



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

(21) **PI 0720941-0 A2**

(22) Data de Depósito: 25/01/2007  
(43) Data da Publicação: 19/03/2013  
(RPI 2202)



(51) *Int.Cl.:*  
E21B 34/10

**(54) Título:** SISTEMA DE POÇO, MÉTODO PARA ESTIMULAR DE MANEIRA SELETIVA UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E, VÁLVULA PARA UTILIZAÇÃO EM UMA COLUNA TUBULAR EM UM POÇO SUBTERRÂNEO

**(73) Titular(es):** Welldynamics, Inc.

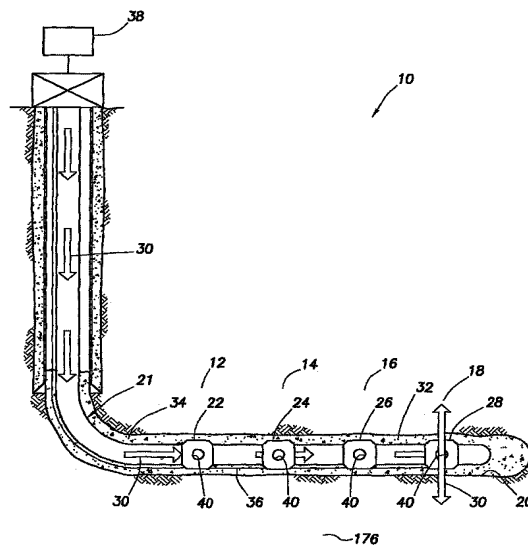
**(72) Inventor(es):** Alfred R. Curington, Timothy R. Tips

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

**(86) Pedido Internacional:** PCT US2007061031 de 25/01/2007

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/091345de 31/07/2008

**(57) Resumo:** SISTEMA DE POÇO, MÉTODO PARA ESTIMULAR DE MANEIRA SELETIVA UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E, VÁLVULA PARA UTILIZAÇÃO EM UMA COLUNA TUBULAR EM UM POÇO SUBTERRÂNEO. Válvulas para revestimento pa estimulação e controle seletivo de poço. Um sistema de poço inclui pelo menos uma válvula interconectada em uma coluna de revestimento operável por meio de pelo menos uma linha externa á coluna de revestimento para controlar de maneira seletiva escoamento de fluido entre um exterior e um interior da coluna de revestimento, e a coluna de revestimento, a válvula e linha sendo cimentadas em um furo de poço. Um método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea inclui: posicionar uma coluna de revestimento em um furo de poço, a coluna de revestimento incluindo válvulas espaçadas separadas operáveis por meio de uma linha para controlar de maneira seletiva escoamento um fluido de estimulação a partir da coluna de revestimento para o interior do intervalo.



“SISTEMA DE POÇO, MÉTODO PARA ESTIMULAR DE MANEIRA SELETIVA UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E, VÁLVULA PARA UTILIZAÇÃO EM UMA COLUNA TUBULAR EM UM POÇO SUBTERRÂNEO”

5

### CAMPO TÉCNICO

A presente invenção é relativa, genericamente, a equipamento utilizado e operações realizadas em conjunto com um poço subterrâneo e, em uma configuração aqui descrita, mais particularmente fornece um sistema de poço com válvulas de revestimento para estimulação e controle seletivo do poço.

10

### FUNDAMENTO

Diversos sistemas foram utilizados no passado para fraturar de maneira seletiva zonas individuais em um poço. Em um tal sistema, uma coluna de tubulação bobinada é utilizada para abrir e fechar válvulas em uma coluna de revestimento. Em outro sistema, esferas são derrubadas para o interior da coluna de revestimento e pressão é aplicada para deslocar luvas de válvulas na coluna de revestimento.

15

Será apreciado que utilização de tubulação bobinada e esferas derrubadas para o interior da coluna de revestimento obstruem o interior da coluna de revestimento. Isto reduz a área de escoamento disponível para bombear fluidos de estimulação para o interior da zona. Onde o fluido de estimulação inclui um agente de sustentação abrasivo, assentos de esferas serão, provavelmente, erodidos pelo escoamento de fluido.

20

Além disto, estes sistemas precedentes não facilitam a utilização conveniente das válvulas em operações subsequentes, tal como durante teste de produção, em operações de alagamento com vapor, etc. Por exemplo, o sistema operado por tubulação bobinada requer intervenção cara e consumidora de tempo para o interior do poço, para manipular as válvulas, e os sistemas operados por queda de esferas ou são inoperáveis depois que as

25

operações iniciais de estimulação estejam completadas, ou requerem intervenção para o interior do poço.

Portanto, pode ser visto que melhoramentos são necessários na técnica de estimular e de controlar de maneira seletiva escoamento em um poço.

## SUMÁRIO

Ao realizar os princípios da presente invenção um sistema de poço e método associado são fornecidos, os quais solucionam pelo menos um problema na técnica. Um exemplo está descrito abaixo, no qual o sistema de poço inclui válvulas de revestimento operáveis de maneira remota através de uma ou mais linhas, sem requerer intervenção para o interior do revestimento, e sem requerer que esferas sejam derrubadas para o interior do ou que pressão seja aplicada ao revestimento. Outro exemplo está descrito abaixo, no qual as linhas e válvulas são cimentadas em um furo de poço com revestimento, e as válvulas podem ser abertas e fechadas depois da operação de cimentação.

Em um aspecto um sistema de poço é fornecido, o qual inclui pelo menos uma válvula interconectada a uma coluna de revestimento. A válvula é operável por meio de pelo menos uma linha externa à coluna de revestimento, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um exterior e um interior da coluna de revestimento. A coluna de revestimento, válvula e linha são cimentadas em um furo de poço.

Em outro aspecto, um método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea é fornecido. O método inclui as etapas de: posicionar uma coluna de revestimento em um furo de poço que intercepta a formação, a coluna de revestimento incluindo diversas válvulas espaçada separadas operáveis para permitir e impedirem, de maneira seletiva, escoamento de fluido entre um interior e um exterior da coluna de revestimento, as válvula sendo operáveis por meio de, pelo menos, uma linha

conectada às válvulas; e

para cada um dos diversos intervalos da formação em seqüência, estimular o intervalo abrindo uma correspondente das válvulas, fechando o restante das válvulas e escoando um fluido de estimulação a partir do interior da coluna de revestimento e para o interior do intervalo.

Em ainda outro aspecto, um método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea inclui as etapas de: fornecer primeiro e segundo furos de poço que interceptam a formação; posicionar uma primeira coluna tubular em um dos primeiro e segundo furos de poço, a primeira coluna tubular incluindo diversas primeiras válvulas espaçadas separadas operáveis para permitir e impedir, de maneira seletiva, escoamento de fluido entre um interior e um exterior da primeira coluna tubular; e para cada um dos diversos conjuntos de um ou mais intervalos da formação, estimular o intervalo estabelecido abrindo uma correspondente das primeiras válvulas, escoando um fluido de estimulação para o interior do intervalo estabelecido, e em resposta recebendo um fluido de formação a partir do intervalo estabelecido para o interior do segundo furo de poço.

Uma válvula para utilização em uma coluna tubular em um poço subterrâneo também é fornecida. A válvula inclui uma luva que tem extremidades opostas com a luva sendo deslocável entre posições aberta e fechada, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento através de uma parede lateral de uma carcaça. Pistões existem nas extremidades da luva. Diferenciais de pressão aplicados aos pistões são operacionais para deslocar a luva entre suas posições aberta e fechada.

Em outro aspecto, um método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea inclui as etapas de:

posicionar uma primeira coluna tubular em um primeiro furo de poço que intercepta a formação, a primeira coluna tubular incluindo diversas primeiras válvulas espaçadas separadas, operáveis para permitir e

impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da primeira coluna tubular;

5           posicionar uma segunda coluna tubular em um segundo furo de poço que intercepta a formação, a segunda coluna tubular incluindo diversas segundas válvulas espaçadas separadas, operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da segunda coluna tubular; e

10           para cada um dos diversos intervalos da formação estimular o intervalo abrindo uma correspondente das primeiras válvulas, escoar um fluido de estimulação a partir do interior da primeira coluna tubular e para o interior do intervalo, abrir uma correspondente das segundas válvulas e, em resposta receber um fluido de formação a partir do intervalo para o interior da segunda coluna tubular.

15           Estes e outros aspectos, vantagens, benefícios e objetivos da presente invenção se tornarão evidentes a alguém de talento ordinário na técnica quando de consideração cuidadosa da descrição detalhada de configurações representativas da invenção aqui abaixo, e dos desenhos que acompanham, nos quais elementos similares estão indicados nas diversas figuras utilizando os mesmos números de referência.

