados topo a topo está, de um modo geral, coberto por uma manga tubular que confere isolamento e reforço mecânico ao nível da junção, nomeadamente uma manga deslizando por cima do conduto externo.

25 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 controlo de soldadura por sonda a ultra-sons, 30 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 trans-

lação 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. As zonas de soldadura são, com efeito, particularmente sensíveis ao fenómeno de fadiga, quer durante a instalação, quer durante o tempo de vida do conduto, e é por isso que é importante poder controlar cuidadosamente a fiabilidade.

Por outro lado, 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 mar (3-5°C), o que provoca uma compressão do referido conduto interna, estando este bloqueado nas suas extremidades ao nível dos referidos fechamentos do espaço anelar, e se for caso disso, ao nível das 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.

O objetivo da presente invenção consiste, por conseguinte, em proporcionar condutos coaxiais cujo comportamento mecânico em serviço seja melhorado quando são sujeitas a condições de utilização implicando uma expansão relativa do conduto interno em relação ao conduto externo de modo que as tensões criadas na altura da instalação sejam minimizadas e que o comportamento em termos de fadiga, no caso de ligações fundo-superfície, seja radicalmente melhorado.

Com essa finalidade, a presente invenção proporciona um elemento de condutos coaxiais compreendendo um conduto interno e um conduto externo com um espaço anelar, de um modo preferido preenchido com um material isolante, e em cada extremidade um fechamento do referido espaço anelar constituído:

- quer por uma peça de junção de revolução ligada às extremidades dos referidos condutos, interno e externo, e apto a permitir a ligação dos dois referidos elementos de condutos coaxiais topo a topo,

5 - quer por enrugamento consistindo na deformação da parte terminal do conduto externo cuja extremidade está diretamente ligada à superfície do conduto interna, de um modo preferido por soldadura,

10 caracterizado pelo referido conduto interno ser sujeito a um esforço de tração entre as extremidades fechadas do referido espaço anelar exercido pelos referidos fechamentos, quando a referido conduto interno está fora de serviço.

A presente invenção proporciona, igualmente, um processo de fabricação de um elemento de condutos coaxiais de acordo com a invenção, caracterizado por se efetuarem as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

15 1) se executa o fechamento do espaço anelar em uma primeira extremidade do referido elemento de condutos coaxiais, quer por enrugamento, quer por ligação a uma peça de junção, e

20 2) antes do fechamento do espaço anelar na segunda extremidade do referido elemento de conduto em curso de fabricação, quer por enrugamento, quer por ligação a uma peça de junção, diretamente ou por intermédio de duas semiconchas em forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular intercalada entre as extremidades dos condutos externos e peça de junção, se expande a segunda extremidade do conduto interno na direção longitudinal axial (XX') por um comprimento L relativamente à referida segunda extremidade correspondente da referido conduto externo, e

25 3) se executa o fechamento da segunda extremidade do espaço anelar de modo que a referido conduto interno seja sujeito a um referido esforço de tração após o fechamento da segunda extremidade do espaço anelar.

30 Desse 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 esta está em

serviço e, por conseguinte, aumentar o espaçamento dos elementos centralizadores dos condutos coaxiais e, por conseguinte, reduzir o seu número.

Entende-se por "fora de serviço", que o referido elemento de condutos coaxiais não está montado em um conjunto de elementos de condutos coaxiais ou está montado em um tal conjunto de elementos de condutos coaxiais, mas 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 à temperatura ambiente» que os condutos, interno e externo, estão à mesma temperatura que a temperatura ambiente do ar, ou se for caso disso, da água do mar, se o conduto estiver imerso.

O referido esforço de tração deve-se ao referido alongamento residual do conduto interno relativamente ao seu comprimento em repouso após uma redução parcial da referida expansão e fechamento da referida segunda extremidade do espaço anelar da etapa 3 anterior. Entende-se aqui por «repouso» que a referido conduto interno não é sujeito a qualquer tração ou compressão, como é o caso quando está fora de serviço e na ausência de peça de junção ou do referido fechamento.

Compreende-se, por conseguinte, que o referido esforço de tração exercido pelos referidos fechamentos se exerce em sentido oposto em cada extremidade do elemento unitário de conduto.

De acordo com uma primeira variante de realização do processo de fabricação de um elemento de condutos coaxiais de acordo com a invenção, na etapa 2/, executa-se a expansão de referido conduto interno por aquecimento deste, de um modo preferido, com o auxílio de dispositivos de aquecimento que se introduzem e, de um modo preferido, que se deslocam no interior da referido conduto interno e que se ativam de modo uniforme ou

não ao longo da referido conduto, no interior deste.

Em uma segunda forma de realização, na etapa 2/, executa-se a referida expansão por tração longitudinal XX' mecânica da referido conduto interno com o auxílio de um dispositivo de tração compreendendo um guincho ou um macaco colocados no exterior da referido conduto interna.

Compreende-se que a redução da expansão da etapa 3b/ se faz, então, por simples arrefecimento se a expansão for executada por aquecimento, e por relaxamento da referida tração, se a expansão for executada por tração mecânica.

É, igualmente, interessante poder combinar os dois modos de expansão, como explicado posteriormente.

Mais particularmente, na etapa 2), a referida expansão faz-se por tração longitudinal da referido conduto interno e compressão longitudinal simultânea da 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.

Compreende-se que, após a etapa 3), o conduto interna conserve um alongamento residual com uma amplitude variável de acordo com os casos seguintes:

- 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 interna, induzindo, de modo concomitante, uma tensão de compressão no invólucro externo;

- 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 pela referido conduto interno sobre a soldadura de fechamento do espaço anelar, nomeadamente sobre a peça forjada provoca, concomitantemente, uma compressão longitudinal da referido conduto externo 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 interna. A referida percentagem R_{th} é função da relação das superfí-

cies das secções transversais de aço do conduto interno e do invólucro externo;

- o alongamento residual do conduto interno representa uma percentagem R_{misto} de e , no caso em que a expansão é obtida de modo misto por tração mecânica e por efeito térmico, estando R_{misto} compreendida entre 100% e R_{th} .

Mais particularmente, de acordo com uma primeira variante, executa-se a 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 de revolução, comportando, cada referida peça de junção forjada, 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 em relação a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo interno de acordo com a invenção, e:

- na etapa 1) se executarem as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

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

1b) se desloca a referido conduto externo de um modo coaxial em torno da referido conduto interna, de modo que uma primeira extremidade da referido conduto externo se encoste topo a topo à extremidade correspondente do primeiro ramo externo da referida primeira peça de junção, estando a segunda extremidade da referido conduto interno retraída relativamente à segunda extremidade correspondente da referido conduto externo por um comprimento $L_3=L_1+e$, e

1c) se solda a extremidade do referido primeiro ramo externo da referida primeira peça de junção forjada com a extremidade da referido conduto externo, a partir do exterior da referido conduto externo, e

- na etapa 2) se expande, de modo reversível, na direção longi-

tudinal axial XX', a referida segunda extremidade da referido conduto (1b) interna, de modo que esta ultrapasse, por um comprimento L_2 , superior a L_1+e , a referida segunda extremidade correspondente da referido conduto externo, e

5 - na etapa 3) se executam as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

3a) se solda, a partir do exterior da referido conduto interna, a extremidade do primeiro ramo (3_2) interno de uma segunda referida peça forjada com a referida segunda extremidade da referido conduto interno em
10 posição expandida, e

3b) se reduz, apenas parcialmente, a expansão da referido conduto interno até que a referida segunda extremidade do referido primeiro ramo externo da referida segunda peça forjada se encoste topo a topo à referida segunda extremidade da referido conduto externo, e

15 3c) se solda, a partir do exterior da referido conduto externo, a extremidade do referido primeiro ramo externo da referida segunda peça forjada com a referida segunda extremidade da referido conduto externo, encontrando-se a referido conduto interno sujeito a uma tração correspondente a um alongamento residual inferior ou igual a e .

