



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

(21) **PI0900735-0 A2**



\* B R P I 0 9 0 0 7 3 5 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 27/02/2009  
(43) Data da Publicação: 06/04/2010  
(RPI 2048)

(51) *Int.Cl.:*  
E21B 33/12 (2010.01)

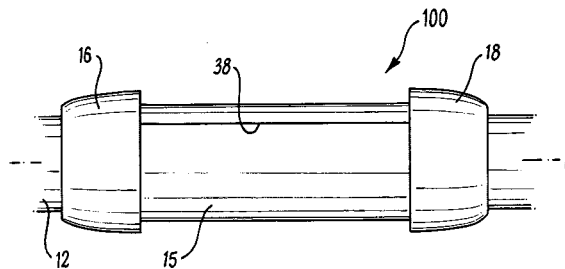
(54) Título: **MÉTODO DE FORMAR UM APARELHO DE FUNDO DE POÇO**

(30) Prioridade Unionista: 27/02/2008 GB 08 03555.2,  
17/02/2009 GB 09 02559.4, 17/02/2009 GB 09 02559.4

(73) Titular(es): Swelltec Limited

(72) Inventor(es): Brian Nutley, Kim Nutley

(57) Resumo: MÉTODO DE FORMAR UM APARELHO DE FUNDO DE POÇO. A presente invenção refere-se a um método de formar um aparelho de fundo de poço e um aparelho formado pelo método é descrito. O método compreendendo as etapas de fornecer um corpo tendo um eixo longitudinal e formando uma parte de expansão no corpo a partir de múltiplas voltas de um material parcial ou substancialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo. O material é selecionado para aumentar em volume na exposição a pelo menos um fluido predeterminado, tal como um fluido de furo de poço. As modalidades da invenção incluem obturadores de furo de poço formados pelo método.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO DE FORMAR UM APARELHO DE FUNDO DE POÇO".

A presente invenção refere-se a um método para formar um aparelho para uso em fundo de poço ou em tubulações, em particular no campo de exploração e produção de óleo e gás, e um aparelho formado pelo método.

No campo de exploração de produção de óleo e gás, várias ferramentas são usadas para fornecer uma vedação de fluido entre dois componentes em um furo de poço. Ferramentas de isolamento foram desenhadas para vedar uma coroa anular entre dois componentes de fundo de poço para impedir fluxo indesejável de fluidos de furo de poço na coroa anular. Por exemplo, um obturador pode ser formado na superfície externa de uma coluna de acabamento que está se deslocando dentro de um revestimento externo ou um furo não revestido. O obturador está se deslocando com a coluna em uma localização de fundo de poço, e é inflado ou expandido em contato com a superfície interna do tubo de revestimento externo ou furo aberto para criar uma vedação na coroa anular. Para fornecer uma vedação efetiva, o fluido deve ser impedido de passar através do espaço ou microcoroa anular entre o obturador e a acabamento, bem como entre o obturador e o tubo de revestimento externo ou furo aberto.

Ferramentas de isolamento não são deslocadas exclusivamente em colunas de acabamento. Por exemplo, em algumas aplicações formam uma vedação entre um mandril que forma parte de uma ferramenta especializada e a superfície externa. Em outras aplicações podem se deslocar na tubulação espiralada, linha de fios e ferramentas **slickline**.

Obturadores convencionais são atuados por sistemas mecânicos ou hidráulicos. Mais recentemente, foram desenvolvidos obturadores que incluem um manto de material elastomérico dilatável formado em torno de um corpo tubular. O elastômero dilatável é selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado, que pode ser um fluido hidrocarboneto ou um fluido aquoso. O obturador pode ser deslocado em uma localização de fundo de poço em seu estado não expandido, onde é

exposto a um fluido de furo de poço e feito expandir. O desenho, dimensões, e características de dilatação são selecionados tal que o manto dilatável se expande para criar uma vedação de fluido na coroa anular, desse modo isolando uma seção de furo de poço de outra. Obturadores dilatáveis têm várias vantagens sobre obturadores convencionais, incluindo atuação passiva, simplicidade de construção, e robustez em aplicações de isolamento a longo prazo. Exemplos de obturadores dilatáveis são descritos em GB 2411918.

A figura 1 dos desenhos mostra um obturador dilatável, de acordo com a técnica anterior, em geral representado em 10, formado em um corpo tubular 12 tendo um eixo longitudinal L. O obturador 10 compreende um manto expandido 14 de forma cilíndrica localizada em torno do corpo 12. O manto expandido 14 é formada a partir de um material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado. Tais materiais são conhecidos na técnica, por exemplo em GB 2411918.

Como ilustrado nas figuras 2A e 2B, as dimensões do obturador 10 e as características do material dilatável da parte de expansão 14 são selecionadas tal que a parte de expansão forma uma vedação em uso, que impede substancialmente o fluxo de fluidos além do corpo 12. A figura 2A é uma seção transversal através do obturador 10 localizado em um furo de poço 20 em uma formação 22. Na exposição a um fluido de furo de poço na coroa anular 24, neste caso um fluido hidrocarboneto, a parte de expansão 14 se expande e seu diâmetro aumenta até que contata a superfície 26 do furo de poço para criar uma vedação na coroa anular 24. A vedação impede o fluxo de fluido na coroa anular do furo de poço entre um volume acima do obturador 10 e um volume abaixo do obturador 10. Embora mostrado aqui em uso em um furo não revestido, o obturador 10 poderia ser usado em um furo revestido, em cujo caso o manto formaria uma vedação contra a superfície interior do tubo de revestimento externo.

Tipicamente um obturador será construído para uma aplicação específica e incorporado em uma coluna de tubo de revestimento ou outra coluna de ferramenta por meio de acoplamentos roscados. Obturadores dilatáveis são tipicamente construídos a partir de múltiplas camadas de material

elastomérico, tal como borracha classe-M (EPDM) de etileno propileno dieno. Múltiplas camadas são sobrepostas em um mandril ou tubular em uma forma não curada para compor um manto das dimensões exigidas. O manto é subsequentemente curado, por exemplo por cura térmica ou cura por ar. A superfície externa do manto dilatável é então trabalhada usando um torno para criar uma superfície cilíndrica lisa, Este método produz um manto dilatável unitário, completamente curado capaz de vedar grandes pressões diferenciais. No entanto, o processo é em geral trabalhoso e demorado, e o material não curado pode ser difícil de manipular. Além do mais, a parte de expansão resultante, embora robusta e capaz de suportar altas pressões, pode ser inadequado para algumas aplicações de fundo de poço.

Existe em geral uma necessidade de fornecer mecanismos de vedação e ferramentas de isolamento e sistemas que podem ser fabricados e montados de modo mais eficiente que no caso da técnica anterior, e que são flexíveis em sua aplicação em uma variedade de cenários de furo de poço.

Está entre os objetivos da invenção fornecer um método de formar um aparelho de fundo de poço que supere ou mitigue os inconvenientes e desvantagens dos métodos da técnica anterior. É um objetivo adicional fornecer um aparelho de fundo de poço aperfeiçoado.

De acordo com um primeiro aspecto da invenção, é fornecido um método de formar um aparelho para uso de fundo de furo, o método compreendendo as etapas de:

- a) fornecer um corpo tendo um eixo longitudinal;
- b) formar uma parte de expansão no corpo a partir de múltiplas voltas de um material substancialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

De preferência, o material é um material elastomérico.

Formando uma parte de expansão de um material substancialmente curado, a invenção difere da técnica anterior, em que materiais não curados são usados para formar a parte de expansão.

O método pode compreender a etapa de unir o material substancialmente curado no corpo e/ou pode compreender a etapa de fixar mecanicamente a parte de expansão no corpo.

5 A parte de expansão pode ser formada de um comprimento contínuo do material substancialmente curado.

O método pode compreender as etapas de formar uma camada de base no corpo, e formar a parte de expansão na camada de base.

O método pode compreender a etapa adicional de fornecer uma bainha externa na parte de expansão.

10 O método pode compreender a etapa de tratar o material antes de formar a parte de expansão. O material pode ser tratado aplicando um revestimento ou camada. Alternativamente, o material pode ser tratado perfurando o material.

15 O método pode incluir a etapa de desdobrar o material a partir de um carretel de armazenamento.

O método pode incluir a etapa adicional de ainda curar o material subsequente para formar a parte de expansão.