## 20           **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

          A figura 1 é uma vista parcialmente em seção transversal esquemática de um sistema de poço e método associado que configuram princípios da presente invenção;

25           A figura 2 é uma vista em seção transversal esquemática de uma válvula que pode ser utilizada no sistema de poço e método da figura 1;

          As figuras 3A & B são vistas em seção transversal esquemática de um dispositivo de controle de escoamento que pode ser utilizado em conjunto com a válvula da figura 2;

          A figura 4 é uma vista em seção transversal esquemática de

uma primeira construção alternativa de uma válvula que pode ser utilizada no sistema de poço e método da figura 1;

A figura 5 é um diagrama esquemático de circuito hidráulico para o sistema de poço da figura 1;

5 A figura 6 é um diagrama esquemático de um primeiro circuito hidráulico alternativo para o sistema de poço da figura 1;

A figura 7 é um diagrama esquemático de um segundo circuito hidráulico alternativo para o sistema de poço da figura 1;

10 A figura 8 é um diagrama esquemático de um terceiro circuito hidráulico alternativo para o sistema de poço da figura 1;

A figura 9 é um diagrama esquemático de um quarto circuito hidráulico alternativo para o sistema de poço da figura 1;

15 As figuras 10A-E são vistas em seção transversal esquemáticas de seções axiais sucessivas de uma segunda construção alternativa de uma válvula que pode ser utilizada no sistema de poço e método da figura 1;

A figura 11 é uma vista em seção transversal parcialmente esquemática de outro sistema de poço e método associado, que configuram princípios da presente invenção; e

20 A figura 12 é uma vista em seção transversal esquemática de uma válvula que pode ser utilizada no sistema de poço e método da figura 11.

### DESCRIÇÃO DETALHADA

25 Deve ser entendido que as diversas configurações da presente invenção descritas aqui podem ser utilizadas em diversas orientações, tais como inclinada, invertida, horizontal, vertical, etc. e em diversas configurações, sem se afastar dos princípios da presente invenção. As configurações são descritas simplesmente como exemplos de aplicações úteis dos princípios da invenção, que não está limitada a quaisquer detalhes específicos destas configurações.

Na descrição a seguir das configurações representativas da

invenção, termos direcionais tais como “acima”, “abaixo”, “superior”, “inferior”, etc. são utilizados para conveniência ao se referirem aos desenhos que acompanham. Em geral, “acima”, “superior”, “para cima” e termos similares, se referem a uma direção no sentido da superfície da terra ao longo de um furo de poço, e “abaixo”, “inferior”, “para baixo”, e termos similares, se referem a uma direção para longe da superfície da terra ao longo do furo de poço.

Está ilustrado de maneira representativa na figura 1 um sistema de poço 10 e método associado, que configuram princípios da presente invenção. O sistema 10 e método são utilizados para estimular de maneira seletiva diversos conjuntos de um ou mais intervalos 12, 14, 16, 18 de uma formação 176 interceptada por um furo de poço 20.

Cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 pode incluir um ou mais intervalos da formação 176. Como delineado na figura 1 existem quatro dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 e o furo de poço 20 é substancialmente horizontal nos intervalos, porém deveria ser entendido claramente que qualquer número de intervalos pode existir, e o furo de poço poderia ser vertical ou inclinado em qualquer direção, mantendo os princípios da invenção.

Uma coluna de revestimento 21 é instalada no furo de poço 20. Como aqui utilizado, o termo “coluna de revestimento” é utilizado para indicar qualquer coluna tubular que é utilizada para formar um revestimento protetor para um furo de poço. Colunas de revestimento podem ser feitas de qualquer material, tais como aço, polímeros, materiais compostos, etc. Colunas de revestimento podem ser unidas, segmentadas ou contínuas. Tipicamente, colunas de revestimento são vedadas à formação circundante utilizando cimento ou outra substância endurecível tal como epóxis, etc., ou utilizando engaxetamentos ou outros materiais de vedação para impedir ou isolar comunicação longitudinal de fluido através de um anel formado entre a

coluna de revestimento e o furo de poço.

A coluna de revestimento 21 delineada na figura 1 inclui quatro válvulas 22, 24, 26, 28 interconectadas nela. Assim as válvulas 22, 24, 26, 28 são parte da coluna de revestimento 21, e são espaçadas separadas longitudinalmente ao longo da coluna de revestimento.

Preferivelmente cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 corresponde a um dos conjuntos de intervalos 12, 14, 16, 18 e é posicionada no furo de poço 20 oposta ao intervalo correspondente. Contudo, deveria ser entendido que qualquer número de válvulas pode ser utilizado mantendo os princípios da invenção, e não é necessário que uma única válvula corresponda a, ou seja posicionada oposta a um único intervalo. Por exemplo, diversas válvulas poderiam corresponder a, e serem posicionadas opostas a um único intervalo, e uma única válvula poderia corresponder a e ser posicionada oposta a diversos intervalos.

Cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 é operável de maneira seletiva para permitir e impedir o escoamento de fluido entre um interior e exterior da coluna de revestimento 21. As válvulas 22, 24, 26, 28 também poderiam controlar escoamento entre o interior e exterior da coluna de revestimento 21 estrangulando ou regulando de outra maneira, de forma variável, tal escoamento.

Com as válvulas 22, 24, 26, 28 posicionadas opostas aos respectivos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 como delineado na figura 1, as válvulas também podem ser utilizadas para controlar de maneira seletiva escoamento entre o interior da coluna de revestimento 21 e cada um dos conjuntos de intervalo. Desta maneira, cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 pode ser estimulado de maneira seletiva escoando fluido de estimulação 30 através da coluna de revestimento 21 e através de qualquer uma das válvulas abertas para o interior dos conjuntos de intervalo correspondentes.

Como aqui utilizado, o termo “fluido de estimulação” é utilizado para indicar qualquer fluido ou combinação de fluidos que é injetado para o interior de uma formação ou conjunto de intervalos para aumentar uma taxa de escoamento de fluido através da formação ou conjunto de intervalos.

5 Por exemplo, um fluido de estimulação poderia ser utilizado para fraturar a formação, para distribuir agente de sustentação para fraturas na formação, para acidificar a formação, para aquecer a formação, ou para aumentar de outra maneira a mobilidade de fluido na formação. Fluido de estimulação pode incluir diversos componentes tais como géis, agentes de sustentação, 10 rompedores, etc.

Como delineado na figura 1, o fluido de estimulação 30 está sendo distribuído para o conjunto de intervalo 18 por meio da válvula aberta 28. Desta maneira o conjunto de intervalo 18 pode ser estimulado de maneira seletiva tal como faturando, acidificando, etc.

15 O conjunto de intervalo 18 é isolado do conjunto de intervalo 16 no furo de poço 20 por meio de cimento 32 colocado em um anel 34 entre a coluna de revestimento 21 e o furo de poço. O cimento 32 impede que o fluido de estimulação 30 seja escoado para o conjunto de intervalo 16 através do furo de poço 20 quando estimulação do conjunto de intervalo 16 não é 20 desejada. O cimento 32 isola cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 um do outro no furo de poço 20.

Como aqui utilizado, o termo “cimento” é utilizado para indicar uma substancia de vedação endurecível que é inicialmente suficientemente fluida para ser escoada para o interior de uma cavidade em 25 um furo de poço porém que em seguida endurece ou “cura” de modo que veda a cavidade. Materiais de cimento convencionais endurecem quando são hidratados. Outros tipos de cimentos (tais como epóxis ou outros polímeros) podem endurecer devido à passagem do tempo, aplicação de calor, combinação de certos componentes químicos, etc.

Cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 tem uma ou mais aberturas 40 para fornecer comunicação direta através de uma parede lateral da válvula. É considerado que o cimento 32 poderia impedir escoamento entre as aberturas 40 e os conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 depois que o cimento tenha endurecido, e assim diversas medidas podem ser utilizadas ou para impedir o cimento de bloquear este escoamento, ou para remover o cimento das aberturas e de entre as aberturas e os conjuntos de intervalo. Por exemplo, o cimento 32 poderia ser um cimento solúvel (tal como um cimento solúvel ácido) e o cimento nas aberturas 40 e entre as aberturas e os conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 poderia ser dissolvido por um solvente adequado, para permitir que o fluido de estimulação 30 escoe para o interior dos conjuntos de intervalo. O próprio fluido de estimulação 30 poderia ser o solvente.

No sistema de poço 10, a válvula 28 é aberta depois da operação de cimentação, isto é, depois que o cimento 32 tenha endurecido, para vedar o anel 34 entre os conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18. O fluido de estimulação 30 é então bombeado através da coluna de revestimento 21 e para o interior do conjunto de intervalo 18.