20 Compreende-se que, nesse caso, na etapa 2), se executa uma expansão da referido conduto interno por um comprimento L_2+L_3 de modo que a distância entre a extremidade livre do referido primeiro ramo externo da segunda peça forjada e a extremidade da referido conduto interno seja suficiente para permitir, a partir do exterior do conduto interna, a execução
25 da soldadura da extremidade cilíndrica livre do primeiro ramo interno da segunda peça forjada com a extremidade do conduto interna. 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 em torno da referido conduto a soldar, como irá ser explicado em
30 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 3b), a extremidade do referido primeiro ramo interno entre em contato topo a topo com a extremidade da referido conduto externo.

De acordo com uma variante de realização, fabrica-se um elemento de condutos coaxiais compreendendo um conduto interno e um conduto externo e comportando, em cada uma das suas extremidades, uma peça forjada de revolução, comportando cada referida peça de junção, 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 em relação à extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo interno e compreendendo duas semiconchas em forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular intercalada entre as extremidades dos condutos externos e peças de junção, e o processo é caracterizado por:

- antes da etapa 2), a referida segunda extremidade da referido conduto interno ultrapassar por um comprimento L_2 a referida segunda extremidade correspondente da referido conduto externo, e se soldar, a partir do exterior da referido conduto interna, a extremidade do primeiro ramo interno de uma segunda referida peça forjada com a referida segunda extremidade da referido conduto interna, e

- na etapa 2), se expandir, na direção longitudinal axial XX' , a referida segunda extremidade da referido conduto interna, por um comprimento superior ou igual a e , de modo que ultrapasse, pelo menos, por L_2+e , a referida segunda extremidade da referido conduto externo, e

- na etapa 3) se executarem as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

3a) se intercalam, entre as extremidades das conduto externo e

referido primeiro ramo externo da peça forjada, duas semiconchas em forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular com um comprimento L_1+L_2+e , e

5 3b) se reduz, apenas parcialmente, a expansão da referido conduto interno até que a extremidade do referido primeiro ramo externo da segunda peça forjada e a referida segunda extremidade da referido conduto externo se encostem topo a topo com as extremidades de duas semiconchas da referida manga, e

10 3c) se solda, a partir do exterior da referido conduto externo, a extremidade do referido primeiro ramo externo da referida segunda peça forjada e a referida segunda extremidade da referido conduto externo com as extremidades de duas semiconchas da referida manga, encontrando-se a referido conduto interno sujeito a uma tração correspondente a um alongamento residual inferior ou igual a e .

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

20 Quando os referidos elementos de condutos coaxiais são montados entre si para formar um conduto PiP formado por um conjunto de referidos elementos de condutos, a referido conduto interno está sob um esforço de tração, quando o conduto PiP está fora de serviço, ou seja, nomeadamente à temperatura ambiente.

25 Mais particularmente, este esforço de tração corresponde à tração a exercer sobre uma referido conduto interno de 25 a 50 m de comprimento para que este seja sujeito a um alongamento de $e=5$ a 100 mm correspondente a uma parte da expansão que a referido conduto interno teria sofrido quando percorrida por um fluido quente, criando assim um diferencial de temperatura com o conduto externo em contato com o meio ambiente,
30 constituído por água de mar a grande profundidade a uma temperatura de 3-5°C, o que representa um diferencial de temperatura de 100 a 150°C, e

mesmo mais, entre o conduto interior e o conduto externo. Ao efetuar esta expansão no decurso do processo de fabricação resulta um pré-esforço de tração do conduto interior quando o remo está em repouso, fora de serviço, o que tem como efeito reduzir, igualmente, a tensão máxima de compressão do referido conduto interno quando está em serviço no fundo do mar, e fazer com que o diferencial de temperatura entre a referido conduto interno e a referido conduto externo seja máximo. Este pré-esforço leva a uma redução das tensões de compressão do conduto interno em serviço, quando o conduto está em serviço a alta temperatura no fundo do mar.

5 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.

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

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

- em abrir, em seguida, na proximidade dos referidos extensômetros, um furo de pequeno diâmetro, por exemplo 4 mm, através de 75% a 20 80% da espessura do conduto, de modo a não perfurar esta última.

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 25 30 grandeza do esforço de tração no seio do conduto interior.

Existem outros meios não-destrutivos baseados em um bombar-

deamento por nêutrons rápidos, cuja trajetória é modificada conforme a referido conduto é sujeito a um esforço de tração ou de compressão. Este método é muito delicado de se 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.

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

Esta tração do conduto interno dá origem, quando se separam as extremidades dos referidos condutos, interno e externo, do elemento de condutos coaxiais de um, pelo menos, das suas extremidades ao nível do fechamento do espaço anelar, nomeadamente ao nível de uma referida peça de junção forjada soldada nessas extremidades, à verificação de uma redução da referido conduto interna.

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 um modo vantajoso, 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.

Mais particularmente, o referido elemento de condutos coaxiais de acordo com a invenção compreende, em cada extremidade, um fechamento do referido espaço anelar constituído por uma peça de junção de revolução, comportando a referida peça de junção, pelo menos, dois primeiros ramos de revolução dos quais

- um primeiro ramo de revolução interno soldado diretamente a uma extremidade da referido conduto interna, e

- um primeiro ramo externo soldado diretamente à extremidade da referido conduto interno ou por intermédio de duas semiconchas em for-

ma de semimangas tubulares formando uma manga tubular intercalada entre as extremidades dos condutos externos e peça de junção,

- sendo os primeiros ramos internos de revolução mais compridos do que os referidos primeiros ramos externos por um comprimento L_1 na direção longitudinal XX' do referido elemento de condutos coaxiais.

Uma dita peça de junção é, por conseguinte.

Ainda de um modo vantajoso, no processo de acordo com a invenção executa-se a expansão com um dispositivo de tração que compreende ou coopera com:

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

- meios de bloqueio da referido conduto interna, impedindo qualquer movimento de translação longitudinal da 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 da 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 da 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 da referido conduto interno por compressão radial da parede interna da referido conduto interna, disposto no interior da referido conduto interna, 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 interna, 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,

a figura 2A representa em corte longitudinal e em uma vista late-

ral, 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 a referido conduto interna, inicialmente, retraída por um comprimento L_3 relativamente ao conduto externo, de modo a se poder efetuar a soldadura da referido conduto interno à peça forjada de extremidade, a partir do exterior,

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

10 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 executada por aquecimento da referido conduto interno por meio de três cartuchos de aquecimento eléctricos repartidos pela referido conduto interna,

15 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,

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

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

30 a figura 4B ilustra o modo de soldadura da peça forjada de extremidade sobre o conduto exterior da PiP após retracção do conduto interno por simples arrefecimento, sendo o conjunto da PiP posto a rodar para se efetuar à referida soldadura com o auxílio de uma cabeça de soldadura fixa,

a figura 4C ilustra o modo de soldadura da peça forjada de extremidade sobre o conduto interna 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,

5 a figura 4D ilustra o modo de soldadura da peça forjada de extremidade sobre o conduto interna 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,

10 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 a referido conduto interno sujeito a uma tração

15 após soldadura sobre a referida peça de junção forjada de extremidade.

A figura 6 representa uma vista da extremidade de um remo PiP de acordo com a invenção após expansão do conduto interno e soldadura sobre uma peça de junção antes da inserção de 2 semiconchas com um comprimento $L_1 + L_2 + e$,

20 As figuras 7A e 7B representam as extremidades, esquerda (figura 7A) e direita (figura 7B), de um remo de acordo com a invenção cujas extremidades são enrugadas, sendo a extremidade direita (figura 7B) sujeita à expansão do seu conduto interna antes da soldadura.

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

25

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

30 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, interno e, respectivamente, externo se for caso disso.

Nas figuras 1 a 5, representou-se um conduto 1 de tipo PiP constituída por um conduto 1a externa e um conduto 1b interna 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 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 interna. Estes centralizadores mantêm a distância radial entre os condutos, interno e externo, 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 2₂ interna cilíndrica sensivelmente com o mesmo diâmetro que o da seção principal da referido conduto 1b interna, e por uma parede 2₁ externa cilíndrica com um diâmetro sensivelmente igual ao diâmetro externo da seção principal da referido conduto 1a externa, e

Em uma 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, externa 1a e interna 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 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 espaçados 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 anelar 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 5_1 externos. Mas esta câmara não é estanque, porque a extremidade dos segundos ramos 5_1 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:

- a extremidade livre do referido segundo ramo 5_1 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, montada na extremidade de um segundo referido elemento de conjunto de dois condutos coaxiais, e

- a extremidade livre do referido segundo ramo 5_2 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

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 5_1 externo e ramo 5_1 interno de uma mesma peça de junção chegam 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 da referido conduto externo e, de um modo preferido, superior à espessura do referido segundo ramo interno da referida peça de junção.

