



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

(21) PI 0717630-9 A2



(22) Data de Depósito: 23/10/2007
(43) Data da Publicação: 29/10/2013
(RPI 2234)

(51) Int.Cl.:
E21B 43/10
F16L 55/165

(54) Título: MÉTODO DE EXPANDIR RADIALMENTE UM ELEMENTO TUBULAR, E, ELEMENTO TUBULAR EXPANDIDO RADIALMENTE **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 24/10/2006 EP 06122837.5

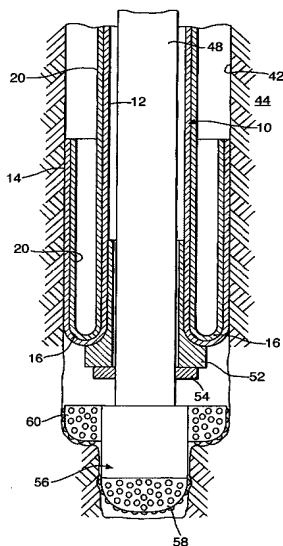
(73) Titular(es): Shell Internationale Research Maatschappij B.V

(72) Inventor(es): Antonius Leonardus Maria Wubben, Fu Joseph Hou, Petrus Cornelis Kriesels, Pieter Van Nieuwkoop

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007061324 de 23/10/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/049826de 02/05/2008



“MÉTODO DE EXPANDIR RADIALMENTE UM ELEMENTO TUBULAR, E, ELEMENTO TUBULAR EXPANDIDO RADIALMENTE”

A presente invenção é relativa a um método de expandir radialmente um elemento tubular.

5 Expansão de elementos tubulares encontra aplicação em diversos campos de tecnologia tais como, por exemplo, a produção de fluido hidrocarboneto a partir de um furo de poço formado em uma formação de terra. Furos de poço são genericamente dotados de um ou mais “tubulação internas” ou revestimentos para proporcionar a estabilidade da parede do furo de poço e/ou proporcionar isolamento de zonas entre diferentes camadas de
10 formação de terra. Os termos “tubulação interna” e “revestimento” se referem normalmente a tubulares de furo de poço para suportar e estabilizar a parede do furo de poço, pelo que, é entendido de maneira genérica que um “tubulação interna” se estende desde uma localização furo abaixo até a
15 superfície, enquanto um “revestimento” não se estende completamente até a superfície. Contudo, nesta especificação, os termos “tubulação interna” e “revestimento” são utilizados de maneira intercambiável e sem distinção projetada.

 Em construção de furo de poço convencional, diversos
20 “tubulação internas” são ajustados em diferentes intervalos de profundidade e em um arranjo aninhado, pelo que, cada “tubulação interna” subsequente é abaixado através do “tubulação interna” precedente e, portanto, deve ter um diâmetro menor do que o “tubulação interna” precedente. Como resultado, a dimensão do furo de poço em seção transversal disponível para produção de
25 petróleo ou legais diminui com a profundidade. Para aliviar esta desvantagem tem sido praticado expandir radialmente elementos tubulares no furo de poço depois de sua descida até a profundidade requerida. Tal elemento tubular expandido forma, por exemplo, uma seção de tubulação interna expandida ou um revestimento expandido contra um tubulação interna existente instalado

anteriormente. Também tem sido proposto expandir radialmente seções de tubulação interna subseqüentes até cerca do mesmo diâmetro, de modo que o diâmetro disponível no furo de poço permanece substancialmente constante ao longo de (uma porção de acesso) sua profundidade em oposição ao arranjo aninhado convencional, pelo que, o diâmetro disponível diminui com a profundidade.

A EP-044706-A2 divulga um método de expandir radialmente um elemento tubular por meio da eversão de um tubo interno para formar um tubo externo ao redor de uma porção do tubo interno, os tubos sendo interconectados e suas respectivas extremidade dianteiras para apresentar uma área de rolagem capaz de ser movida para frente.

A área de rolagem é induzida para mover para frente bombeando fluido de acionamento para o interior do espaço anelar entre os tubos interno e externo.

É uma desvantagem do sistema e método conhecidos que existe um risco que ocorra dano ao elemento tubular como resultado do processo de eversão na área de rolagem onde o tubo interno deforma para o interior do tubo externo, particularmente para aplicações nas quais os tubos interno e externo têm uma espessura de parede relativamente grande.

Assim existe uma necessidade por um método melhorado de expandir radialmente um elemento tubular que supere as desvantagens da técnica precedente.

De acordo com a invenção é fornecido um método de expandir radialmente um elemento tubular, o método compreendendo induzir a parede do elemento tubular a dobrar radialmente para fora e em direção axialmente reversa de modo a formar uma seção tubular expandida que se estende ao redor de uma seção não expandida do elemento tubular, dita parede tendo uma rigidez a dobramento e uma resistência a esticamento em direção circunferencial, no qual dita parede é dotada de no mínimo um dentre

dispositivo primário para aumentar a rigidez a dobramento da parede, e dispositivo secundário para reduzir a resistência a esticamento em direção circunferencial da parede.

5 Deve ser entendido que a expressão “dobramento da parede radialmente para fora e em direção axialmente reversa” se refere à eversão do elemento tubular, pelo que, uma porção de parede conformada em U é formada, da qual uma perna forma a seção não expandida e a outra perna forma a seção expandida.

10 O raio de dobramento resultante da parede, e assim o grau de movimento radialmente para fora da parede depende da rigidez a dobramento da parede e da resistência a esticamento em direção circunferencial da parede. Mais especificamente, o raio de dobramento tende a aumentar com a rigidez a dobramento crescente e a diminuir com resistência aumentada a esticamento na direção circunferencial. Portanto, o raio de dobramento real segue desde
15 um equilíbrio entre o efeito da rigidez a dobramento que tende a aumentar um raio de dobramento, e o efeito da resistência a esticamento em direção circunferencial que tende a diminuir o raio de dobramento. Dotando a parede de dispositivo para aumentar a rigidez a dobramento e/ou dispositivo para
20 reduzir a resistência a esticamento em direção circunferencial, é conseguido que o equilíbrio seja deslocado em favor de um raio de dobramento maior. Em virtude de tal raio de dobramento maior, as deformações (equivalentes) na parede se tornam menos severas e, conseqüentemente, o risco de dano à parede é reduzido.

