



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

(11) PI 0908512-2 B1



(22) Data do Depósito: 14/01/2009

(45) Data de Concessão: 07/04/2020

(54) Título: ELEMENTO TUBULAR

(51) Int.Cl.: F16K 15/02.

(30) Prioridade Unionista: 29/02/2008 NO 20081078.

(73) Titular(es): STATOIL PETROLEUM AS.

(72) Inventor(es): VIDAR MATHIESEN; HAAVARD AAKRE.

(86) Pedido PCT: PCT NO2009000018 de 14/01/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/108059 de 03/09/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 23/08/2010

(57) Resumo: ELEMENTO TUBULAR Um elemento tubular que tem uma seção de drenagem pelo menos (1) incluindo uma primeira pluralidade de válvulas ou dispositivos de controle de fluxo auto-ajustáveis (2) para controlar o fluxo de fluido na seção de drenagem de um poço formado em um reservatório subterrâneo, cada uma das válvulas (2) incluindo uma entrada ou orifício (10), formando assim um caminho de fluxo (11) através do dispositivo de controle (2) passando por um disco ou corpo móvel (9) projetado para se mover livremente em relação à abertura da entrada e assim reduzir ou aumentara área de passagem de fluxo- (A2) explorando o efeito Bernoulli e qualquer pressão de estagnação criada sobre o disco (9), por meio de que a válvula (2), dependendo da composição do fluido e suas propriedades, ajusta autonomamente o fluxo do fluido com base em um projeto de fluxo pré-estimado. Para permitir injeção de fluido no reservatório subterrâneo, a seção de drenagem (1) é provida com uma segunda pluralidade de tais válvulas auto-ajustáveis (32), cada uma estando situada em uma direção oposta da primeira pluralidade.

“ELEMENTO TUBULAR”

[0001] A presente invenção se refere a um elemento tubular tendo válvulas ou dispositivos de controle de fluxo para auto-ajustar (ajustar autonomamente) o fluxo de fluido para dentro ou para fora do elemento tubular, por exemplo quando mas não exclusivamente, se produz petróleo e/ou gás a partir de um poço em um reservatório de óleo e/ou gás, elemento tubular este que inclui uma pelo menos seção de drenagem que por meio de tais válvulas ou dispositivos de controle de fluxo comunicam a formação de produção geológica com o espaço de fluxo do tubo de drenagem.

[0002] Dispositivos para recuperação de petróleo e gás partir de poços verticais e/ou horizontais longos são conhecidos a partir das publicações de patente US 4.821.801, 4.858.691, 4.577.691 e publicação de patente GB 2169018. Estes dispositivos conhecidos compreendem um tubo de drenagem perfurado com, por exemplo, um filtro para controle de areia em torno do tubo. Uma desvantagem considerável com os dispositivos conhecidos para produção de petróleo e/ou gás em formações geológicas altamente permeáveis é que a pressão no tubo de drenagem aumenta exponencialmente na direção a montante como resultado da fricção de fluxo no tubo. Como a pressão diferencial entre o reservatório e o tubo de drenagem vai diminuir a montante como resultado, a quantidade de petróleo e /ou gás fluindo a partir do reservatório para dentro do tubo de drenagem vai diminuir correspondentemente. Então, o petróleo e/ou gás total produzido por este meio vai ser baixo. Com zonas de petróleo finas e formações geológicas altamente permeáveis, há ainda um alto risco de formação de cone, ou seja, fluxo de água ou gás não desejados para dentro do tubo de drenagem a jusante, onde a velocidade do fluxo de óleo a partir do reservatório para o tubo é a maior.

[0003] De World Oil, vol. 212, N. 1 1 (11/91), ver páginas 73-80, é previamente conhecido dividir um tubo de drenagem em seções com um ou mais dispositivos de restrição de influxo como mangas corrediças ou dispositivos de estrangulamento. Porém, esta referência está tratando principalmente do uso de controle de fluxo para limitar a taxa de influxo para zonas de topo de furo e deste modo evitar ou reduzir

formação de cone de água e/ou de gás.

[0004] WO-A-9208875 descreve um tubo de produção horizontal que compreende uma pluralidade de seções de produção conectadas por câmaras de mistura que têm um diâmetro interno maior que as seções de produção. As seções de produção compreendem um forro externo dotado de fendas que pode ser considerado como executando uma ação filtrante. Porém, a sequência de seções de diâmetro diferente cria turbulência de fluxo e impede o funcionamento de ferramentas de trabalho.

[0005] Ao extrair petróleo e/ou gás a partir de formações geológicas de produção, fluidos de qualidades diferentes ou seja, óleo, gás, água (e areia) são produzidos em quantidades e misturas diferentes que dependem da propriedade ou qualidade da formação. Nenhum dos supracitados dispositivos conhecidos é capaz de distinguir entre e controlar o influxo de óleo, gás ou água com base na sua composição relativa e/ou qualidade.

[0006] WO-A1-2008/004875 descobrem uma válvula ou dispositivo de controle de fluxo que é autônomo ou auto-ajustável para controlar o influxo para dentro de um tubo de produção a partir da formação de uma maneira muito simples e prática. A válvula ou dispositivo é projetada(o) para “distinguir” entre o óleo e/ou o gás e/ou água e é capaz de controlar o influxo de óleo, gás ou água, dependendo de qual destes fluidos é requerido tal controle de fluxo. Outras vantagens usando tal válvula ou dispositivo de controle de fluxo é a sua construção robusta, a habilidade de resistir a grandes forças e altas temperaturas, para prevenir rebaixamentos (pressão diferencial), de resistir à produção de areia, nenhum suprimento de energia é necessário, e a confiabilidade a despeito da simplicidade e baixos custos durante a fabricação.

[0007] Para aumentar a recuperação de óleo e gás (IOGR) e/ou para recuperação de óleo e gás acentuada (EOGR), a tecnologia de arte anterior propõe o uso de poços de injetor em reservatórios de petróleo. Injetores podem ser usados para injetar por exemplo água, vapor, gás de hidrocarboneto e/ou CO₂. Os poços de injetor podem ter orientação e extensão diferentes. Em muitas situações o fluido

injetado deveria ser distribuído uniformemente no reservatório. Nestes casos poços de injeção longos são usados, e os fluidos injetados são injetados em seções diferentes ao longo do poço.

[0008] Ao se injetar fluido em seções diferentes ao longo de um poço a injeção será não uniforme, ver Fig. 10. Isto é principalmente causado pelo reservatório não uniforme que pode incluir por exemplo zonas altas e baixas permeáveis, fraturas e atalhos. A natureza de todo o fluxo fluido é que o fluido vai escoar onde a resistência é a menor. Este fato assegura que as injeções vão, muito freqüentemente, ser bastante não uniformes. Isto resulta em utilização pobre de fluido injetado e baixo efeito de IOGR/EOGR.

[0009] Um objetivo principal da presente invenção é eliminar a necessidade de poços injetores separados utilizando as válvulas ou dispositivos de controle de fluxo de acordo com WO-A1-2008/004875.

