



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1005917-2 A2



(22) Data do Depósito: 17/02/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 15/09/2020

(54) **Título:** SISTEMA DE SENSORES PARA USO EM UM POÇO SUBTERRÂNEO, SISTEMA INTUMESCENTE DE FERRAMENTAS DE POÇO, OBTURADOR INTUMESCENTE E MÉTODO PARA DETERMINAR QUE UM OBTURADOR INTUMESCENTE FOI ASSENTADO

(51) **Int. Cl.:** E21B 33/12; E21B 43/14; E21B 47/00.

(30) **Prioridade Unionista:** 20/02/2009 US 17/389,715.

(71) **Depositante(es):** HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

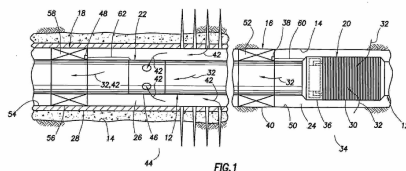
(72) **Inventor(es):** BENJAMIN B. STEWART; RUTGER EVERS; ROGER L. SCHULTZ; TOM RUNE KOLOY; JOHN C. GANO.

(86) **Pedido PCT:** PCT US2010024375 de 17/02/2010

(87) **Publicação PCT:** WO 2010/096417 de 26/08/2010

(85) **Data da Fase Nacional:** 17/08/2011

(57) **Resumo:** SISTEMA DE SENSORES PARA USO EM UM POÇO SUBTERRÂNEO Sistemas e métodos são fornecidos para ativação e monitoramento de material intumesciente em um poço subterrâneo. Um sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo inclui um material intumesciente e pelo menos um sensor que é deslocado para uma superfície do furo de poço, em resposta ao intumescimento do material intumesciente. Outro sistema de sensores inclui um sensor que detecta o intumescimento de um material intumesciente. Um sistema intumesciente de ferramentas de poço inclui um tubo de base, um material intumesciente em um exterior do tubo de base e compensação excêntrica para induzir rotação do material intumesciente em torno de um eixo longitudinal do tubo de base.



"SISTEMA DE SENSORES PARA USO EM UM POÇO SUBTERRÂNEO"

Campo técnico

A presente divulgação se refere geralmente a equipamentos utilizados e às operações realizadas em conjunto com um poço subterrâneo e, em uma modalidade descrita neste documento, mais particularmente, fornece o monitoramento e a ativação de material intumescente em um poço subterrâneo.

10 Antecedentes da invenção

Embora seja conhecido por muitos anos que os materiais intumescentes são úteis em poços subterrâneos, os intumescentes "inteligentes" não avançaram muito além de equipar obturadores ("packers") intumescentes com certos sensores para detectar, por exemplo, a pressão dentro e em torno do material intumescente.

No entanto, a capacidade de um material intumescente para se conformar à forma de uma superfície de furo de poço com a qual entra em contato abre uma variedade de possibilidades para mapear a superfície do furo de poço, por exemplo, determinar a geometria do furo de poço, detectar mudanças de tensões em torno do furo de poço, avaliar capacidade de vedação por pressão diferencial do obturador, etc.

Além disso, são necessárias melhorias na detecção do ajuste do obturador, avaliação do material intumescente, utilização de materiais intumescentes em operações de poço, etc. Por estas e outras razões, a presente divulgação fornece avanços na arte do monitoramento e ativação de material intumescente em um poço subterrâneo, cujos avanços podem ser utilizados em uma variedade de diferentes aplicações.

Sumário da invenção

35 No presente relatório descritivo, sistemas e métodos que resolvem pelo menos um problema do estado da técnica são fornecidos. Um exemplo em que o assentamento de um

elemento de vedação é detectado e uma ferramenta de poço é acionada em resposta é descrito abaixo. Outro exemplo no qual formas da superfície do furo de poço e do elemento de vedação podem ser detectadas usando sensores e substâncias detectáveis no elemento de vedação é descrito abaixo.

Em um aspecto, um sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo é fornecido. O sistema inclui um material intumescente e pelo menos um sensor que se desloca para uma superfície do poço em resposta ao intumescimento do material intumescente.

Em outro aspecto, um sistema de sensores que inclui um material intumescente e pelo menos um sensor que detecta o intumescimento do material intumescente é fornecido.

Em ainda outro aspecto, um sistema de ferramenta de poço intumescente que inclui um tubo de base; um material intumescente em um exterior do tubo de base; e compensação excêntrica para induzir a rotação do material intumescente em torno de um eixo longitudinal do tubo de base é fornecido.

Essas e outras características, vantagens e benefícios se tornarão aparentes para uma pessoa versada na técnica mediante cuidadosa consideração da descrição detalhada das modalidades representativas abaixo e dos desenhos em anexo, em que elementos similares estão indicados nas diversas figuras usando os mesmos números de referência.

Breve descrição dos desenhos

A figura 1 é uma vista em seção transversal parcial esquemática de um sistema de sensores incorporando os princípios da presente divulgação;

As figuras 2 e 3 são vistas em seção transversal esquemáticas de um conjunto de obturador que pode ser usado no sistema de sensores da figura 1, o conjunto de obturador estando em uma condição de passagem na figura 2 e o conjunto de obturador estando em uma condição assentada na figura 3;

As figuras 4 e 5 são vistas em seção transversal

esquemáticas de outra configuração do conjunto de obturador com o conjunto de obturador estando em uma condição de passagem na figura 4 e o conjunto de obturador estando em uma condição assentada na figura 5;

5 As figuras 6 e 7 são vistas em seção transversal esquemáticas de outra configuração do conjunto de obturador com o conjunto de obturador estando em uma condição de passagem figura 6 e o conjunto de obturador estando em uma condição assentada na figura 7;

10 As figuras 8 e 9 são vistas em seção transversal esquemáticas de outra configuração do conjunto de obturador com o conjunto de obturador estando em uma condição de passagem na figura 8 e o conjunto de obturador estando em uma condição assentada na figura 9;

15 As figuras 10 e 11 são vistas em seção transversal esquemáticas de outra configuração do conjunto de obturador com o conjunto de obturador estando em uma condição de passagem na figura 10 e o conjunto de obturador estando em uma condição assentada na figura 11;

20 As figuras 12 e 13 são vistas em seção transversal esquemáticas de outra configuração do conjunto de obturador com o conjunto de obturador estando em uma condição de passagem na figura 12 e o conjunto de obturador estando em uma condição assentada na figura 13;

25 e

As figuras 14 a 16 são vistas extremas e em seção transversal esquemáticas de um sistema de ferramenta de poço intumesciente com o sistema estando em uma condição de passagem nas figuras 14 e 15, e o sistema estando em uma condição assentada na figura 16.

30 Descrição detalhada da invenção

É preciso entender que as várias modalidades descritas neste documento podem ser utilizadas em várias orientações, tal como inclinadas, invertidas, horizontais, verticais, etc., e em várias configurações, sem se afastar dos princípios da presente divulgação. As modalidades são meramente descritas como exemplos de

aplicações úteis dos princípios da divulgação, os quais não estão limitados a quaisquer detalhes específicos destas modalidades. Na seguinte descrição das modalidades representativas da divulgação, os termos direcionais, tal
5 como "acima", "abaixo", "superior", "inferior", etc., são usados por conveniência ao se referir aos desenhos em anexo.

Em vários exemplos descritos a seguir, os princípios desta divulgação são incorporados em um conjunto de
10 obturador usado para vedar um anular em um poço e são incorporados em uma ferramenta de poço usada para posicionar certos componentes em um furo de poço. No entanto, deve ser claramente entendido que a divulgação dos princípios não se limita ao uso com conjunto de
15 obturador ou quaisquer outras ferramentas de poço particulares, uso na vedação de um anular, ou qualquer outro uso particular. Em vez disso, os princípios da divulgação são aplicáveis a uma ampla variedade de diferentes ferramentas de poço e métodos.

20 Em um exemplo, um material rastreador é liberado mediante o ajuste de um obturador. Por exemplo, um disco de ruptura pode estourar para liberar o material rastreador em resposta a um aumento de pressão em um material intumesciente devido ao ajuste do obturador. Por exemplo,
25 o disco de ruptura está localizado na ou perto da superfície do material intumesciente que entrará em contato com o furo de poço. Quando o material intumesciente contata o furo de poço, o disco de ruptura abre devido à força de contato liberando o material
30 rastreador. Um sensor do obturador detecta o material rastreador como uma indicação do obturador sendo assentado. Outra ferramenta de poço (tal como um dispositivo de controle de fluxo) é operada em resposta ao sensor que detecta o material rastreador. O sensor é
35 de preferência posicionado em um anel de extremidade do obturador.

Em outro exemplo, uma substância detectável é incorporada

em um elemento de vedação do obturador. A substância se desloca na medida em que um material intumescente do elemento de vedação intumesce. Por exemplo, a substância detectada é encapsulada em cavidades no interior do material intumescente que expande e estoura quando o material intumescente intumesce. Um ou mais sensores posicionados em um interior do obturador, ou perto do obturador, detectam o deslocamento da substância como uma indicação da extensão a qual o material intumescente intumesceu.

Em ainda outro exemplo, os sensores de pressão são incorporados em um elemento de vedação do obturador intumescente. Os sensores detectam um aumento de pressão no elemento de vedação como uma indicação de vedação (por exemplo, devido ao elemento de vedação pressionar contra uma superfície do furo de poço). Os sensores são posicionados em uma interface entre o elemento de vedação e um tubo de base do obturador. Outros sensores de pressão são incorporados no elemento de vedação e ainda outros sensores de pressão são posicionados em uma superfície de vedação do elemento de vedação. Vários modos de telemetria são usados para transmitir indicações dos sensores para um local remoto (tal como a superfície da Terra ou em outro local no poço).

Em um exemplo adicional, a extensão à qual um elemento de vedação do obturador se expandiu pode ser medida. Por exemplo, implantes de íons podem ser fornecidos no elemento de vedação para possibilitar o mapeamento da superfície do furo de poço a qual os elementos de vedação contatam. O mapeamento é através de um sensor (por exemplo, transportado por fios ou tubulação em espiral através de um tubo de base do obturador), que detecta os implantes de íons ou outras substâncias no elemento de vedação. Isto permite a modelagem de uma superfície de um furo de poço não revestido, ou o interior de um revestimento. Comutadores de polímeros podem ser usados para ativar os sensores no elemento de vedação e

geradores elétricos podem ser usados para fornecer energia para os sensores.