20 De acordo com um segundo aspecto da invenção, existe um aparelho para uso de fundo de poço, o aparelho compreendendo: um corpo tendo um eixo longitudinal; uma parte de expansão formada no corpo a partir de múltiplas voltas de um material substancialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

25 O aparelho pode ter uma condição expandida em que uma vedação anular é formada entre o corpo e uma superfície externa do corpo. A superfície pode ser uma superfície interna de um tubo de revestimento ou um furo de sondagem não revestido. O aparelho de fundo de furo pode portanto formar uma vedação anular na coroa anular do furo de poço, que pode impedir substancialmente o fluxo de fluido além do corpo.

30 O aparelho de fundo de poço pode ser um obturador de furo de poço e pode formar uma parte de uma ferramenta de isolamento ou um sistema de isolamento para vedar uma região da coroa anular acima do apare-

lho a partir de outra região da coroa anular abaixo do aparelho.

Os termos "superior", "inferior", "acima", "abaixo", para cima" e "para baixo" são usados aqui para indicar posições relativas no furo de poço. A invenção também tem aplicações em pólos que são desviados ou horizontais, e quando estes termos são aplicados em tais poços podem indicar "esquerda", "direita" ou outras posições relativas no contexto da orientação do poço.

O corpo pode ser um corpo substancialmente cilíndrico, e pode ser um tubular ou um mandril. O material substancialmente curado pode se estender circunferencialmente em torno do corpo. O material substancialmente curado pode ser um material laminado, e pode ser flexível.

O material pode ser substancialmente curado tal que suas propriedades mecânicas e/ou características de manipulação são similares àquelas de um material completamente curado. o material substancialmente curado é um elastômero em seu estado T80 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero. O material pode estar em seu estado T90 ou acima. O material de expansão pode ser formado em um comprimento contínuo de várias dezenas de metros.

De acordo com uma modalidade, o material é um elastômero curado em um estado T50 ou acima.

O material substancialmente curado pode compreender um material selecionado para expandir na exposição a um fluido de hidrocarboneto, que pode ser uma borracha EPDM. Alternativamente, ou em adição, o material substancialmente curado pode compreender um material selecionado para expandir na exposição a um fluido aquoso, que pode ser um polímero superabsorvente.

O material substancialmente curado pode ser formado por um processo de extrusão, que pode ser uma co-extrusão de dois ou mais materiais. Os dois materiais podem ser selecionados para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado, mas podem também ser selecionados para diferir em uma ou mais das características seguintes: penetração de fluido, absorção de fluido, coeficiente de dilatação, taxa de dilatação, coe-

ficiente de alongamento, dureza, resiliência, elasticidade e densidade. Pelo menos um material pode compreender uma espuma. O material pode ser espumado através da adição dos agentes de sopro. Em algumas aplicações isto ajudará a absorção de fluido levando a taxas de dilatação mais rápida e volumes de dilatação máxima maiores. Alternativamente, ou em adição, o material substancialmente curado pode ser formado de uma extrusão em torno de um substrato.

O material substancialmente curado pode compreender um perfil de seção transversal substancialmente retangular. Alternativamente, ou em adição, o material substancialmente curado pode compreender um perfil de travamento, que pode ser configurado para travar múltiplas camadas do material no corpo. O perfil de travamento pode resistir a separação axial de camadas adjacentes, e/ou pode resistir a deslizamento relativo de voltas adjacentes. Um agente de aglutinação pode ser usado para prender um primeiro lado do material substancialmente curado no formato do segundo lado oposto do material substancialmente curado. Onde num perfil de travamento é fornecido, o material pode ainda ser travado em posição através do uso de um adesivo ou outro agente aglutinante.

O aparelho pode ainda compreende meios para prender o material substancialmente curado no corpo, que pode compreender um agente aglutinante. Alternativamente, ou em adição, o aparelho pode compreender um meio de fixação mecânica para prender o material substancialmente curado no corpo, que é de preferência um anel terminal. O meio de fixação mecânica pode ser preso no corpo, e pode compreender uma pluralidade de elementos de sujeição articulados. Alternativamente, o meio de fixação mecânica é configurado para ser deslizado no corpo.

Em uma modalidade, o meio de fixação mecânica é configurado para ser disposto em um acoplamento de um tubular, e pode ser referido como um meio de fixação mecânica de acoplamento cruzado.

O aparelho pode ser configurado como uma montagem de encapsulamento de cabo, e pode compreender um elemento de suporte disposto entre o corpo e o material substancialmente curado. O elemento de

suporte pode ser fornecido com um perfil configurado para receber um cabo, conduto ou outra linha. O elemento de suporte pode compreender um perfil externo curvado, e a montagem pode definir um perfil externo elíptico. Alternativamente, o elemento de suporte pode compreender um perfil substancialmente circular tal que a montagem define um perfil externo circular.

Em uma modalidade, o material substancialmente curado é submetido a etapa de processamento devido a suas características de manipulação e armazenamento aperfeiçoados quando comparado a materiais não curados ou semicurados. O material substancialmente curado pode compreender um revestimento. Alternativamente, ou em adição, o material substancialmente curado pode compreender perfurações. De preferência, as perfurações são formadas para fornecer uma trajetória para um fluido de ativação.

De acordo com um terceiro aspecto da invenção é fornecido um método de formar uma vedação em uma coroa anular de furo de poço usando o aparelho do segundo aspecto da invenção.

De acordo com um quarto aspecto da invenção é fornecido um método de formar um aparelho para uso de fundo de poço, o método compreendendo as etapas de:

a) fornecer um corpo tendo um eixo longitudinal;

b) formar uma parte de expansão no corpo partir de múltiplas voltas de um material parcialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

O método pode incluir a etapa adicional de curar adicionalmente o material subsequente a formar a parte de expansão.

De acordo com um quinto aspecto da invenção é fornecido um aparelho pra uso em fundo de poço, o aparelho compreendendo: um corpo tendo um eixo longitudinal; uma parte de expansão formada no corpo a partir de múltiplas voltas de um material parcialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

Formando uma parte de expansão de um material parcialmente curado, a invenção difere da técnica anterior, em que os materiais não curados são usados para formar a parte de expansão.

5 Em modalidades preferidas dos quarto e/ou quinto aspectos da invenção, o material pode ser parcialmente curado tal que está em um estado curado na faixa de T30 a T50.

10 Modalidades dos quarto e quinto aspectos da invenção podem compreender aspectos preferidos e opcionais dos primeiro e segundo aspectos da invenção e sua modalidades, combinações de aspectos diferentes aqueles explicitamente estabelecidos aqui formam uma parte da invenção.

Agora serão descritas, por meio de exemplo somente, várias modalidades da invenção com referência aos desenhos, dos quais:

a figura 1 é uma vista lateral de um obturador de furo de poço da técnica anterior;

15 as figuras 2A e 2B são vistas em seção transversal esquemáticas de um obturador de furo de poço da técnica anterior em uso em condições não expandida e expandida respectivamente;

a figura 3 é uma vista lateral de um obturador de acordo com uma modalidade da invenção;

20 a figura 4 é uma vista em perspectiva de um material de expansão de acordo com uma modalidade da invenção;

a figura 5A é uma vista em seção transversal do obturador da figura 3 em uma condição não expandida;

25 a figura 5B é uma vista em seção transversal do obturador da figura 3 em uma condição expandida;

a figura 6 é uma vista em seção transversal de um obturador de acordo com uma modalidade alternativa da invenção;

a figura 7 é uma vista em seção transversal de um obturador de acordo com uma modalidade alternativa adicional da invenção;

30 a figura 8 é uma vista em perspectiva de um material de expansão de acordo com uma modalidade alternativa da invenção; e

a figura 9 é um detalhe de uma vista em seção transversal de

um obturador de acordo com uma modalidade alternativa adicional da invenção.

Referindo-se à figura 3 dos desenhos, é mostrado esquematicamente um aspecto da invenção incorporado como um obturador de furo de poço, em geral representado em 100, formado em um corpo tubular 12 tendo um eixo longitudinal L. O obturador 100 compreende uma parte de expansão 15 de forma cilíndrica localizada em torno do corpo 12 e um par de anéis terminais 16, 18 localizado respectivamente em extremidades opostas da parte de expansão 15. A parte de expansão 15 é formada de um material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado. Nesta modalidade, o material dilatável é EPDM, selecionado para expandir na exposição de um fluido de hidrocarboneto. As funções dos anéis terminais 16, 18 incluem fornecer afastamento e proteção ao obturador 100 e o tubular 12, retendo axialmente a parte de expansão 15, e mitigando a extrusão da parte de expansão 15 em uso. A operação do obturador 100 pode ser entendida a partir das figuras 2A e 2B e do texto anexo.