25 De maneira adequada, dito dispositivo primário compreende, no mínimo, um elemento de enrijecimento conectado à dita parede, cada elemento de enrijecimento se estendendo na direção longitudinal do elemento tubular. O elemento de enrijecimento pode ser conectado, por exemplo, à superfície exterior e/ou à superfície interior da parede por meio de dispositivos de conexão adequados, ou pode ser formado de maneira

integrada com a parede. Além disto, o elemento de enrijecimento pode ser
arranjado paralelo ao eixo longitudinal central do elemento tubular, ou com
um ângulo em relação ao eixo longitudinal central. Neste último caso o
elemento de enrijecimento se estende de maneira adequada em uma forma de
5 espiral ao longo do elemento tubular.

Em uma configuração preferencial o dispositivo primário
compreende uma pluralidade de ditos elementos de enrijecimento espaçados
de maneira regular ao longo da circunferência do elemento tubular.

Dito dispositivo secundário adequado compreende, no
10 mínimo, uma ranhura formada em dita parede, cada ranhura se estendendo na
direção longitudinal do elemento tubular. A ranhura pode ser formada, por
exemplo, em no mínimo um dentre a superfície exterior e a superfície interior
de dita parede.

Preferivelmente o dispositivo secundário compreende uma
15 pluralidade de ditas ranhuras espaçadas de maneira regular ao longo da
circunferência do elemento tubular.

Para formar de maneira progressiva a seção tubular expandida,
dito dobramento da parede ocorre em uma zona de dobramento do elemento
tubular, e o método ainda compreende aumentar de maneira progressiva o
20 comprimento de dita seção tubular expandida, induzindo a zona de
dobramento a mover em direção axial ao longo do elemento tubular.

A zona de dobramento define a localização onde o processo de
dobramento instantâneo tem lugar. Induzindo a zona de dobramento a mover
em direção axial ao longo do elemento tubular, é conseguido que o elemento
25 tubular seja expandido de maneira progressiva sem a necessidade por um
expansor que deve ser empurrado, puxado ou bombeado através do elemento
tubular. Além disto, se o elemento tubular se estende em direção vertical, por
exemplo, para o interior de um furo de poço, o peso da seção tubular não
expandida pode ser utilizado para contribuir com a força necessária para

induzir movimento para baixo da zona de dobramento.

De maneira adequada, dita parede é induzida a dobrar movendo a seção tubular não expandida em direção axial em relação à seção tubular expandida. Por exemplo, a seção tubular expandida pode ser mantida estacionária enquanto a seção tubular não expandida é movida em direção axial através da seção expandida.

Em uma configuração preferencial o elemento tubular se estende para o interior de um furo de poço formado em uma formação de terra, pelo que, por exemplo, a seção tubular expandida se estende entre a parede do furo de poço e a seção não expandida do elemento tubular. O processo de expansão é realizado em uma maneira efetiva se a seção tubular expandida é mantida substancialmente estacionária no furo de poço e a seção tubular não expandida é movida em direção para baixo do furo de poço, para induzir dito dobramento da parede.

Além disto, o processo de expansão de maneira adequada pode ser iniciado dobrando a parede do elemento tubular em uma sua porção extrema inferior.

Se o peso da seção tubular não expandida é insuficiente para induzir o movimento da zona de dobramento, de maneira adequada uma força para baixo é exercida na seção tubular não expandida para mover a seção tubular não expandida na direção para abaixo do furo de poço.

De maneira vantajosa o furo de poço está sendo perfurado com uma como uma coluna de perfuração que se estende através da seção tubular não expandida. Em tal aplicação a seção tubular não expandida e a coluna de perfuração preferivelmente são abaixadas de maneira simultânea através do furo de poço durante perfuração com a coluna de perfuração.

Opcionalmente, a zona de dobramento pode ser aquecida para promover dobramento da parede tubular.

Para reduzir qualquer tendência à flambagem da seção não

expandida durante o processo de expansão, a seção não expandida é centralizada de maneira vantajosa na seção expandida utilizando qualquer dispositivo de centralização adequado.

5 Dobramento da parede tubular pode ser promovido fornecendo ranhuras longitudinais na superfície exterior do elemento tubular antes da expansão.

A invenção será descrita daqui em diante em mais detalhe a guisa de exemplo, com referência aos desenhos que a acompanham, nos quais:

10 A figura 1 mostra de maneira esquemática um exemplo de um elemento tubular durante sua expansão, não de acordo com a invenção;

A figura 2 mostra de maneira esquemática uma configuração de um elemento tubular durante expansão de acordo com a invenção;

15 A figura 3 mostra de maneira esquemática a seção transversal 3-3 da figura 2;

A figura 4 mostra de maneira esquemática uma seção transversal de uma configuração alternativa de um elemento tubular durante expansão de acordo com a invenção;

20 As figuras 5a-5f mostram de maneira esquemática diversos exemplos de elementos de enrijecimento para o utilização nas configurações das figuras 2-4;

A figura 6 mostra de maneira esquemática o elemento tubular da figura 2 durante expansão em um furo de poço;

25 A figura 7 mostra de maneira esquemática o elemento tubular da figura 2 durante expansão em um furo de poço, enquanto o furo de poço está sendo perfurado.

Nas figuras e na descrição numerais de referência iguais se relacionam a componentes iguais.