Em ainda um exemplo adicional, um material intumescente é usado para deslocar um sensor em contato com uma superfície de furo de poço em um intervalo interceptado pelo furo de poço. Outro sensor pode ser usado para detectar uma propriedade de fluido que flui entre o intervalo e um interior do tubo de base para, assim, determinar certos parâmetros (com base nas diferenças entre as indicações recebidas dos diferentes sensores). Por exemplo, os parâmetros podem ser vazão, composição, propriedades térmicas, propriedades físicas do fluido, etc. Quando realizado em vários locais ao longo de uma coluna de produção ou injeção, este processo permite que a contribuição para escoar para ou de cada intervalo seja determinada.

Os sensores podem incluir sensores de temperatura, pressão e/ou outros tipos de sensores. Por exemplo, o sensor no obturador poderia incluir um guia de onda óptico (tal como uma fibra óptica) enrolada sobre o elemento de vedação. Os sensores podem estar em comunicação com outra ferramenta de poço e, assim, a ferramenta de poço pode ser acionada em resposta à saída de indicações pelos sensores.

O material intumescente pode deslocar o sensor para certa porção do furo de poço (tal como um lado superior de um furo de poço desviado ou horizontal). O material intumescente pode ser excêntricamente compensado para, assim, orientar azimutalmente os componentes (tal como um tubo de derivação, um sensor, uma pistola de perfuração, etc.) em relação ao furo de poço. Desta forma, os componentes podem ser deslocados lateralmente e/ou circunferencialmente em relação ao furo de poço em uma direção predeterminada pelo material intumescente.

Notem que as características dos vários exemplos discutidos brevemente acima não são mutuamente exclusivas. Em vez disso, nenhuma das características de

quaisquer dos exemplos descritos a seguir pode ser incorporada em qualquer um dos outros exemplos.

Representativamente ilustrado na figura 1 está um sistema de sensores 10 que incorpora os princípios da presente divulgação. No sistema 10, uma coluna tubular 12 é
5 posicionada em um furo de poço 14. A coluna tubular 12 inclui conjuntos de obturadores 16, 18 e ferramentas de poço adicionais 20, 22.

Como mostrado na figura 1, o conjunto de obturador 16 é
10 assentado em uma porção de furo aberto (não revestido) do furo de poço 14 para, dessa forma, vedar um anular 24 formado radialmente entre a coluna tubular 12 e o furo de poço, e o conjunto de obturador 18 é assentado em uma porção revestida do furo de poço para, dessa forma, vedar
15 um anular 26 formado radialmente entre a coluna tubular e o revestimento 28 revestindo o furo de poço. No entanto, qualquer um ou ambos os conjuntos de obturadores 16, 18 podem estar localizados nas e assentados em cada uma das porções não revestidas ou revestidas do furo de poço 14.

20 O furo de poço 14 é ilustrado na figura 1 como sendo geralmente orientado horizontalmente, mas o furo de poço poderia, em vez disso, ser geralmente orientado verticalmente ou inclinado (desviado) em relação à direção vertical. A coluna tubular 12 é
25 representativamente uma coluna de tubulação de produção ou coluna de completação, mas outros tipos de colunas tubulares (por exemplo, colunas de revestimento ou liners, colunas de injeções, etc.) também podem incorporar os princípios da presente divulgação.

30 A ferramenta de poço 20, conforme representada na figura 1 inclui uma tela de poço 30 que filtra o fluido 32 que flui para a coluna tubular 12 a partir de um intervalo 34 interceptado pelo furo de poço 14. A ferramenta de poço 20 também inclui um dispositivo de controle de fluxo 36
35 associado com a tela de poço 30. O dispositivo de controle de fluxo 36 pode ser qualquer tipo de dispositivo de controle de fluxo, tal como uma válvula,

uma válvula de retenção ou um dispositivo de controle de influxo do tipo que restringe o fluxo do fluido 32 para a coluna tubular 12.

Em uma característica única do sistema 10, o conjunto de obturador 16 possui sensores integrados no elemento de obturador que usam o deslocamento e a deformação de um material intumescente para visualizar o furo de poço 14 e medir a pressão de intumescimento ou a pressão de contato entre o furo de poço 14 e o conjunto de obturador 16. A capacidade de medir uma mudança na distância do material intumescente de um tubo de base do conjunto de obturador 16, ou variações de pressão de contato, é utilizada para definir a geometria furo de poço 14. Ao longo da vida do poço, isso facilita a medição das mudanças na tensão em torno do furo de poço 14. O desempenho do conjunto de obturador 16 pode ser monitorado e modelado em ambientes dinâmicos, tal como durante a fratura e outros tratamentos de estimulação, perfuração, etc.

O conjunto de obturador 16 pode incluir pelo menos um sensor 38 que pode realizar uma variedade de funções para aperfeiçoar o desempenho e a operacionalidade do sistema. Algumas destas funções (detecção de ajuste do conjunto de obturador 16, detecção de uma forma de um elemento de vedação 40, detecção de pressões e/ou temperaturas, etc.) foram brevemente discutidas acima e serão descritas mais completamente a seguir em relação aos exemplos específicos de configurações do conjunto de obturador 16.

O sensor 38 pode ser um sensor de vibração (como um acelerômetro, etc.). A vibração pode ser usada para identificar fluxo laminar ou turbulento que pode, por sua vez, ser usado para indicar o tipo de fluido, fluxo no anular próximo a um obturador, fluxo na estrutura da rocha ao redor do conjunto de obturador 16 e, assim, desviando do conjunto de obturador, etc. Esta informação pode ser usada de várias outras maneiras, tal como escoar material intumescente adicional, indicar fluxo de água ou gás, indicar problemas de formação, etc.

Como mostrado na figura 1, o sensor 38 é conectado à ferramenta de poço 20 e o sensor é usado para controlar a operação do dispositivo de controle de fluxo 36. Por exemplo, o dispositivo de controle de fluxo pode ser aberto ou menos restritivo ao fluxo do fluido 32 em resposta à detecção do conjunto de obturador 16 estando assentado ou o dispositivo de controle de fluxo pode ser fechado ou mais restritivo ao fluxo do fluido em resposta a detecção de uma mudança de volume no elemento de vedação 40, devido à invasão de água ou gás, etc. Estes são apenas alguns exemplos da grande variedade de usos possíveis para os princípios descritos nesta divulgação. O outro conjunto de obturador 18 é assentado na porção revestida do furo de poço 14, como descrito acima, a fim de vedar o anular 26. O fluido 42 flui de um intervalo 44 interceptado pelo furo de poço 14 na coluna tubular 12 através da ferramenta de poço 22. Os fluidos 32, 42 se misturam na coluna tubular 12 e fluem para um local remoto, como a superfície da Terra ou uma tubulação do fundo do mar, etc.

A ferramenta de poço 22 é representada na figura 1 como compreendendo um dispositivo de controle de fluxo 46 (tal como uma válvula, estrangulador, etc.), mas outros tipos de ferramentas de poço (tal como obturadores, injetores de produtos químicos, sensores, acionadores, etc.) podem ser usados, se desejado. A ferramenta de poço 22 pode ser usada no lugar da ferramenta de poço 20, e vice-versa.

Em outra característica única do sistema 10, o conjunto de obturador 18 inclui pelo menos um sensor 48 que pode realizar qualquer uma das funções aqui descritas e que pode ser semelhante ao sensor 38 descrito acima. O sensor 48 é ilustrado na figura 1 como sendo conectado à ferramenta de poço 22, a fim de controlar a operação da ferramenta de poço de forma semelhante ao controle da ferramenta de poço 20 usando o sensor 38 como discutido acima. Alternativamente, ou adicionalmente, os sensores 38, 48 podem ser usados para determinar a contribuição de

cada um dos fluidos 32, 42 para o fluxo misturado através da coluna tubular 12, como descrito mais completamente abaixo.

Notem que o conjunto de obturador 16 veda contra uma
5 superfície não revestida 50 do furo de poço 14 que pode ser irregular (por exemplo, devido a lavagens, restrições, desmoronamentos, etc.) Por esta razão, o elemento de vedação 40 do conjunto de obturador 16 de preferência inclui um material intumescente 52 que
10 permite que o elemento de vedação se conforme perfeitamente à forma da superfície do furo de poço 50. Em outra característica única do sistema 10, o sensor 38 pode ser usado para detectar o intumescimento do material intumescente 52, a forma e/ou volume do material
15 intumescente, a forma da superfície do furo de poço 50, mudanças nestas formas e volumes, etc.

Em contraste, o conjunto de obturador 18 veda contra uma superfície do poço 54 que pode ser relativamente suave e consistente na forma. No entanto, um elemento de vedação
20 56 do conjunto de obturador 18 também pode incluir um material intumescente 58, se desejado, por conveniência, economia e/ou motivos de operacionalidade.

Os sensores 38, 48 estão representados na figura 1 como estando ligados às ferramentas de poço 20, 22 através das
25 linhas 60, 62 (por exemplo, linhas elétricas ou ópticas, etc.) No entanto, os sensores 38, 48 também podem se comunicar com as ferramentas de poço 20, 22 através de qualquer tipo de telemetria sem fio (por exemplo, acústica, pulso de pressão, eletromagnética, etc.), e os
30 sensores podem se comunicar com um local remoto (por exemplo, um sistema de coleta de dados e/ou controle na superfície ou no fundo do mar, outro local dentro do poço, etc.).