As extremidades livres dos referidos primeiros ramos 3_1 externo e interno 3_2 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 serem soldados a partir do exterior dos referidos condutos externos 3_1 e interna 3_2 . 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 da referido conduto interno para os referidos primeiros ramos internos.

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.

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 se-

gunda cavidade, permite a execução de soldaduras nas melhores condições, porque a massa de aço de um lado e doutro 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
5 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 secções principais dos
10 condutos externos 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 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
15 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
20 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 arruíne completamente ao
25 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 devido a eventuais flexões ou variações de pressão ou de temperatura, e
30 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.

5 A formação da referida parede interna cilíndrica que assegura uma continuidade quase completa com o conduto interna 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.

10 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 da 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,
15 encontrando-se o fluido preso durante todo o tempo de vida da instalação ao nível desta segunda cavidade.

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
20 referidas peças de junção ligadas uma à outra, a bordo de navios instaladores e, no caso de ligações fundo-superfície, durante todo o seu tempo de vida que pode exceder 30 anos.

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

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
30 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

seqüência. A conduto 1b interna é soldado, em primeiro lugar, ao ramo 3_1 interno da primeira peça de junção forjada de extremidade com um cordão $1b_1$ de soldadura executado a partir do exterior do conduto interna, como representado na figura 1A. Em seguida, o invólucro 1a externo é inserido em
 5 torno do conduto 1b interna 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 $1a_1$ de soldadura executado a partir do exterior da referido conduto externo sobre o ramo 3_1 externo da referida primeira peça 2a de junção forjada. Estas duas soldaduras são
 10 executadas a partir do exterior de modo conhecido.

Para que as figuras se percebam melhor, os cordões de soldadura são, de um modo geral, representados somente na parte baixa da figura, estando os elementos a soldar representados frente a frente na parte alta, prontos a serem soldados.

15 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 interna com uma soldadura
 20 $1b_2$ executada a partir do interior da referido conduto interna, o que é muito delicado e necessita de meios complicados de controlo, porque os soldados 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
 25 invólucro 1a externo é executada de modo convencional em $1a_1$ a partir do exterior.

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, interno e externo, a partir
 30 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 à do conduto externo, o que

permite executar uma soldadura do conduto interno sobre a referida peça de junção forjada, a partir do exterior do conduto interna. Em seguida, intercala-se, 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 afecta 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 15 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.

Nas figuras 2A e 2B, representou-se, em corte longitudinal e em uma vista lateral, a soldadura da segunda extremidade de um ramo 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 interna e o invólucro externo são soldados à primeira peça forjada, como explicado anteriormente, relativamente à figura 1A. A conduto 1b interna, cuja segunda extremidade está, inicialmente, retraída por um comprimento L_3 em relação à segunda extremidade correspondente do conduto externo, é, então, expandido 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 que a referida segunda extremidade da referido conduto interno ultrapasse a extremidade do invólucro externo por um comprimento L_2 , de modo 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 3₂ interno da peça 2b forjada, quando as referidas extremidades são colocadas topo a topo.

Depois da soldadura e das operações de controlo, a expansão do conduto interno é, então, reduzida e a segunda peça forjada torna a entrar em contacto com o invólucro externo para ser soldada de modo conhecido a partir do exterior em $1a_1$.

5 Na figura 3A, representou-se um primeiro modo de expansão do conduto interno constituído por um sistema de aquecimento da referido conduto interna. 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 da referido conduto
10 interna, repartidos de modo uniforme ou não ao longo da referido conduto interna. 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 3_1 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 da referido conduto interna, sendo a referida soldadura $1a_1$ efetuada de modo conhecido a partir
15 do exterior. Depois da soldadura e das operações de controlo, o aquecimento é suprimido e, depois, o conduto interna, 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 $1a_1$.

25 Para se perceber os desenhos com mais clareza, representou-se uma manga que funciona como calibrador 5 posicionador da segunda peça 2b forjada sobre o conduto 1a interna, 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.

30

Na figura 3B, representou-se uma alternativa de expansão térmica do conduto interno com base na utilização de um gerador 4 de ar quen-

te, ou de um simples queimador a gás ou a 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 efetuada 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 da referido conduto interna, em uma zona próxima da extremidade da referido conduto interna, 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 da referido conduto externo ao nível da superfície 2₅ externa 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 executada 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 fixa relativamente ao solo, rodando as referidas cabeças de soldadura em torno da 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

5 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 interno, sendo a expansão térmica assegurada pelos cartuchos 3 de aquecimento anteriormente descritos relativamente à figura 3A.

Na figura 4B, no final da soldadura da segunda peça forjada sobre o conduto 1b interno, o aquecimento é interrompido e o conduto interna 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 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 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 e-

xemplo, 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 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 interno 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 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 macacos 13 hidráulicos para efetuar a expansão do conduto 1b interna, 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 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 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 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 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 interna por intermédio do mandril 6 autoblocante. Aumentando, progressivamente, a pressão P, o conduto 1b interna 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 interna, 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 relativamente 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 conduto a soldar. Quando a soldadura 1b₁ do conduto 1b interna sobre a peça 2b forjada termina, a pressão nos macacos é aliviada, o conduto interna, 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.

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.

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°C, enquanto que o conduto interna se encontra à temperatura do fluido, a qual pode atingir 120-150°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°C por exemplo). Além disso, depois de assentes no fundo, ficam as duas à temperatura do fundo do mar (3-5°C), mas, a partir do momento em que o fluido circula, a temperatura do referido fluido cria uma tensão de compressão na referido conduto 1b interno, porque este último está bloqueado nas suas extremida-

des ao nível das peças forjadas. Esta aplicação de compressão segundo o eixo XX' rischia 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 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 interna e o invólucro 1a externo em repouso, à mesma temperatura, ajusta-se o comprimento do conduto interno de modo que fique mais curta por um valor L_1+e relativamente ao conduto externo, tal como representado na figura 5a. A expansão do conduto interno é, então, executada por um dos processos anteriormente 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 interna é, então, efetuada como indicado anteriormente, dado que o conduto interna está retraída. Quando a peça forjada entra em contato com o invólucro 1a externo, o conduto interna 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 levada 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 interna. 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 reduzida, 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 interna 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 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 interna, 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 guias 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.

No caso da montagem da segunda peça 2b de junção forjada sobre a extremidade do conduto externo por intermédio de semiconchas 14, o procedimento de pré-esforço é pormenorizado na figura 6. Na figura 6 representou-se os condutos internas e externas, a peça de junção, bem como as semiconchas 14 com um comprimento de $L_1 + L_2 + e$, estando estas últimas posicionadas de modo a se inserirem, posteriormente, entre o referido primeiro ramo externo da peça forjada de junção e o conduto externo do remo. Na figura 6 desviou-se a peça forjada de junção para a esquerda, de modo que entre em contato com o conduto interior para se efetuar a soldadura a partir do exterior, de modo conhecido, estando, então, os dois condutos sempre fora de serviço, em repouso.

Na figura 6 executa-se a expansão do conduto interior por meio de cartuchos 3 de aquecimento para que a referida expansão do conduto interior atinja o valor e, o que permite, então, inserir as duas semiconchas 14

e, depois, soldá-las de modo conhecido em 15 e 16. Depois do arrefecimento do conduto interior, a referido conduto interior fica em um estado de pré-esforço de tração, ficando, então, o conduto externo em um estado de pré-tensão de compressão.