[0010] Este objetivo é alcançado por um elemento tubular que tem pelo menos uma seção de drenagem incluindo uma primeira pluralidade de válvulas ou dispositivos de controle de fluxo auto-ajustáveis para controlar o fluxo de fluido na seção de drenagem a partir de um poço formado em um reservatório subterrâneo, cada dentre as válvulas ou os dispositivos de controle compreendendo incluem uma entrada ou orifício, formando assim um caminho de fluxo através da válvula ou do dispositivo de controle que passa por um disco ou corpo móvel que é projetado para se mover livremente em relação à abertura da entrada e assim reduzir ou aumentar a área de fluxo passante explorando o efeito Bernoulli e qualquer pressão de estagnação criada sobre o disco, por meio de que a válvula ou dispositivo de controle, dependendo da composição do fluido e suas propriedades, autonomamente ajusta o fluxo do fluido com base em um projeto de fluxo pré-estimado, caracterizado pelo fato de que uma segunda pluralidade de tais válvulas ou dispositivos de controle auto-ajustáveis é provida na seção de drenagem, cada tais válvulas ou dispositivos de controle adicionais estando situado em uma direção oposta da primeira pluralidade, permitindo assim injeção de um fluido no reservatório subterrâneo através da seção de drenagem.

[0011] Situando a primeira e a segunda pluralidades de tais válvulas ou dispositivos de controle em direções opostas através da seção ou das seções de drenagem, elemento tubular pode ser utilizado como um produtor ou injetor, respectivamente. São especificadas modalidades vantajosas nas reivindicações dependentes abaixo.

[0012] A presente invenção será descrita adicionalmente na sequência por meio de modalidades preferidas ilustradas nos desenhos em que:

[0013] A fig. 1 mostra uma vista esquemática de um tubo de produção com um dispositivo de controle de acordo com WO-A1-2008/004875.

[0014] A fig.2a-b mostra em escala maior uma seção transversal ao longo de seção A-A e uma vista de topo do dispositivo de controle de acordo com a fig. 1, respectivamente.

[0015] A fig. 3 é um diagrama mostrando o volume de fluxo através de um dispositivo de controle de acordo com a fig. 1 vs. a pressão diferencial comparado com um dispositivo de influxo fixo.

[0016] A fig. 4 mostra o dispositivo na fig. 2, mas com a indicação de zonas de pressão diferentes que influenciam o projeto do dispositivo de controle para aplicações diferentes.

[0017] A fig. 5 mostra uma representação esquemática de outra modalidade do dispositivo de controle de acordo com WO-AI-2008/004875.

[0018] A fig. 6 mostra uma representação esquemática de uma terceira modalidade do dispositivo de controle de acordo com WO-AI-200S/004875.

[0019] A fig. 7 mostra uma representação esquemática de uma quarta modalidade do dispositivo de controle de acordo com WO-A1-2008/004875.

[0020] A fig. 8 mostra uma representação esquemática de uma quinta modalidade do WO-A1-2008/004875 na qual o dispositivo de controle é uma parte integrante de um arranjo de fluxo.

[0021] A fig. 9a-b mostra duas modalidades diferentes das presente invenção em que o dispositivo de controle de acordo com WO-AI-2008/004875 está situado em uma posição invertida para ser usado durante injeção na formação.

[0022] A fig. 10 mostra um perfil de injeção típico em um reservatório com fraturas por meio de tecnologia convencional.

[0023] A fig. 11 mostra um perfil de injeção típico em um reservatório com fraturas usando a presente invenção.

[0024] A fig. 12 mostra uma representação esquemática para explicar como a presente válvula ou dispositivo de controle funcionam como uma válvula de suporte ou de não retorno para prevenir fluxo invertido através dos mesmos.

[0025] A presente invenção se baseia na válvula ou dispositivo de controle de fluxo, dispositivo de controle abaixo descrito por WO-AI-2008/004875 e, portanto, ela é considerada adequadamente como dando uma revisão detalhada do mesmo dispositivo de controle. Embora seja dito que o elemento tubular de acordo com WO-AI-2008/004875 é um tubo de produção e seja ilustrado estendendo-se em uma direção horizontal, estas indicações não são limitações mas apenas exemplos. Assim, o presente elemento tubular pode ser qualquer tubo apropriado, por exemplo um tubo de derivação e orientado em qualquer direção tal como vertical, desviado, etc. Além de petróleo e gás, podem ser produzidos outros fluidos tal como betume, por exemplo.

[0026] O número de dispositivos de controle ao longo do comprimento de tal um elemento tubular deve ser adaptado às necessidades no respectivo poço. Cada dispositivo de controle não é necessariamente agrupado nos mesmos níveis periféricos mas pode ser deslocado um do outro de uma maneira adequada. Em WO-AI-2008/004875 é feita referência a um corpo ou disco livremente móvel e preferivelmente plano provido em um espaço aberto formado entre primeiro e segundo corpos de alojamento e suporte em forma de disco. Além de também ter uma configuração parcialmente cônica ou semicircular, o corpo ou disco livremente móvel pode ter a forma de um cone, hemisfério ou combinação de diferentes configurações desde que os corpos de alojamento e suporte tenham sido ajustados correspondentemente.

[0027] A fig. 1 mostra esquematicamente uma seção de drenagem de um tubo de produção 1 incluindo dispositivos de controle 2 de acordo com WO-AI-

2008/004875. Preferencialmente, o dispositivo de controle 2 é de forma circular relativamente plana e provido com filetes externos 3, ver fig. 2, para ser atarraxado em um furo circular com filetes internos correspondentes no tubo. Controlando a espessura, o dispositivo 2 pode ser adaptado à espessura do tubo e se ajustar dentro da sua periferia externa e interna.

[0028] A fig. 2 a-b mostra o mesmo controle dispositivo 2 em escala maior. O dispositivo consiste em um primeiro corpo de alojamento em forma de disco 4 com um segmento cilíndrico externo 5 e um segmento cilíndrico interno 6 e com um furo ou orifício central 10, e um segundo corpo de suporte em forma de disco 7 com um segmento cilíndrico externo 8, bem como um corpo ou disco livremente móvel e preferivelmente plano 9 disposto em um espaço aberto 14 formado entre o primeiro e segundo corpos de alojamento e de suporte em forma de disco 4, 7. O corpo 9 pode para aplicações e ajustes particulares se desviar da forma plana e ter uma forma parcialmente cônica ou semicircular, por exemplo em direção ao orifício 10. Como visto na fig. 2, o segmento cilíndrico 8 do segundo corpo de suporte em forma de disco 7 se ajusta dentro e se projeta na direção oposta do segmento cilíndrico externo 5 do primeiro corpo de alojamento em forma de disco 4 formando assim um caminho de fluxo como mostrado pelas setas 11, onde o fluido entra no dispositivo de controle através do furo ou orifício central 10, ou seja, a entrada e escoamento para e radialmente ao longo do disco 9 antes de escoar através da abertura anular 12 formada entre os segmentos cilíndricos 8 e 6 e ainda mais para fora através da abertura anular 13 formada entre os segmentos cilíndricos 8 e 5. Os dois corpos de alojamento e suporte em forma de disco 4, 7 são presos a um ao outro por uma conexão de parafuso, soldagem ou outros meios, não adicionalmente descritos nas figuras, em uma e suporte de conexão 15, ver na fig. 2b.