A válvula 28 é então fechada e a próxima válvula 26 é aberta. O fluido de estimulação 30 é então bombeado através da coluna de revestimento 21 e para o interior do conjunto de intervalo 16.

A válvula 26 é então fechada e a próxima válvula 24 é aberta. O fluido de estimulação 30 é então bombeado através da coluna de revestimento 21 e para o interior do conjunto de intervalo 14.

A válvula 24 é então fechada e a próxima válvula 22 é aberta. O fluido de estimulação 30 é então bombeado através da coluna de revestimento 21 e para o interior do conjunto de intervalo 12.

Assim, as válvulas 22, 24, 26, 28 são sequencialmente abertas e então fechadas, para com isto permitirem estimulação seqüencial dos

conjuntos de intervalo correspondentes 12, 14, 16, 18. Observar que as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser abertas e fechadas em qualquer ordem, mantendo os princípios da invenção.

5 Em um aspecto importante do sistema de poço 10 e método associado, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser abertas e fechadas quantas vezes for desejado, as válvulas podem ser abertas e fechadas depois da operação de cimentação, as válvulas podem ser abertas e fechadas sem requerer qualquer intervenção para o interior da coluna de revestimento 21, as  
10 válvulas podem ser abertas e fechadas sem instalar quaisquer esferas ou outros dispositivos de tamponamento na coluna de revestimento, e as válvulas podem ser abertas e fechadas sem aplicar pressão à coluna de revestimento.

Ao invés disto, as válvulas 22, 24, 26, 28 são operáveis seqüencialmente e de maneira seletiva através de uma ou mais linhas 36 que são preferivelmente instaladas juntamente com a coluna de revestimento 21.  
15 Em adição, as linhas 36 são preferivelmente instaladas externas à coluna de revestimento 21, de modo que elas não obstruem o interior da coluna de revestimento, porém isto não é necessário ao manter os princípios da invenção. Observar que como delineado na figura 1, as linhas 36 são cimentadas no anel 34 quando a coluna de revestimento 21 é cimentada no  
20 furo de poço 20.

As linhas 36 são conectadas a cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 para controlar a operação das válvulas. Preferivelmente as linhas 36 são linhas hidráulicas para distribuir fluido pressurizado para as válvulas 22, 24, 26, 28, porém outros tipos de linhas tais como elétrica, de fibra ótica, etc.,  
25 poderiam ser utilizados se desejado.

As linhas 36 são conectadas a um sistema de controle 38 e a uma localização remota tal como a superfície da terra, fundo do mar, equipamento flutuante, etc. Desta maneira, operação das válvulas 22, 24, 26, 28 pode ser controlada a partir da localização remota através das linhas 36

sem requerer intervenção para o interior da coluna de revestimento 21.

Depois da operação de estimulação pode ser desejado testar os conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 para determinar, por exemplo, permeabilidade pors- estimulação, produtividade, injetabilidade, etc. Um conjunto de intervalo individualizado pode ser testado abrindo sua correspondente das válvulas 22, 24, 26, 28 enquanto as outras válvulas estão fechadas.

Testes de formação, tal como testes de acumulação e de abaixamento, podem ser realizados para cada conjunto de intervalo 12, 14, 16, 18 abrindo e fechando de maneira seletiva a correspondente das válvulas 22, 24, 26, 28 enquanto as outras válvulas estão fechadas. Instrumentos tais como sensores de pressão e de temperatura podem ser incluídos na coluna de revestimento 21 para realizar medições furo abaixo durante estes testes.

As válvulas 22, 24, 26, 28 também podem ser úteis durante a produção, para controlar a taxa de produção a partir de cada conjunto de intervalo. Por exemplo, se o conjunto de intervalo 18 deveria começar a produzir água, a válvula correspondente 28 poderia ser fechada, ou escoamento através da válvula poderia ser restringido para reduzir a produção de água.

Se o poço é um poço de injeção, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser úteis para controlar a colocação de um fluido injetado (tal como água, gás, vapor, etc.) para o interior dos conjuntos de intervalo correspondentes 12, 14, 16, 18. Um alagamento com água, frente de vapor, interface de petróleo-gás ou outro perfil de injeção pode ser manipulado controlando a abertura, fechamento ou estrangulamento de escoamento de fluido através das válvulas 22, 24, 26, 28.

Fazendo referência agora adicionalmente à figura 2, uma válvula 50 que pode ser utilizada para qualquer uma das válvulas 22, 24, 26, 28 no sistema de poço 10 é ilustrada de maneira representativa. A válvula 50

pode ser utilizada em outros sistemas de poço sem se afastar dos princípios da invenção.

5 A válvula 50 é do tipo conhecido daqueles versados na técnica como uma válvula de luva deslizante, no qual ela inclui uma luva 52 que é deslocável de maneira alternativa dentro de um conjunto de carcaça 54, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento através de aberturas 56 formadas através de uma parede lateral do conjunto de carcaça. Perfis 58 formados internamente na luva 52 podem ser utilizados para deslocar a luva entre suas posições aberta e fechada, por exemplo, utilizando  
10 uma ferramenta de deslocamento transportada por linha de cabo ou tubulação bobinada.

Contudo, quando utilizada no sistema de poço 10 a luva 52 é preferivelmente deslocada por dispositivo de pressão aplicado à câmara 76 acima e abaixo de um pistão 64 na luva. Fluido pressurizado é distribuído  
15 para as câmaras 60, 62 através de linhas hidráulicas 66 conectadas à válvula 50. No sistema de poço 10 as linhas 36 deveriam corresponder às linhas 66 conectadas á válvula 50.

Em uma configuração o dispositivo de controle de escoamento 68 é interconectado entre uma das linhas 66 e a câmara 62, de modo que um  
20 nível de pressão predeterminado na linha é requerido para permitir comunicação direta entre a linha e a câmara para com isto permitir que a luva 52 desloque para cima e abra a válvula 50. O dispositivo de controle de escoamento 68 está ilustrado de maneira representativa nas figuras 3A & B.

Pressão distribuída através da linha de controle 66 está  
25 indicada na figura 3A por meio de setas 70. Esta pressão atua sobre um pistão 72 do dispositivo 68. Se a pressão 70 está abaixo do nível de pressão predeterminado, uma mola 74 mantém uma porta 76 fechada. A porta 76 está em comunicação com a câmara 62 da válvula 50.

Observar que a pressão 70 é comunicada através do dispositivo

68 se a porta 76 está aberta ou fechada, de modo que a pressão pode ser distribuída de maneira simultânea para diversas válvulas 50 conectadas com a linha 66.

5 Na figura 3B o dispositivos 68 está delineado depois que a pressão 78 tenha sido aumentada até o nível predeterminado. O pistão 72 deslocou agora para abrir a porta 76, e a pressão 70 é agora comunicada para a câmara 62. A pressão 70 na câmara 62 pode agora atuar sobre o pistão 64 para deslocar a luva 52 para cima e abrir a válvula 50.

10 Naturalmente, um diferencial de pressão apropriado deve existir através do pistão 64 para a luva 52 ser deslocada para cima. Para esta finalidade a câmara superior 60 pode ser conectada com outra fonte de pressão tal como o interior da coluna de revestimento 21, uma câmara pressurizada atmosférica ou de outra maneira, outra das linha 66, etc.

15 A pressão predeterminada na qual a porta 76 é aberta pode ser ajustada por meio de um mecanismo de ajustamento 78 (delineado nas figuras 3A & B como um parafuso rosqueado ou prisioneiro) que varia a força exercida sobre o pistão 72 por meio da mola 74. Assim, a válvula 50 pode ser configurada para operar em qualquer pressão desejada. Além disto, se  
20 diversas válvulas 50 são utilizadas (tais como as válvulas 22, 24, 26, 28 no sistema de poço 10) cada válvula pode ser configurada para operar em uma pressão diferente, permitido com isto operação seletiva de cada válvula.

25 Outra válvula 80 que pode ser utilizada para qualquer uma das válvulas 22, 24, 26, 28 no sistema de poço 10 está ilustrada de maneira representativa na figura 4. A válvula 80 pode ser utilizada em outros sistemas de poço mantendo os princípios da invenção.

A válvula 80 é também um tipo de válvula de luva deslizante, uma vez que ela inclui uma luva 82 deslocável de maneira alternativa em relação a um conjunto de carcaça 84, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento através de aberturas 86 formadas através de uma

parede lateral do conjunto de carcaça. Contudo, a válvula 80 é construída especialmente para utilização em sistemas de poço e métodos tais como o sistema de poço 10 e método da figura 1, no qual a válvula deve ser operada depois de ser cimentada em um furo de poço.