Os sensores 38, 48 estão representados na figura 1 como
35 sendo incorporados fisicamente em conjuntos de obturadores 16, 18 dentro dos elementos de vedação 40, 56. No entanto, os sensores 38, 48 podem, ao invés disso,

ser incorporados em outras porções dos conjuntos de obturadores 16, 18 (como, em anéis de extremidade abrangendo os elementos de vedação 40, 56, montados em nível na superfície externa dos elementos de vedação, etc.), podem ser recebidos dentro do interior dos conjuntos de obturadores (como, em uma passagem de fluxo se estendendo através de conjuntos de obturadores, etc.) e podem ser transportados para o furo de poço 14 separadamente dos conjuntos de obturadores (tal como, por cabo de aço, cabo liso ou tubulação em espiral, etc.). Assim, será apreciado que uma ampla variedade de configurações diferentes são possíveis para os conjuntos de obturadores 16, 18, ferramentas de poço 20, 22 e sensores 38, 48. Várias dessas diferentes configurações são descritas mais detalhadamente a seguir, mas deve ser claramente entendido que estes são apenas exemplos de como os princípios desta divulgação podem ser utilizados e, conseqüentemente, os princípios da divulgação não se limitam de qualquer forma a detalhes particulares dos exemplos descritos.

Além disso, deve ser entendido que o sistema 10 representado na figura 1 é ilustrado e descrito aqui apenas para demonstrar uma aplicação na qual os princípios da divulgação podem ser utilizados. Nenhum dos detalhes do sistema 10 aqui descritos é necessário para a utilização dos princípios da divulgação. Em vez disso, uma ampla variedade de sistemas muito diferentes pode utilizar os princípios da divulgação.

Como observado acima, os elementos de vedação 40, 56 dos conjuntos de obturadores 16, 18 podem incluir materiais intumescentes 52, 58. Qualquer tipo de material intumescente pode ser usado para os materiais 52, 58 nos conjuntos de obturadores 16, 18. O termo "intumescer" e termos similares (como "intumescente") são usados neste documento para indicar um aumento no volume de um material. Normalmente, este aumento no volume é devido à incorporação de componentes moleculares do fluido dentro

do material intumescente em si, mas outros mecanismos ou técnicas de intumescimento podem ser usados, se desejado. Notem que intumescimento não é o mesmo que expansão, embora um material possa se expandir como resultado do
5 intumescimento.

Por exemplo, em alguns obturadores convencionais, um elemento de vedação pode ser expandido radialmente para fora comprimindo longitudinalmente o elemento de vedação ou inflando o elemento de vedação. Em cada um desses
10 casos, o elemento de vedação é expandido sem qualquer aumento no volume do material do qual o elemento de vedação é feito. Assim, nestes obturadores convencionais, o elemento de vedação se expande, mas não intumesce.

O fluido que causa intumescimento dos materiais
15 intumescentes 52, 58 pode ser água e/ou fluido de hidrocarbonetos (tal como petróleo ou gás). O fluido pode ser um gel ou um material semissólido, tal como uma cera contendo hidrocarboneto ou parafina, que derrete quando exposto à temperatura elevada em um furo de poço. Desta
20 forma, o intumescimento dos materiais 52, 58 pode ser retardado até que o material seja posicionado dentro do poço onde uma temperatura elevada predeterminada existe.

O fluido pode causar o intumescimento dos materiais intumescentes 52, 58, devido à passagem do tempo. O
25 fluido que causa intumescimento dos materiais 52, 58 pode estar naturalmente presente no poço ou ele pode ser transportado com os conjuntos de obturadores 16, 18, transportado separadamente ou escoado em contato com os materiais 52, 58 no poço quando desejado. Qualquer forma
30 de contato do fluido com os materiais 52, 58 pode ser usada de acordo com os princípios da presente divulgação. Vários materiais intumescentes são conhecidos por aqueles versados na técnica, cujos materiais intumescem quando em contato com água e/ou fluidos de hidrocarbonetos, por
35 isso uma lista abrangente destes materiais não será apresentada aqui. A lista parcial de materiais intumescentes pode ser encontrada nas Patentes US

3.385.367, 7.059.415 e 7.143.832, as divulgações inteiras das quais sendo incorporadas neste documento para referência.

Como alternativa, os materiais intumescentes 52, 58 podem ter uma porção substancial de cavidades nos mesmos que são comprimidas ou colapsadas na condição de superfície. Então, após serem colocados no poço a uma pressão mais elevada, os materiais 52, 58 podem ser expandidos pelas cavidades que enchem com fluido.

Este tipo de aparelho e método pode ser usado onde é desejado expandir os materiais 52, 58 na presença de gás ao invés de óleo ou água. Um material intumescente adequado é descrito no Pedido de Patente US Publicado 2007-0257405, a divulgação inteira do qual é incorporada neste documento para referência.

De preferência, os materiais intumescentes 52, 58 usados nos conjuntos de obturadores 16, 18 intumescem pela difusão de hidrocarbonetos no material intumescente, ou no caso de um material intumescente em água, pela água que está sendo absorvida por um material superabsorvente (tal como celulose, argila, etc.) e/ou através da atividade osmótica com um material como sal. Os materiais intumescentes em hidrocarbonetos, água e/ou gás podem ser combinados nos elementos de vedação 40, 56 dos conjuntos de obturadores 16, 18, se desejado.

Deve, portanto, ficar claramente entendido que qualquer tipo ou combinação de material intumescente que intumescer quando contatado com qualquer tipo de fluido pode ser usado de acordo com os princípios desta divulgação. O intumescimento dos materiais 52, 58 pode ser iniciado a qualquer momento mas, de preferência, o material intumescer pelo menos, após os conjuntos de obturadores 16, 18 serem instalados no poço.

O intumescimento dos materiais 52, 58 pode ser retardado, se desejado. Por exemplo, uma membrana ou cobertura pode estar em qualquer uma das ou em todas as superfícies dos materiais 52, 58 para, assim, retardar o intumescimento

do material. A membrana ou cobertura poderia ter uma taxa mais lenta de intumescimento, ou uma taxa mais lenta de difusão do fluido através da membrana ou cobertura, a fim de retardar o intumescimento dos materiais 52, 58. A
5 membrana ou cobertura pode ter permeabilidade reduzida ou pode romper em resposta à exposição a certas quantidades de tempo e/ou certas temperaturas. As técnicas e os arranjos adequados para retardar o intumescimento de um material intumescente estão descritos na Patente US
10 7.143.832 e no Pedido de Patente Publicado US 2008-0011473, as divulgações inteiras dos quais sendo incorporadas neste documento para referência.

Com referência, adicionalmente, agora às figuras 2 e 3, uma configuração possível do conjunto de obturador 16 no
15 sistema 10 é representativamente ilustrada. O conjunto de obturador 16 é representado em uma condição de passagem na figura 2, separada do restante do sistema 10, e o conjunto de obturador é representado em uma configuração assentada na figura 3. Apesar de apenas detalhes e
20 características exemplares do conjunto de obturador 16 serem descritos a seguir, o conjunto de obturador 18 pode incluir qualquer um ou todos estes mesmos detalhes e características.

O conjunto de obturador 16 das figuras 2 e 3 inclui
25 geralmente um tubo de base tubular 64, com o elemento de vedação 40 sendo radialmente externamente disposto em um exterior do tubo de base. Uma passagem de fluxo 68 se estende longitudinalmente através dos tubos de base 64. Os anéis de extremidade 66 se estendem sobre o elemento
30 de vedação 40, assim, prendem o elemento de vedação no tubo de base 64 e aperfeiçoam a capacidade de resistência à pressão diferencial do elemento de vedação.

Em várias modalidades, o elemento de vedação 40 pode deslizar no tubo de base 64, pode ser moldado no tubo de
35 base, pode ser ligado, aderido, vulcanizado ou, de outra forma, preso ao tubo de base, com ou sem o uso dos anéis de extremidade 66. Os anéis de extremidade 66 podem ser

formados separadamente ou integralmente com o tubo de base 64, e podem ser soldados, fixados ou de outra forma presos ao tubo de base.

O conjunto de obturador 16 inclui vários sensores 38. Os
5 sensores 38 são representados como sendo em geral uniformemente distribuídos ou dispersos no elemento de vedação 40, com alguns dos sensores sendo posicionados em uma superfície de vedação externa 70 do elemento de vedação, alguns sensores sendo posicionados em contato
10 tanto com o tubo de base 64 quanto com o elemento de vedação em uma interface entre os mesmos e alguns dos sensores sendo posicionados no elemento de vedação entre a superfície de vedação e o tubo de base. Os sensores 38 podem ser posicionados em qualquer uma dessas posições,
15 ou em qualquer combinação destas posições, de acordo com os princípios desta divulgação.

Os sensores 38 podem ser de qualquer tipo ou combinação de sensores. De preferência, os sensores 38 compreendem sensores de pressão e temperatura, mas outros tipos de
20 sensores (tal como sensores de resistividade, capacitância, radiação, compressão, corte de água, composição, densidade, etc.) podem ser usados, se desejado. Os sensores 38 podem ser de qualquer tamanho, inclusive muito pequenos (tal como os sensores de
25 nanoescala descritos no Pedido de Patente Publicado US 2008/0125335, a divulgação inteira do qual sendo incorporada neste documento para referência).

Notem que os sensores 38 posicionados na superfície de vedação 70, de preferência, entrarão em contato com a
30 superfície do furo de poço 50, quando o material intumesciente 52 intumescer, conforme representado na figura 3. Estes sensores 38 podem, assim, medir diretamente a pressão e a temperatura (e/ou outras propriedades) do intervalo 34 (e/ou do fluido 32 no
35 mesmo) na superfície do furo de poço 50. Os outros sensores 38 no elemento de vedação 40 podem medir diretamente a pressão e a temperatura (e/ou outras

propriedades) dentro do elemento de vedação.

Há muitos usos potenciais para as indicações de saída de pressão, temperatura, etc. pelos sensores 38. Por exemplo, espera-se que os sensores 38 sejam úteis para
5 determinar as propriedades (tal como pressão hidrostática e temperatura ambiente, etc.) no furo de poço 14 durante e depois do transporte do conjunto de obturador 16 dentro do poço. No entanto, um aumento subsequente da pressão no elemento de vedação 40, como detectado pelos sensores 38,
10 pode indicar que o elemento de vedação intumescceu e entrou em contato com a superfície do furo de poço 50, e está sendo pressionado contra a superfície do poço. A quantidade do aumento de pressão pode indicar se o elemento de vedação 40 se acoplou de forma vedada na
15 superfície do furo de poço 50, e pode indicar a capacidade de vedação por pressão diferencial deste engate de vedação.