5 Nas figuras 7A-7B representou-se o modo de montagem no caso de um remo cujo conduto externo tem as suas extremidades enrugadas de modo a serem soldadas diretamente sobre o conduto interior. A figura 7A representa a primeira extremidade do remo, soldada em 1c a partir do exterior, de modo conhecido. Como representado na figura 7B, expande-se o
10 conduto interior por meio de cartuchos 3 de aquecimento, o que dá origem a uma expansão da extremidade da referido conduto interior por um comprimento e relativamente à sua posição inicial. Mantém-se o aquecimento de modo que este valor permaneça estável e, depois, a extremidade enrugada do conduto externo é, então, soldada 1d sobre o conduto interior, com o au-
15 xílio da tocha 9 fixa, colocando-se o remo em rotação por meio de viradores 10a motorizados. No final da soldadura, pára-se o aquecimento e, após o arrefecimento do conduto interior, a referido conduto interior fica em um estado de pré-esforço de tração, ficando, então, o conduto externo em um estado de pré-tensão de compressão.

20 A título de exemplo, um remo de tipo PiP com um comprimento de 50 m, quer do tipo com peças forjadas de extremidade sem semiconchas (figuras 2-5), quer do tipo com semiconchas (figura 6), ou ainda do tipo com extremidades enrugadas (figuras 7A-7B), constituído por um conduto interno de 273,1 mm de diâmetro e com 15, 88 mm de espessura, e um invólucro
25 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
30 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 interna, 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
 5 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 interna inaceitável, enquanto permanece ainda aceitável para o invólucro externo.

Utilizando a expansão térmica do conduto interna, ou o que seria
 10 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 sujeito 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.
 15

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
 20 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
 25 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
 30

diversos parâmetros de funcionamento da PiP (pressão de serviço, temperatura, profundidade de água,...) é-se levado em consideração 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 apresenta 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 a referido conduto interior e, depois, colocá-la sob pressão para obter o alongamento da referido conduto interior. A título de exemplo, no caso da PiP pormenorizada anteriormente, a expansão
- 5 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.
- 10 De acordo com uma variante de realização, utilizam-se os referidos "*packers*" para obter, no seio do conduto interior, um volume de 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
- 15 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
- 20 está, de um modo vantajoso, acoplado a um modo de tração mecânica para atingir um nível de expansão mais elevado.

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de condutos (1) coaxiais compreendendo um conduto (1b) interna e um conduto (1a) externa com um espaço (1d) anelar, de um modo preferido preenchido com um material (1e) de isolamento, e em
5 cada extremidade um fechamento do referido espaço anelar constituído:
- quer por uma peça (2a, 2b) de junção de revolução ligada às extremidades dos referidos condutos, interno e externo, e apta a permitir a ligação dos dois referidos elementos (1) de condutos coaxiais topo a topo,
 - quer por enrugamento (2c) consistindo na deformação da parte
10 terminal do conduto externo cuja extremidade está diretamente ligada à superfície do conduto interna, de um modo preferido por soldadura, caracterizado pelo fato de que a referido conduto (1b) interno é sujeito a um esforço de tração entre as extremidades fechadas do referido espaço anelar exercido pelos referidos fechamentos, quando o referido elemento de condu-
15 to coaxial está fora de serviço.
2. Elemento de condutos coaxiais de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referido conduto (1b) 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 a referido
20 conduto interna, quando o referido elemento de condutos coaxiais está fora de serviço.
3. Elemento de condutos coaxiais de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que compreende em, pelo menos, uma extremidade, um fechamento do referido espaço anelar constituído por uma
25 peça (2a, 2b) de junção de revolução, comportando a referida peça de junção, pelo menos, dois primeiros ramos (3_1 , 3_2) de revolução dos quais
- um primeiro ramo (3_2) de revolução interno soldado diretamente a uma extremidade da referido conduto interna, e
 - um primeiro ramo (3_1) externo soldado diretamente à extremi-
30 dade da referido conduto interno ou por intermédio de duas semiconchas (14) em forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular intercalada entre as extremidades dos condutos externos e peça de junção,

- sendo os primeiros ramos (3_2) internos de revolução mais compridos do que os referidos primeiros ramos (3_1) externos por um comprimento L_1 na direção longitudinal (XX') do referido elemento de condutos coaxiais.

5 4. Elemento de condutos coaxiais de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que é 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 de 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o material (1e) 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.

15 6. Conduta constituído por um conjunto de, pelo menos, dois condutos coaxiais constituídos pela montagem de, pelo menos, dois elementos de condutos coaxiais como definido em uma das reivindicações de 1 a 5, ligados uns aos outros por soldadura, estando a referido conduto interno sob esforço de tração quando a referido conduto está fora de serviço.

20 7. Processo de fabricação de um elemento (1) de condutos coaxiais como definido em uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de que se efetuam as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

1) se executa o fechamento do espaço anelar em uma primeira extremidade do referido elemento de condutos coaxiais, quer por enrugamento, quer por ligação a uma peça de junção, e

25 2) antes do fechamento do espaço anelar na segunda extremidade do referido elemento de conduto em curso de fabricação, quer por enrugamento, quer por ligação a uma peça de junção, diretamente ou por intermédio de duas semiconchas (14) em forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular intercalada entre as extremidades dos condutos externos e peça de junção, se expande a segunda extremidade do con-
30 duto interno na direção longitudinal axial (XX') por um comprimento L relativamente à referida segunda extremidade correspondente da referido condu-

to (1a) externo, e

3) se executa o fechamento da segunda extremidade do espaço anelar de modo que a referido conduto interno seja sujeito a um referido esforço de tração após o fechamento da segunda extremidade do espaço anelar.

8. 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 de revolução, comportando, cada referida peça (2a, 2b) de junção forjada, pelo menos, dois primeiros ramos de revolução, dos quais 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 L_1 em relação a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo (3₂) interno de acordo com a reivindicação 7,

15 caracterizado pelo fato de que

- na etapa 1 se executam as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

1a) se solda a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo (3₂) interno de uma primeira peça (2a) de junção, com uma primeira extremidade da referido conduto (1b) interno não-coberto pelo conduto (1a) externo, sendo a soldadura executada a partir do exterior da referido conduto interna, e

1b) se desloca a referido conduto (1a) externo de um modo coaxial em torno da referido conduto interna, de modo que uma primeira extremidade da 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 da referido conduto interno retraída relativamente à segunda extremidade correspondente da referido conduto externo por um comprimento $L_3=L_1+e$, e

1c) se solda a extremidade do referido primeiro ramo (3₁) externo da referida primeira peça (2a) de junção forjada com a extremidade da referido conduto (1a) externo, a partir do exterior da referido conduto exter-

no, e

- na etapa 2) se expande na direção longitudinal axial (XX'), a referida segunda extremidade da referido conduto (1b) interno, de modo que este ultrapasse, por um comprimento L_2 , superior ou igual a L_1+e , a referida

5 segunda extremidade correspondente da referido conduto (1a) externo, e

- na etapa 3) se executam as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

3a) se solda, a partir do exterior da referido conduto (1b) interno, a extremidade de uma segunda referida peça (2b) forjada com a referida
10 segunda extremidade da referido conduto (1b) interno em posição expandida, e

3b) se reduz, apenas parcialmente, a expansão da referido conduto interno até que a referida segunda extremidade do referido primeiro ramo (3_1) externo da referida segunda peça (2b) forjada se encoste topo a
15 topo à referida segunda extremidade da referido conduto (1a) externo, e

3c) se solda, a partir do exterior da referido conduto externo, a extremidade do referido primeiro ramo (3_1) externo da referida segunda peça (2b) forjada com a referida segunda extremidade da referido conduto externo, encontrando-se a referido conduto (1b) interna sujeito a uma tração correspondente a um alongamento residual inferior ou igual a e .
20

9. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 7, 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) forjada de revolução, comportando cada referida
25 peça (2a, 2b) de junção, pelo menos, dois primeiros ramos de revolução, dos quais um primeiro ramo (3_2) interno e um primeiro ramo (3_1) externo, estando a extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo externo retraída por um comprimento L_1 em relação à extremidade cilíndrica do referido primeiro ramo (3_2) interno e compreendendo duas semiconchas (14) em forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular intercalada entre as
30 extremidades dos condutos externos e peças de junção,

caracterizado pelo fato de que:

- antes da etapa 2), a referida segunda extremidade da referido conduto (1b) interno ultrapassa por um comprimento L_2 a referida segunda extremidade correspondente da referido conduto (1a) externo, e se solda, a partir do exterior da referido conduto (1b) interno, a extremidade do primeiro
5 ramo (3₂) interno de uma segunda referida peça (2b) forjada com a referida segunda extremidade da referido conduto (1b) interno, e