5                   Especificamente, aberturas 88 formadas através de uma parede lateral da luva 82 são isoladas do interior e exterior da válvula 80 onde cimento está presente durante a operação de segmentação. A válvula 80 está fechada durante a operação de cimentação como delineado no lado direito da figura 4.

10                   Quando é desejado abrir a válvula 80, a luva 82 é deslocada para cima alinhando com isto as aberturas 86, 88 e permitido comunicação direta entre o interior e o exterior do conjunto de carcaça 84. A posição aberta da luva 82 está delineada no lado esquerdo da figura 4.

15                   A luva 82 é deslocada no conjunto de carcaça 84 por meio de pressão distribuída através das linhas 88, 90 conectadas à válvula 80. A linha 88 está em comunicação com uma câmara 92 e a linha 90 está em comunicação com uma câmara 94 no conjunto de carcaça 84.

20                   Pistões 96, 98 sobre a luva 82 são expostos à pressão nas respectivas câmaras 92, 94. Quando pressão na câmara 94 excede pressão na câmara 92, a luva 82 é deslocada por este diferencial de pressão para deslocar para cima até a sua posição aberta. Quando a pressão na câmara 92 excede pressão na câmara 94 a luva 82 é deslocada por este diferencial de pressão para deslocar para baixo até sua posição fechada.

25                   Observar que quando a luva 82 desloca entre suas posições aberta e fechada em qualquer direção, a luva está deslocando para o interior de uma das câmaras 92, 94 que a são enchidas com um fluido limpo. Assim, nenhum detrito, areia, cimento, etc. deve ser deslocado quando a luva 82 é deslocada.

Isto é verdadeiro mesmo depois que a válvula 80 tenha sido

cimentada no furo de poço 20 no sistema de poço 10. Embora cimento possa penetrar nas aberturas 86 na carcaça exterior 84 quando a luva 82 está em sua posição fechada, este cimento não deve ser deslocado quando a luva é deslocada para sua posição aberta.

5 Um aspecto benéfico adicional da válvula 80 é que as câmaras 92, 94 e pistões 96, 98 são posicionados montando as aberturas 86, 88 de modo que é conseguida uma construção compacta da válvula. Por exemplo, a válvula 80 pode ter uma espessura de parede reduzida e maior área de escoamento quando comparada com outros projetos. Isto fornece ao mesmo  
10 tempo um benefício funcional e econômico.

Quando a válvula 80 é utilizada no sistema de poço 10, as linhas 88, 90 deveriam corresponder às linhas 36. Diversas válvulas 80 podem ser utilizadas para as válvulas 22, 24, 26, 28 e dispositivos de controle de escoamento tal como o dispositivo de controle de escoamento 68 das figuras  
15 3A & B podem ser utilizados para fornecer a abertura e fechamento das válvulas de maneira seletiva.

Fazendo referência adicionalmente agora à figura 5, um diagrama de um circuito hidráulico 100 está ilustrado de maneira representativa para o sistema de poço 10. O circuito hidráulico 100 pode ser  
20 utilizado para outros sistemas de poço mantendo os princípios da invenção.

Como delineado na figura 4, as válvulas 22, 24, 26, 28 são, cada uma, conectadas a duas das linhas 36 (indicadas na figura 5 como linhas 36a, 36b). Dispositivos de controle de escoamento 68 (indicados na figura 5 como dispositivos de controle de escoamento 68a, 68b, 68c, 68d) são  
25 interconectados entre a linha 36a e cada alma das válvulas 22, 24, 26, 28.

Se a válvula 50 da figura 2 é utilizada para as válvulas 22, 24, 26, 28 então a linha 36b é conectada as câmaras 60 das válvulas e os dispositivos de controle de escoamento 68a-d são conectados às respectivas câmaras 62 das válvulas. Se a válvula 80 da figura 4 é utilizada para as

válvulas 22, 24, 26, 28 então a linha 36b é conectada às câmaras 92 das válvulas e os dispositivos de controle de escoamento 68a-d são conectados às respectivas câmaras 94 das válvulas.

5 Quando as válvulas 22, 24, 26, 28 são instaladas com a coluna de revestimento 21, todas as válvulas estão preferivelmente fechadas. Isto facilita a circulação através da coluna de revestimento 21 durante as operações de instalação e cimentação.

10 Os dispositivos de controle de escoamento 68a-d são ajustados para abrir em diferentes pressões. Por exemplo, o dispositivo 68a poderia ser ajustado para abrir a 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>), o dispositivo 68b poderia ser ajustado para abrir a 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>), o dispositivo 68c poderia ser ajustado para abrir a 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) e o dispositivo 68d poderia ser ajustado para abrir a 3000 psi (210,9 kg/cm<sup>2</sup>). Naturalmente outras pressões de abertura poderiam ser utilizadas como desejado.

15 Para abrir a válvula 28, pressão na linha 36a é aumentada até pelo menos a pressão de abertura ajustada para o dispositivo 68a, e a válvula abre em resposta. Para fechar a válvula 28, a pressão na linha 36a é liberada e pressão é aplicada à linha 36b até que um diferencial de pressão suficiente a partir da linha 36b para a linha 36a seja alcançado para abrir o dispositivo  
20 68a.

Para abrir a válvula 28, pressão na linha 36a é aumentada até pelo menos a pressão de abertura ajustada para o dispositivos 68b e a válvula abre em resposta. Observar que se a pressão de abertura ajustada para o dispositivos 68b for maior do que a pressão de abertura ajustada para o  
25 dispositivo 68a, ambas as válvulas 26, 28 irão abrir.

Neste caso, depois que a pressão na linha 36a tenha sido aumentada até pelo menos a pressão de abertura ajustada para o dispositivo 68b, a pressão é liberada da linha 36a e então pressão suficiente é aplicada à linha 36b para fechar a válvula 28 como descrito acima. Para fechar a válvula



maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 3 é que a válvula 24 está aberta e as outras válvulas 22, 26, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 14 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), e o resultado da etapa 4 é que a válvula 22 está aberta e as  
5 outras válvulas 24, 26, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 12 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva, etc.). Assim, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser abertas em seqüência e de maneira seletiva por meio da manipulação de pressão em apenas duas linhas 36a, 36b, permitindo com isto comunicação direta seletiva  
10 e seqüencial entre o interior da coluna de revestimento 21 e cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18.

Se a válvula 50 é utilizada para as válvulas 22, 24, 26, 28 e o sistema de controle 38 se torna inoperante ou não disponível, ou por uma outra razão fluido pressurizado não pode ser (ou não é desejado que seja)  
15 distribuído de maneira subsequente através das linhas 36 para operar as válvulas, então o sistema hidráulico pode ser desabilitado aumentando a pressão na linha 36a até pelo menos a pressão de abertura ajustada para um outro dispositivo de controle de escoamento 68e. A pressão de abertura ajustada para o dispositivos 68 é preferivelmente maior do que as pressões de  
20 abertura ajustadas de todos os outros dispositivos 68a-d.

Quando o dispositivo 68e está aberto, comunicação direta é fornecida entre as linhas 36a, 36b. Diferentemente dos dispositivos 68a-d, o dispositivo 68e não se fecha novamente uma vez aberto.

Desta maneira, as luvas das válvulas 50 podem ser deslocadas  
25 utilizando uma ferramenta de deslocamento transportada através da coluna de revestimento 21 e engatada com os perfis 58. Comunicação entre as linhas 36a, 36b através do dispositivo 68 permite que os pistões 64 desloquem transferindo fluido entre as câmaras 60, 62.

Diagramas alternativos para circuitos hidráulicos 102, 104,

106, 108 estão ilustrados de maneira representativa nas figuras 6-9. Como com o circuito hidráulico 100 descrito acima, estes circuitos hidráulicos alternativos 102, 104, 106, 108 fornecem abertura e fechamento seletivo e seqüencial das válvulas 22, 24, 26, 28.

5                   Contudo, deveria ser claramente entendido que estes são meramente exemplos de circuitos hidráulicos que podem ser utilizados para realizar os objetivos de operar as válvulas 22, 24, 26, 28 em sistemas de poço tal como o sistema de poço 10 descrito acima. Alguém versado na técnica irá reconhecer que uma grande variedade de circuitos hidráulicos pode ser  
10 utilizada para operar diversas válvulas, incluindo diversos outros circuitos hidráulicos que permitem às válvulas serem abertas e fechadas de maneira seletiva e sequencial.

                  O circuito hidráulico 102 da figura 6 utiliza apenas uma única linha 36a para abrir cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28. Em adição, a linha  
15 36a é utilizada para fechar cada uma das válvulas 110, 112, 114, 116 posicionadas abaixo das respectivas válvulas 22, 24, 26, 28 na coluna de revestimento 21.