Os sensores 38 na superfície de vedação 70 em contato com a superfície do furo de poço 50 podem indicar a
20 temperatura, pressão, etc. do intervalo 34 e/ou do fluido 32 no mesmo. Se outro sensor 72 for usado para determinar as propriedades do fluido 32 que flui através da passagem 68, então, certas determinações (por exemplo, vazão de fluxo, composição, propriedades térmicas, propriedades
25 físicas, etc.) a respeito do fluido podem ser feitas com base, por exemplo, em uma diferença de temperatura detectada pelos sensores 38, 72, uma diferença nas pressões detectadas pelos sensores, etc.

Se o outro conjunto de obturador 18 ou outros conjuntos
30 de obturadores 16 que isolam outras zonas no mesmo poço são igualmente equipados com os sensores 38, 72, então, a contribuição de cada fluido 32, 42 ao fluxo misturado de cada região através da coluna tubular 12 pode ser determinada. Ou seja, se a vazão do fluido 32 é conhecida
35 (por exemplo, com base nas diferenças de pressão e/ou temperatura, como indicadas pelos sensores 38, 72 do conjunto de obturador 16) e a vazão de fluidos misturados

32, 42 é conhecida (por exemplo, com base nas diferenças de pressão e/ou temperatura, como indicado pelos sensores 38, 72 do conjunto de obturador 18), então, a vazão do fluido 42 pode ser convenientemente determinada. O perfil de fluxo, para determinar tanto a vazão quanto a composição relativa de óleo, água e gás também pode ser realizado com os dados obtidos dos sensores 38 e 72.

Os sensores 38 também podem ser usados para determinar uma forma e/ou volume do elemento de vedação 40, antes e/ou após o elemento de vedação ter intumescido. Quando o elemento de vedação 40 contata a superfície do furo de poço 50, a forma da superfície do furo de poço pode ser determinada com base nas indicações fornecidas pelos sensores 38.

O mapeamento detalhado da superfície do furo de poço 50 pode ser útil para diversos fins. Ao longo do tempo, mudanças na forma da superfície do furo de poço 50, conforme indicadas pelas saídas dos sensores 38, podem indicar mudanças nas tensões furo de poço. Esta informação pode ser útil no planejamento de operações de reparação, operações de estimulação, etc.

Se os sensores 38 detectam a invasão de água ou gás, o dispositivo de controle de fluxo 36 pode ser acionado para restringir ou cortar completamente o fluxo do fluido 32 do intervalo 34 para a coluna tubular 12. No momento que o conjunto de obturador 16 é assentado, o dispositivo de controle de fluxo 36 pode ser acionado para abrir e permitir fluxo do fluido 32 do intervalo 34 para a coluna tubular 12, em resposta aos sensores 38 detectando que o conjunto de obturador assentou (por exemplo, que o elemento de vedação 40 engatou de forma vedada na superfície do furo de poço 50). Outros tipos de ferramentas de poço (tal como obturadores, injetores de produtos químicos, sensores, acionadores, etc.) podem ser acionados ou ativados em resposta às indicações fornecidas pelos sensores 38, 72.

Com referência, adicionalmente, agora às figuras 4 e 5,

outra configuração do conjunto de obturador 16 no sistema 10 é representativamente ilustrada. Nesta configuração, o conjunto de obturador 16 inclui múltiplos sensores 38 que estão posicionados na interface entre o tubo de base 64 e o elemento de vedação 40. No entanto, os sensores 38 podem ser posicionados de outra forma (por exemplo, como na configuração das figuras 2 e 3), se desejado.

Além disso, o elemento de vedação 40 inclui uma substância 74, que é detectável pelos sensores 38. Como mostrado nas figuras 4 e 5, a substância 74 é incorporada em uma camada externa 76 do elemento de vedação 40, de modo que a superfície de vedação 70 esteja sobre um exterior da camada 76, mas outras configurações podem ser usadas, se desejado. Por exemplo, a substância 74 pode ser posicionada no interior do elemento de vedação 40, a substância pode ser dispersa ou distribuída dentro do elemento de vedação, etc.

De preferência, os sensores 38 fornecem indicações da proximidade da substância 74 (por exemplo, a distância entre os sensores e a substância). Como mostrado na figura 4, antes de assentar o conjunto de obturador 16, os sensores 38 indicariam uma distância consistente entre os sensores e a substância 74 ao longo do comprimento do elemento de vedação 40.

No entanto, após o conjunto de obturador 16 ter sido assentado como ilustrado na figura 5, os sensores 38 indicariam variações na distância entre os sensores e a substância 74 ao longo do comprimento do elemento de vedação 40. Desta maneira, a forma e o volume do elemento de vedação 40 podem ser convenientemente determinados e a forma da superfície do furo de poço 50 pode ser convenientemente determinada após o elemento de vedação ter entrado em contato e se conformado à superfície do poço. Mudanças na forma e volume do elemento de vedação 40 e na superfície do furo de poço 50 ao longo do tempo também podem ser monitoradas usando a configuração das figuras 4 e 5.

Se for determinado que a capacidade de vedação por pressão diferencial do elemento de vedação 40 é inadequada (por exemplo, devido a uma diminuição na pressão, ou de outra forma pressão insuficiente, no elemento de vedação, como indicado pelos sensores 38, devido à falta, ou de outra forma insuficiência, de contato entre a superfície de vedação 70 e a superfície do furo de poço 50, como indicado pelos sensores, etc.), pode ser desejado induzir intumescimento adicional do elemento de vedação. Para este fim, o conjunto de obturador 16 inclui um reservatório 78 contendo um fluido indutor de intumescimento 80. O fluido 80 também pode, ou em vez disso, ser usado para iniciar o intumescimento do material intumescente 52 para inicialmente assentar o conjunto de obturador 16 como descrito acima.

Quando é desejado induzir o intumescimento (ou intumescimento adicional) do material intumescente 52, um dispositivo de controle de fluxo 82 é acionado para escoar o fluido 80 em contato com o material intumescente por meio de tubos perfurados 84 se estendendo longitudinalmente no elemento de vedação 40. O dispositivo de controle de fluxo 82 pode incluir uma bomba, pistão, dispositivo de compensação, etc., para forçar o fluido 80 a escoar do reservatório 80 para o elemento de vedação 40. De preferência, o dispositivo de controle de fluxo 82 é operável em resposta às indicações fornecidas pelos sensores 38.

O conjunto de obturador 16 inclui ainda dispositivos elétricos 86 que operam em conjunto com os sensores 38. Por exemplo, os dispositivos 86 podem ser geradores elétricos que geram eletricidade para fornecer energia para os sensores 38. Nesse caso, os dispositivos 86 podem gerar energia elétrica em resposta ao intumescimento do material intumescente 52 (por exemplo, os dispositivos podem incluir material piezelétrico ou magnetostriativo, etc.). A quantidade de energia elétrica gerada pelos dispositivos 86 e a localização e o número de

dispositivos que geram essa energia podem ser detectados pelos sensores 38 como uma indicação do assentamento do conjunto de obturador 16, da extensão de intumescimento do material intumescente 52, da forma e/ou do volume do elemento de vedação 40 e/ou da forma da superfície do furo de poço 50, etc.

Alternativamente, ou adicionalmente, os dispositivos 86 podem ser comutadores, cuja ativação é detectada pelos sensores 38, ou que operam para fornecer energia para os sensores. Nesse caso, os dispositivos 86 podem ser comutadores de polímeros de escala muito pequena dispersos ou distribuídos no elemento de vedação 40 e operativos em resposta a uma pressão predeterminada em cada comutador no elemento de vedação. O número e a localização dos comutadores ativados podem ser detectados pelos sensores 38 como uma indicação do assentamento do conjunto de obturador 16, da extensão do intumescimento do material intumescente 52, da forma e/ou volume do elemento de vedação 40 e/ou da forma da superfície do furo de poço 50, etc.

Com referência, adicionalmente, agora às figuras 6 e 7, outra configuração do conjunto de obturador 16 no sistema 10 é representativamente ilustrada. Nesta configuração, a substância 74 é distribuída de forma bastante uniforme no elemento de vedação 40 e o sensor 38 usado para detectar a substância é transportado separadamente na passagem 68 (por exemplo, via cabo de aço, cabo liso, tubulação em espiral, etc.).

O sensor 38 detecta a presença, localização, proximidade, densidade (por exemplo, a massa da substância 74 por unidade de volume do elemento de vedação 40) e/ou outros parâmetros relacionados à substância. Por exemplo, será apreciado que a densidade da substância 74 no elemento de vedação 40 diminui à medida que o elemento de vedação intumesce. Se o sensor 38 detecta a densidade da substância 74, então, a quantidade de intumescimento do elemento de vedação 40 em vários locais ao longo de seu

comprimento pode ser convenientemente determinada, bem como a forma e o volume do elemento de vedação, e a forma da superfície do furo de poço 50 após o elemento de vedação ter contatado e se conformado à superfície do furo de poço.

Por outro lado, será apreciado que o espaçamento entre as várias substâncias 74 no elemento de vedação 40 aumenta à medida que o elemento de vedação intumescce. Se o sensor 38 detecta o espaçamento das substâncias 74, então, a quantidade de intumescimento do elemento de vedação 40 em vários locais ao longo de seu comprimento pode ser convenientemente determinada, bem como a forma e o volume do elemento de vedação, e a forma da superfície do furo de poço 50 após o elemento de vedação ter contatado e se conformado à superfície do furo de poço.

As figuras 4 a 7 representam apenas alguns exemplos de como a substância 74 pode ser usada em conjunto com o sensor 38 para determinar várias características do elemento de vedação 40 e da superfície do furo de poço 50. Outras formas de detectar e monitorar essas e outras características do elemento de vedação 40 e/ou da superfície do furo de poço 50 podem ser usadas de acordo com os princípios desta divulgação.