[0029] O dispositivo de controle explora o efeito do ensinamento de Bernoulli de que a soma de pressão estática, pressão dinâmica e fricção é constante ao longo de uma linha de fluxo:

$$p_{\text{estática}} + \frac{1}{2} \rho v^2 + \Delta p_{\text{fricção}}$$

[0030] Quando se submete o disco 9 a um fluxo fluido que é o caso com o dispositivo de controle presente a diferença de pressão sobre o disco 9 pode ser expressa como se segue:

$$\Delta p_{\text{sobre}} = [p_{\text{sobre}(P_1)} - p_{\text{sob}(f(P_1, P_2, P_3))}] = \frac{1}{2} \rho v^2$$

[0031] Devido à viscosidade inferior, um fluido como gás vai "fazer a volta mais tarde" e vai seguir ainda mais ao longo do disco em direção à sua extremidade externa 14. Isto estabelece uma pressão de estagnação mais alta na área 16 na extremidade do disco 9, que por sua vez estabelece uma pressão mais alta sobre o disco. O disco 9 sendo livremente móvel dentro do espaço entre os corpos 4, 7 em forma de disco, vão se mover para baixo e assim estreitar o caminho de fluxo entre o disco 9 e segmento cilíndrico interno 6. Assim, o disco 9 move-se para baixo ou para cima, dependendo da viscosidade do fluido que escoar através, por meio de que este princípio pode ser usado para controlar, ou seja, fechar ou abrir o fluxo de fluido através do dispositivo de controle.

[0032] Ademais, a queda de pressão através de um dispositivo de controle de influxo tradicional (ICD) com geometria fixa vai ser proporcional à pressão dinâmica:

$$\Delta p = K \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

onde a constante, K é principalmente uma função da geometria e menos dependente no número de Reynolds.

[0033] No dispositivo de controle de acordo com WO-AI-2008/004875 a área de fluxo vai diminuir quando a pressão diferencial aumenta, de modo tal que o volume que escoar através do dispositivo de controle não vai, ou quase não, aumentar quando a queda de pressão aumenta. Uma comparação entre um tal dispositivo de controle que tem disco móvel e um dispositivo de controle com abertura de

passagem de fluxo fixa é mostrada na fig. 3 e, como ilustrado, o volume fluxo passante para o presente dispositivo de controle é constante acima de uma determinada pressão diferencial. Isto representa uma grande vantagem que permite que o mesmo volume seja escoado através de cada seção para todo o poço horizontal o que não é possível com dispositivos de controle de influxo fixos.

[0034] Quando se produz petróleo e gás o dispositivo de controle pode ter duas aplicações diferentes: Usando isto como dispositivo de controle de influxo para reduzir influxo de água, ou usando isto para reduzir influxo de gás em situações de falha de gás. Quando se projeta o dispositivo de controle presente para a aplicação diferente tal como água ou gás, como mencionado acima, as diferentes áreas e zonas de pressão, como mostrado em fig. 4, vão ter impacto sobre a eficiência e propriedades de passagem de fluxo do mesmo. Referindo-se à fig. 4, as diferentes área/zonas de pressão podem ser divididas em:

- A_1 , P_1 são a área de influxo e pressão respectivamente. A força, $P_1 \cdot A_1$, gerada por esta pressão vai se esforçar para abrir o dispositivo de controle, ou seja, mover o disco ou corpo 9 para cima.

- A_2 , P_2 são a área e pressão na zona onde a velocidade vai ser a maior e conseqüentemente representará uma fonte de pressão dinâmica. A força resultante da pressão dinâmica vai se esforçar para fechar o dispositivo de controle que move o disco ou corpo 9 para baixo à medida que a velocidade de fluxo aumenta.

- A_3 , P_3 são a área e pressão na saída. Isto deve ser igual à pressão do poço, ou seja, pressão de entrada.

- A_4 , P_4 são a área e pressão, ou seja, pressão de estagnação, atrás do disco ou corpo móvel 9. A pressão de estagnação na posição 16, ver fig. 2, cria a pressão e a força atrás do corpo. Isto vai se esforçar para fechar o dispositivo de controle de modo a mover o corpo para baixo.

[0035] Fluidos com viscosidades diferentes vão prover forças diferentes em cada zona dependendo do projeto destas zonas. A fim de otimizar a eficiência e a propriedades de passagem de fluxo do dispositivo de controle, o projeto das áreas

será diferente para aplicações diferentes, por exemplo fluxo de gás/óleo ou óleo/água. Conseqüentemente, para cada aplicação as áreas precisam ser balanceadas cuidadosamente e otimamente projetadas levando em conta as propriedades e condições físicas tais como viscosidade, temperatura, pressão para cada situação a ser projetada.

[0036] A fig. 5 mostra uma representação esquemática de outra modalidade do dispositivo de controle de acordo com WO-A1-2008/004875 que é de um projeto mais simples que a versão descrita na fig. 2. O dispositivo de controle 2 consiste, como com a versão descrita na fig. 2, em um primeiro corpo de alojamento em forma de disco 4 com um segmento cilíndrico externo 5 e com um furo ou abertura central 10, e um segundo corpo de suporte em forma de disco 17 fixo ao segmento 5 do corpo de alojamento 4, bem como um disco 9 preferivelmente plano previsto em um espaço aberto 14 formado entre o primeiro e segundo corpos de alojamento e suporte em forma de disco 4, 17. Porém, uma vez que o segundo corpo de suporte em forma de disco 17 é aberto para dentro através de um furo ou furos 23, etc. e está agora suportando apenas o disco em lugar, e uma vez que o segmento cilíndrico 5 é mais curto com um caminho de fluxo diferente do que para o que é mostrado na Fig.2, não há nenhuma acúmulo de pressão de estagnação P_4 no lado de trás do disco 9 como explicado acima em conjunto com a fig. 4. Com esta solução sem pressão de estagnação a espessura de acumulação para o dispositivo é inferior e pode resistir a uma quantidade maior de partículas contidas no fluido.

[0037] A fig. 6 mostra uma terceira modalidade de acordo com WO-A1-2008/004875 onde a configuração é a mesma do que com o exemplo mostrado na fig. 2, mas em que um elemento de mola 18, na forma de uma espiral ou outro dispositivo de mola apropriado, é previsto em qualquer lado do disco e conecta o disco com o suporte 7, 22, recesso 21 ou alojamento 4.

[0038] O elemento de mola 18 é usado para balancear e controlar a área de influxo entre o disco 9 e a entrada 10, ou então a borda ou sede circunvizinha 19 da entrada 10. Assim, dependendo da constante da mola e assim da força da mola, a abertura entre o disco 9 e a borda 19 será maior ou menor, e com uma constante de

mola selecionada apropriada, dependendo das condições de influxo e pressão no lugar selecionado onde o dispositivo de controle é provido, fluxo de massa constante através do dispositivo pode ser obtido.