A figura 4 dos desenhos mostra um material de expansão 30 usado para formar o obturador 100. O material de expansão 30 consiste em uma folha substancialmente retangular que é usada para formar a parte de expansão 15, e é mostrada aqui desenrolada de um carretel de armazenamento 42. Neste exemplo, o material de expansão 30 é EPDM extrusado e é curado de modo substancialmente completo, exibindo propriedades mecânicas similares e características de manipulação para um elastômero completamente curado. O estado de cura de um elastômero pode ser convenientemente indicado usando uma escala, baseada em medições de torque de viscosidade com o tempo. As medições podem ser feitas, por exemplo, usando um reômetro de oscilação.

O valor máximo de torque medido durante um teste de viscosidade,  $\text{torque}_{\text{max}}$ , ocorre quando o elastômero está completamente curado, e o  $\text{torque}_{\text{min}}$  é o valor gravado mais baixo durante o teste. O tempo de cura tomado para o elastômero atingir  $\text{torque}_{\text{Max}}$  é T100, e representa o tempo exigido para a cura total (isto é 100% de cura) do elastômero. Estados de

cura intermediários podem ser indicados por tempos de cura T1, T2, T50, T80, T90, etc., onde Tx é o tempo de cura quando o valor de torque é:

$$(\text{torque}_{\text{max}} - \text{torque}_{\text{min}}) * x / 100 + \text{torque}_{\text{min}}$$

em outras palavras, T90 é o tempo em um ponto em que o torque medido é igual ao torque mínimo mais 90% da diferença entre o torque máximo e o torque mínimo. Um elastômero que é curado por um tempo igual a T90 é dito estar em um estado curado T90. (Em uma indicação alternativa, P80, P90, P100, etc. podem ser usados para representar os estados de cura T80, T90 e T100).

Um elastômero em seu estado T90 ou acima pode ser referido como substancialmente curado completamente. O material de expansão tipicamente será formado em um comprimento contínuo de várias dezenas de metros.

A figura 5A mostra o obturador 100 em seção transversal em um estado não expandido. O obturador 100 é formado a partir do material de expansão 30, formando múltiplas enrolamentos 34a, 34b no tubular 12. A primeira extremidade 36 do material de expansão está localizada na superfície externa do tubular 12, com a borda orientada substancialmente na direção longitudinal do tubular 12. A superfície inferior 38 do material de expansão 30 é presa no tubular 12 por um agente aglutinante. Nesta modalidade, o agente aglutinante usado é um adesivo a base de cianoacrilato, mas outros agentes aglutinantes são adequados, incluindo adesivos a base de poliuretano, adesivos a base de acrílico, adesivos a base de epóxi ou adesivos a base de silicone ou vedantes.

O material de expansão 30 é ainda desdobrado a partir do carretel de armazenamento 42 e é enrolado em torno do corpo tubular 12 e ligado em sua superfície externa, como mostrado na figura 5B, e é aplicado tal que as múltiplas camadas são sobrepostas uma com a outra. Tensão é aplicada no material de expansão 30 durante o enrolamento. A tensão permite que uma vedação seja criada entre o material de expansão e o corpo mesmo quando o material de expansão está em sua condição não expandida. Para facilitar a aplicação do material de expansão 30 no corpo e manter a tensão,

o material de expansão pode ser preso temporariamente no corpo em sua primeira extremidade por uma braçadeira (não mostrada). O material de expansão 30, neste exemplo, é formado para uma largura  $W$  que corresponde ao comprimento desejado do obturador 100, que é selecionado de acordo com a aplicação e condições de pressão que deve suportar. O material de expansão 30 é cortado para definir a segunda extremidade 38, que é ligada à camada do material de expansão na qual se encontra. Em outra modalidade, a superfície inteira entre múltiplas camadas é ligada. A superfície externa 40 do material de expansão 30 adjacente à extremidade 38 é formatada para reduzir e remover o ressalto que de outro modo seria definido pela borda 38.

Os primeiro e segundo anéis 16, 18 são subsequentemente localizados sobre as primeira e segunda extremidades da parte de expansão e presos no corpo 12 por meio de parafusos roscados (não mostrados) com a ferramenta completada mostrada na figura 3. Os anéis terminais têm um perfil interno para acomodar o perfil elevado (relativo ao corpo tubular 12) da parte de expansão 15. Nesta modalidade, os anéis terminais 16 e 18 são formados em duas partes articuladas (não mostradas), que são colocadas em torno da parte de expansão 15 e o tubular 12 a partir de uma posição adjacente ao aparelho, e fixadas juntas usando parafusos de travamento (não mostrados). Em modalidades alternativas, os anéis terminais podem prender sobre um perfil reforçado fixo no corpo 12, tal como um acoplamento de tubulação ou tubo de revestimento. Tal modalidade pode ser particularmente vantajosa onde uma parte de expansão é exigida sobre o comprimento inteiro de um tubular entre os acoplamentos, e pode fornecer uma força de fixação aperfeiçoada para o anel terminal e o material de expansão. Em uma modalidade alternativa adicional, os anéis terminais podem não ser exigidos.

As dimensões do obturador 100 e características do material dilatável do material de expansão 30 são selecionadas tal que a parte de expansão forma uma vedação em uso, que impede substancialmente o fluxo de fluido além do corpo 12. O obturador opera na maneira descrita com referência às figuras 2A e 2B. A borda 36 define um ressalto que cria um espaço

44 entre a camada 34b e o tubular 12 em sua condição não expandida mostrada na figura 5A. A figura 5B mostra o obturador 100 em uma condição expandida em um furo não revestido em uma formação 46. A parte de expansão foi exposta fluido de furo de poço e foi expandida em contato com a  
5 parede do furo não revestido para criar uma vedação na coroa anular. A borda 36 e a camada 34a se expandem no espaço 44 tal que a vedação está completa.

A parte de expansão 15 assim parece um manto dilatável quando usado em obturadores dilatáveis convencionais, mas oferece várias vantagens e benefícios quando comparados com desenhos de obturador convencionais. Por exemplo, o material de expansão 30 é econômico para fabricar, compacto para armazenar, e fácil para manipular quando comparado com os materiais usados em obturados dilatáveis convencionais.  
10

O processo de formar o obturador oferece várias vantagens. Primeiramente, o processo não exige equipamento especializado, que exige grandes quantidades de espaço ou de despesa de capital. O processo pode ser realizado a partir de uma parte central do corpo tubular, fixando uma primeira extremidade do material de expansão e enrolando em torno do tubular, reduzindo as dificuldades associadas com os elementos de ferramenta  
15 deslizante em uma extremidade do tubo e deslizando-os para a localização exigida. Isto facilita a aplicação do material de expansão para tubulares significativamente mais longos, e abre a possibilidade de obturador construído em colunas de tubulação no piso de armação imediatamente antes de ou durante a montagem.  
20

Usando um material de expansão substancialmente curado, a facilidade de armazenamento e manipulação do material é aperfeiçoada comparada com métodos da técnica anterior em que um material semicurado é enrolado em um corpo. O método também evita a exigência de etapa de cura subsequente à aplicação do material de expansão no corpo. Deve ser notado no entanto que o material de expansão 30 pode ser ainda curado,  
25 por exemplo de um estado P90 para um estado P100, depois da aplicação no tubular.  
30

O processo de construção permite um alto grau de flexibilidade em desenho de ferramenta. Por exemplo, um obturador de qualquer diâmetro externo desejado pode ser criado a partir do mesmo conjunto de componentes, simplesmente ajustando o número de camadas sobre as quais o material de expansão é enrolado no corpo tubular. Obturadores e vedações podem ser criados em corpos e tubulares de uma faixa de diâmetros. Os princípios da invenção também permitem inerentemente tolerâncias de engenharia nas dimensões dos corpos nos quais a vedação é criada.

O obturador resultante tem área de superfície aumentada com respeito a um obturador equivalente com um manto anular, em virtude a penetração aumentada dos fluidos na parte de expansão por meio dos pequenos espaços entre múltiplas camadas. Isto permite expansão mais rápida para a condição de vedação. O material de expansão também se presta bem ao pós-processamento, por exemplo, análise de perfuração, revestimento ou realização em uma amostra.

A figura 6 mostra em seção transversal um obturador 110 de acordo com uma modalidade alternativa da invenção, similar ao obturador 100 com partes iguais indicadas por numerais de referência iguais. O obturador 110 difere do obturador 100 em que a superfície externa 48 da camada 34a do material de expansão 30 adjacente à extremidade 36 é formatada para reduzir ou remover o ressalto que de outro modo seria definido pela borda 36.