A substância 74 pode ser qualquer tipo de substância que pode ser detectável por um ou mais sensores 38. Por exemplo, a substância 74 pode ser um implante de íons, um metal (tal como partículas de metal ou uma camada de metal, etc.), um material radioativo, transmissores de radiofrequências pequenos (RF) (que podem ser alimentados com energia elétrica e/ou ativados usando os dispositivos elétricos 86 descritos acima), etc.

A produção de energia pela substância 74 (por exemplo, energia eletromagnética de transmissores de RF) pode variar em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O sensor 38 pode ser operativo para detectar a produção de energia.

Com referência, adicionalmente, agora às figuras 8 e 9,

outra configuração do conjunto de obturador 16 usado no sistema 10 é representativamente ilustrada. Nesta configuração, vários sensores 38 são incorporados em, ou de outra forma, posicionados nos anéis de extremidade 66.

5 Os sensores 38 são usados para detectar a configuração do conjunto de obturador 16 (por exemplo, através da detecção de intumescimento do material intumescente 52). Um material rastreador 88 está contido em um dispositivo de liberação 90 posicionado no elemento de vedação 40.

10 Quando o elemento de vedação 40 intumesce e o dispositivo de liberação 90 é, assim, exposto a um aumento de pressão predeterminado suficiente uma barreira 92 (tal como um disco de ruptura, etc.) em uma extremidade externa do dispositivo de liberação estourará liberando o material

15 88 próximo ao sensor 38.

Por exemplo, o aumento predeterminado da pressão pode ser devido ao elemento de vedação 40 contatar e pressionar contra a superfície do furo de poço 50 com força suficiente para produzir um nível desejado de engate de

20 vedação. Se os sensores 38 não detectam o material rastreador 88, então, isso é uma indicação de que o engate de vedação desejado não foi obtido.

Em outra modalidade, o material rastreador pode ser encapsulado no material intumescente na, ou perto da,

25 superfície do obturador que deverá entrar em contato com a superfície do poço perto do meio do elemento 16. Quando o material intumescente intumescer, o material rastreador será liberado devido à expansão ou explosão do material de encapsulamento em torno do material rastreador. O

30 fluido que escoar pelo material intumescente escoaria o material rastreador pelo sensor 38, ou para a superfície onde o material rastreador pudesse ser detectado. Assim, seria possível determinar se o material intumescente foi intumescido até certo grau (por exemplo, a quantidade

35 necessária para explodir o material de encapsulamento). Uma vez que o obturador expansível intumesce o suficiente para vedar contra a superfície do poço, o material

rastreador não seria mais liberado, já que ele estaria retido entre a superfície do poço e o material intumescente. Assim, primeiramente pela detecção de que o material rastreador estava presente, quer no sensor 38 ou
5 na superfície, então, estava ausente, digamos após o tempo previsto para o obturador intumescente assentar, se poderia confirmar que o obturador intumescente começou a assentar concluiu o assentamento.

Se os sensores 38 detectam o material rastreador 88,
10 então, isso é uma indicação de que o engate de vedação desejado foi obtido e o conjunto de obturador 16 está totalmente assentado. Apesar de vários sensores 38 e dispositivos de lançamento 90 estarem representados nas figuras 8 e 9, apenas um de cada pode ser usado, se
15 desejado.

O material rastreador 88 pode ser qualquer tipo de fluido ou outro material que é detectável pelo sensor 38. Por exemplo, o material 88 poderia ser água salgada ou outro fluido altamente condutor que pode ser convenientemente
20 detectado por um sensor de condutividade ou resistividade 38. O material 88 poderia ser um fluido de peso leve ou relativamente denso, que poderia ser detectado por um sensor de densidade 38. O material 88 poderia ser radioativo e detectável por um sensor de radioatividade
25 38. Muitos outros tipos de combinações de materiais 88 e sensores 38 são possíveis de acordo com os princípios desta divulgação.

Com referência, adicionalmente, agora às figuras 10 e 11, outra configuração do conjunto de obturador 16 usada no
30 sistema 10 é representativamente ilustrada. Nesta configuração, o sensor 38 é carregado externamente sobre o elemento de vedação 40 e é pressionado contra a superfície do furo de poço 50 quando o material intumescente 52 intumesce para assentar o conjunto de
35 obturador 16. A linha 94 está representada nas figuras 10 e 11 para transmitir indicações do sensor 38 para um local remoto, mas várias formas de telemetria podem ser

usadas para essa finalidade de acordo com os princípios desta divulgação.

O sensor 38 pode ser preso, fixado com adesivo ou preso de qualquer outra forma ao elemento de vedação 40. A
5 linha 94 pode ser presa ao tubo de base 64 e a coluna tubular 12, e pode ser estendida através do elemento de vedação 40 ao sensor 38 através de uma fenda ou conduto formado no elemento de vedação.

Com referência, adicionalmente, agora às figuras 12 e 13,
10 outra configuração do conjunto de obturador 16 usada no sistema 10 é representativamente ilustrada. Nesta configuração, o sensor 38 está na forma de um guia de onda óptico (como uma fibra óptica, etc.) que é enrolado helicoidalmente sobre o exterior do elemento de vedação
15 40.

Na condição assentada do conjunto de obturador 16, o sensor 38 é pressionado contra a superfície do furo de poço 50 pelo elemento de vedação 40. Assim, o sensor 38 pode detectar diretamente os parâmetros relacionados com
20 a superfície do furo de poço 50 e o intervalo 34. O sensor 38 também pode detectar parâmetros relacionados com o elemento de vedação 40 (tal como compressão, mudança de volume, pressão e/ou temperatura no elemento de vedação, etc.).

25 O sensor 38 poderia ser um sensor de temperatura distribuído (por exemplo, utilizando o princípio de retroespalhamento de luz de Raman para detectar a temperatura ao longo do comprimento do guia de onda óptico) e/ou o sensor pode ser um sensor óptico de
30 pressão (por exemplo, utilizando redes de Bragg) e/ou o sensor pode ser um sensor óptico de compressão (por exemplo, utilizando técnicas de sensoriamento de compressão interferométrica) e/ou qualquer outro tipo de sensor.

35 Com referência, adicionalmente, agora às figuras 14 a 16, um sistema intumescente de ferramenta de poço 100 como usado no sistema 10 é representativamente ilustrado. O

sistema intumescente de ferramenta de poço 100 pode ser usado quando se deseja utilizar o material intumescente 52 para deslocar lateralmente os sensores 38 e/ou outros componentes (tal como um perfurador 102, tubo de derivação 106, etc.) em relação ao furo de poço 14. Por exemplo, pode ser desejado orientar azimutalmente os componentes 38, 102, 106 em direção a um lado superior furo de poço 14, se o furo de poço não for vertical (isto é, horizontal ou desviado).

10 Nesta configuração, o material intumescente 52 não é usado para vedar o anular 24, mas em vez disso é usado para deslocar os componentes 38, 102, 106 em uma direção desejada em relação ao furo de poço 14. No entanto, o material intumescente 52 poderia ser usado para vedar o
15 anular 24 na configuração das figuras 14 a 16, se desejado.

Será apreciado que o material intumescente 52 é excentricamente compensado em relação a um eixo longitudinal 108 de um tubo de base 104. O tubo de base
20 104 pode ser interligado (por exemplo, por rosca, etc.) na coluna tubular 12 diretamente, ou o tubo de base pode ser deslizado sobre a coluna tubular e fixado à mesma conforme representado na figura 16. Em ambos os casos, o eixo longitudinal 108 do tubo de base 104,
25 preferencialmente, irá corresponder a um eixo longitudinal da coluna tubular 12.

A compensação excêntrica é realizada no sistema intumescente de ferramenta de poço 100 usando várias técnicas. Primeiramente, uma massa maior do material
30 intumescente 52 é posicionada em um lado do eixo 108. Em segundo lugar, os pesos 110 são posicionados no material intumescente 52 em um lado do eixo 108. Em terceiro lugar, um peso total de um lado do eixo 108 é maior do que um peso total em um lado oposto do eixo.

35 Quando transportado para o furo de poço 14, o peso total maior será induzido pela força da gravidade a se deslocar para o lado inferior do furo de poço. Contanto que a

compensação excêntrica não esteja diretamente acima ou abaixo do eixo 108, a rotação do sistema 100 em torno do eixo 108 será causada pela força da gravidade. No exemplo das figuras 14 a 16, isso resulta nos componentes 38, 102, 106 sendo azimutalmente orientados para o lado superior do furo de poço 14 e, uma vez que o material intumescente 52 esteja em contato com a superfície do furo de poço 50, o intumescimento do material intumescente irá deslocar os componentes ainda mais para cima no furo de poço, como mostrado na figura 16.

Obviamente, o sistema de ferramenta de poço intumescente 10 pode ser diferentemente configurado para, de outra forma, deslocar componentes no furo de poço 14. Por exemplo, o material intumescente 52 pode contatar a superfície do furo de poço 50 em um lado superior do furo de poço 14, oposto ao eixo 108, de uma maior compensação excêntrica global (por exemplo, oposta aos pesos 110) para, dessa forma, deslocar os componentes para baixo no furo de poço.

Na divulgação acima, os vários exemplos do conjunto de obturador 16 foram especificamente descritos, mas o conjunto de obturador 18 é apenas representado na figura 1. No entanto, deve-se compreender que o conjunto de obturador 18 pode incluir qualquer uma, todas, ou qualquer combinação das características descritas acima para o conjunto de obturador 16 em seus vários exemplos. Agora pode ser totalmente apreciado que a divulgação acima fornece muitos avanços para a arte de ativar e monitorar materiais intumescentes em um poço subterrâneo.

Em particular, os sensores 38, 72 podem ser usados para detectar o assentamento dos conjuntos de obturadores 16, 18, a forma e o volume do elemento de vedação 40, o intumescimento dos materiais intumescentes 52, 58, a forma da superfície do furo de poço 50, a pressão, a temperatura e outras características dos intervalos 34, 44, pressão, temperatura e outras características dos fluidos 32, 42, tensões próximas do furo de poço 14,

mudanças nesses parâmetros, etc.

A divulgação acima descreve um sistema de sensores 10 para uso em um poço subterrâneo, com o sistema 10 incluindo um material intumescente 52 e pelo menos um
5 sensor 38 que detecta o intumescimento do material intumescente 52.