- na etapa 2), se expande, na direção longitudinal axial (XX'), a referida segunda extremidade da referido conduto (1b) interno, por um comprimento superior ou igual a e, de modo que ultrapasse, pelo menos, por
10 L_2+e , a referida segunda extremidade da referido conduto (1a) externo, e

- na etapa 3) se executam as etapas sucessivas seguintes, nas quais:

3a) se intercalam, entre as extremidades das conduto externo e referido primeiro ramo externo da peça forjada, duas semiconchas (14) em
15 forma de semimangas tubulares formando uma manga tubular com um comprimento L_1+L_2+e , e

3b) se reduz, apenas parcialmente, a expansão da referido conduto interno até que a extremidade do referido primeiro ramo (3₁) externo da segunda peça (2b) forjada e a referida segunda extremidade da referido
20 conduto (1a) externo se encostem topo a topo com as extremidades de duas semiconchas da referida manga, e

3c) se solda, a partir do exterior da referido conduto externo, a extremidade do referido primeiro ramo (3₁) externo da referida segunda peça (2b) forjada e a referida segunda extremidade da referido conduto externo
25 com as extremidades de duas semiconchas da referida manga, encontrando-se a referido conduto (1b) interna sujeita a uma tração correspondente a um alongamento residual inferior ou igual a e.

10. Processo de acordo com uma das reivindicações de 7 a 9, caracterizado pelo fato de que na etapa 2/, se executa a expansão da referido conduto interno por aquecimento deste, de um modo preferido, com o
30 auxílio de dispositivos (3, 4) de aquecimento que se introduzem e, de um modo preferido, que se deslocam no interior da referido conduto interno e

que se ativam de modo uniforme ou não ao longo da referido conduto, no interior deste.

11. Processo de acordo com uma das reivindicações de 7 a 9, caracterizado pelo fato de que, na etapa 2/, se executa a referida expansão por tração longitudinal (XX') mecânica da referido conduto interno com o auxílio de um dispositivo (8, 13) de tração compreendendo um guincho (8) ou um macaco (13) colocado no exterior da referido conduto interna.

12. Processo de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que, na etapa 2/, a referida expansão é feita por tração longitudinal da referido conduto interno e compressão longitudinal simultânea da referido conduto externo ao nível das suas referidas segundas extremidades.

13. Processo de acordo com a reivindicação 10, 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que se executa a referida expansão com um dispositivo (8, 13) de tração que compreende ou coopera com:

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

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

14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que os referidos meios de bloqueio do conduto externo compreendem:

- um primeiro dispositivo (11b) de bloqueio por compressão radial disposto fixamente em torno da 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 da referido condu-

to externo segundo o seu eixo longitudinal (XX').

15. Processo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a referida primeira chumaceira (11a) compreende 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.

16. Processo de acordo com uma das reivindicações de 12 a 15, caracterizado pelo fato de que o referido dispositivo de tração compreende ou coopera 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 da referido conduto interno por compressão radial da parede interna (2₂) da referido conduto interna, disposto no interior da referido conduto interna, tal como um mandril autoblocante.

17. Processo de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o referido dispositivo de tração compreende, 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 interna, 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.