[0039] A fig. 7 mostra uma quarta modalidade de acordo com WO-A1-2008/004875 tendo uma configuração como descrita na fig. 6 acima, mas na qual o disco 9, no lado voltado para a abertura de entrada 10, é provido com um dispositivo termicamente responsivo tal como o elemento bimetálico 20.

[0040] Quando se produz óleo e/ou gás as condições podem mudar rapidamente de uma situação em que só ou principalmente óleo é produzido para uma situação em que só ou principalmente gás é produzido, ou seja, falha ou formação de cone de gás. Com por exemplo uma queda de pressão de 16 bar a partir de 100 bar, a queda de temperatura corresponderia a aproximadamente 20°C. Provendo o disco 9 com um elemento termicamente responsivo tal como um elemento bimetálico como mostrado na fig. 7, o disco vai se curvar para cima ou ser movido para cima pelo elemento 20 batendo no corpo em forma de suporte 7 e estreitando a abertura assim entre o disco e a entrada 10 ou fechando completamente dita entrada.

[0041] Como descrito nas figs. 1 e 2 e 4-7, todos os exemplos são relacionados a soluções em que o dispositivo de controle como tal é um aparelho ou unidade separado(a) a ser provido(a) em conjunto com uma situação ou disposição de fluxo de fluido tal como a parede de um tubo de produção com relação à produção de óleo e gás. Porém, o dispositivo de controle pode, como mostrado em fig. 8, é ser uma parte integrante do arranjo de fluxo de fluido, por meio de que o corpo móvel 9 pode ser previsto em um recesso 21 que voltado para a saída de um orifício ou furo 10 de uma parede de um tubo 1, por exemplo, e como ilustrado na fig. 1 em vez de ser previsto em um corpo de alojamento separado 4. Além do mais, o corpo móvel 9 pode ser mantido no lugar no recesso por meio de elementos apropriados tais como espigas projetadas para dentro, um anel circular 22 ou similar sendo conectado à abertura externa do recesso por meio de atarraxamento, soldagem ou similar.

[0042] Para evitar a necessidade de um corpo separado, quando um fluido tiver de ser injetado na formação subterrânea 34, a presente invenção propõe a adição

de uma segunda pluralidade de válvulas ou dispositivos de controle 32 de acordo com WO-AI -2008/004875 em suplemento à primeira pluralidade de tais válvulas ou dispositivos de controle 2, ver figs. 9a-b. Exceto por ser orientada em uma direção oposta à primeira pluralidade, a segunda pluralidade adicional de válvulas ou dispositivos de controle 32 é formada com uma configuração que corresponde às válvulas ou dispositivos de controle 2 previamente descrita(o)s por WO-AI-2008/004875. Assim, o orifício ou furo central 10, ver figs. 2a e 4, vai funcionar como uma saída a partir do elemento tubular durante injeção de fluido no reservatório.

[0043] Como ilustrado nas figs. 9a-b, as válvulas ou dispositivos de controle 32 são disposta(o)s dentro ou fora de telas 33, respectivamente. O número de válvulas ou adicionais de controle adicionais 32 dentro de cada tela, por exemplo uma tela de areia, não é necessariamente igual ao número de primeira(o)s válvulas ou dispositivos de controle 2. Dispondo as válvulas ou dispositivos de controle 32 fora da tela ou telas 33, o fluido a ser injetado fora da ou seção ou seções de drenagem 1 pode ser partículas intumescentes 35, por exemplo. Deve ser compreendido que a segunda pluralidade de válvulas ou dispositivos de controle auto-ajustáveis 32 pode ser prevista em todas ou só em seções de drenagem 1 selecionadas ao longo do elemento tubular, deste modo possibilitando injeção controlada no reservatório. O fluido a ser injetado na formação 134 pode ser um ácido, inibidor, vapor, solvente, água, gases, por exemplo gás de hidrocarboneto e CO₂, líquidos, por exemplo, água, substâncias químicas, partículas intumescentes, etc. ou combinações destes.

[0044] As figs. 10 e 11 mostram perfis de injeção típicos em um reservatório com fraturas F, usando tecnologia convencional e a da presente invenção, respectivamente. Na figura 11, uma pluralidade de ambas as válvulas ou dispositivos de controle 2, 32, não mostrados na figura, é prevista ao longo do comprimento da seção de drenagem do tubo levando a uma injeção substancialmente uniforme do fluido como mostrado com a linha de setas (UIF) de comprimento quase igual. Ao contrário, a tecnologia de injeção convencional mostrada na fig. 10 usando um tubo de injeção separado 24 leva a uma injeção não uniforme de fluido (NIF), especialmente nas fraturas F em que o fluido injetado constrói um atalho, como

também mencionado na parte introdutória da descrição. Em ambas figs. 10 e 11 o tubo de produção é o mesmo, e as direções de fluxo no tubo de produção são indicadas com setas 25 e 26 durante produção ou injeção, respectivamente. Em ambas as figuras 10 e 11, duas linhas que indicam contato de gás-óleo (GOC) e contato água-óleo (WOC) são ainda mostradas.

[0045] Com referência à fig. 12 uma explicação breve é dada para ilustrar como o presente dispositivo de controle funciona como uma válvula de retenção ou de não retorno para impedir fluxo reverso durante produção e injeção, respectivamente.

[0046] A_3 , P_3 é a pressão de entrada para fluxo reverso. Esta pressão é a mais alta e vai tentar abrir o dispositivo de controle. P_4 é igual a P_3 . Esta pressão vai se esforçar para fechar a válvula. A_2 , P_2 são a área e a pressão na zona onde a velocidade vai ser a maior e a queda de pressão ocorre. Esta pressão vai se esforçar para fechar a válvula devido ao efeito Bernoulli. A_1 , P_1 são a área de fluxo de saída e a pressão para fluxo reverso. Esta vai ser a pressão a mais baixa e vai se esforçar para fechar a válvula para retro-fluxo.

[0047] Conseqüentemente, todas as pressões vão se esforçar para fechar a válvula, exceto por P_3 . Desde que a área A_3 é relativamente pequena, comparada às outras áreas, o balanço de forças total vai fechar a válvula.

[0048] Com a presente invenção, devido à taxa de volume constante, uma drenagem muito melhor do reservatório é assim alcançada. Isto resulta em produção significativamente maior do reservatório. Ao mesmo tempo a quantidade requerida de fluidos injetados pode ser reduzida significativamente. Isto é importante por exemplo na produção de betume onde vapor é injetado.

[0049] Ademais, devido à característica de fluxo do dispositivo de controle, a injeção ao longo da seção diferente do poço será substancialmente uniforme. Isto é assegurado pela taxa de volume constante singular do dispositivo de controle 32, mesmo para reservatórios não uniformes nos quais a queda de pressão vai variar.