O sistema 10 pode também incluir um dispositivo de liberação 90 que libera um material rastreador 88 em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O
10 sensor 38 pode ser operativo para detectar a liberação do material rastreador 88. O dispositivo de liberação 90 pode incluir uma barreira 92 que se rompe em resposta a um aumento da pressão no dispositivo de liberação 90 devido ao intumescimento do material intumescente 52.

15 O material intumescente 52, o sensor 38 e os materiais traçadores 88 podem ser incorporados em um conjunto de obturador 16 que é operativo para vedar um anular 24 no poço. O conjunto de obturador 16 pode também incluir anéis de extremidade 66 que se estendem pelo material
20 intumescente 52. O sensor 38 pode ser preso a pelo menos um dos anéis de extremidade 66.

O sistema 10 pode incluir uma ferramenta de poço 20 que atua em resposta à detecção pelo sensor 38 de intumescimento do material intumescente 52. A ferramenta
25 de poço 20 pode incluir um dispositivo de controle de fluxo 36.

O sensor 38 pode detectar pelo menos uma substância 74 no material intumescente 52. A substância 74 pode se deslocar na medida em que o material intumescente 52
30 intumesce. O sensor 38 pode detectar o deslocamento da substância 74.

Um espaçamento entre as múltiplas substâncias 74 pode variar em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O sensor 38 pode detectar o espaçamento
35 da substância 74.

A densidade da substância 74 no material intumescente 52 pode variar em resposta ao intumescimento do material

intumescente 52. O sensor 38 pode detectar a densidade da substância 74.

A produção de energia pela substância 74 pode variar em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O
5 sensor 38 pode detectar a produção de energia.

O material intumescente 52 pode estar em um exterior do um tubo de base 64. O sensor 38 pode ser transportado através de um interior do tubo de base 64.

A substância 74 pode incluir um implante de íons.

10 O material intumescente 52 com a substância 74 no mesmo pode se conformar a uma superfície do furo de poço 50 em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O sensor 38 pode detectar uma forma da superfície do furo de poço 50 como representada por uma forma da substância
15 74.

A substância 74 pode ser distribuída em um volume do material intumescente 52. A forma do volume pode mudar em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O sensor 38 pode detectar a forma de volume.

20 As diferentes substâncias 74, ou diferentes elementos ou composições de rastreamento detectáveis na substância 74, podem ser empregadas em diferentes obturadores intumescentes no mesmo furo de poço. Assim, se pode identificar de qual obturador intumescente a substância
25 74 está sendo liberada, determinando assim, por exemplo, qual obturador específico pode não estar assentando corretamente.

O sistema 10 pode incluir um comutador 86 que ativa em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O
30 comutador 86 pode ser conectado ao sensor 38. O sensor 38 pode operar em resposta à ativação do comutador 86.

O sistema 10 pode incluir um gerador elétrico 86 que gera eletricidade em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O gerador 86 pode ser conectado ao
35 sensor 38. O sensor 38 pode operar usando a eletricidade fornecida pelo gerador 86.

O sensor 38 pode compreender um guia de onda óptico que

circunda o material intumescente 52.

O material intumescente 52 pode estar em um exterior de um tubo de base 64. O sensor 38 pode estar em contato com o material intumescente 52 e o tubo de base 64.

- 5 O material intumescente 52 e o sensor 38 podem ser posicionados em um poço não vertical 14. O material intumescente 52 pode deslocar o sensor 38 em direção a um lado superior furo de poço 14 em resposta ao intumescimento do material intumescente 52.
- 10 Também fornecido pela divulgação acima é um sistema de ferramenta de poço intumescente 100 que inclui um tubo de base 104, um material intumescente 52 em um exterior de tubo de base 104 e compensação excêntrica (por exemplo, uma massa excêntrica do material intumescente 52, os
- 15 pesos 110, etc.) para induzir a rotação do material intumescente 52 em torno de um eixo longitudinal 108 do tubo de base 104.

A compensação excêntrica pode induzir a rotação do material intumescente 52 em torno do eixo longitudinal

- 20 108 quando o eixo longitudinal 108 não é vertical e a compensação excêntrica não está diretamente verticalmente acima ou abaixo do eixo longitudinal 108.

O material intumescente 52 e um sensor 38 podem ser posicionados em um furo de poço não vertical 14. O

- 25 material intumescente 52 pode deslocar o sensor 38 em direção a um lado superior do furo de poço 14, em resposta ao intumescimento do material intumescente 52.

A compensação excêntrica pode incluir pelo menos um peso 110 posicionado pelo menos parcialmente no interior do

- 30 material intumescente 52.

O sistema 100 pode incluir pelo menos um sensor 38 posicionado oposto ao tubo de base 104 da compensação excêntrica. O material intumescente 52 pode deslocar o sensor 38 em direção a um lado superior de um furo de

- 35 poço 14 em resposta ao intumescimento do material intumescente 52.

O sistema 100 pode incluir pelo menos um tubo 106

posicionado oposto ao tubo de base 104 da compensação excêntrica. O material intumescente 52 pode deslocar o tubo 106 em direção a um lado superior de um furo de poço 14 em resposta ao intumescimento do material intumescente 52.

O sistema 100 pode incluir pelo menos um perfurador 102 posicionado oposto ao tubo de base 104 da compensação excêntrica. O material intumescente 52 pode deslocar o perfurador 102 em direção a um lado superior de um furo de poço 14 em resposta ao intumescimento do material intumescente 52.

A divulgação acima também descreve um sistema de sensores 100 para uso em um poço subterrâneo, com o sistema 10 incluindo um primeiro material intumescente 52 e pelo menos um primeiro sensor 38 que é deslocado para uma primeira superfície de furo de poço 50, em resposta ao intumescimento do primeiro material intumescente 52.

O sistema 10 também pode incluir um segundo sensor 72. O primeiro material intumescente 52 pode estar em um exterior de um primeiro tubo de base 64. A primeira superfície do furo de poço 50 pode ser formada em um primeiro intervalo 34 interceptado pelo poço. O segundo sensor 72 pode detectar uma propriedade de um primeiro fluido 32 que flui entre o primeiro intervalo 34 e um interior do primeiro tubo de base 64.

Os primeiro e segundo sensores 38, 72 podem compreender sensores de temperatura. A diferença de temperatura detectada pelos primeiro e segundo sensores 38, 72 pode indicar pelo menos uma dentre uma vazão, composição e uma propriedade térmica do primeiro fluido 32.

Os primeiro e segundo sensores 38, 72 podem compreender sensores de pressão. A diferença de pressão detectada pelos primeiro e segundo sensores 38, 72 pode indicar pelo menos uma dentre uma vazão, composição e uma propriedade física do primeiro fluido 32.

O sistema 10 pode incluir um segundo material intumescente 58 em um exterior de um segundo tubo de base

(tal como a tubulação de base 64). Pelo menos, um terceiro sensor 38 pode ser deslocado para uma segunda superfície de furo de poço 54, em resposta ao intumescimento do segundo material intumescente 58. A

5 segunda superfície do furo de poço 54 pode ser posicionada em um segundo intervalo 44 interceptado pelo poço. Um quarto sensor (tal como o sensor 72) pode detectar uma propriedade do primeiro fluido 32 e de um segundo fluido 42 que flui entre o segundo intervalo 44 e

10 um interior do segundo tubo de base.

Os primeiro, segundo, terceiro e quarto sensores 38, 72 podem compreender sensores de temperatura. O primeiro e segundo sensores 38, 72 podem fornecer uma indicação da contribuição para o fluxo através do segundo tubo de base

15 pelo primeiro fluido 32. Os terceiro e quarto sensores 38, 72 podem fornecer uma indicação da contribuição para o fluxo através do segundo tubo de base pelo segundo fluido 42.

O primeiro sensor 38 pode incluir um guia de onda óptico.

20 O guia de onda óptico pode envolver o primeiro material intumescente 52.

O primeiro sensor 38 pode detectar intumescimento do primeiro material intumescente 52. O sistema 10 pode incluir uma ferramenta de poço 20 que atua em resposta à

25 detecção pelo primeiro sensor 38 de intumescimento do primeiro material intumescente 52. A ferramenta 20 também pode compreender um dispositivo de controle de fluxo 36.

O primeiro sensor 38 pode detectar uma forma da primeira superfície do furo de poço 50. A forma de um volume de

30 material intumescente 52 pode mudar em resposta ao intumescimento do material intumescente 52. O primeiro sensor 38 pode detectar a forma de volume.

O sistema 10 pode incluir um comutador 86 que ativa em resposta ao intumescimento do primeiro material

35 intumescente 52. O comutador 86 pode ser conectado ao primeiro sensor 38. O primeiro sensor 38 pode operar em resposta à ativação do comutador 86.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo, caracterizado pelo fato de compreender:

- uma substância distribuída dentro e circundada por um volume de um material intumescente; e
- pelo menos um sensor que detecta a substância, sendo que o sensor detecta o intumescimento do material intumescente.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a substância se deslocar na medida em que o material intumescente intumesce e onde o sensor detecta o deslocamento da substância.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a produção de energia pela substância variar em resposta ao intumescimento do material intumescente e onde o sensor detecta a produção de energia.

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a substância compreender um implante de íons.

5. Sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo, caracterizado pelo fato de compreender:

- um material intumescente; e
- pelo menos um sensor que detecta o intumescimento do material intumescente, onde o sensor detecta pelo menos uma substância no material intumescente, onde o material intumescente com a substância no mesmo se conforma a uma superfície de furo de poço em resposta ao intumescimento do material intumescente e onde o sensor detecta uma forma da superfície do furo de poço como representada por uma forma da substância.

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de uma forma de volume mudar em resposta ao intumescimento do material intumescente e onde o sensor detecta a forma de volume.

7. Sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo, caracterizado pelo fato de compreender:

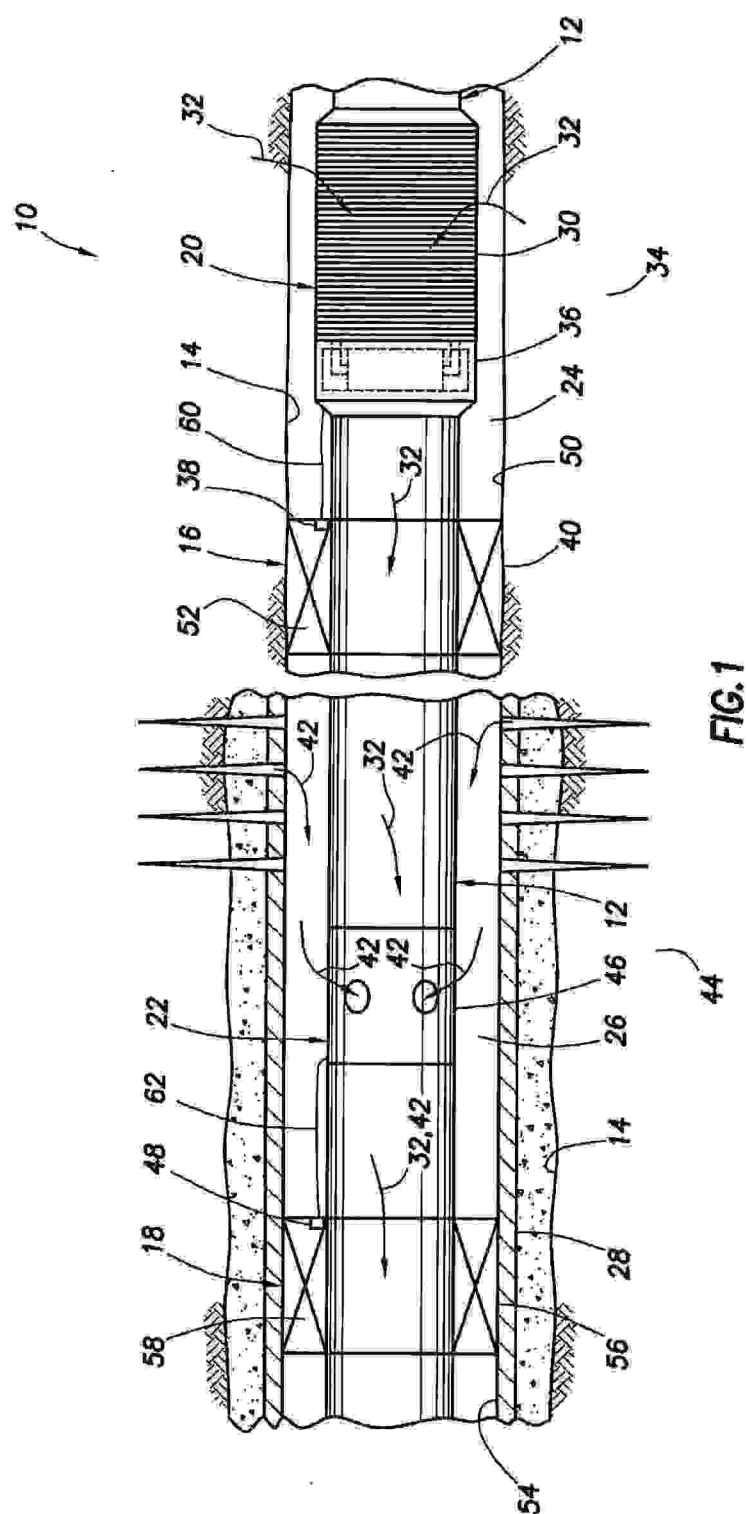
- um material intumescente;
- pelo menos um sensor que detecta o intumescimento do material intumescente, onde o pelo menos um sensor é disposto no interior e circundado por um volume do material intumescente; e
- um comutador que ativa em resposta ao intumescimento do material intumescente.

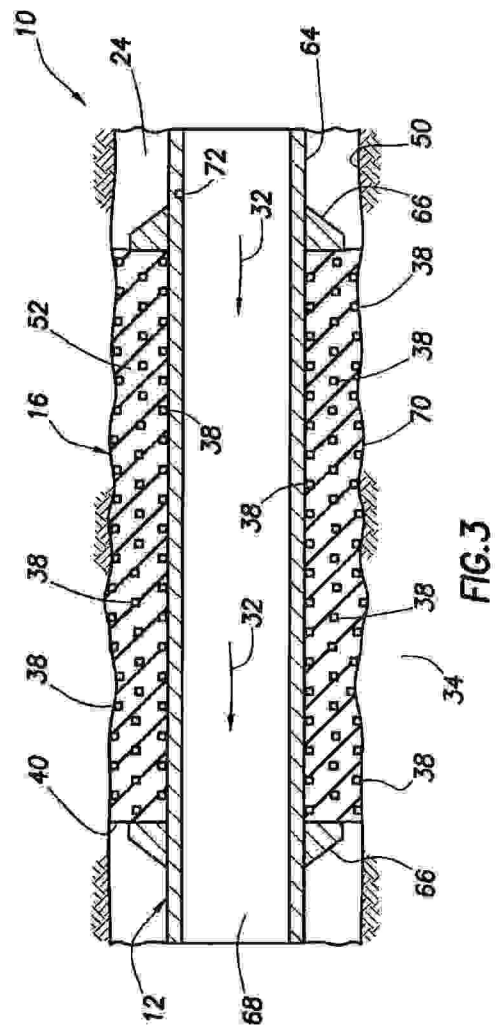
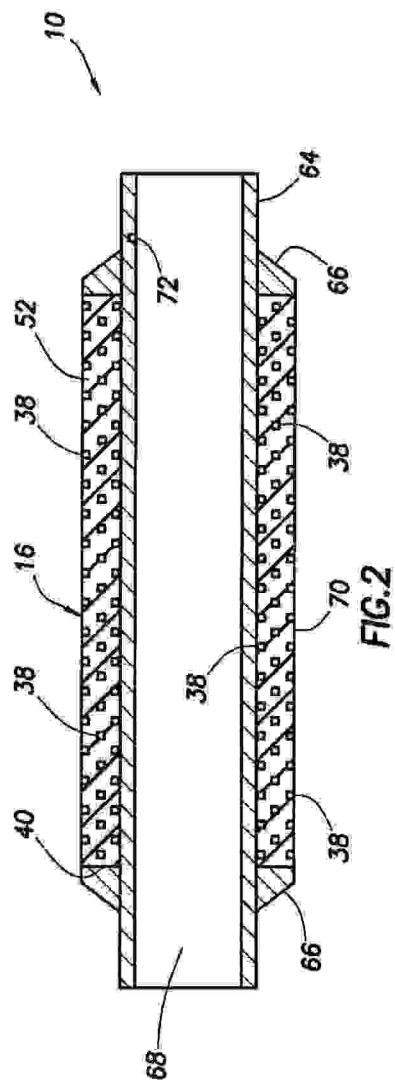
8. Sistema, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de o comutador ser conectado ao sensor e onde o sensor opera em resposta à ativação do comutador.

9. Sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo, caracterizado pelo fato de compreender:

- um material intumescente;
- pelo menos um sensor que detecta o intumescimento do material intumescente, onde o pelo menos um sensor é disposto no interior e circundado por um volume do material intumescente; e
- um gerador de eletricidade que gera eletricidade em resposta ao intumescimento do material intumescente.

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de o gerador ser conectado ao sensor e onde o sensor opera usando a eletricidade fornecida pelo gerador.