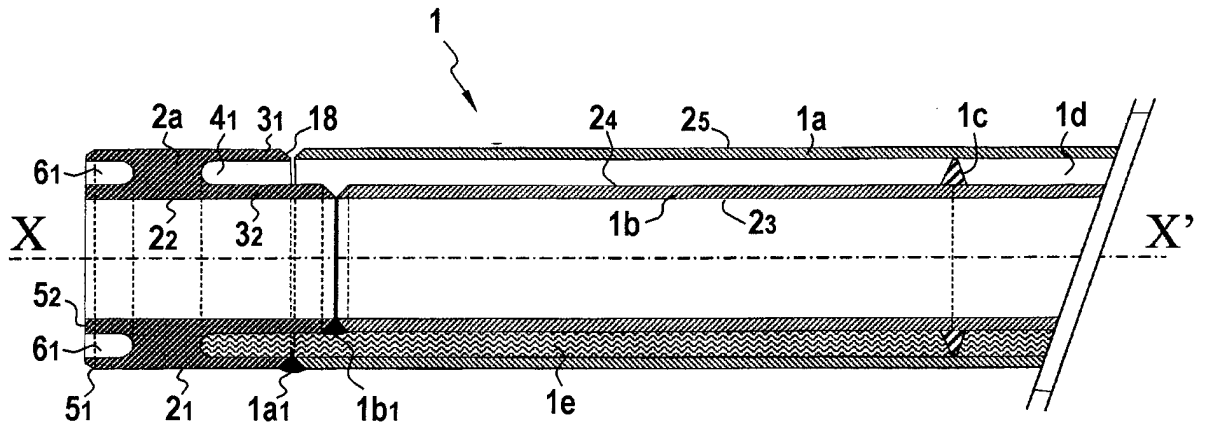


FIG. 1A

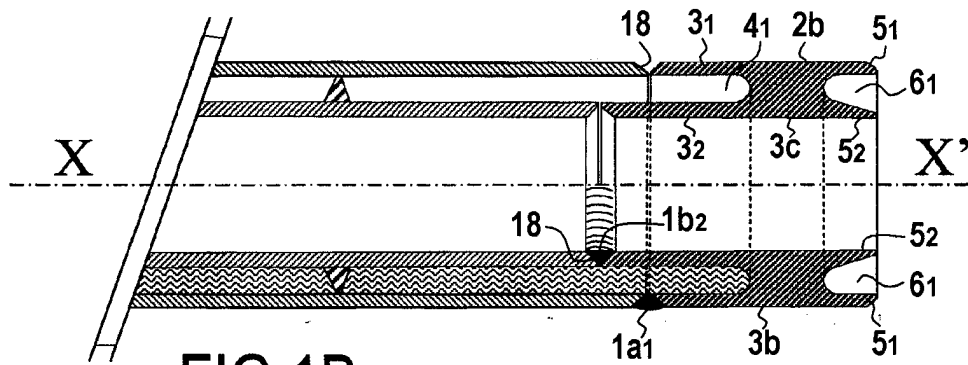


FIG. 1B

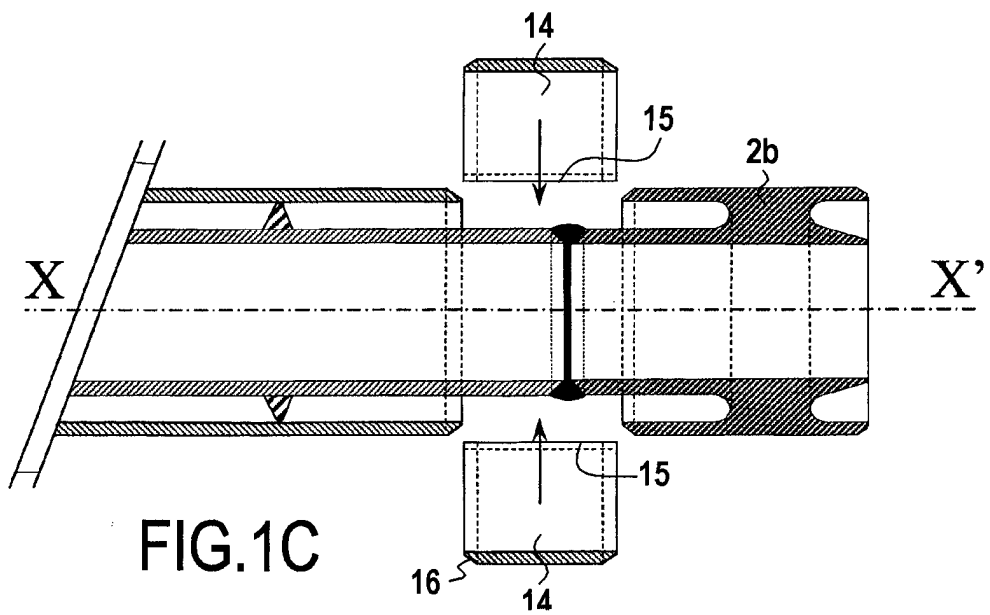
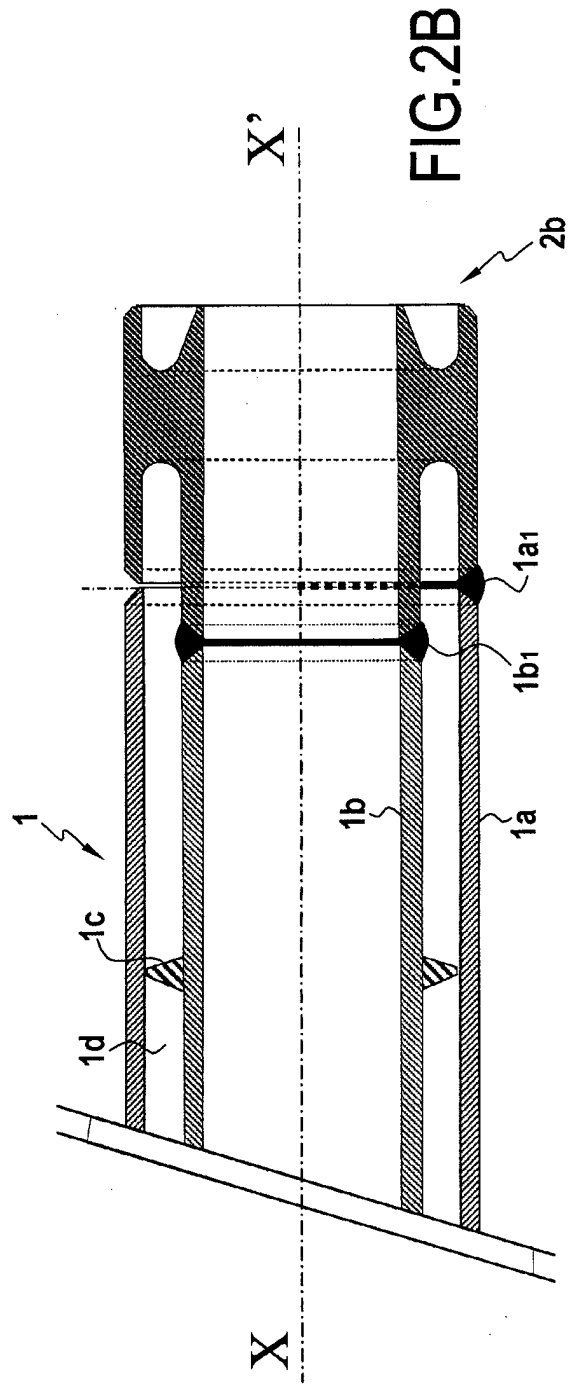
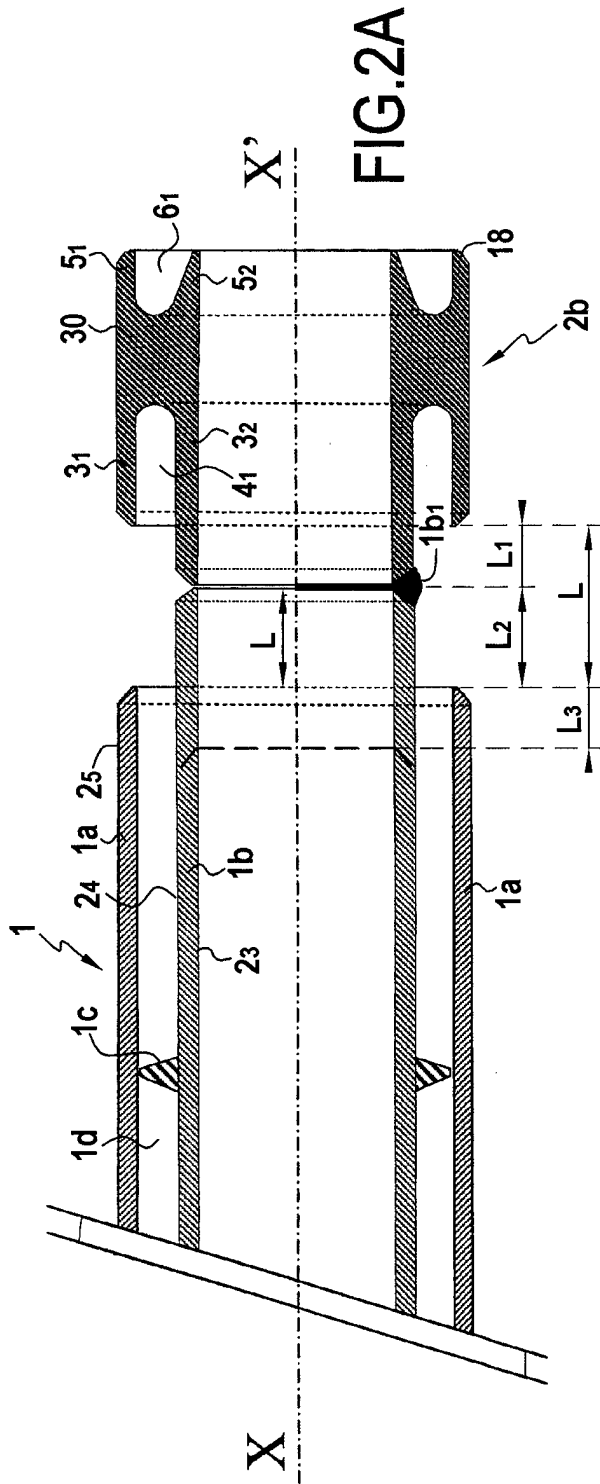