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento tubular tendo pelo menos uma seção de drenagem (1) incluindo uma primeira pluralidade de válvulas ou dispositivos de controle de fluxo auto-ajustáveis (2) para controlar o fluxo de fluido na seção de drenagem a partir de um poço formado em um reservatório subterrâneo, cada uma das válvulas ou dispositivos de controle (2) compreendendo uma entrada ou orifício (10), formando assim um caminho de fluxo (11) através da válvula ou dispositivo de controle (2) passando por um disco ou corpo móvel (9) que é projetado para se mover livremente em relação à abertura da entrada e assim estreitar ou ampliar o caminho do fluxo para reduzir ou aumentar uma área de passagem de fluxo (A_2) explorando o efeito de Bernoulli e qualquer pressão de estagnação criada sobre o disco (9), por meio de que a válvula ou dispositivo de controle (2), dependendo da composição do fluido e suas propriedades, ajusta autonomamente o fluxo do fluido com base em um projeto de fluxo pré-estimado, caracterizado pelo fato de que uma segunda pluralidade de tais válvulas ou dispositivos de controle auto-ajustáveis (32) é prevista na seção de drenagem (1), cada de tais válvulas ou dispositivos de controle adicionais (32) sendo situada(o) em uma direção oposta da primeira pluralidade, permitindo assim injeção de um fluido dentro do reservatório subterrâneo através da seção de drenagem (1).

2. Elemento tubular de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma válvula ou um dispositivo de controle (2, 32) da primeira e segunda pluralidades é disposta(o) dentro de uma tela (33).

3. Elemento tubular de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos um das válvulas ou dispositivos de controle (2) da segunda pluralidade são disposta(o)s fora das telas (33).

4. Elemento tubular de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a segunda pluralidade de válvulas ou dispositivos de controle auto-ajustáveis (32) só é prevista em seções de drenagem selecionadas (1) do elemento tubular.

5. Elemento tubular de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o fluido injetado no reservatório subterrâneo é

um ácido, inibidor, vapor, solvente, gases, líquidos, substâncias químicas ou partículas intumescentes ou combinações destes.

6. Elemento tubular de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que cada das válvulas ou dispositivos de controle (2, 32) consiste em primeiro corpo em forma de disco (4) com um segmento cilíndrico externo (5) e um segmento cilíndrico interno (6) e com o orifício central (10), e um segundo corpo em forma de disco (7) com um segmento cilíndrico externo (8), como também um disco basicamente plano (9) previsto entre o primeiro (4) e segundos corpos em forma de disco, por meio de que o segmento cilíndrico (8) do segundo corpo em forma de disco (7) se encaixa dentro e se projeta na direção oposta do segmento cilíndrico externo (5) do primeiro corpo em forma de disco (4), formando corpo o caminho de fluxo (11) onde o fluido entra na válvula ou dispositivo de controle através da abertura central ou entrada (10) escoando para e ao longo do disco (9) antes de escoar através de uma abertura anular (12) formada entre os segmentos cilíndricos (8, 6) e adicionalmente para fora através da abertura anular (13) formada entre os segmentos cilíndricos (8, 5).

7. Elemento tubular de acordo com reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que uma mola (15) é prevista entre um lado do disco (9) e conecta o disco com qualquer um de um suporte (7, 22), um recesso (21) ou um alojamento (4).

8. Elemento tubular de acordo com reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o disco no lado voltado para o orifício (10) é provido com um dispositivo termicamente responsivo (20).

9. Elemento tubular de acordo com reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o dispositivo termicamente responsivo (20) é um elemento bimetálico.