A figura 7 mostra em seção transversal um obturador 120 de acordo com uma modalidade alternativa da invenção, similar ao obturador 100 com partes iguais indicadas pelos numerais de referência iguais. O obturador 120 difere do obturador 100 em que compreende um elemento de suporte 50, que poderia ser feito de material dilatável, plástico ou metal, compreende um perfil interno parcialmente circular e uma superfície externa curvada. O elemento de suporte contata a extremidade 36 do material de expansão 30, e fornece uma trajetória substancialmente suave ara o material 30 da superfície do tubular 12 para o ressalto definido pela borda 36 e a superfície externa da camada 34a. Isto impede a criação do espaço 44 do ob-

turador 100. Em uma modalidade alternativa, o elemento de suporte compreende um perfil ou abertura configurada para receber um cabo ou conduto, que permite que um cabo ou conduto passe através do aparelho.

A figura 8 mostra em seção transversal uma parte de expansão 130 de acordo com uma modalidade alternativa da invenção. O material de expansão 130 é similar ao material de expansão 30 da figura 4, mas difere em que é coextrusado a partir de dois materiais diferentes para criar uma folha tendo componentes de materiais diferentes. O material 130 tem camadas externas 52, 54 de um primeiro material e uma camada interna 56 de um segundo material. Técnicas de fabricação adequadas seriam conhecidas de alguém conhecido na técnica de extrusão e co-extrusão de polímeros e elastômeros.

As camadas externas 52, 54 são de uma borracha de EPDM selecionada para expandir na exposição em um fluido de hidrocarboneto, e tendo dureza especificada, penetração de fluido e características de dilatação adequadas para aplicações de fundo de poço. A camada interna 56 é uma borracha de EPDM que tem um grau maior de encadeamento cruzado entre as moléculas, comparado com o material das camadas externas, e correspondentemente tem dureza maior, penetração de fluido menor, e características de dilatação menores que a camada externa. A camada interna 56 também tem uma resistência mecânica maior, e funções para aumentar a resistência do material como um todo quando comparado com o material 30. Isto permite que mais tensão seja aplicada e retida no material de expansão durante o processo de construção, e reduz qualquer tendência da parte de expansão em deformar.

As camadas externas do material de expansão 130 são fornecidas com aberturas ou perfurações 58. Isto aumenta a área de superfície da parte de expansão formada, e fornece maior exposição do elemento de expansão a fluidos de furo de poço;

O material substancialmente curado pode convenientemente ser submetido a etapas de processamento devido a suas características de manipulação e armazenamento quando comparado com materiais não curados

ou semicurados. Por exemplo, as perfurações 58 podem ser formadas alimentando o material 130 através de um tambor de perfuração ou equipamento de perfuração a laser. O material perfurado pode ser convenientemente armazenado em um carretel de armazenamento. Em modalidades  
5 alternativas, o material 130 ou 30 pode ser tratado com um revestimento, por exemplo de um material impermeável em pelo menos um fluido de furo de poço selecionado. Em outra modalidade, o material é tratado com um adesivo ou agente aglutinante, que pode ser uma parte de um adesivo de duas partes. Será apreciado que o material 30 pode ser similarmente tratado e/ou  
10 perfurado.

Em outra modalidade, a densidade do material de expansão é mudada em sua seção transversal para criar uma estrutura de porosidade-permeabilidade aumentada que leva a taxas de dilatação mais rápidas e volumes de dilatação maiores. Isto pode ser obtido formando espuma do material de expansão através da adição de agentes de sopro. A formação de espuma pode ser efetuada sobre uma parte da seção transversal do material de expansão, para permitir que uma estrutura de porosidade-permeabilidade maior seja formada dentro do material de expansão. Co-extrusões de uma  
15 camada interna espumada com um elastômero sólido subjacente, ou vice-versa, pode permitir que materiais de expansão híbridos sejam criados tendo, por exemplo com uma camada interna de dilatação por água alta e um manto externo de dilatação por óleo. De tal maneira, pode ser particularmente vantajoso perfurar a camada externa para fornecer uma trajetória de fluido para moléculas de água acessarem a camada interna dilatável com água. O  
20 tamanho das perfurações pode ser selecionado para restringir a passagem de moléculas de hidrocarboneto.

A figura 9 mostra um detalhe de um obturador 140 de acordo com uma modalidade adicional da invenção. Nesta modalidade, o obturador é formado enrolando múltiplas camadas de um material de expansão 230  
30 em um tubular 12. uma primeira camada 60, tendo uma superfície interna cilíndrica 62 dimensionada para encaixar sobre o tubular 12, é fornecida no corpo tubular. Nesta modalidade, a camada 60 é formada de uma folha de

borracha de EPDM enrolada em torno e ligada ao tubular 12 tal que suas bordas opostas, contatam, mas em outras modalidades a camada 60 pode ser uma camada de plástico, metal ou composta, e pode ser um corpo cilíndrico deslizado no tubular 12. A superfície externa 64 da camada 232 é perfilada para criar uma série de nervuras anulares e ranhuras se estendendo

5

circunferencialmente em torno da camada 232.

A parte de expansão do obturador 140 é formada de segunda e terceira camadas 66a, 66b de material de expansão 230 em torno da camada 60. O material de expansão 230 é fornecido com superfícies superior e inferior perfiladas 68, 70 que correspondem ao perfil da superfície externa 64

10

da camada 60. As estrias criadas pela superfície inferior 70 da camada 66b são recebidas nas ranhuras na superfície 68 da camada 66a. As paredes das estrias e ranhuras são chanfradas para facilitar a autolocalização das camadas durante o processo de enrolamento.

A camada mais externa 72 é neste exemplo formada de material de expansão 230, mas tem as estrias de sua superfície externa 74 trabalhada para criar uma superfície externa substancialmente cilíndrica. Em outra modalidade, a camada mais externa 72 é formada de uma bainha cilíndrica que é deslizada no tubular e estirada sobre a parte de expansão do obturador para ajudar na retenção das camadas constituintes. A bainha pode ser

15

20

perfurada para fornecer acesso fluido para a parte de expansão.

Os perfis de travamento das camadas que formam o obturador, funcionam para resistir a separação axial do obturador em uso, e também aumentar a área de superfície do contato entre as camadas.

Em modalidades alternativas (não ilustradas), o material de expansão é extrusado com um substrato, que pode ser um material plástico, um material fibroso ou um material composto, e que pode ser formado usando uma técnica de fabricação apropriada, e pode ser extrusada, moldada, fundida ou tecida. O substrato fornece resistência estrutural ao material,

25

30

permite que mais tensão seja conferida durante a aplicação em um corpo tubular, se une o material dilatável, resiste à expansão do material de expansão em uma direção longitudinal, e resiste à deformação do material de

expansão no corpo tubular.

O aparelho pode ser configurado para encapsular uma linha ou conduto, que se estende através do obturador entre duas camadas do material de expansão. Assim, embora o obturador cria uma vedação na coroa anular, existe uma trajetória contínua da região acima do obturador para uma região abaixo do obturador, por meio do conduto fornecido na parte de expansão. A trajetória pode ser uma linha hidráulica para o suprimento de fluidos hidráulicos. Em outras modalidades, este conduto pode ser usado para o desdobramento de fluidos, cabos, fibras óticas, linhas hidráulicas ou outras linhas de controle ou dados através da vedação. uma aplicação específica da invenção é em sistemas de elevação artificial usando bombas submersíveis elétricas (ESPs). Em sistemas de ESP tipicamente será necessário desenvolver um cabo de energia da superfície para a ESP, através de um obturador que cria uma vedação anular. Um elemento de suporte pode ser fornecido para acomodar e proteger o conduto ou linha.

A descrição precedente se refere primeiramente à construção de obturadores de furo de poço em tubulares. Será apreciado por alguém versado na técnica que a invenção é igualmente aplicável a obturadores formados em outro aparelho, por exemplo mandris ou ferramentas de embalagem que se deslocam em uma linha de fios. Em adição, a presente invenção tem aplicação que se estende além de obturadores convencionais. A invenção pode ser particularmente valiosa quando aplicada a acoplamentos e juntas em tubulares e mandris. A invenção pode também ser aplicada na tubulação espiralada, para uso em operações de perfuração ou intervenção de tubulação espiralada. Além do mais, o corpo não precisa ser cilíndrico, e não precisa ter uma superfície lisa. Em algumas modalidades, o corpo pode ser fornecido com formações eretas ou recessos internos com os quais um material de expansão coopera no corpo.