Aqui, fazendo referência à figura 1, nela está mostrado um

elemento tubular expansível radialmente 1 que compreende uma seção não
expandida 2 e uma seção expandida radialmente 4 que se estende ao redor da
seção não expandida 2. As seções não expandida e expandida 2, 4, são
interconectadas em suas respectivas extremidades inferiores por uma porção
5 parede conformada em U que tem um raio de dobramento R1. A seção
expandida 4 é formada dobrando a extremidade inferior da parede do
elemento tubular 1 radialmente para fora e em direção axialmente reversa. Em
seguida a seção não expandida 2 é movida para baixo em relação à seção
expandida 4, de modo que como resultado a seção não expandida 2
10 gradualmente se torna evertida para formar a seção expandida 4. O raio de
dobramento resultante R1 na porção parede conformada em U 6 resulta de um
equilíbrio entre a tendência da parede a assumir um raio de dobramento
relativamente grande devido à rigidez de dobramento inerente da parede, e a
tendência da parede para assumir um raio de dobramento relativamente
15 pequeno devido à resistência inerente a esticamento da parede.

Fazendo referência à figura 2, nela está mostrado um elemento
tubular radialmente expansível 10 que compreende uma seção não expandida
12 e uma seção radialmente expandida 14 que se estende ao redor da seção
não expandida 12, as seções tubulares não expandida e expandida 12, 14
20 sendo interconectadas em suas extremidades inferiores por uma porção parede
conformada em U 16, que tem um raio de dobramento R2. O elemento tubular
10 é substancialmente similar ao elemento tubular 1 da figura 1 com relação
às propriedades de material, espessura de parede e diâmetro não expandido.
Contudo, o elemento tubular 10 é dotado adicionalmente de uma pluralidade
25 de elementos de enrijecimento longitudinais 20 que se estendem ao longo da
superfície exterior da seção não expandida 12 e da superfície interior da seção
expandida 14. A seção expandida 14 é formada dobrando a parede do
elemento tubular 10 em sua extremidade inferior, radialmente para fora e em
direção axialmente reversa e em seguida movendo a seção não expandida 12

para baixo em relação à seção expandida 14, de modo que, como resultado, a seção não expandida 12 é gradualmente evertida para formar a seção expandida 14. O raio de dobramento resultante R2 na porção parede conformada em U 16 resulta de um equilíbrio entre a tendência da parede a assumir um raio de dobramento relativamente grande devido à rigidez a dobramento inerente da parede e a tendência da parede em assumir um raio de dobramento relativamente pequeno devido à resistência inerente a esticamento da parede. Em virtude dos elementos de enrijecimento 20, a rigidez a dobramento do elemento tubular 10 é maior do que a rigidez a dobramento do elemento tubular 1 da figura 1, de modo que como resultado o equilíbrio entre dita tendência da parede em assumir um raio de dobramento relativamente grande e dita tendência da parede em assumir um raio de dobramento relativamente pequeno se desloca no sentido de um raio de dobramento maior para o elemento tubular 10. Em outras palavras, $R2 > R1$.

Na figura 3 está mostrada uma vista em seção transversal da seção não expandida 12 do elemento tubular 10, pelo que, uma camada 22 de metal, ou outro material adequado é arranjado ao redor da superfície exterior do elemento tubular 10. A camada 22 é dotada de uma pluralidade de ranhuras longitudinais 24 espaçadas de maneira regular na direção circunferencial do elemento tubular 10. Cada elemento de enrijecimento 20 é definido entre um respectivo par de ranhuras adjacentes 24. A camada 22 pode ser conectada à superfície exterior do elemento tubular 10 em qualquer maneira adequada, ou pode ser formada de maneira integrada com o elemento tubular 10. Neste último caso o elemento tubular 10 e a camada 22 podem ser usinados a partir de uma peça.

Na figura 4 está mostrada uma vista em seção transversal de uma configuração alternativa de um elemento tubular 26 a ser expandido com o método da invenção. O elemento tubular 26 é em sua superfície interna dotado de uma camada 28 dotada de uma pluralidade de ranhuras

longitudinais 30 espaçadas de maneira regular em direção circunferencial do elemento tubular 10. As ranhuras 30 definem uma pluralidade de elementos de enrijecimento longitudinais 32, pelo que, cada elemento de enrijecimento 32 é definido entre um respectivo par de ranhuras adjacentes 30. A camada metálica 28 pode ser conectada à superfície interior do elemento tubular 26 em qualquer maneira adequada, ou pode ser formada de maneira integrada com o elemento tubular 26.

As figuras 5a-5f mostram diversas configurações em vista em seção transversal de elementos de enrijecimento para um elemento tubular a ser expandido com o método da invenção.

Em cada uma das figuras 5a-5f o sinal de referência 34 indica a parede do elemento tubular, e os respectivos elementos de enrijecimento são indicados por sinais de referência 35, 36, 37, 38, 39, 40.

De maneira similar às configurações mostradas nas figuras 3 e 4, os elementos de enrijecimento 35, 36, 37, 38, 39, 40, podem ser arranjados na superfície exterior ou na superfície interior do elemento tubular não expandido.

Na figura 6 está mostrado o elemento tubular 10 da figura 2 em um furo de poço 42 formado em uma formação de terra 44.

Durante operação normal, a porção extremidade inferior da parede do elemento tubular 10 (ainda não expandida) é dobrada radialmente para fora e em direção axialmente reversa por meio de qualquer dispositivo adequado de modo a formar inicialmente a seção inferior conformada em U 16. Em seguida, uma força para baixo é aplicada à seção não expandida 12 para mover a seção não expandida 12 gradualmente para baixo. A seção não expandida 12 se torna com isto progressivamente evertida para formar para a seção expandida 14. Durante o processo de eversão a seção inferior conformada em U 16 se move para baixo a aproximadamente metade da velocidade da seção não expandida 12. Em virtude da rigidez a dobramento

melhorada da parede do elemento tubular 10 devido aos elementos de enrijecimento 20, o raio de dobramento R2 da seção inferior conformada em U é relativamente grande, de modo que o elemento tubular 10 é expandido para um diâmetro relativamente grande. Se desejado, o elemento tubular 10 e/ou os elementos de enrijecimento 20 podem ser selecionados de tal modo que a seção tubular expandida 14 se torna firmemente expandida contra a parede do furo de poço, de modo que uma vedação é formada entre a seção tubular expandida 14 e a parede do furo de poço.