Fig. 1

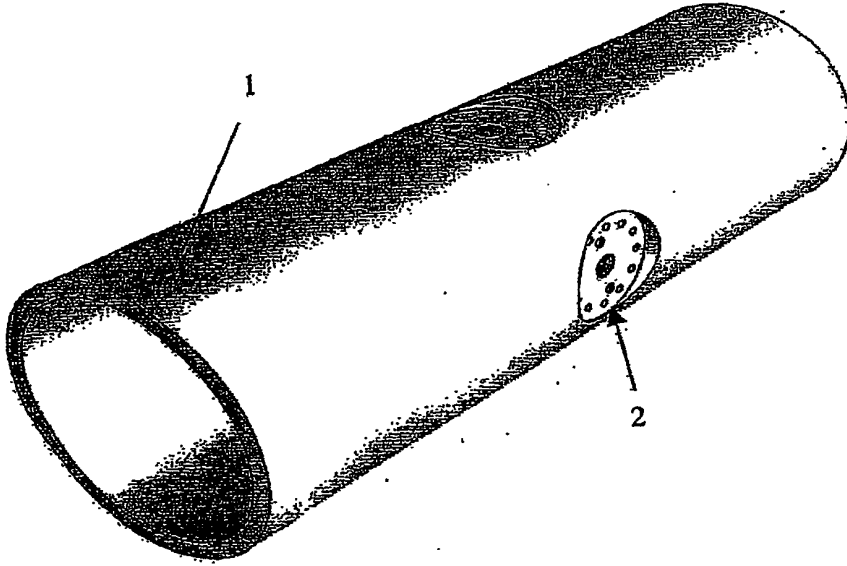


Fig. 2 a

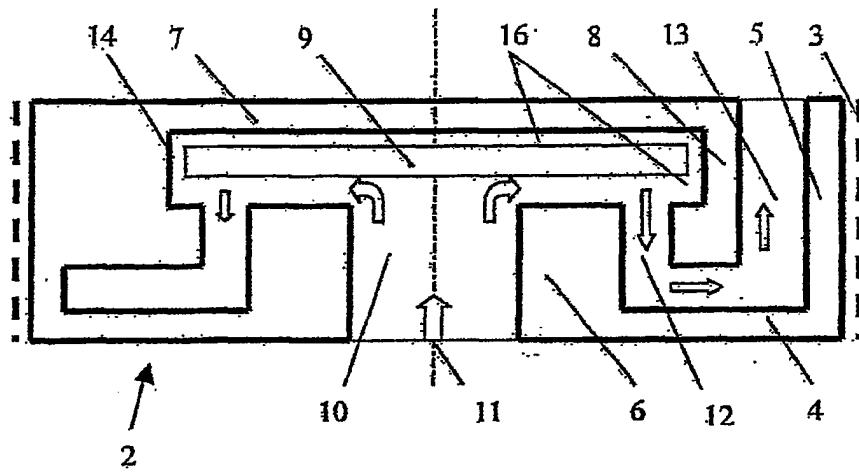


Fig. 2 b

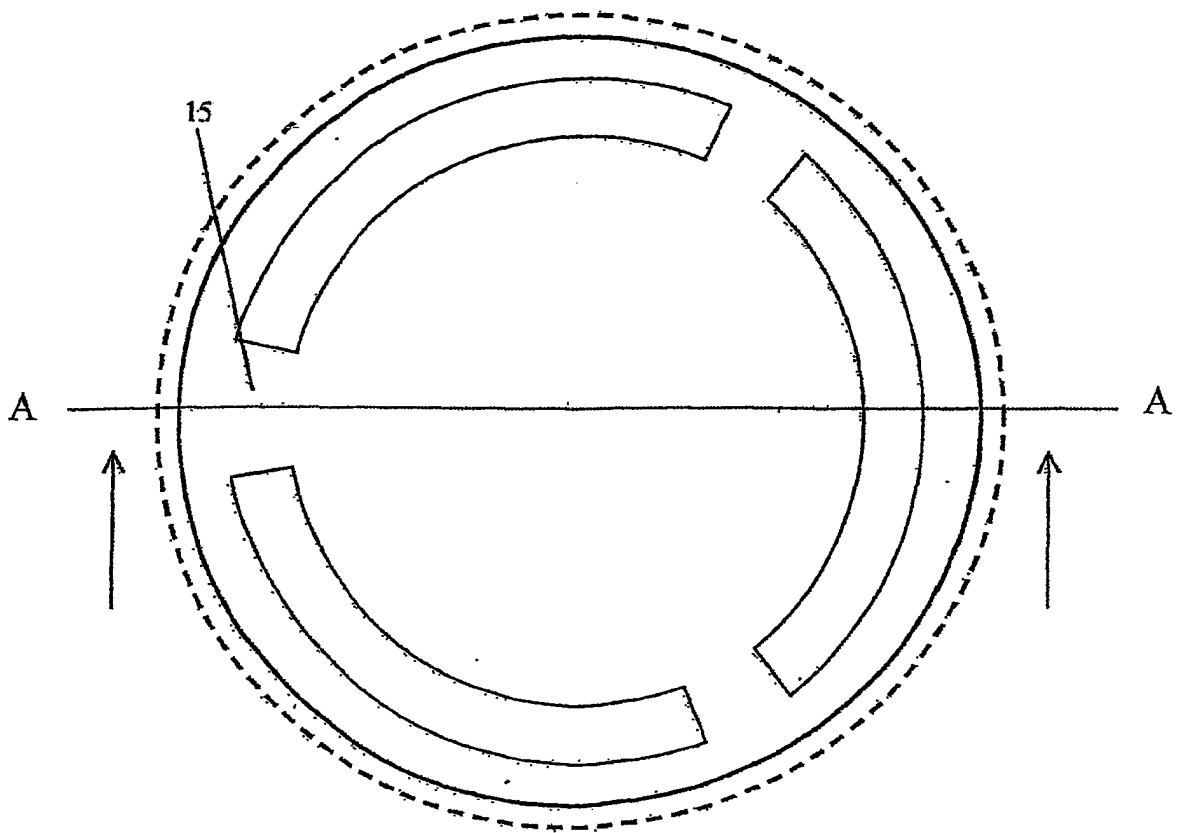


Fig. 3

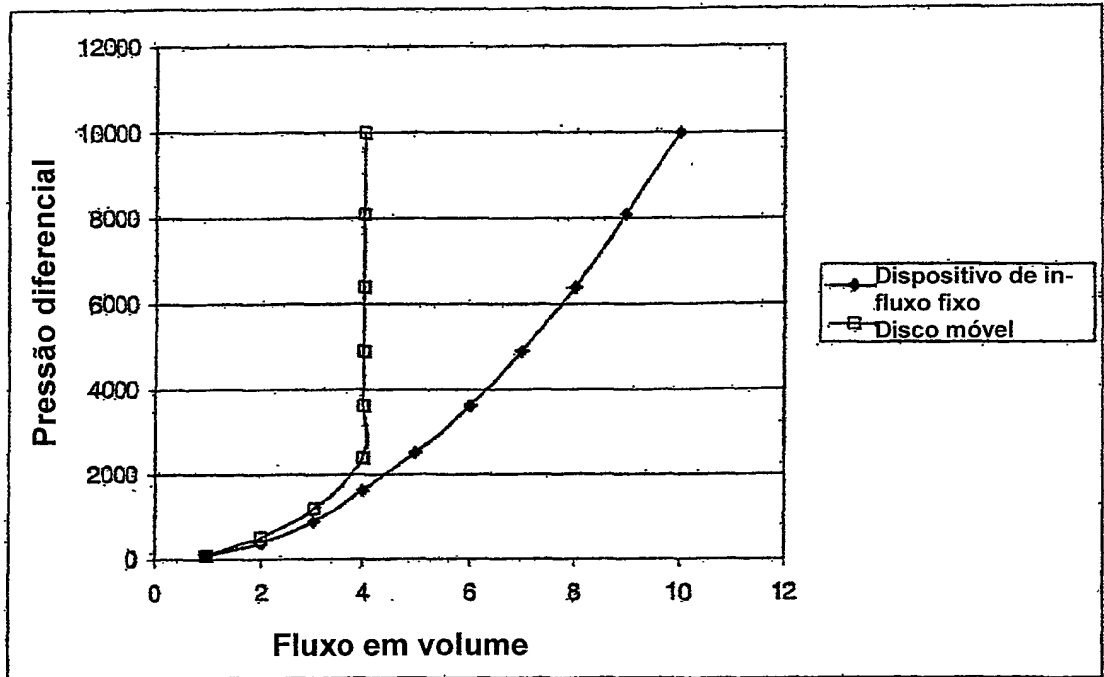


Fig. 4