A presente invenção se refere a aparelho de vedação para uso em fundo de poço, um material de expansão, um método para formar um aparelho de fundo de poço, e métodos de uso. O material de expansão da invenção pode ser convenientemente usado em ferramentas de sistemas de

isolamento, em furos revestidos e não revestidos. A invenção fornece mecanismos de vedação e ferramentas de isolamento e sistemas que podem ser fabricados e montados de modo mais eficiente que no caso da técnica anterior, e que são flexíveis em sua aplicação a uma variedade de cenários de furo de poço.

A presente invenção reconhece que uma vedação em uma coroa anular de furo de poço pode ser formada a partir de uma estrutura de múltiplas camadas, formada de um material substancialmente curado, sem uma exigência de curar as camadas no corpo. A vedação pode ser mantida mesmo quando a parte de expansão e material substancialmente curado é exposta a pressão de furo de poço.

Criando uma disposição de vedação das múltiplas camadas de um material de expansão, pode ser mais fácil montar o aparelho quando comparado com o aparelho de deslizamento convencional. Por exemplo, o aparelho poderia ser formado em uma parte de 2 metros central de uma seção de tubo de revestimento de 12 metros. O material de expansão é econômico de fabricar, compacto de armazenar, e fácil de manipular quando comparado com os materiais usados em obturadores dilatáveis convencionais.

O processo de formar o obturador oferece várias vantagens. Primeiramente, o processo não exige equipamento especializado que exige grandes quantidades de espaço ou despesa de capital. O processo pode ser realizado a partir de uma parte central do corpo tubular, fixando uma primeira extremidade do material de expansão e espiralando em torno do tubular, reduzindo as dificuldades associadas com elementos de ferramenta deslizante em uma extremidade do tubular e deslizando-os para a localização exigida. Isto facilita a aplicação do material de expansão em tubulares significativamente mais longos, e abre a possibilidade de obturador construído em colunas de tubulação no piso de armação imediatamente antes de ou durante a montagem. O processo de construção permite um alto grau de flexibilidade em desenho de ferramenta. Por exemplo, um obturador de qualquer diâmetro externo desejado pode ser criado a partir do mesmo conjunto de

componentes, simplesmente ajustando o número de camadas do material de expansão que são enrolados no corpo tubular. Os obturadores e vedações podem ser criados em corpos e tubulares de uma faixa de diâmetros. Os princípios da invenção também permitem tolerâncias de engenharia nas dimensões dos corpos em que a vedação é criada.

Os obturadores resultantes podem ter uma área de superfície aumentada com respeito a um obturador equivalente com um manto anular em virtude de trajetórias de fluxo de fluido sendo criadas entre as múltiplas camadas, permitindo a expansão mais rápida para a condição de vedação.

O material de expansão também se presta a pós-processamento, por exemplo análises de perfuração, revestimento ou desempenho em uma amostra.

O uso de um substrato ou um material, com diferentes características mecânicas no material de expansão, permite que mais tensão seja aplicada e retida no material de expansão durante o processo de construção, e reduz qualquer tendência do material de expansão de deformar. Também se liga ao material dilatável, e resiste à expansão do material de expansão em uma direção longitudinal.

A invenção pode ser usada para criar uma vedação na coroa anular em torno de uma trajetória contínua da região acima da vedação para uma região abaixo da vedação, por meio de um conduto encapsulado pelo material de expansão. Por exemplo, a trajetória é uma linha hidráulica para o suprimento de fluidos hidráulicos. Em outras modalidades, este conduto pode ser usado para o desenvolvimento de fluidos, fibras óticas, linhas hidráulicas ou outras linhas de controle ou de dados através da vedação. Uma aplicação específica da invenção é em sistemas de elevação artificial usando bombas submersíveis elétricas (ESPs).

Será apreciado por alguém versado na técnica que a invenção é aplicável em obturadores, tubulares, mandris, ou ferramentas de embalagem que funcionam em uma linha de fios. Em adição, a presente invenção tem aplicação na qual se estende além de obturadores convencionais. A invenção pode ser particularmente valiosa quando aplicada em acoplamentos e juntas em tubulares e mandris. A invenção pode também ser aplicada na

tubulação espiralada, para uso em operações de perfuração ou intervenção de tubulação espiralada.

5                   Variações para as modalidades descritas acima e que estão dentro do escopo da invenção, e combinações diferentes daquelas explicitamente reivindicadas que formam parte da invenção. A menos que o contexto exija de outro modo, as dimensões físicas, formatos, perfis internos, anéis terminais, e princípios de construção descritos aqui são permutáveis, e podem ser combinados dentro do escopo da invenção. Por exemplo, qualquer um dos perfis internos descritos do material de expansão pode ser usado com os perfis externos descritos. Os princípios de construção descritos  
10                   acima podem se aplicar a qualquer um dos perfis descritos, por exemplo, o método de aglutinação descrito ou o método de cura por calor pode ser usado com qualquer um dos materiais de expansão descritos. Adicionalmente, embora a invenção seja particularmente adequada ao uso de fundo de poço  
15                   pode também ser usada em aplicações de superfície e submarinas tal como em sistemas de oleoduto. Pode também ser usada em aplicações de vau fluvial.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de formar um aparelho para uso de fundo de poço, o método compreendendo as etapas de:

- 5 a) fornecer um corpo tendo um eixo longitudinal;
- b) formar uma parte de expansão no corpo partir de múltiplas voltas de um material substancialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

10 2. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo a etapa de unir o material substancialmente curado no corpo.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, compreendendo a etapa de fixar mecanicamente a parte de expansão no corpo.

15 4. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, em que a parte de expansão é formada de um comprimento contínuo do material substancialmente curado.

5. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de formar uma camada de base no corpo, e formar a parte de expansão na camada de base.

20 6. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de fornecer uma bainha externa na parte de expansão.

7. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de tratar o material substancialmente curado antes de formar a parte de expansão.

25 8. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de aplicar um revestimento no material substancialmente curado.

9. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de perfurar o material.

30 10. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de desdobrar o material a partir de um carretel de armazenamento.

11. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, em que o material substancialmente curado é um elastômero em seu estado T50 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

5 12. Método de acordo com a reivindicação 11, em que o material substancialmente curado é um elastômero em seu estado T80 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

13. Método de acordo com a reivindicação 12, em que o material substancialmente curado é um elastômero em seu estado T90 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

10 14. Método de acordo com qualquer reivindicação precedente, compreendendo a etapa de ainda curar o material depois de formar a parte de expansão no corpo.

15 15. Aparelho compreendendo: um corpo tendo um eixo longitudinal; uma parte de expansão formada em torno do eixo longitudinal do corpo a partir de múltiplas voltas de um material substancialmente curado, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

20 16. Aparelho de acordo com a reivindicação 15, em que o material substancialmente curado é de preferência um elastômero em seu estado T50 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

17. Aparelho de acordo com a reivindicação 16, em que o material substancialmente curado é um elastômero em seu estado T80 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

25 18. Aparelho de acordo com a reivindicação 17, em que o material substancialmente curado é um elastômero em seu estado T90 ou acima, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

19. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 18, em que o material substancialmente curado compreende um material selecionado para expandir na exposição a um fluido de hidrocarboneto.

30 20. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 19, em que o material substancialmente curado compreende um material selecionado para expandir na exposição a um fluido aquoso.

21. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 20, em que o material substancialmente curado é formado por um processo de extrusão.

5 22. Aparelho de acordo com a reivindicação 21, em que o material substancialmente curado é formado por uma co-extrusão de dois ou mais materiais.

23. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 22, em que o material substancialmente curado compreende um perfil de travamento, configurado para travar múltiplas camadas do material no corpo.

10 24. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 23, ainda compreende uma fixação mecânica para prender o material substancialmente curado no corpo.

15 25. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 24, em que o material substancialmente curado compreende um revestimento.

26. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 25, em que o material substancialmente curado compreende perfurações.

20 27. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 26, ainda compreendendo um elemento de suporte disposto entre o corpo e o material substancialmente curado.

28. Aparelho de acordo com a reivindicação 27, em que o elemento de suporte define uma passagem para um conduto ou cabo através do aparelho.

25 29. Obturador de furo de poço compreendendo o aparelho como definido em qualquer uma das reivindicações 15 a 28.

30 30. Método de formar um aparelho para uso de fundo de poço, o método compreendendo as etapas de:

a) fornecer um corpo tendo um eixo longitudinal;

30 b) formar uma parte de expansão no corpo partir de múltiplas voltas de um material parcialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

31. Método de acordo com a reivindicação 30, em que o material parcialmente curado é de preferência um elastômero em um estado curado na faixa de T30 a T50, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

5                   32. Método de acordo com a reivindicação 31, compreendendo a etapa adicional de ainda curar o material subsequente a formar a parte de expansão.