                  Nesta configuração alternativa as válvulas 22, 24, 26, 28, 110, 112, 114, 116 são operáveis entre suas configurações aberta e fechada em  
20 resposta à pressão aplicada à linha única 36a. Por exemplo, as válvulas 22, 24, 26, 28, 110, 112, 114, 116 podem ser deslocadas no sentido de uma configuração aberta ou fechada por um dispositivo de deslocamento tal como uma mola ou câmara de gás comprimido.

                  Quando pressão aplicada à linha 36a resulta em uma força  
25 maior do que a força de solicitação exercida pelo dispositivo de deslocamento, a válvula é operada para a outra de suas configurações aberta ou fechada. A pressão na qual a válvula é operada entre suas configurações aberta e fechada pode ser variada variando a força de solicitação exercida pelo dispositivo de deslocamento.

As válvulas 110, 112, 114, 116 são similares a válvulas de segurança convencionais para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento através de uma coluna tubular em um poço.

5 Contudo, válvulas de segurança convencionais são tipicamente projetadas para falharem fechadas, isto é, elas fecham quando pressão suficiente não é mantida em uma linha de controle conectada à válvula.

As válvulas 110, 112, 114, 116 são ao invés disso projetadas para fechar quando pressão suficiente é aplicada à linha 36a. As válvulas 110, 112, 114, 116 são ajustadas para fechar quando diferentes pressões são aplicadas à linha 36a. Se pressão suficiente não é aplicada à linha 36a, então as válvulas 110, 112, 114, 116 são deslocadas abertas. Quando cada uma das válvulas 110, 112, 114, 116 é fechada comunicação direta através de uma passagem de escoamento interna 118 da coluna de revestimento 21 é impedida na válvula.

15 Preferivelmente as válvulas 28, 110 são ajustadas para operar na mesma pressão, as válvulas 26, 112 são ajustadas para operar na mesma pressão, as válvulas 24, 114 são ajustadas para operar na mesma pressão e as válvulas 22, 116 são ajustadas para operar na mesma pressão. Por exemplo, as válvulas 28, 110 poderiam ser ajustadas para operar a 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>), as válvulas 26, 112 poderiam ser ajustadas para operar a 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>), as válvulas 24, 114 poderiam ser ajustadas para operar a 2500 psi (178,8 kg/cm<sup>2</sup>), e as válvulas 22, 116 poderiam ser ajustadas para operar a 3000 psi (210,9 kg/cm<sup>2</sup>).

25 Admitindo estas pressões de operação, uma série de etapas para operar de maneira seletiva e seqüencial as válvulas 22, 24, 26, 28, 110, 112, 114, 116 poderiam ser como a seguir:

1. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>) porém menor do que 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>), para com isto fechar a válvula 110 e abrir a válvula 28;

2. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>) porém menor do que 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) para com isto fechar a válvula 112 e abrir a válvula 26;

5 3. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) porém menor do que 3000 psi (210,9 kg/cm<sup>2</sup>) para com isto fechar a válvula 114 e abrir a válvula 24; e

4. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 3000 psi (210,9 kg/cm<sup>2</sup>) para com isto fechar a válvula 116 e abrir a válvula 22.

Será facilmente apreciado que o resultado da etapa 1 é que as  
10 válvulas 28, 112, 114, 116 estão abertas e as outras válvulas 22, 24, 26, 110  
estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 18 pode ser estimulado,  
testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 2 é  
que as válvulas 26, 28, 114, 116 são abertas e as outras válvulas 22, 24, 110,  
112 são fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 16 pode ser  
15 estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva, etc.), o resultado  
da etapa 3 é que as válvulas 24, 26, 28, 116 são abertas e as outras válvulas  
22, 110, 112, 114 são fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 14 pode  
ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), e o  
resultado da etapa 4 é que as válvulas 22, 24, 26, 28 são abertas e as outras  
20 válvulas 110, 112, 114, 116 são fechadas (ponto no qual o conjunto de  
intervalo 12 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado, de maneira  
seletiva, etc.). Assim, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser abertas de maneira  
seqüencial e seletiva e as válvulas 110, 112, 114, 116 idem podem ser  
25 fechadas de maneira seqüencial e seletiva por meio da manipulação de  
pressão apenas em uma linha 36a, com isto permitindo a comunicação direta  
seletiva e seqüencial entre o interior da coluna de revestimento 21 e cada um  
dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18.

O circuito hidráulico 104 da figura 7 é similar em alguns aspectos ao circuito hidráulico 100 da figura 5 em que os dispositivos 68a-d

são utilizados para controlar comunicação direta entre a linha 36a e as válvulas 22, 24, 26, 28 para abrir as válvulas de maneira seletiva. No circuito hidráulico 104 da figura 7 dispositivos adicionais 68a-d são também utilizados para controlar comunicação direta entre a linha 36b e as válvulas 22, 24, 26, 28 para fechar as válvulas de maneira seletiva.

Uma linha adicional 36c é fornecida como uma linha de retorno ou de equilíbrio. Cada vez que uma das outras linhas 36a, 36b é utilizada para operar uma ou mais das válvulas para com isto fechar a válvula 110 e abrir a válvula 28; fluido é retornado para a localização remota por meio da linha 36c. As válvulas de retenção 120 asseguram direção adequada de escoamento entre as linhas 36a-c e válvulas 22, 24, 26, 28

Admitindo o conjunto de pressões de abertura ajustadas para os dispositivos 68a-d dadas acima, uma série tomada como exemplo de etapas para abrir e fechar de maneira seqüencial as válvulas 22-28 seria como a seguir:

1. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 1500 psi ( $105,5 \text{ kg/cm}^2$ ) porém menor do que 2000 psi ( $140,6 \text{ kg/cm}^2$ ), para abrir a válvula 28; então liberar a pressão da linha 36a;
2. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 2000 psi ( $140,6 \text{ kg/cm}^2$ ) porém menor do que 2500 psi ( $175,8 \text{ kg/cm}^2$ ) para abrir a válvula 26; então liberar a pressão da linha 36a e então aumentar pressão na linha 36b para maior do que 1500 psi ( $105,5 \text{ kg/cm}^2$ ) porém menor do que 2000 psi ( $140,6 \text{ kg/cm}^2$ ), para fechar a válvula 28; então liberar a pressão da linha 36b;
3. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 2500 psi ( $175,8 \text{ kg/cm}^2$ ) porém menor do que 3000 psi ( $210,9 \text{ kg/cm}^2$ ) para abrir as válvulas 24, 26, 28; então liberar a pressão da linha 36a e então aumentar pressão na linha 36b para maior do que 2000 psi ( $140,6 \text{ kg/cm}^2$ ) porém menor do que 2500 psi ( $175,8 \text{ kg/cm}^2$ ) para fechar as válvulas 26, 28; então liberar a

pressão da linha 36b;

4. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 3000 psi ( $210,9 \text{ kg/cm}^2$ ) para abrir as válvulas 22, 24, 26, 28; então liberar a pressão da linha 36a e então aumentar pressão na linha 36b maior do que 2500 psi ( $175,8 \text{ kg/cm}^2$ ) porém menor do que 3000 psi ( $210,9 \text{ kg/cm}^2$ ) para fechar as válvulas 24, 26, 28.

Será facilmente apreciado que o resultado da etapa 1 é que a válvula 28 está aberta e as outras válvulas 22, 24, 26 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 18 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 2 é que a válvula 26 está aberta e as outras válvulas 22, 24, 28, estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 16 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 3 é que a válvula 24 está aberta e as outras válvulas 22, 26, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 14 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 4 é que a válvula 22 está aberta e as outras válvulas 24, 26, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 12 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva, etc.). Assim, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser abertas de maneira seqüencial e seletiva por meio da manipulação de pressão em apenas duas linhas 36a, 36b, com isto permitindo comunicação direta seletiva e seqüencial entre o interior da coluna de revestimento 21 e cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18.

O circuito hidráulico 108 da figura 8 é algo similar ao circuito hidráulico 106 da figura 7 em que os dispositivos 68a-d são utilizados entre cada uma das linhas 36a, 36b e as válvulas 22, 24, 26, 28. Contudo, uma linha de retorno ou de equilíbrio separada 36c não é utilizada no circuito hidráulico 108 da figura 8.

Ao invés disto, fluido distribuído para qualquer uma das

válvulas 22, 24, 26, 28 através de uma das linhas 36a, 36b resulta em um retorno de fluido através da outra linha. Isto é, cada uma das linhas 36a, 36b atua como uma linha de retorno ou de equilíbrio para a outra linha. De outra maneira, a operação do circuito hidráulico 108 é a mesma que a operação do  
5 circuito hidráulico 106.