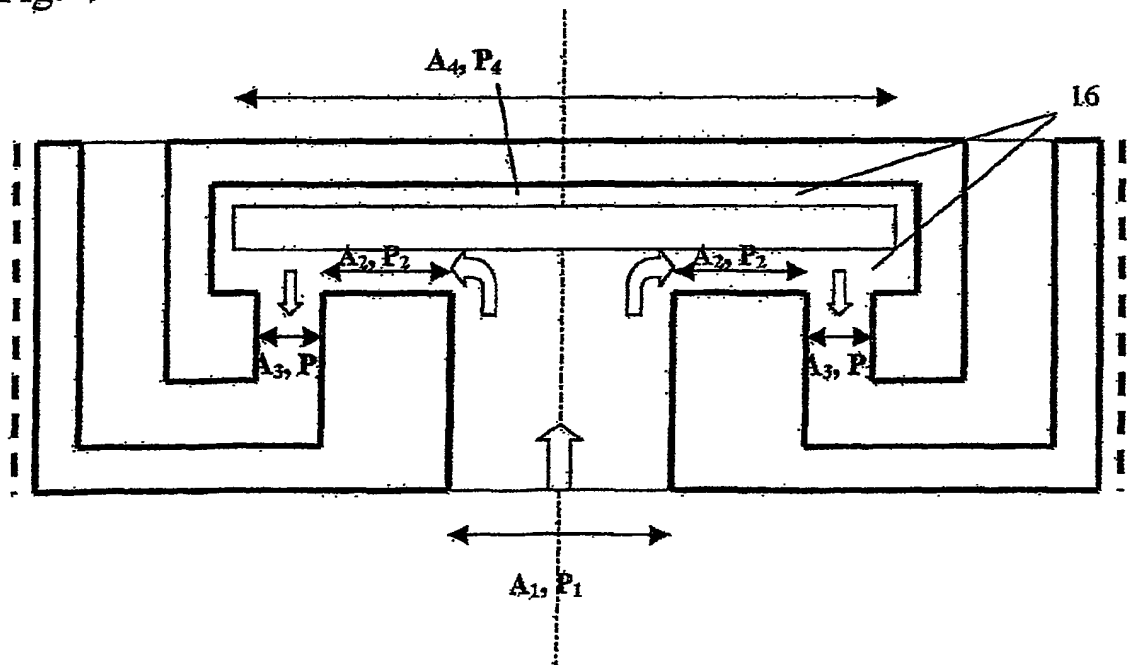


Fig. 5

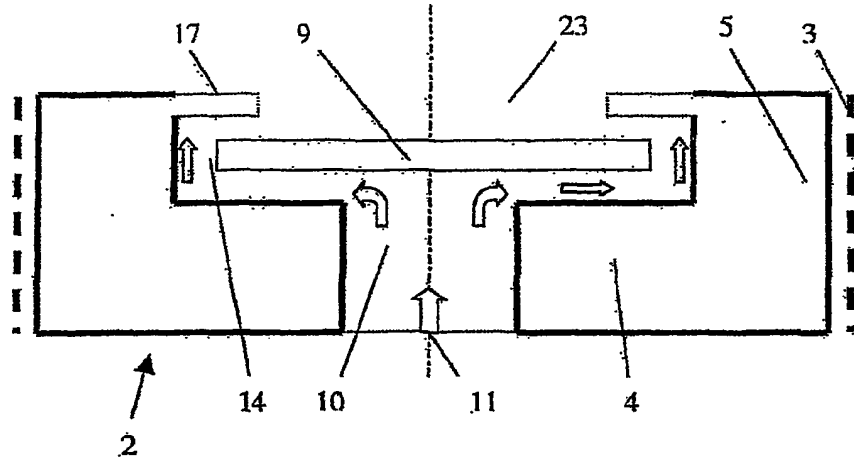


Fig. 6

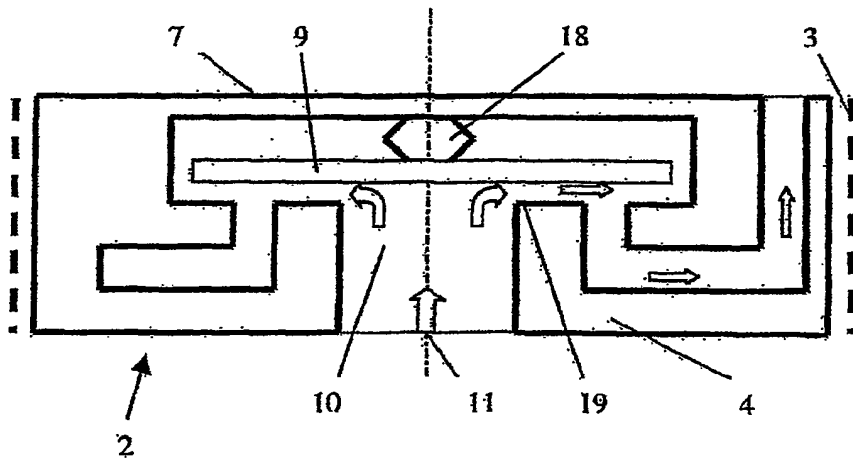


Fig. 7

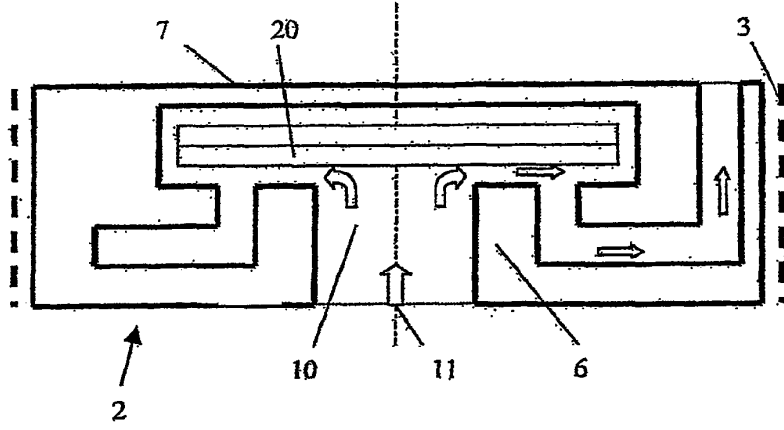


Fig. 8

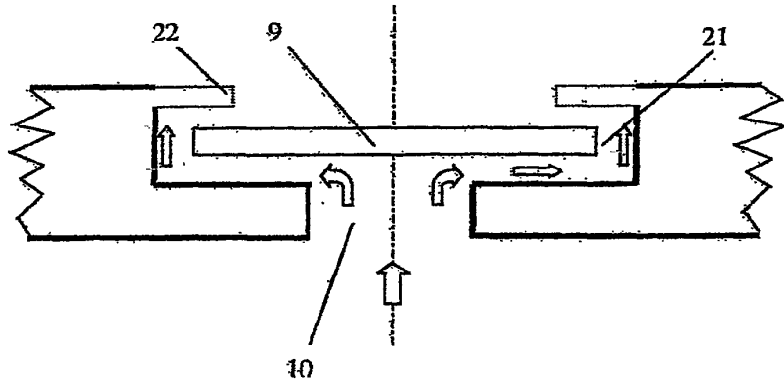