Fazendo referência à figura 7, nela está mostrado o elemento tubular 10 da figura 2 em combinação com uma coluna de perfuração 48 que se estender desde a superfície através da seção não expandida 12 e ainda até o fundo do furo de poço 42. A coluna de perfuração 48 é dotada de um elemento guia tubular 52 para guiar e suportar a seção inferior conformada em U 16 do elemento tubular 10, o elemento guia 52 sendo suportado por um anel suporte 54 conectado à coluna de perfuração 48. O anel suporte 54 é feito radialmente retrátil de modo a permitir que ele passe em modo retraído através do elemento guia 52 e da seção não expandida 12.

Além disto, a coluna de perfuração 48 é dotada de uma broca de perfuração 56 que é acionada em rotação seja por um motor furo abaixo (não mostrado) ou por meio de rotação da própria coluna de perfuração 48. A broca de perfuração 56 compreende uma broca piloto 58 e um alargador dobrável 60 para perfurar o furo de poço 48 para seu diâmetro nominal. A broca piloto 58 e o alargador 60 quando em modo dobrado têm um diâmetro máximo ligeiramente menor do que o diâmetro interno do elemento guia 52, de modo a permitir à broca piloto 58 e o alargador 60 serem recuperados para a superfície através do elemento guia 52 e através da seção tubular não expandida 12.

Durante operação normal a broca de perfuração 56 é acionada em rotação para aprofundar o furo de poço 42, pelo que, a coluna de

perfuração 48 e a seção tubular não expandida 12 movem simultaneamente mais profundamente para o interior do furo de poço 42. A seção tubular não expandida 12 pode ser montada a partir de seções de tubo individuais na superfície, como é prática normal para colunas tubulares tais como colunas de perfuração, tubulação internas e revestimentos. De maneira alternativa, a

5 seção tubular não expandida pode ser fornecida como um elemento tubular contínuo tal como uma tubulação em bobina.

A porção inferior conformada em U 16 do elemento tubular 10 é suportada e guiada pelo elemento guia 52. Inicialmente uma força para

10 baixo precisa ser aplicada à seção não expandida 12 para induzir seu abaixamento de maneira simultânea com a coluna de perfuração 48. Quando o comprimento da seção não expandida 12 no furo de poço 42 aumenta, o peso da seção não expandida 12 gradualmente substitui a força aplicada para baixo. Eventualmente depois que o peso da seção não expandida tenha substituído

15 completamente a força aplicada para baixo, uma força para cima pode ser necessário ser aplicada à seção não expandida 12 para impedir sobrecarga da porção inferior conformada em U 16.

O peso da seção tubular não expandida 12 também pode ser utilizado para empurrar a broca de perfuração 56 para frente durante

20 perfuração do furo de poço 42. Na configuração da figura 7 tal força de empuxo é transmitida à broca de perfuração 56 por meio do elemento guia 52 e do anel suporte 54. Em uma configuração alternativa o elemento guia é fornecido com e a força de empuxo é diretamente transmitida a partir da seção tubular não expandida para a coluna de perfuração, por exemplo, através de

25 um mancal de empuxo adequado (não mostrado) entre a seção não expandida e a coluna de perfuração.

Assim, abaixando gradualmente a seção tubular não expandida 12 para o interior do furo de poço 42 a porção parede inferior conformada em U 16 progressivamente dobra em direção radialmente para fora e axialmente

reversa formando com isto progressivamente a seção tubular expandida 14. Durante o processo de expansão a porção inferior conformada em U 16 é suportada e guiada pelo elemento guia 52 de modo a promover o dobramento da parede da seção não expandida 12.

5 Quando for necessário recuperar a coluna de perfuração 48 para a superfície, por exemplo, quando a broca de perfuração deve ser substituída, ou depois que a perfuração tenha sido completada, o anel suporte 54 é retraído radialmente e a broca alargadora 60 é dobrada. Daí em diante a
10 coluna de perfuração 48 é recuperada através da seção tubular não expandida 12 para a superfície. O elemento guia 52 pode permanecer furo abaixo. Alternativamente, o elemento guia pode ser feito dobrável de modo a permitir que ele seja recuperado para a superfície em modo dobrado através da seção tubular não expandida.

15 Com o método descrito acima é conseguido que exista apenas uma seção de furo aberto muito curta no furo de poço 42 durante perfuração, uma vez que a seção tubular expandida 14 se estende até junto da extremidade inferior da coluna de perfuração 48 em qualquer momento. O método, portanto, encontra diversas aplicações vantajosas. Por exemplo, se a seção tubular expandida é um tubulação interna, intervalos mais longos podem ser
20 perfurado sem a necessidade de interromper a perfuração para ajustar novas seções de tubulação interna, conduzindo com isto a menos seções de tubulação interna de diâmetro decrescente escalonado. Também se o furo de poço é perfurado através de uma camada de xisto, a ausência substancial de uma seção de furo aberto elimina problemas devido a levantamento do xisto.

25 Depois que a perfuração do furo de poço 42 tenha sido terminada e a coluna de perfuração 48 tenha sido removida do furo de poço, o comprimento da seção tubular não expandida 12 ainda presente no furo de poço 42 pode ser cortada da seção expandida 14 e em seguida recuperada para a superfície, ou pode ser deixada no furo de poço. Neste último caso existem

diversas opções para a completação do furo de poço que incluem, por exemplo:

5 i) um fluido, por exemplo, salmoura, é bombeado para o interior do espaço anelar entre as seções não expandida e expandida 12, 14, de modo a aumentar a resistência a colapso da seção expandida 14. Opcionalmente, uma abertura pode ser feita na parede do elemento tubular 10, próximo à sua extremidade inferior, para permitir ao fluido bombeado ser circulado através de toda ela;

10 ii) um fluido pesado é bombeado para o interior do espaço anelar entre as seções não expandida e expandida 12, 14 para suportar a seção tubular expandida 14 e aumentar sua resistência a dobramento;

15 iii) cimento é bombeado para o interior do espaço anelar entre as seções não expandida e expandida 12, 14 para criar um corpo sólido no espaço anelar depois do endurecimento do cimento. De maneira adequada o cimento se expande durante endurecimento;

iv) a seção não expandida 12 é expandida radialmente contra a seção expandida 14, por exemplo, bombeando, empurrando ou puxando um expansor (não mostrado) através da seção não expandida 12.