10                   33. Aparelho para uso em fundo de poço, o aparelho compreendendo: um corpo tendo um eixo longitudinal; uma parte de expansão formada no corpo a partir de múltiplas voltas de um material parcialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo, o material selecionado para expandir na exposição a pelo menos um fluido predeterminado.

15                   34. Aparelho de acordo com a reivindicação 33, em que o material é parcialmente curado tal que está em um estado curado na faixa de T30 a T50, onde T100 é o estado completamente curado do elastômero.

35. Obturador de furo de poço, compreendendo o aparelho como definido na reivindicação 33 ou reivindicação 34.

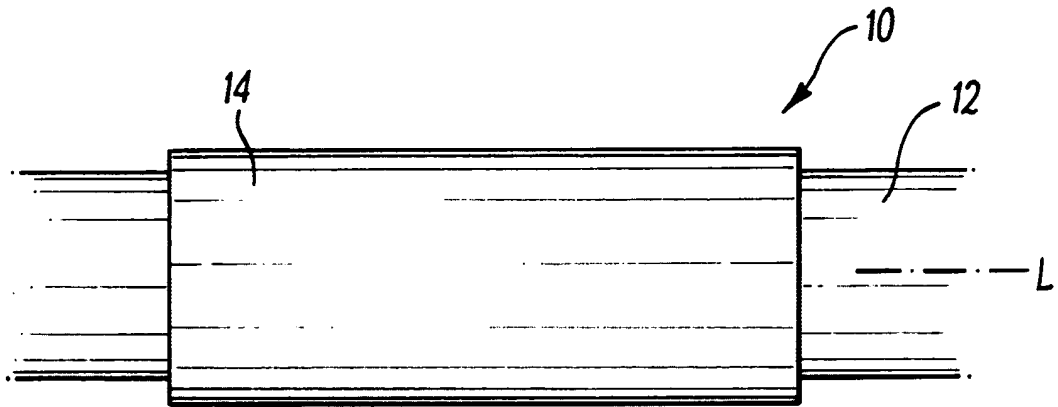


FIG. 1

(Técnica anterior)

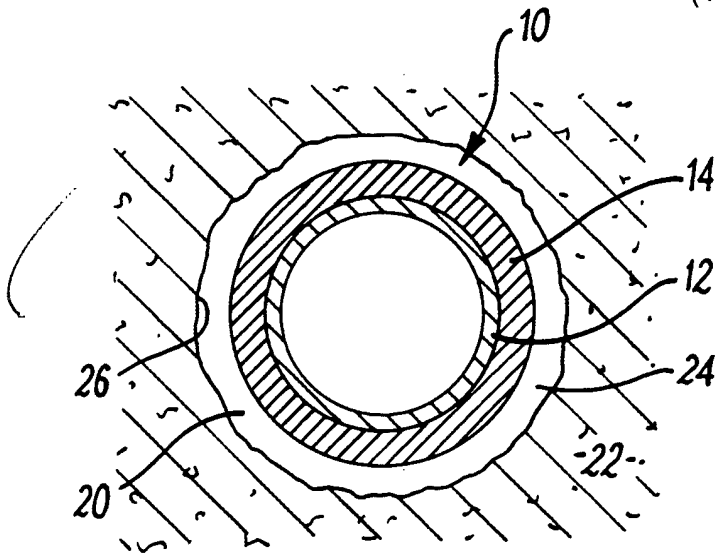


FIG. 2a

(Técnica anterior)