No circuito hidráulico 108 da figura 9 cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 é projetada para falhar aberta, isto é, um dispositivo de deslocamento de cada válvula desloca no sentido de uma configuração aberta. Contudo, quando as válvulas 22, 24, 26, 28 são inicialmente instaladas com a  
10 coluna de revestimento 21, as válvulas são mantidas em suas configurações fechadas, por exemplo, utilizando dispositivos de cisalhamento 122, 124, 126, 128.

Os dispositivos de cisalhamento 122, 124, 126, 128 são projetados para requerer diferentes pressões aplicadas à linha 36a para  
15 permitir às respectivas válvulas 22, 24, 26, 28 deslocarem para suas configurações abertas. Por exemplo, o dispositivo de cisalhamento 122 pode ser ajustado para requerer 1250 psi ( $87,9 \text{ kg/cm}^2$ ) a serem aplicados à linha 36a para permitir à válvula 28 abrir, o dispositivo de cisalhamento 124 pode  
20 ser ajustado para requerer 1750 psi ( $123,0 \text{ kg/cm}^2$ ) serem aplicados à linha 36a para permitir à válvula 26 abrir, o dispositivo de cisalhamento 126 pode ser ajustado para requerer 2250 psi ( $158,2 \text{ kg/cm}^2$ ) serem aplicados à linha 36a para permitir à válvula 24 abrir, e o dispositivo de cisalhamento 128 pode  
ser ajustado para requerer 2750 psi ( $193,3 \text{ kg/cm}^2$ ) serem aplicados à linha 36a para permitir à válvula 22 abrir.

25 Admitindo o conjunto de pressões de abertura ajustadas para os dispositivos 68a-d fornecidos acima, uma série tomada como exemplo de etapas para abrir e fechar de maneira seqüencial as válvulas 22-28 poderia ser como a seguir:

1. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 1500 psi

(105,5 kg/cm<sup>2</sup>) porém menor do que 1750 psi (123,0 kg/cm<sup>2</sup>), para liberar o dispositivo de cisalhamento 122; então liberar a pressão da linha 36a para abrir a válvula 28;

2. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>) porém menor do que 2250 psi (158,2 kg/cm<sup>2</sup>) para liberar o dispositivo de cisalhamento 124 e fechar a válvula 28; então diminuir a pressão da linha 36a para 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>) para abrir a válvula 26;

3. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) porém menor do que 2750 psi (193,3 kg/cm<sup>2</sup>) para liberar o dispositivo de cisalhamento 126 e fechar as valvular 26, 28; então diminuir a pressão da linha 36a para 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>) para abrir a válvula 24; e

4. aumentar pressão na linha 36a para maior do que 3000 psi (210,9 kg/cm<sup>2</sup>) para liberar o dispositivo de cisalhamento 128 e fechar as valvular 24, 26, 28; então diminuir a pressão da linha 36a para 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) para abrir a válvula 22.

Será facilmente apreciado que o resultado da etapa 1 é que a válvula 28 está aberta e as outras válvulas 22, 24, 26 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 18 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 2 é que a válvula 26 está aberta e as outras válvulas 22, 24, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 16 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.), o resultado da etapa 3 é que a válvula 24 está aberta e as outras válvulas 22, 26, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 14 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.) e o resultado da etapa 4 é que a válvula 22 está aberta e as outras válvulas 24, 26, 28 estão fechadas (ponto no qual o conjunto de intervalo 12 pode ser estimulado, testado, produzido, injetado de maneira seletiva etc.). Assim, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser abertas de maneira seqüencial e seletiva por meio da manipulação de pressão em apenas uma linha 36a, com

isto permitindo a comunicação direta seletiva e seqüencial entre o interior da coluna de revestimento 21 cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18.

Depois que a operação de estimulação esteja completada, todas as válvula 22, 24, 26, 28 podem ser abertas liberando a pressão da linha 36a.

5 Se for desejado por exemplo, para realizar testes dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 controlar produção a partir de ou injeção para o interior dos conjuntos de intervalo etc., as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser fechadas de maneira seqüencial aumentando a pressão na linha 36a.

Fazendo referência adicionalmente agora às figuras 10A-E, uma válvula 130 que pode ser utilizada para qualquer uma das válvulas 22, 24, 26, 28 no sistema de poço 10 e método da figura 1 estão ilustrados de maneira representativa. A válvula 130 também pode ser utilizada em outros sistemas de poço e métodos mantendo os princípios da invenção.

15 A válvula 130 é similar em diversos aspectos à válvula 80 da figura 4, em que ela inclui câmaras 132, 134 em lados opostos de uma luva 136 que tem aberturas 138 em uma sua parede lateral e com pistões 140, 142 expostos às respectivas câmaras 132, 134 em lados opostos das aberturas. A luva 136 é acomodada de maneira alternativa em um conjunto de carcaça 144 em uma maneira que isola as aberturas 138 do exterior e interior da válvula 20 130 quando a luva está em sua posição fechada. Quando a luva 136 está em sua posição aberta (como delineado nas figuras 10A-E), as aberturas 138 estão alinhadas com aberturas 146 formadas através de uma parede lateral do conjunto de carcaça 144, para com isto permitir comunicação direta entre o interior e o exterior da válvula 130.

25 Contudo, a válvula 130 difere da válvula 80 em pelo menos um aspecto significativo em que a válvula 130 inclui mecanismos de liberação de encaixe 148, 150 em lados opostos da luva 136. Estes mecanismos de liberação 148, 150 permitem controle sobre o diferencial de pressão no qual a luva 136 desloca entre suas posições aberta e fechada, como

descrito abaixo de forma mais completa.

Quando utilizada no sistema de poço 10, uma porta 152 na válvula 130 poderia ser conectada a uma das linhas 36 tal como a linha 36a para distribuição de fluidos pressurizados para solicitar a válvula no sentido da sua configuração aberta. A porta 152 está em comunicação com a câmara 132. Outra das linhas 36 tal como a linha 36b poderia ser conectada à outra porta 154 na válvula 130 para distribuição de fluido pressurizado para solicitar a válvula no sentido da sua configuração fechada. A porta 154 está em comunicação com a câmara 134.

Cada um dos mecanismos de liberação de encaixe 140, 150 inclui uma pilha de arruelas elásticas 156, deslizador de liberação 158, deslizador de captura 160, mola 162 e um conjunto de dedos de aperto 164 presos à luva 136. De maneira resumida, quando os dedos de aperto 164 se deslocam no sentido de, e engatam o restante de um dos mecanismos 148, 150 os dedos de aperto e a luva ligada 136 são capturados e não podem deslocar na direção oposta até que uma força de liberação suficiente seja aplicada para liberar os dedos de aperto do restante do mecanismo. A quantidade dessa força de liberação corresponde a uma pressão diferencial entre as câmaras 132, 134 e as linhas conectadas 36a, 36b.

Com a válvula 130 em sua configuração aberta como delineado nas figuras 10A-E, os dedos de aperto superiores 164 são desengatados do conjunto superior do deslizador de liberação 158 e do deslizador de captura 160 do mecanismo superior 148. Contudo, quando a luva 136 desloca para cima no sentido da sua posição fechada, os dedos de aperto 164 irão eventualmente contatar o deslizador de captura 160 e deslocá-lo para cima contra uma força de solicitação exercida pela mola 162.

Deslocamento ainda mais para cima dos dedos de aperto 164 e deslizador de captura 160 irão permitir que uma projeção voltada para dentro 166 em cada dedo de aperto encaixe em um recesso anelar 168 formado no

deslizador de liberação 158. Quando isto acontece, os dedos de aperto 164 irão deslocar radialmente para dentro o suficiente para permitir ao deslizador de captura 160 deslocar para baixo sobre as extremidades dos dedos de aperto, com isto capturando os dedos de aperto, isto é, impedindo que as projeções 166 nos dedos de aperto desengatem do recesso 168.

Os dedos de aperto 164 estão mostrados nesta configuração engatados no mecanismo de liberação de encaixe inferior 150 na figura 10B. Para liberar os dedos de aperto 164 uma força de tração suficiente deve ser aplicada aos dedos de aperto para deslocar o deslizador de liberação 158 contra a força de solicitação exercida pelas arruelas elásticas 156. Assim, a força requerida para permitir deslocamento da luva 136 está diretamente relacionado à força exercida pelas arruelas elásticas 156 e corresponde à pressão diferencial entre as câmaras 132, 134.