20 Opcionalmente um fluido pesado pode ser bombeado para o interior do espaço anelar entre as seções não expandida e expandida, ou o espaço anelar pode ser pressurizado durante ou depois do processo de expansão para reduzir o carregamento de dobramento sobre a seção expandida 14, e/ou para reduzir o carregamento explosivos sobre a seção de revestimento não expandida 12.

25 Além disto, fios elétricos ou fibras óticas podem ser arrançados no espaço anelar entre as seções não expandida e expandida para comunicação de dados furo abaixo, ou para transmissão de energia elétrica furo abaixo. Tais fios ou fibras podem ser ligados à superfície exterior do elemento tubular 10 antes de sua expansão. Também as seções não expandida

e expandida 12, 14 podem ser utilizadas como condutores elétricos para transferir dados e/ou energia furo abaixo.

5 Uma vez que o comprimento da seção tubular não expandida que é deixado no furo de poço não precisa se expandido, menos requisitos rigorosos com relação a propriedades de material, etc., podem se aplicar a ela. Por exemplo, dito comprimento pode ter uma resistência a escoamento mais baixa ou mais elevada ou uma espessura de parede menor ou maior do que a seção tubular expandida.

10 Ao invés de deixar um comprimento de seção tubular não expandida no furo de poço depois do processo de expansão, todo o elemento tubular pode ser expandido com o método da invenção, de modo que nenhuma seção tubular não expandida permanece no furo de poço. Em tal caso, um elemento alongado, por exemplo, uma coluna de tubos pode ser utilizada para exercer a força para baixo necessária para a seção tubular não
15 expandida durante a última fase do processo de expansão.

De maneira adequada, uma camada de redução de atrito tal como uma camada de Teflon é aplicada entre as seções tubulares não expandida e expandida durante o processo de expansão, para reduzir forças de atrito. Por exemplo, um revestimento de redução de atrito pode ser aplicado à
20 superfície exterior do elemento tubular antes de expansão. Tal camada de material de redução de atrito tem a vantagem adicional de reduzir o espaço anelar entre as seções não expandida e expandida, resultando em uma tendência reduzida à flambagem da seção não expandida. Ao invés de, ou em adição a, uma camada de redução de atrito, calços de centralização e/ou
25 roletes podem ser aplicados entre as seções não expandida e expandida para reduzir forças de atrito.

Com o método da invenção a seção tubular expandida pode se estender desde a superfície e para o interior do furo de poço, ou pode se estender desde uma localização furo abaixo mais profundamente para o

interior do furo de poço.

Ao invés de expandir o elemento tubular contra a parede do furo de poço como descrito acima, o elemento tubular pode ser expandido contra a superfície interior de um elemento tubular instalado previamente no furo de poço. Além disto, ao invés de expandir o elemento tubular na direção para baixo no furo de poço, o elemento tubular pode ser expandido em direção para cima, pelo que, a seção conformada em U é localizada na extremidade superior do elemento tubular.

Embora os exemplos acima descritos se refiram a aplicações da invenção em um furo de poço, deve ser entendido que o método da invenção também pode ser aplicado na superfície da terra. Por exemplo, a seção tubular expandida pode ser expandida contra a superfície interior de um tubo, por exemplo, uma linha de escoamento existente para o transporte de petróleo ou gás localizada na superfície da terra ou em alguma profundidade abaixo da superfície. Com isto a linha de escoamento é dotada de um novo revestimento, eliminando assim a necessidade de substituir toda a linha de escoamento no caso de dano ou corrosão da linha de escoamento.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de expandir radialmente um elemento tubular, o método caracterizado pelo fato de compreender induzir a parede do elemento tubular a dobrar radialmente para fora em direção axialmente reversa de modo a formar uma seção tubular expandida que se estende ao redor de uma seção não expandida do elemento tubular, dita parede tendo uma rigidez a dobramento e uma resistência a esticamento em direção circunferencial, no qual dita parede é dotada de no mínimo um dentre dispositivo primário para aumentar a rigidez a dobramento da parede e dispositivo secundário para reduzir a resistência a esticamento em direção circunferencial da parede.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito dispositivo primário compreender no mínimo um elemento de enrijecimento que se estende em direção longitudinal ao longo de dita parede.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de o elemento de enrijecimento ser conectado a no mínimo um dentre a superfície exterior e a superfície interior de dita parede.

4. Método de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de o elemento de enrijecimento e a parede serem formados de maneira integrada.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 2-4, caracterizado pelo fato de dito dispositivo primário compreender uma pluralidade de ditos elementos de enrijecimento espaçados de maneira regular ao longo da circunferência do elemento tubular.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-5, caracterizado pelo fato de dito dispositivo secundário compreender no mínimo uma ranhura formada em dita parede, cada ranhura se estendendo na direção longitudinal do elemento tubular.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de a ranhura ser formada em no mínimo um dentre a superfície exterior e

a superfície interior de dita parede.

5 8. Método de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de dito dispositivo secundário compreender uma pluralidade de ditas ranhuras espaçadas de maneira regular ao longo da circunferência do elemento tubular.

10 9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-8, caracterizado pelo fato de dito dobramento da parede ocorrer em uma zona de dobramento do elemento tubular, e no qual o método ainda compreende aumentar de maneira progressiva o comprimento de dita seção tubular expandida induzindo a zona de dobramento a mover em direção axial ao longo do elemento tubular.

15 10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-9, caracterizado pelo fato de a parede ser induzida a dobrar movendo a seção tubular não expandida em direção axial em relação à seção tubular expandida.

20 11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-10, caracterizado pelo fato de o elemento tubular se estender para o interior de um furo de poço formado em uma formação de terra.

25 12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de a seção tubular expandida se estender entre a parede do furo de poço e a seção não expandida do elemento tubular.

13. Método de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizado pelo fato de dito dobramento da parede ser iniciado em uma porção extrema inferior do elemento tubular.