Fig. 9a

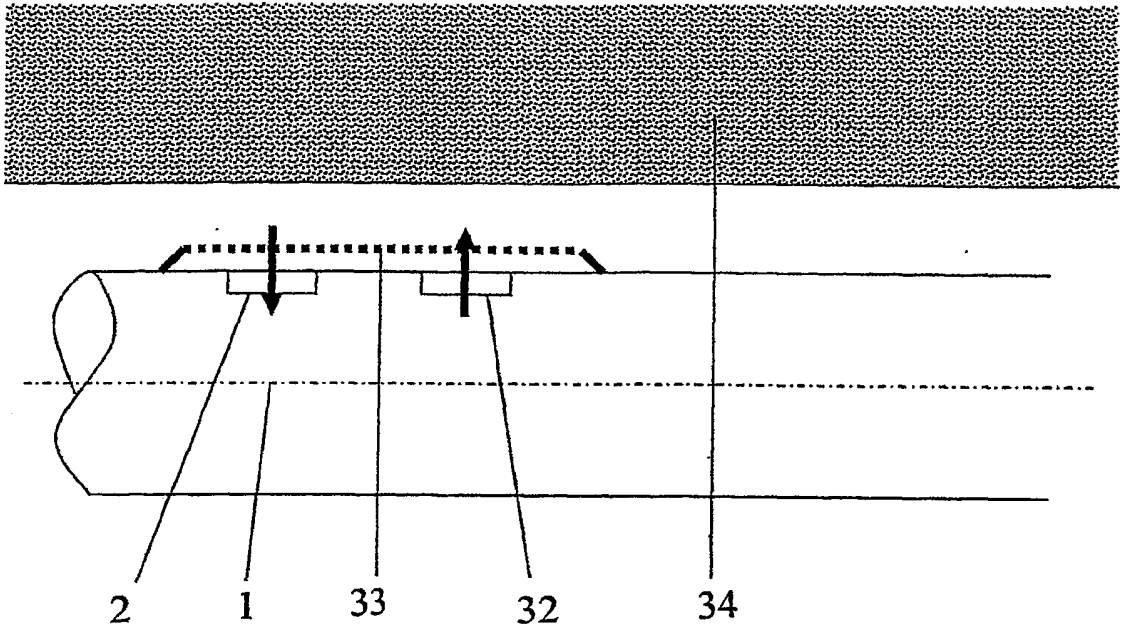


Fig. 9b

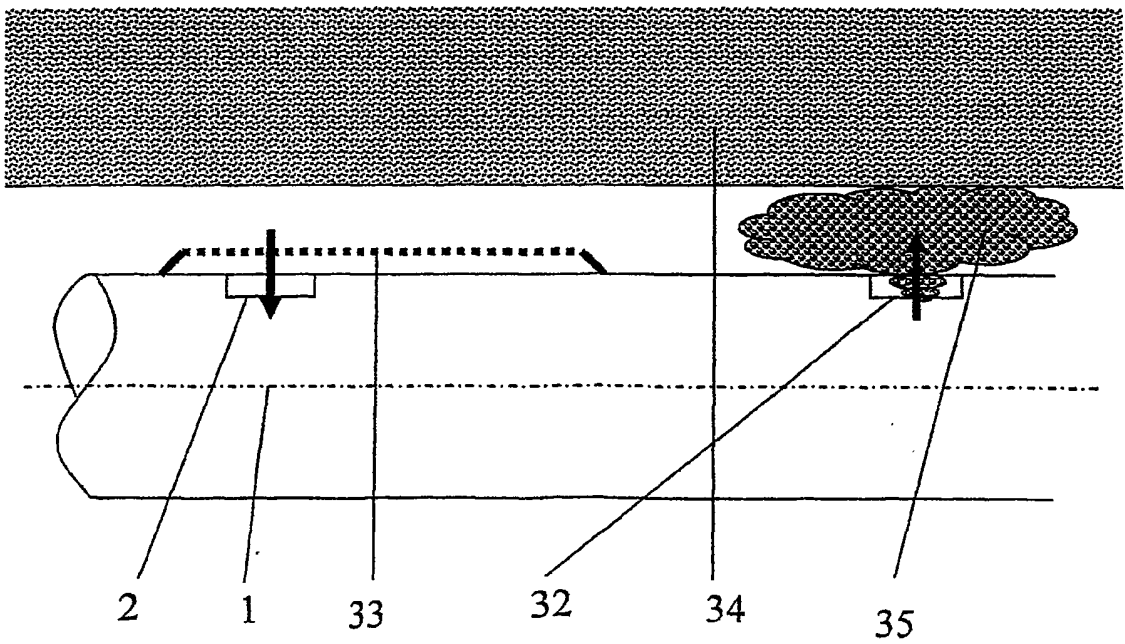


Fig. 10

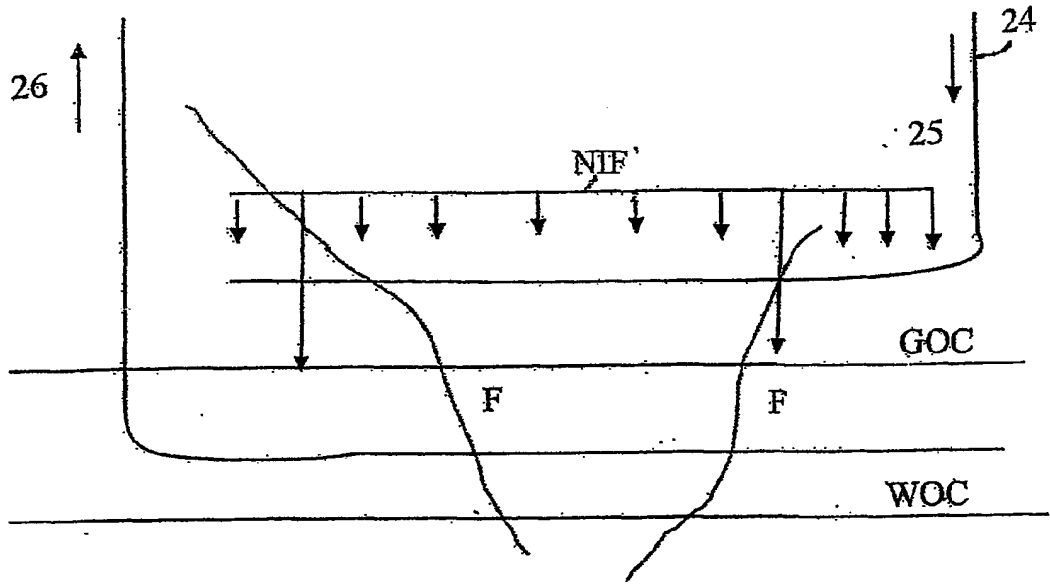


Fig. 11

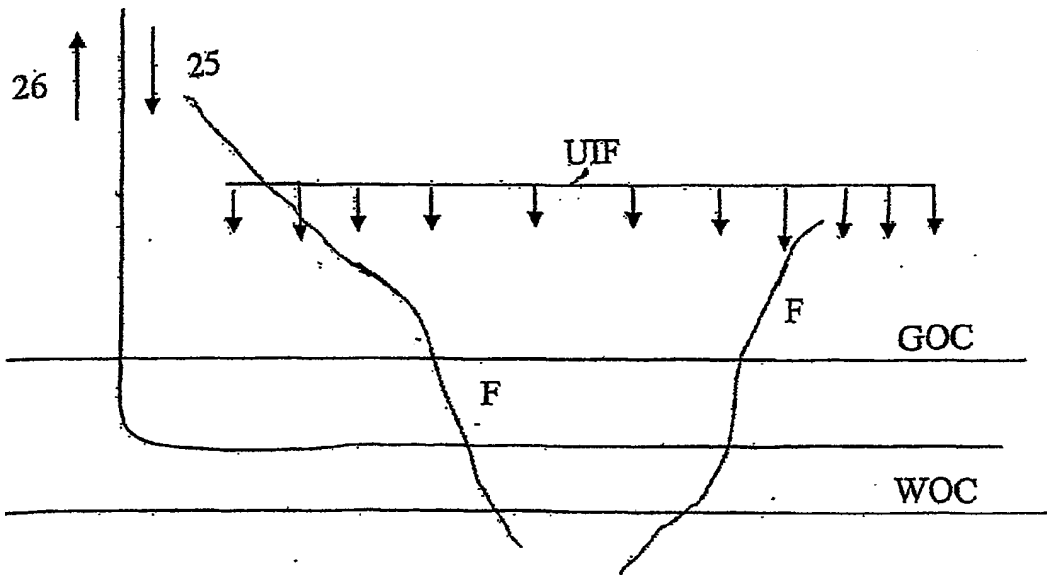


Fig. 12