A força de solicitação exercida pelas arruelas elásticas 156 pode ser ajustada variando um pré-carregamento aplicado às arruelas elásticas, variando uma configuração das arruelas elásticas, variando um material das arruelas elásticas, variando um número das arruelas elásticas, etc. Portanto, será apreciado que a força requerida para liberar os dedos de aperto 164 pode ser facilmente ajustada, permitindo com isto que o diferencial de pressão requerido para deslocar a luva 136 entre suas posições aberta e fechada seja também facilmente ajustado.

Quando a válvula 130 é utilizada para cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 no sistema de poço 10, o circuito hidráulico poderia ser muito similar ao circuito hidráulico 100 da figura 5, exceto que os dispositivos 68a-d não deveriam ser utilizados, uma vez que os mecanismos de liberação de encaixe 148, 150 poderiam permitir que diferenciais de pressão de abertura e fechamento de cada válvula fossem controlados.

Por exemplo, a válvula 28 poderia ser ajustada para abrir em pressão diferencial de 1500 psi ( $105,5 \text{ kg/cm}^2$ ) da linha 36a para a linha 36b,

isto é, a luva 136 poderia ser liberada pelo mecanismo superior 148 para deslocamento para baixo para sua posição aberta quando pressão na câmara 132 excede à pressão na câmara 134 por 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>), e ajustada para fechar a uma pressão diferencial de 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>) da linha 36b para a linha 36s, isto é, a luva poderia ser liberada pelo mecanismo inferior 150 para deslocamento para cima até a sua posição fechada quando pressão na câmara 134 excede pressão na câmara 132 por 1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>), a válvula 26 poderia ser ajustada para abrir a 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>) de pressão diferencial da linha 36a para a linha 36b e ajustada para fechar a uma pressão diferencial de 2000 psi (140,6 kg/cm<sup>2</sup>) da linha 36b para a linha 36a, a válvula 24 poderia ser ajustada para abrir em pressão diferencial de 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) da linha 36a para a linha 36b e ajustada para fechar na pressão diferencial de 2500 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) da linha 36b para a linha 36a e a válvula 22 poderia ser ajustada para abrir na pressão diferencial de 3000 psi (210,9 kg/cm<sup>2</sup>) da linha 36a para a linha 36b e ajustada para fechar a pressão diferencial de 3000 psi (175,8 kg/cm<sup>2</sup>) da linha 36b para a linha 36a.

Desta maneira a pressão diferencial entre as linhas 36a e 36b pode ser utilizada para abrir e fechar de maneira seletiva e seqüencial as válvulas 22, 24, 26, 28. Observar que não é necessário que os diferenciais de pressão de abertura e fechamento sejam o mesmo em qualquer uma das válvulas.

Fazendo referência adicionalmente agora à figura 11, outro sistema de poço 170 e método associado que incorpora princípios da invenção estão ilustrados de maneira representativa. O sistema de poço 170 é similar em alguns aspectos ao sistema de poço 10 descrito acima, e assim, elementos similares foram indicados na figura 11 utilizando os mesmos números de referência.

O sistema de poço 170 inclui dois furos de poço 172, 174. Preferivelmente o furo de poço 174 é posicionado verticalmente mais

profundo na formação 176 do que o furo de poço 172. No exemplo delineado na figura 11 o furo de poço 172 está diretamente verticalmente acima do furo de poço 174, porém isto não é necessário na manutenção dos princípios da invenção.

5 Um conjunto de válvulas 24, 26, 28 e linhas 36 é instalado em cada um dos furos de poço 172, 174. As válvulas 24, 26, 28 são preferivelmente interconectadas em colunas tubulares 178, 180 que são instaladas em respectivos revestimentos perfurados 182, 184 posicionados em porções de furo aberto dos respectivos furos de poço 172, 174. Embora  
10 apenas três das válvulas 24, 26, 28 estejam delineadas em cada furo de poço na figura 11, qualquer número de válvulas pode ser utilizado mantendo os princípios da invenção.

Os conjuntos de intervalo 14, 16, 18 são isolados um do outro em um anel 186 entre o revestimento perfurado 182 e o furo de poço 172, e  
15 em um anel 188 entre o revestimento perfurado 184 e o furo de poço 174 utilizando um material de vedação 190 colocado em cada anel. O material de vedação 190 poderia ser qualquer tipo de material de vedação (tal como elastômeros que incham, cimento endurecível, material de tamponamento seletivo, etc.), ou engaxetamentos mais convencionais poderiam ser utilizados  
20 em lugar do material de vedação.

Os conjuntos de intervalo 14, 16, 18 são isolados um do outro em um anel 192 entre a coluna tubular 178 e o revestimento 182 e em um anel 194 entre a coluna tubular 180 e o revestimento 184 por meio de engaxetamentos 196.

25 No sistema de poço 170, vapor é injetado para o interior dos conjuntos de intervalo 14, 16, 18 da formação 176 através das válvulas 24, 26, 28 no furo de poço 172 e fluido de formação é recebido a partir da formação para o interior das válvulas 24, 26, 28 no furo de poço 174. Vapor injetado para o interior dos conjuntos de intervalo 14, 16, 18 está representado na

figura 11 por setas respectivas 198a, 198b, 198c e fluido de formação produzidos a partir dos conjuntos de intervalo está representado na figura 11 por respectivas setas 200a 200b e 200c.

5 As válvulas 24, 26, 28 nos furos de poço 172, 174 são utilizadas para controlar um perfil de interface 202 entre o vapor 198a-c e o fluido de formação 200a-c. Controlando a quantidade de vapor injetada para o interior de cada conjunto de intervalo e a quantidade de fluido de formação produzida a partir de cada conjunto de intervalo, uma forma do perfil 202 também pode ser controlada.

10 Por exemplo, se o vapor está avançando muito rapidamente em um dos conjuntos de intervalo como delineado na figura 11 pelo mergulho no perfil 202 no conjunto de intervalo 16, o vapor injetado para o interior daquele conjunto de intervalo pode ser fechado ou estrangulado, ou produção a partir daquele conjunto de intervalo pode ser interrompida ou estrangulada,  
15 para com isto impedir opção de vapor para o interior do furo de poço 174 ou, pelo menos, para conseguir uma forma desejada do perfil de interface.

No exemplo da figura 11 a válvula 26 no furo de poço 172 poderia ser fechada ou estrangulada de maneira seletiva para interromper ou reduzir o escoamento do vapor 198 para o interior do conjunto de intervalo  
20 16. Alternativamente, ou em adição, a válvula 26 no furo de poço 174 poderia ser fechada ou estrangulada de maneira seletiva para interromper ou reduzir a produção do fluido de formação 200b a partir do conjunto de intervalo 16.

25 Qualquer das válvulas 50, 80, 130 descritas acima pode ser utilizada para as válvulas 24, 26, 28 no sistema de poço 170. Para finalidades de injeção de vapor no furo de poço 172 as válvulas 24, 26, 28 (bem como o material de vedação 190 e engaxetamentos 196) deveriam preferivelmente ser fornecidos de materiais resistentes a calor apropriados e construídos para suportar grandes variações de temperatura. Por exemplo, os engaxetamentos 196 no furo de poço 172 deveriam ser do tipo conhecido como

engaxetamentos de vedação de anel.

Fazendo referência adicionalmente agora à figura 12, outra válvula 210, que é especialmente adequada para utilização em aplicações de alta temperatura, está ilustrada de maneira representativa. A válvula 210 pode ser utilizada para qualquer uma das válvulas 22, 24, 26, 28 descritas acima, e pode ser utilizada em qualquer sistema de poço mantendo os princípios da invenção.

A válvula 210 pode ser descrita de maneira mais precisa como um estrangulado, uma vez que ela é capaz de regular de maneira variável uma taxa de escoamento de fluido através de aberturas 212 formadas através de uma parede lateral de seu conjunto de carcaça 214. A válvula 210 inclui uma luva 216 que tem nela um pistão 218 que separa as duas câmaras 220 e 222. Com relação a isto, a válvula 210 é algo similar à válvula 50 da figura 2.

Contudo, a luva 216 da válvula 210 é deslocada com movimento alternativo no conjunto de carcaça 214 em relação a aberturas 224 formadas através de uma parede lateral de uma luva de estrangulamento 226. Cada uma das aberturas 224 está em comunicação com as aberturas 212 no conjunto de carcaça 214. Quando mais das aberturas 224 são cobertas por uma extremidade inferior da luva 216, escoamento através das aberturas 212 é estrangulado de maneira crescente ou reduzido.

Assim, variando o volume das câmaras 220, 222 através de fluido distribuído através das linhas 36a, 36b, a luva 216 pode ser posicionada como desejado para produzir com uma vazão selecionada de fluido através das aberturas 212. No sistema de poço 170 esta capacidade de estrangular de maneira variável a vazão através da válvula 210 pode ser útil para regular de maneira variável a injeção de vapor para o interior de cada um dos conjuntos de intervalo 14, 16, 18 ou para regular de maneira variável a produção de fluido a partir de cada um dos conjuntos de intervalo.