30 14. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11-13, caracterizado pelo fato de a seção tubular expandida ser mantida substancialmente estacionária no furo de poço e a seção tubular não expandida ser movida em direção para baixo do furo de poço, para induzir dito dobramento da parede.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado

pelo fato de uma força para baixo ser exercida na seção tubular não expandida para mover a seção tubular não expandida em direção para baixo do furo de poço.

5 16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11-15, caracterizado pelo fato de o furo de poço estar sendo perfurado com uma coluna de perfuração que se estende através da seção tubular não expandida.

10 17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de a seção tubular não expandida e a coluna de perfuração serem simultaneamente abaixadas através do furo de poço durante perfuração com a coluna de perfuração.

15 18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 11-17, caracterizado pelo fato de a seção tubular expandida ser comprimida contra a parede do furo de poço ou contra um outro elemento tubular arranjado no furo de poço, como resultado do processo de expansão.

19. Elemento tubular expandido radialmente, caracterizado pelo fato de ser obtido com o método como definido em qualquer uma das reivindicações 1-18.

20 20. Método, caracterizado pelo fato de ser substancialmente como descrito aqui anteriormente com referência aos desenhos.

21. Elemento tubular expandido radialmente, caracterizado pelo fato de ser substancialmente como descrito aqui anteriormente com referência aos desenhos.

Fig.2.

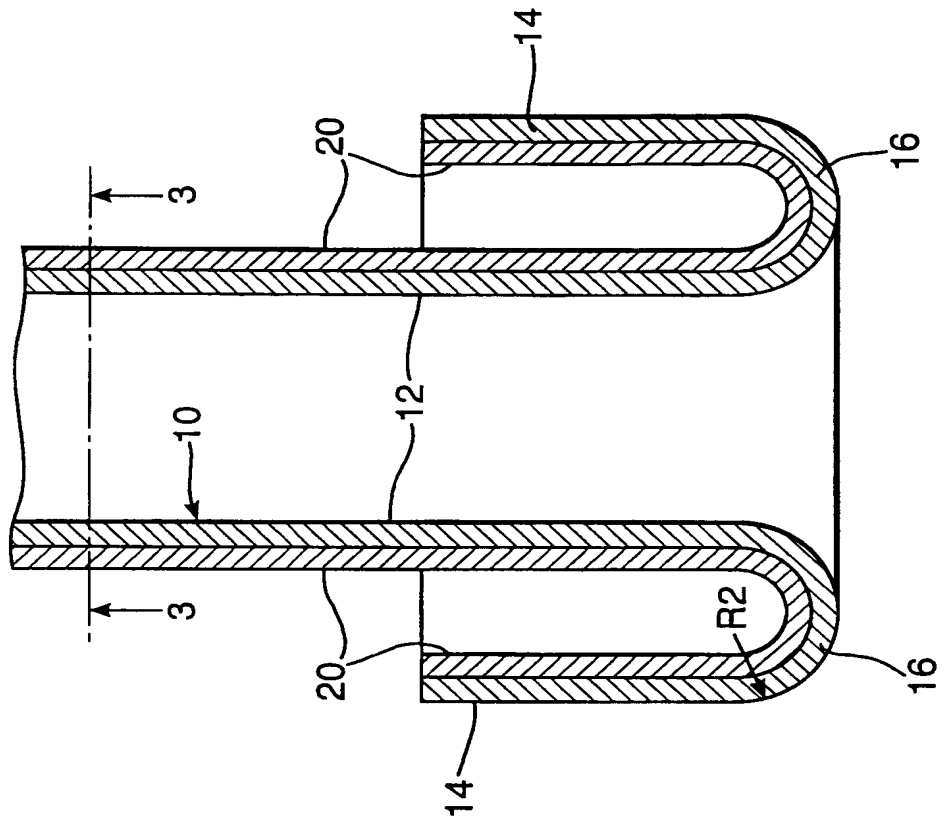
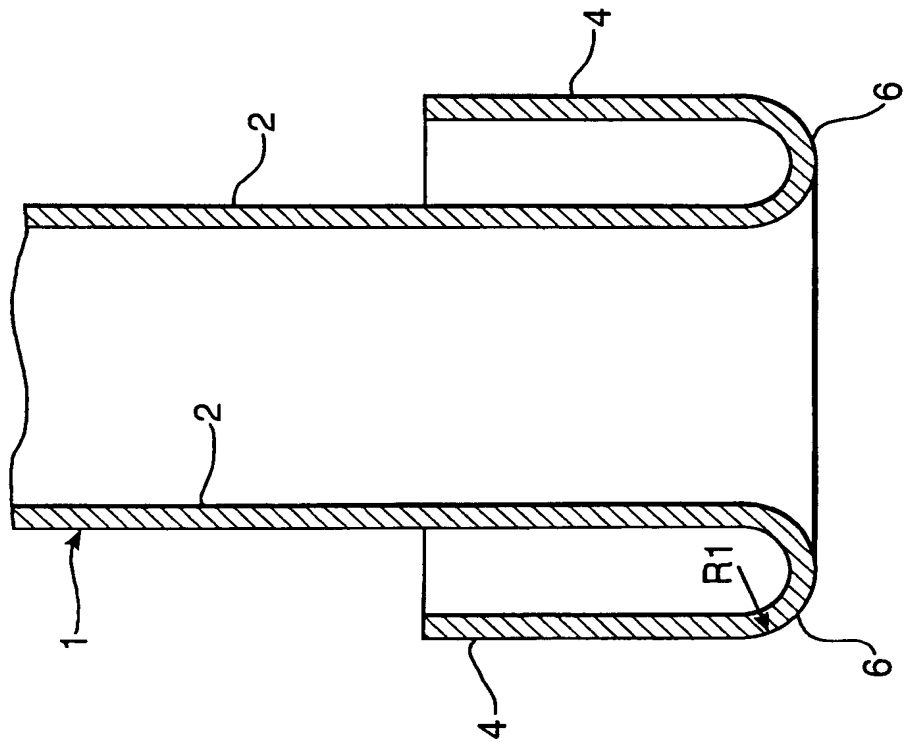


Fig.1.