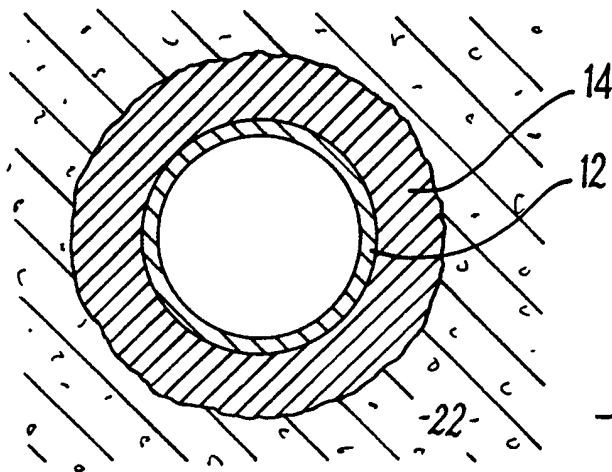
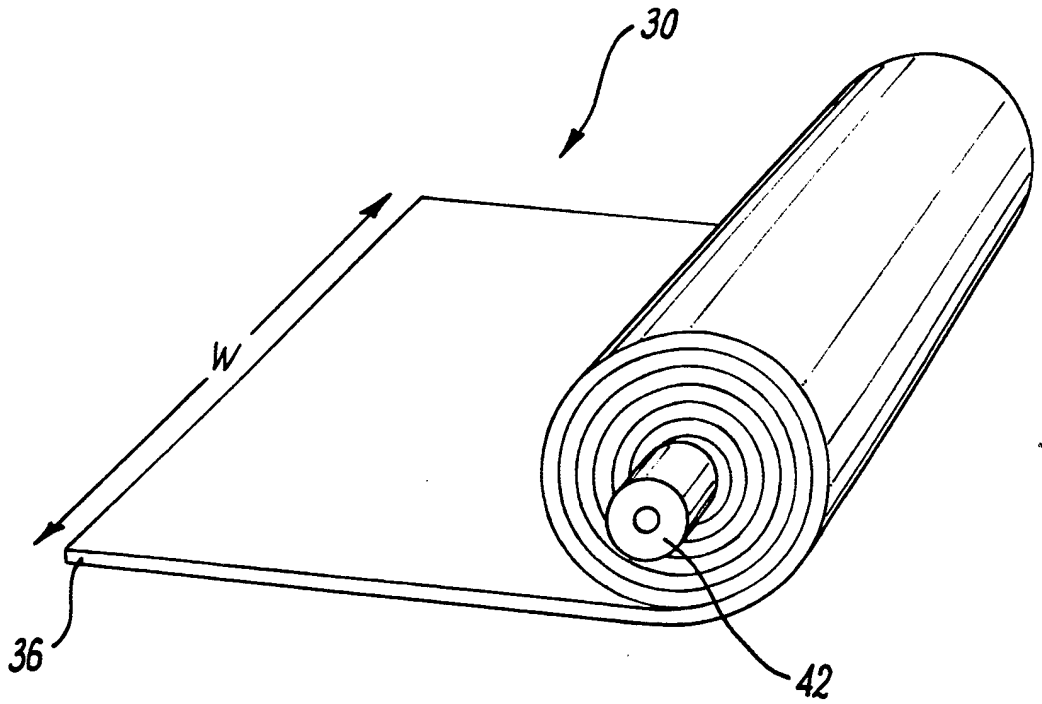
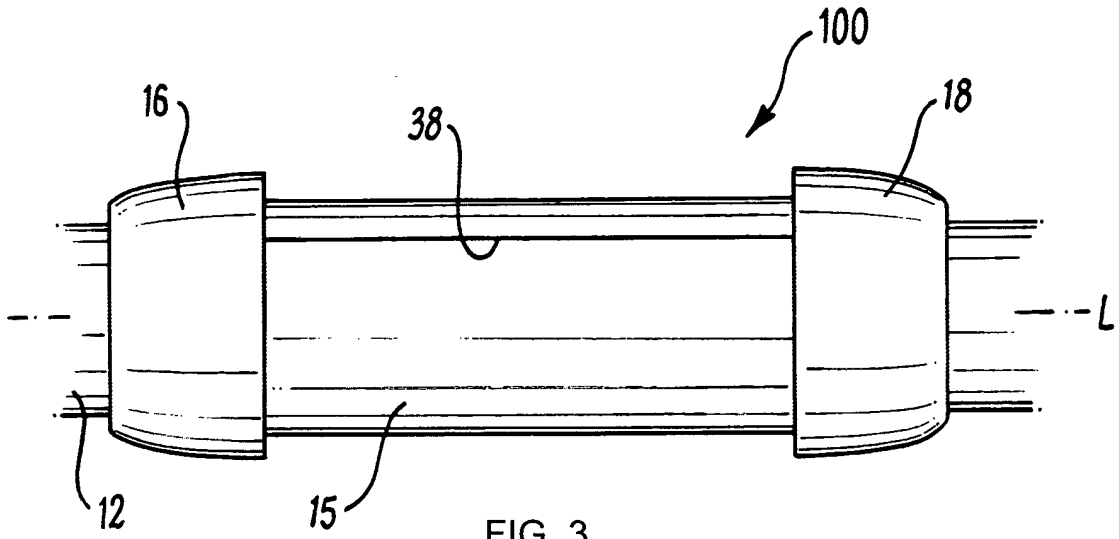
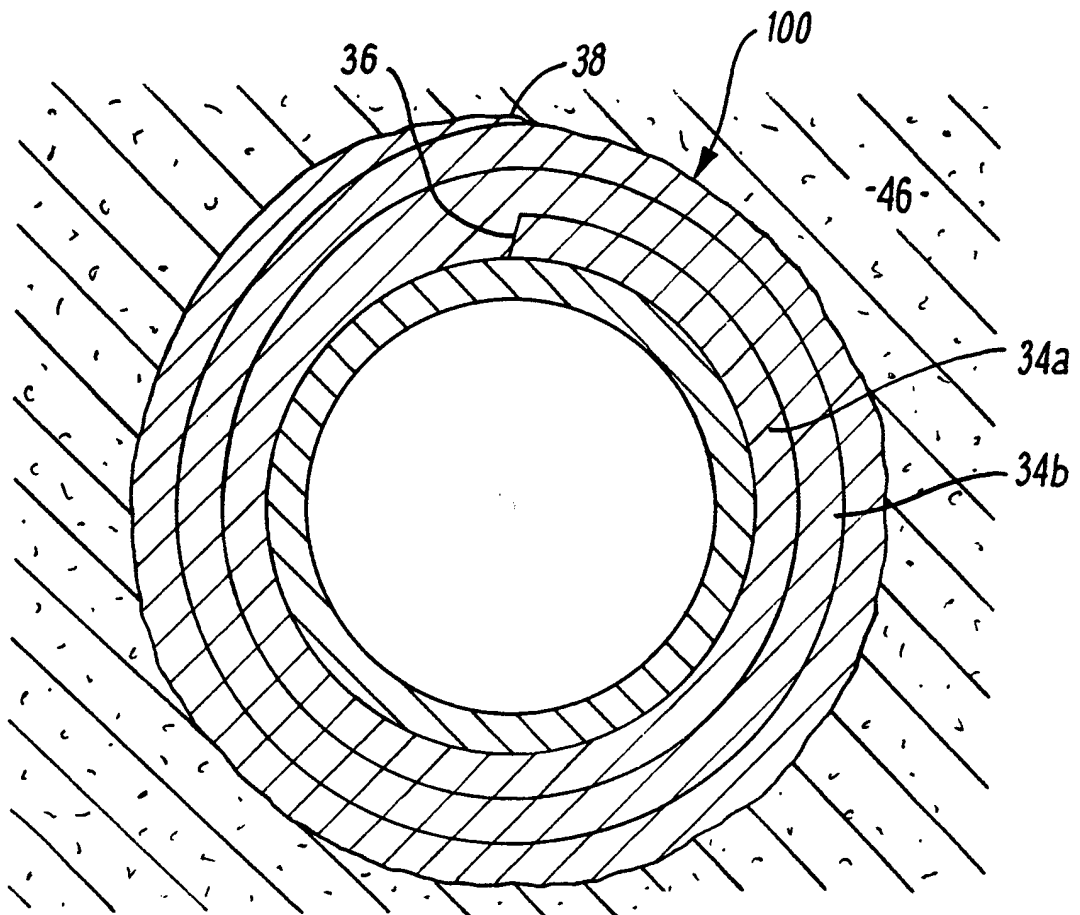
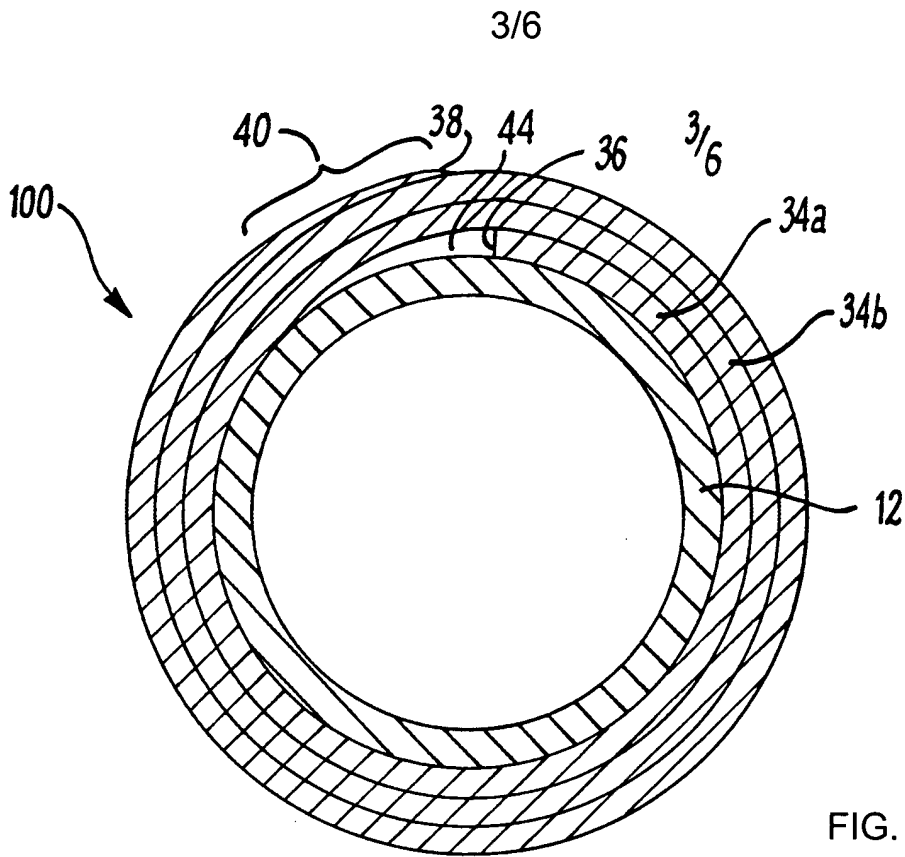


FIG. 2b

(Técnica anterior)