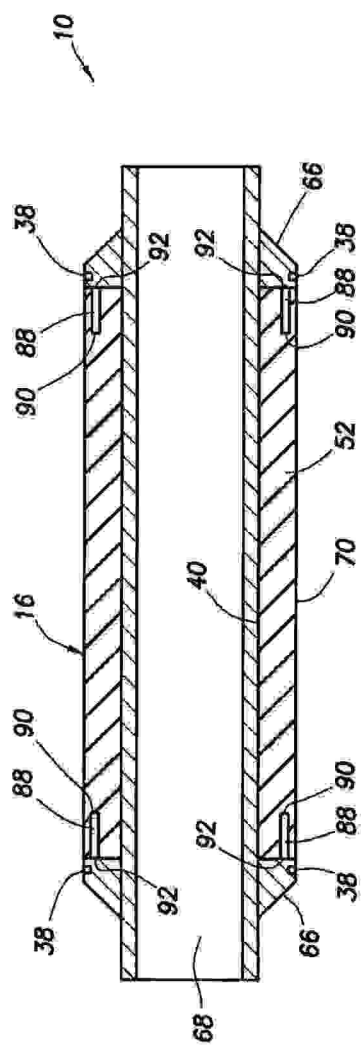


FIG. 8

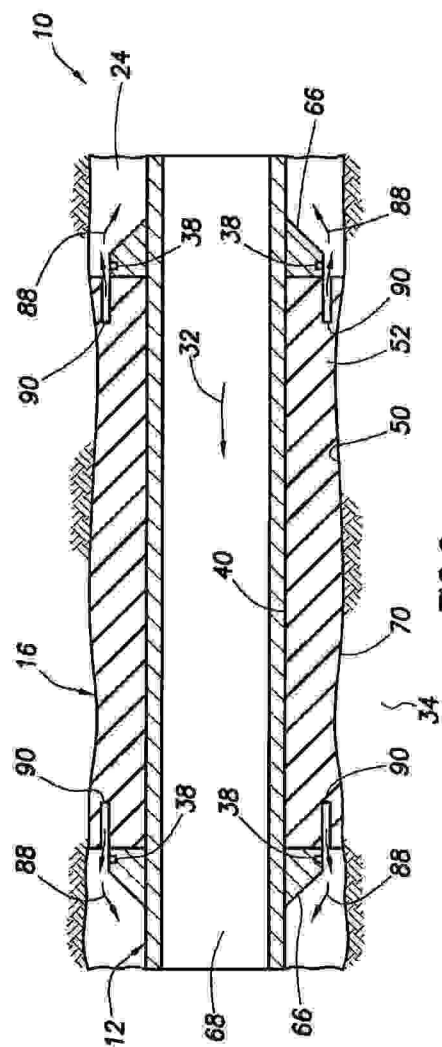


FIG. 9

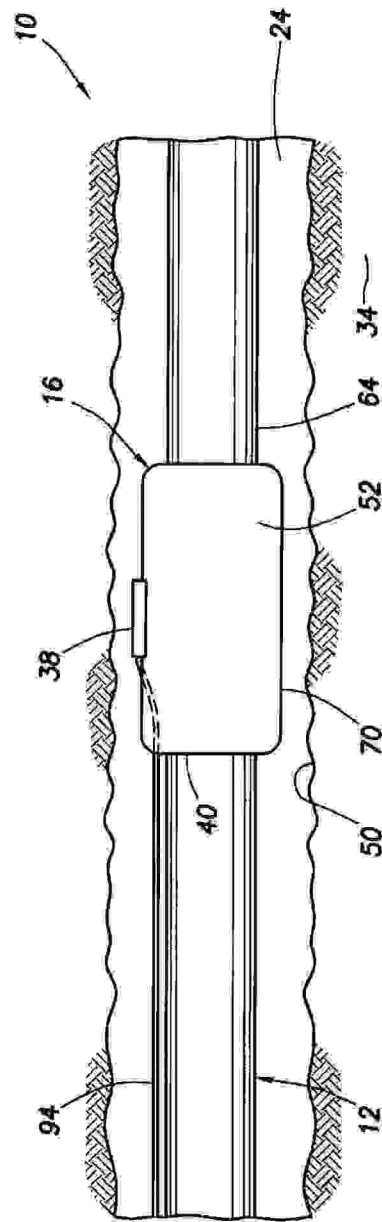


FIG. 10

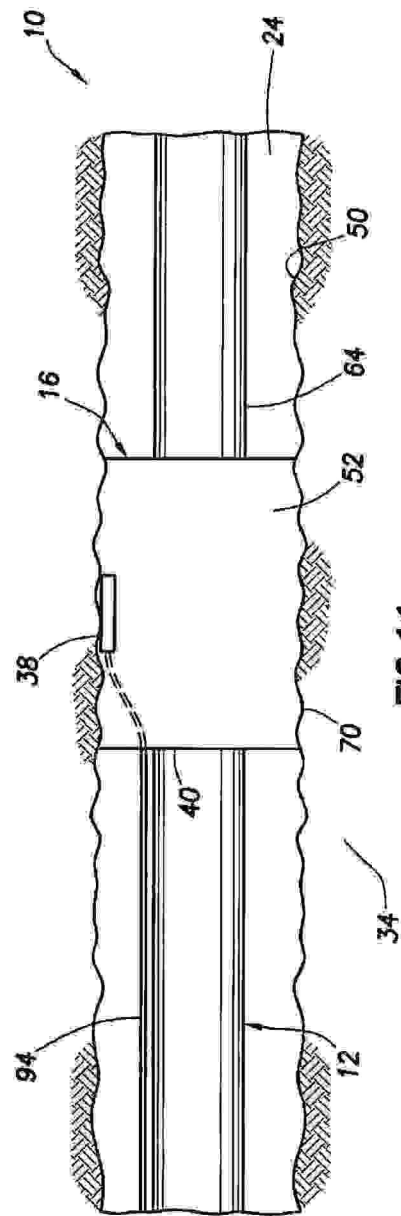


FIG. 11

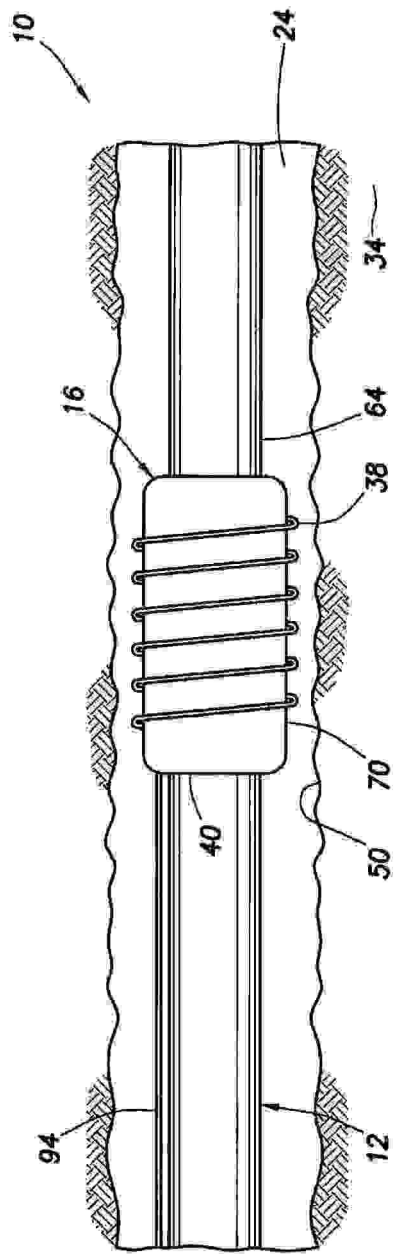


FIG. 12

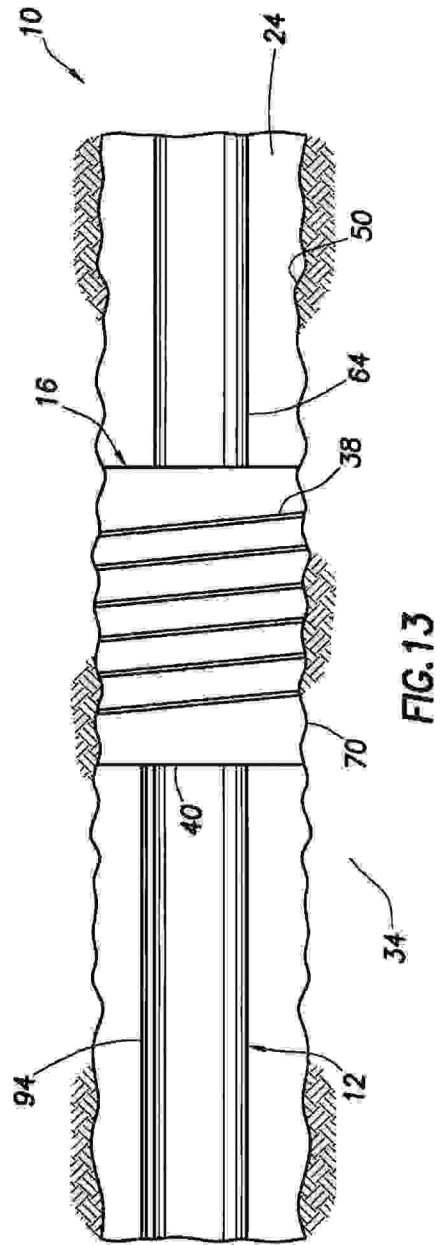


FIG. 13

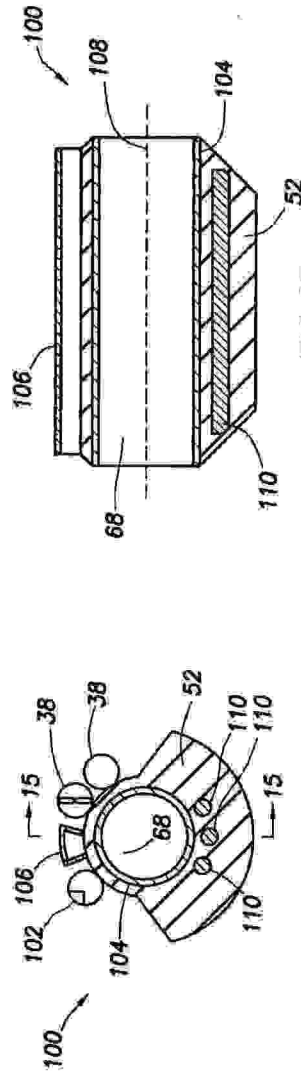


FIG. 14

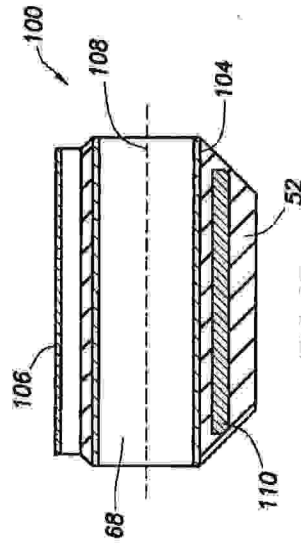


FIG. 15

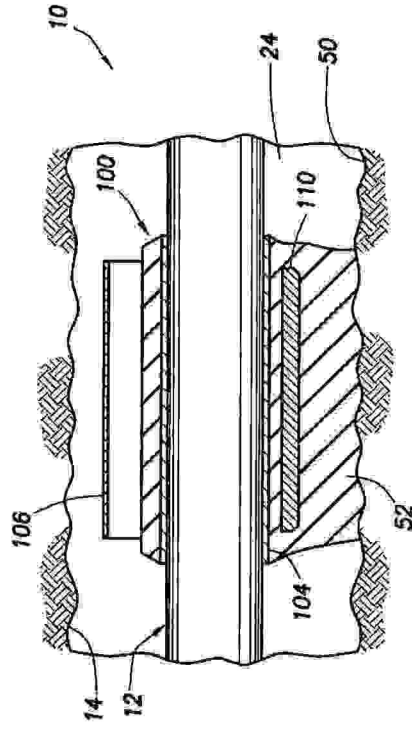


FIG. 16

RESUMO"SISTEMA DE SENSORES PARA USO EM UM POÇO SUBTERRÂNEO"

Sistemas e métodos são fornecidos para ativação e monitoramento de material intumescente em um poço

- 5 subterrâneo. Um sistema de sensores para uso em um poço subterrâneo inclui um material intumescente e pelo menos um sensor que é deslocado para uma superfície do furo de poço, em resposta ao intumescimento do material intumescente. Outro sistema de sensores inclui um sensor
- 10 que detecta o intumescimento de um material intumescente. Um sistema intumescente de ferramentas de poço inclui um tubo de base, um material intumescente em um exterior do tubo de base e compensação excêntrica para induzir rotação do material intumescente em torno de um eixo
- 15 longitudinal do tubo de base.