FIG. 1C



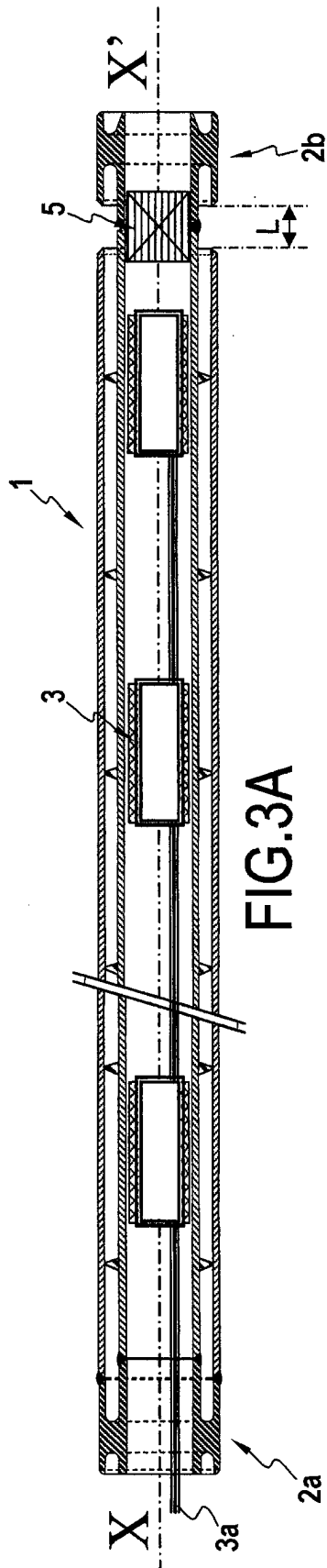


FIG. 3A

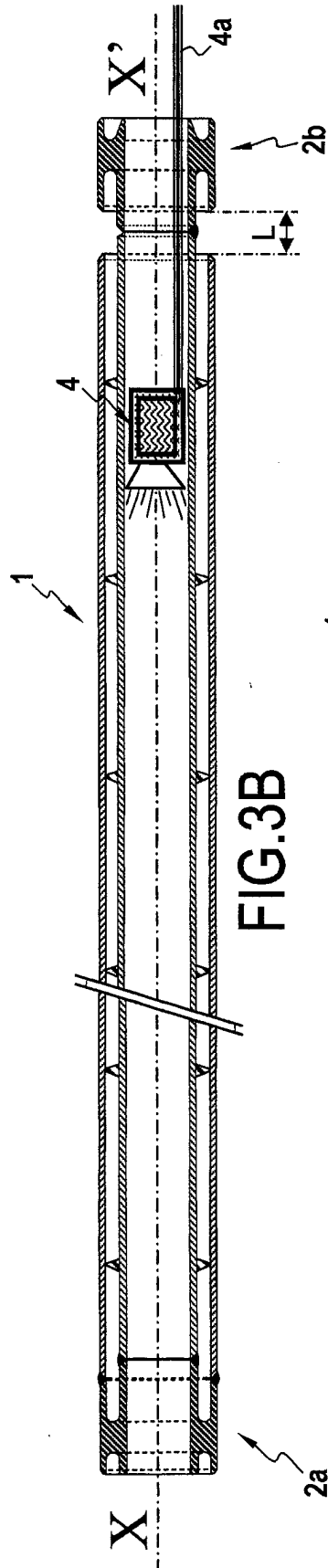


FIG. 3B

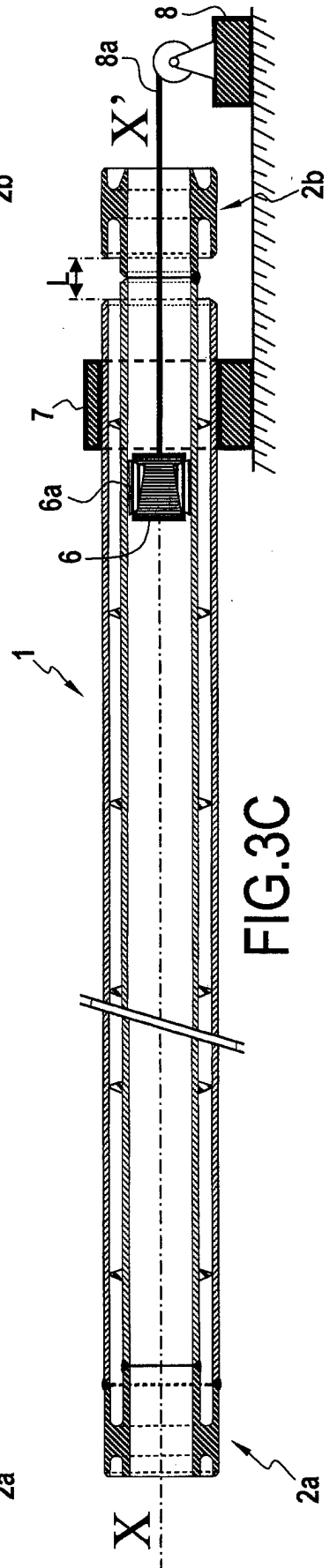


FIG. 3C

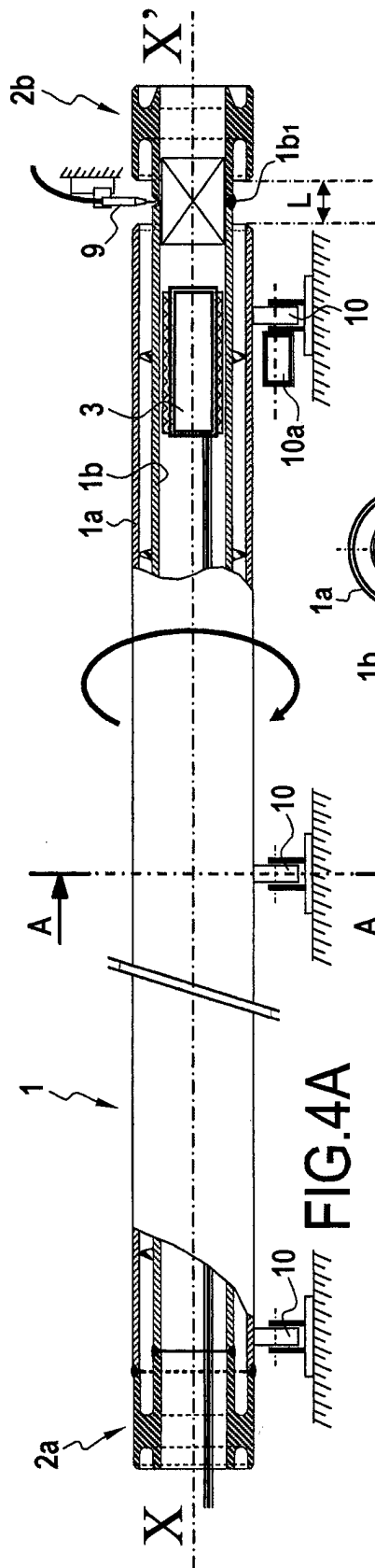
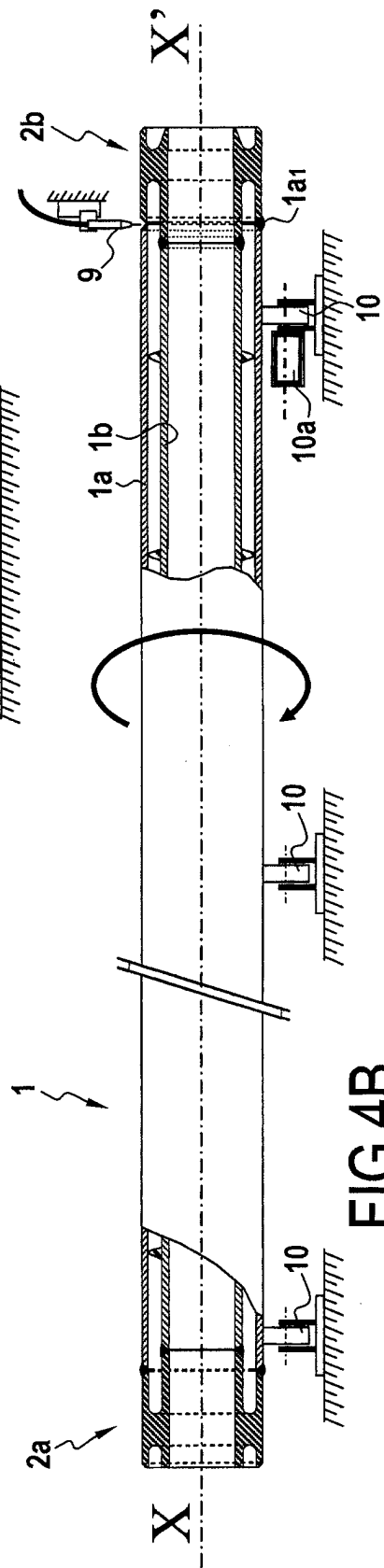