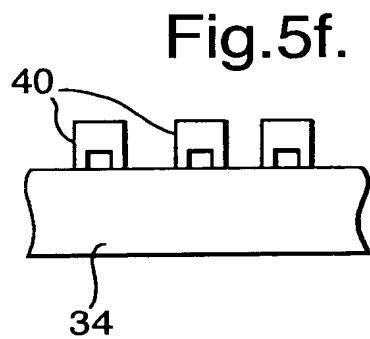
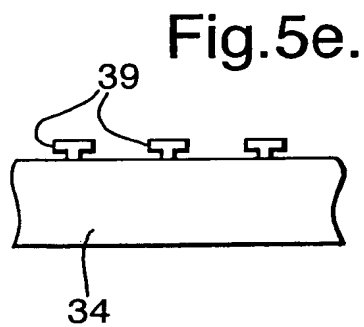
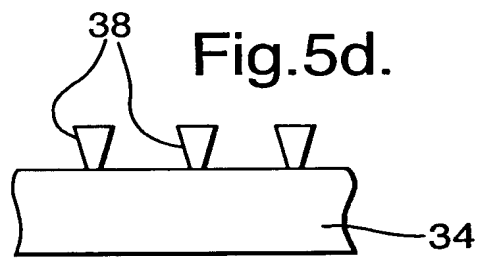
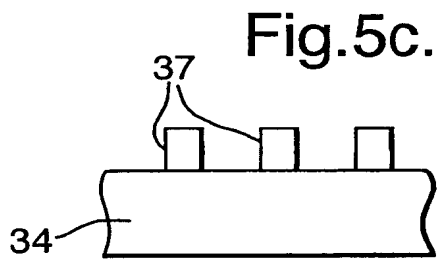
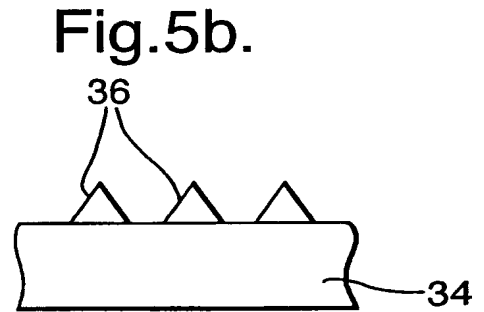
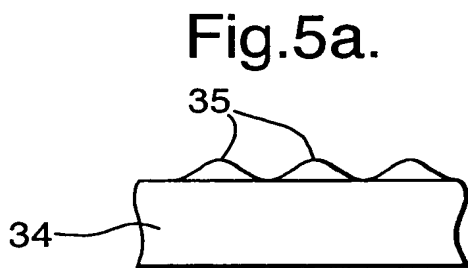
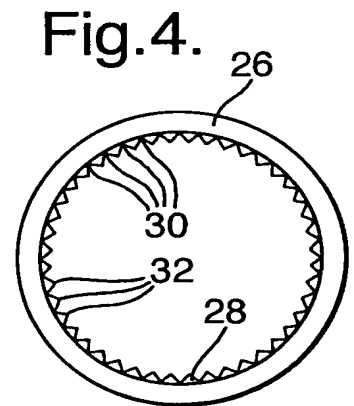
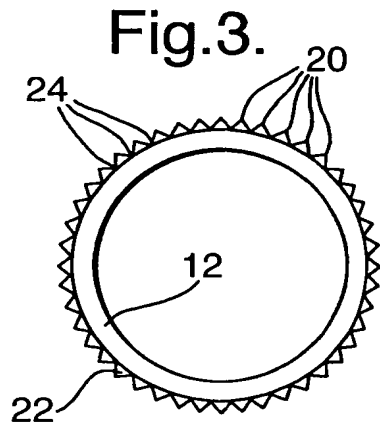


Fig.6.