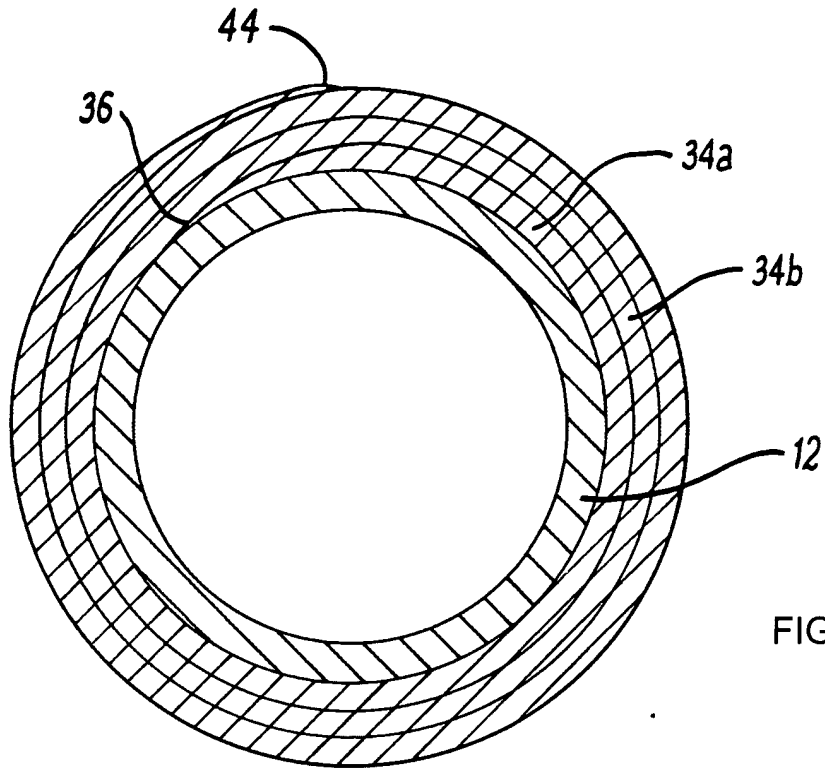


FIG. 6

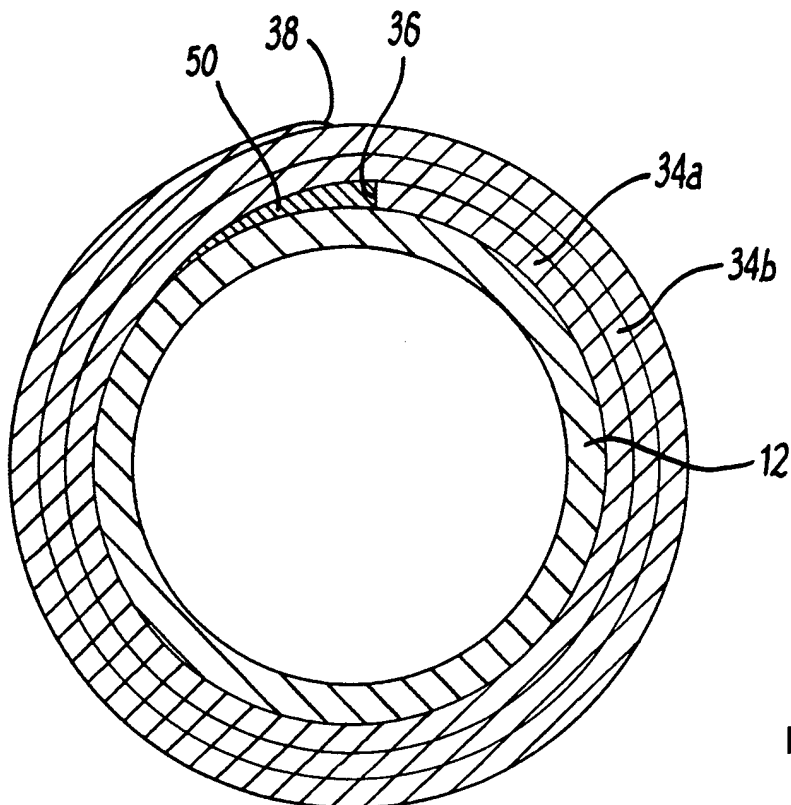


FIG. 7

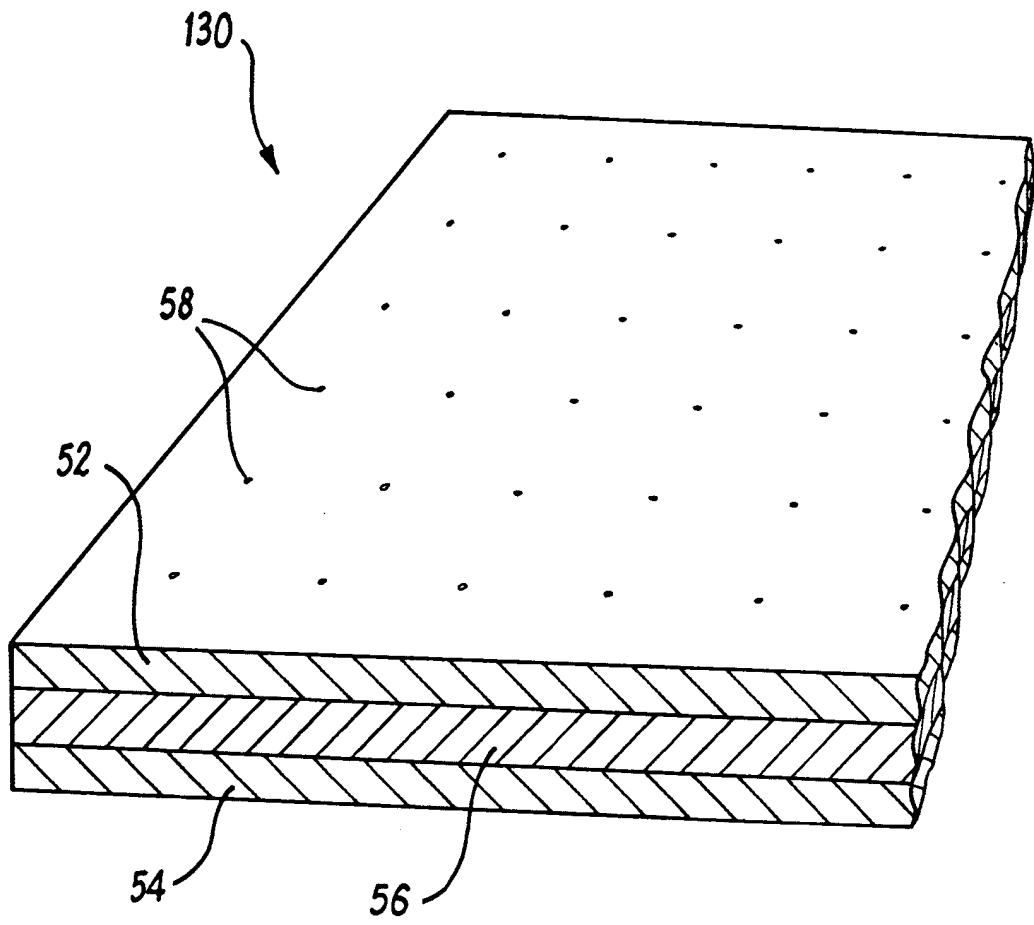


FIG. 8

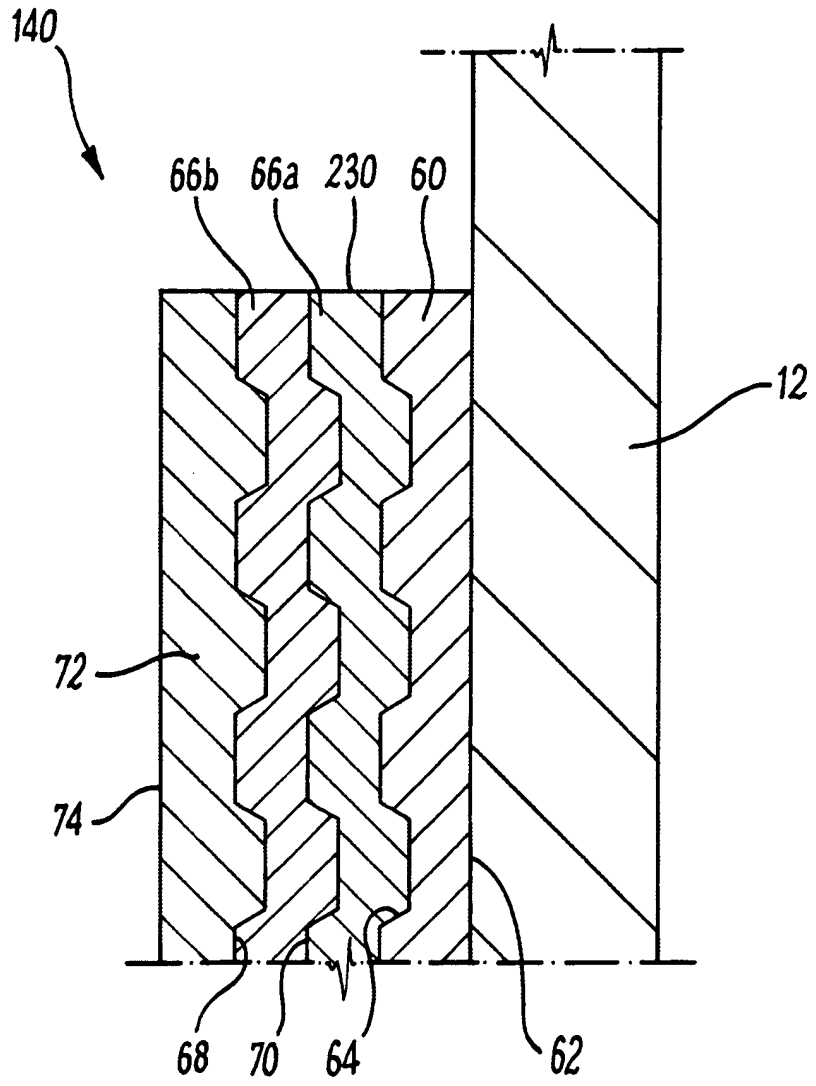


FIG. 9

**RESUMO**

Patente de Invenção: "**MÉTODO DE FORMAR UM APARELHO DE FUNDO DE POÇO**".

A presente invenção refere-se a um método de formar um aparelho de fundo de poço e um aparelho formado pelo método é descrito. O método compreendendo as etapas de fornecer um coro tendo um eixo longitudinal e formando uma parte de expansão no corpo a partir de múltiplas voltas de um material parcial ou substancialmente curado em torno do eixo longitudinal do corpo. O material é selecionado para aumentar em volume na exposição a pelo menos um fluido predeterminado, tal como um fluido de furo de poço. As modalidades da invenção incluem obturadores de furo de poço formados pelo método.