FIG. 4E



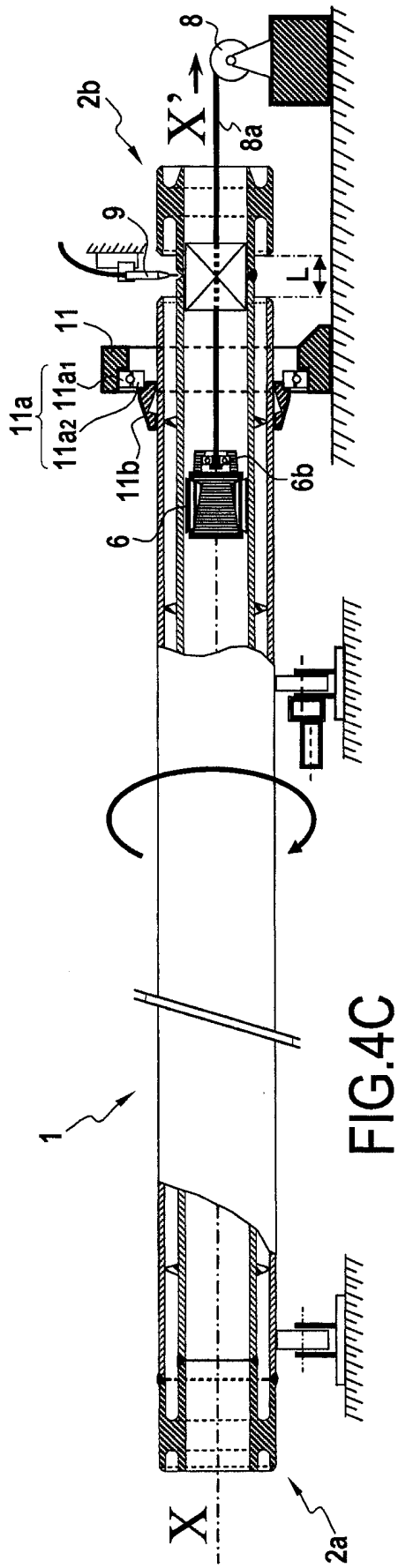
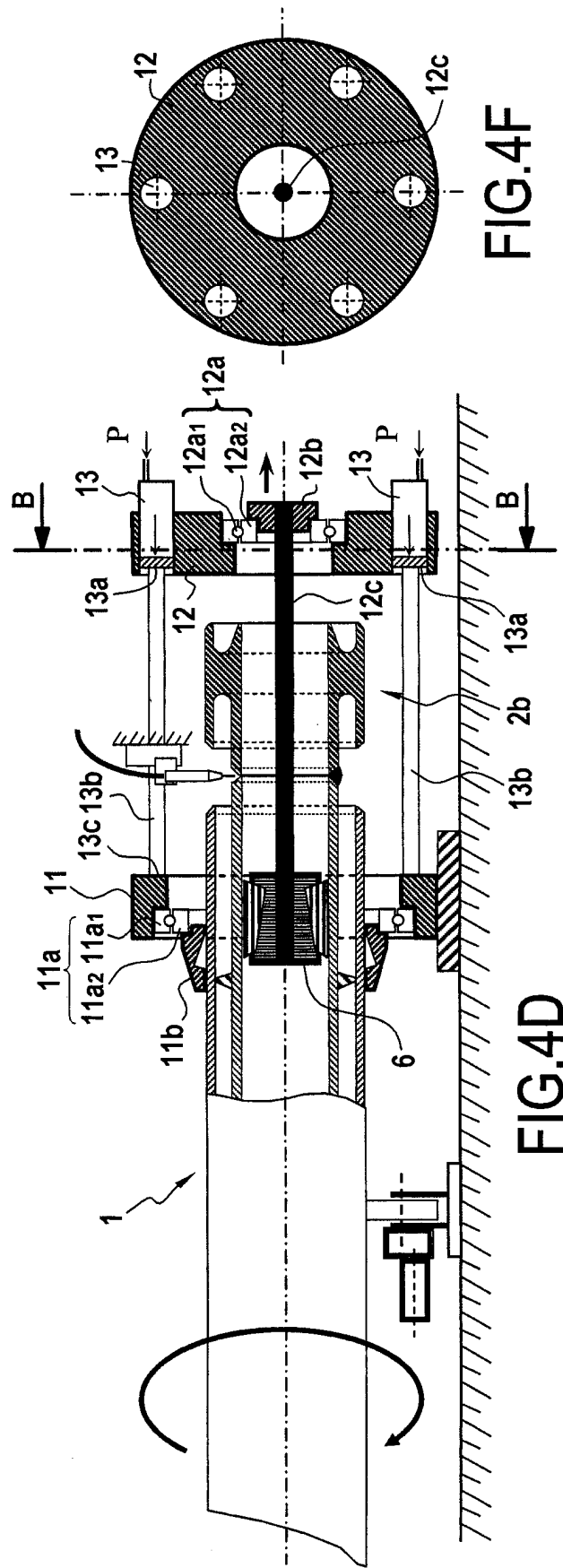


FIG. 4C



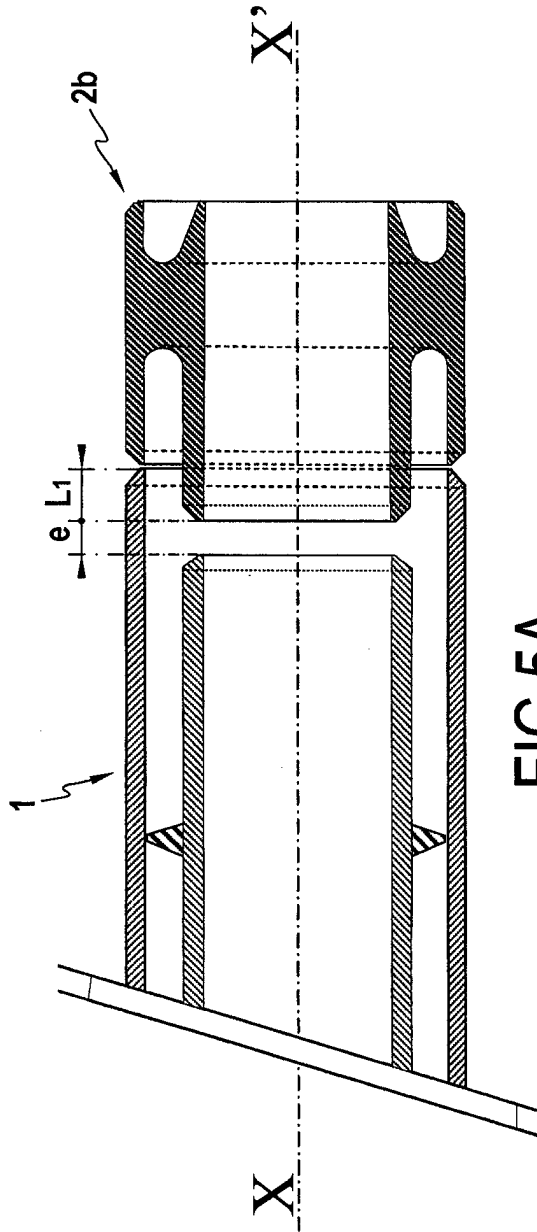


FIG. 5A

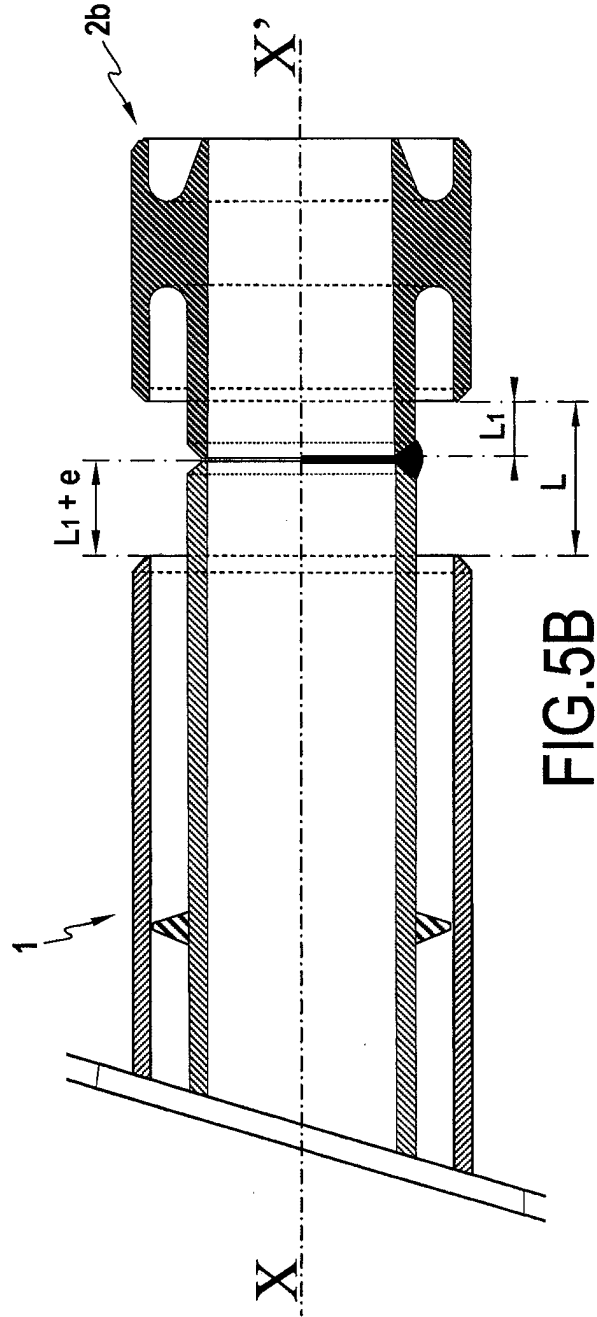


FIG. 5B