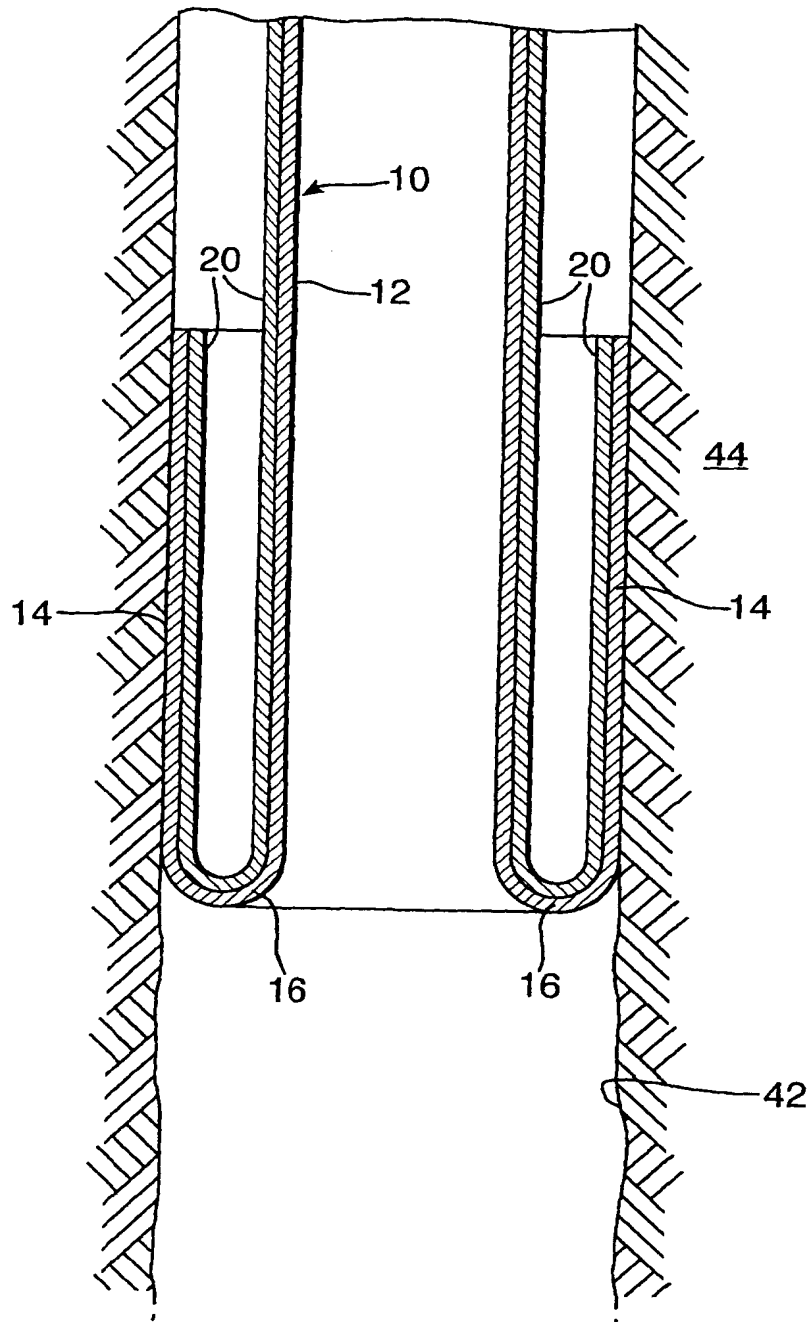
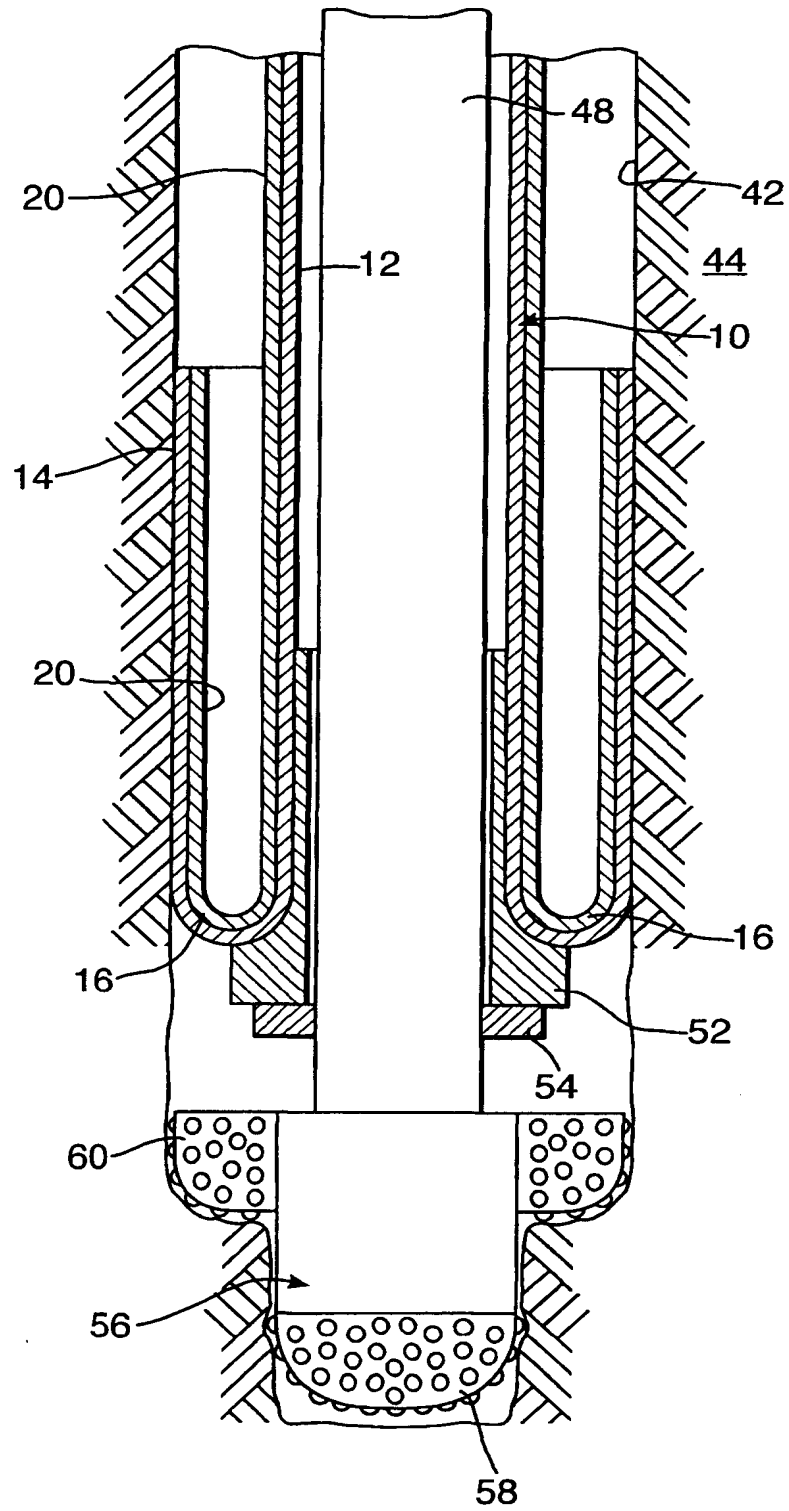


Fig. 7.



RESUMO

“MÉTODO DE EXPANDIR RADIALMENTE UM ELEMENTO TUBULAR, E, ELEMENTO TUBULAR EXPANDIDO RADIALMENTE”

5 A invenção é relativa a um método de expandir radialmente um elemento tubular. O método compreende induzir a parede do elemento tubular a dobrar radialmente para fora e em direção axialmente reversa de modo a formar uma seção tubular expandida que se estende ao redor de uma seção não expandida do elemento tubular, dita parede tendo uma resistência a dobramento radialmente para fora e uma resistência a esticamento em direção
10 circunferencial. Dita a parede é dotada de no mínimo um dispositivo primário para aumentar a resistência da parede a dobramento radialmente para fora, e dispositivo secundário para reduzir a resistência da parede a esticamento em direção circunferencial.