Vedações utilizadas na válvula 210 podem ser similares às

vedações descritas no Pedido Internacional Número PCT/US07/60648, depositado em 17 de janeiro de 2007 e cuja divulgação total é aqui com isto incorporada por esta referência. As vedações descritas no Pedido incorporado são especialmente adequadas para aplicações em alta temperatura.

5 Agora pode ser completamente apreciado que a presente invenção fornece diversos benefícios sobre sistemas de poço e métodos precedentes para estimular de maneira seletiva poços e controlar escoamento em poços. Controle seqüencial e seletivo de diversas válvulas é fornecido sem  
10 requerer intervenção em um revestimento ou outra coluna tubular, e certas válvulas são fornecidas, as quais são particularmente adequadas para serem cimentadas juntamente com uma coluna de revestimento, ou utilizadas em ambientes de alta temperatura, etc. Certos aspectos importantes dos sistemas de poço e métodos descritos acima estão listados abaixo.

O sistema de poço 10 inclui uma ou mais válvulas 22, 24, 26,  
15 28 interconectadas na coluna de revestimento 21, as válvulas sendo operáveis através de pelo menos uma linha 36 externa à coluna de revestimento, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um exterior e um interior da coluna de revestimento. A coluna de revestimento 21, válvulas 22, 24, 26, 28 e linha 36 são cimentadas no furo de  
20 poço 20.

A linha 36 pode ser uma linha hidráulica e as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser operáveis em resposta a manipulação de pressão na linha.

As válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser cimentadas no furo de poço 20 em uma configuração fechada e, em seguida, operáveis para uma  
25 configuração aberta para permitir escoamento de fluido entre o interior e o exterior da coluna de revestimento 21.

As válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser cimentadas no furo de poço 20 se nenhuma configuração fechada e em seguida operáveis para uma configuração aberta para permitir escoamento de fluido entre o exterior e o

interior da coluna de revestimento 21, e a partir da configuração aberta as válvulas podem ser subsequentemente operáveis para uma configuração fechada, para impedir escoamento de fluido entre o interior e o exterior da coluna de revestimento.

5                   Pelo menos uma abertura 40 em uma parede lateral de cada uma das válvulas 22, 24, 26, 28 pode conter um cimento solúvel 32 quando a válvula é cimentada no furo de poço 20. O cimento 32 pode ser um cimento solúvel ácido.

10                   As válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser operáveis sem intervenção para o interior da coluna de revestimento 21. As válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser operáveis sem manipulação de pressão dentro da coluna de revestimento 21.

15                   Diversas válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser interconectadas na coluna de revestimento 21 e operáveis para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre o exterior e o interior da coluna de revestimento. As válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser operáveis sequencialmente por meio de pelo menos uma das linhas 36, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva comunicação direta entre o interior da coluna de revestimento 21 e respectivos conjuntos de intervalos subterrâneos  
20                   12, 14, 16, 18 interceptados pelo furo de poço 20.

25                   Diversas linhas 36 podem ser conectadas às válvulas 22, 24, 26, 28 e um primeiro diferencial de pressão entre primeira e segunda linhas pode ser utilizado para operar uma válvula, e um segundo diferencial de pressão entre a primeira e segunda linhas maior do que o primeiro diferencial de pressão pode ser utilizado para operar a outra das válvulas.

Alternativamente, as válvulas 22, 24, 26, 28 podem ser operáveis por meio de apenas uma linha para ao mesmo tempo abrir e fechar as diversas válvulas.

As válvulas 22, 24, 26, 28 podem incluir as luvas 82, 36 que

têm nelas as aberturas 88, 38. As luvas 82, 36 podem ser deslocáveis, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre o exterior e o interior da coluna de revestimento 21, com as aberturas 88, 38 sendo isoladas de cimento 32 quando as válvulas são cimentadas no furo de poço 20.

Um diferencial de pressão entre as linhas 36a, 36b conectadas às válvulas 22, 24, 26, 28 pode ser operável para deslocar as luvas 82, 136 entre posições aberta e fechada. As aberturas 88, 138 podem ser posicionadas entre um pistão 98, 140 exposto à pressão na linha 36a e um segundo pistão 96, 142 exposto à pressão na segunda linha. As válvulas 22, 24, 26, 28 podem incluir um ou mais mecanismos de liberação de encaixe 148, 150 o que requer que diferenciais de pressão predeterminada sejam aplicados na válvula para deslocar a válvula 136 entre posições aberta e fechada.

Válvulas 80, 130 para utilização em uma coluna tubular em poços subterrâneos são também descritas acima. As válvulas 80, 103 podem incluir as luvas 82, 136 que têm primeira e segunda extremidades opostas, com a luva sendo deslocável entre posições aberta e fechada, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento através de uma parede lateral dos conjuntos carcaça 84, 144. Primeiro e segundo pistões 94, 96, 140, 142 estão nas respectivas primeira e segunda extremidades das respectivas luvas 82, 136. Diferenciais de pressão aplicados aos primeiro e segundo pistões 94, 96, 140, 142 são operacionais para deslocar as luvas 82, 136 entre suas posições aberta e fechada.

Pelo menos uma abertura 88, 138 pode se estender através de uma parede lateral das luvas 82, 136 e as aberturas podem ser isoladas dos exteriores dos conjuntos carcaça 84, 144 e as passagens de escoamento internas das carcaças quando as luvas estão em suas posições fechadas. As aberturas 88, 138 podem ser posicionadas de maneira longitudinal entre os primeiro e segundo pistões 94, 96, 140, 142.

Os primeiro e segundo pistões 94, 96, 140, 142 podem ser expostos à pressão em respectivas primeira e segunda câmaras 92, 94, 132, 134 nas respectivas primeira e segunda extremidades das luvas 82, 136. As luvas 82, 136 podem deslocar para o interior das primeiras câmaras 92, 132 quando as luvas deslocam para suas posições abertas, e as luvas podem deslocar para o interior das segundas câmaras 94, 134 quando as luvas deslocam para as suas posições fechadas.

Um diâmetro externo exterior de cada luva 82, 136 pode engatar em vedação um diâmetro interno exterior da respectiva primeira câmara 92, 132 e um diâmetro externo interior de cada luva pode engatar em vedação um diâmetro interno interior da respectiva primeira câmara. Paredes interiores e exteriores dos conjuntos carcaça 84, 144 podem ser posicionadas em lados radiais opostos das primeira e segunda câmaras 92, 94, 132, 134 e as paredes interiores e exteriores podem também ser posicionadas em lados radiais opostos das luvas 82, 136.

Um primeiro diferencial de pressão entre as primeira e segunda câmaras 92, 94, 132, 134 pode deslocar as luvas 82, 136 para deslocar para suas posições abertas. Um segundo diferencial de pressão entre as primeira e segunda câmaras 92, 94, 132, 134 pode deslocar as luvas 82, 136 para deslocar para suas posições fechadas.

Métodos de estimular de maneira seletiva a formação 176 também são fornecidos. Por exemplo, o método pode incluir a etapa de posicionar a coluna de revestimento 21 no furo de poço 20 interceptando a formação 176 com a coluna de revestimento incluindo diversas válvulas espaçadas separadas 22, 24, 26, 28 operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da coluna de revestimento, as válvulas sendo operáveis por meio de uma ou mais linhas 36 conectadas às válvulas. O método pode ainda incluir a etapa de, para cada um dos diversos conjuntos de um ou mais intervalos 12, 14, 16, 18 da

formação 176 em seqüência, estimular o conjunto de intervalo abrindo uma correspondente das válvulas 22, 24, 26, 28 fechando o restante das válvulas e escoando o fluido de estimulação 30 a partir do interior da coluna de revestimento 21 e para o interior do conjunto de intervalo.

5 O método pode ainda incluir a etapa de antes da etapa de estimular, cimentar a coluna de revestimento 21 e linhas 36 no furo de poço 20. As linhas 36 podem ser posicionadas externas à coluna de revestimento 21 durante a etapa de cimentar.

10 As etapas de abrir e fechar a válvula podem ser realizadas manipulando pressão nas linhas 36. As etapas de abrir e fechar podem ser realizadas sem intervenção para o interior da coluna de revestimento 21. As etapas de abrir e fechar podem ser realizadas sem aplicação de pressão à coluna de revestimento 21.

15 Diversas linhas 36 podem ser conectadas às válvulas 22, 24, 26, 28 e as etapas de abrir e fechar podem incluir manipular diferenciais de pressão entre as linhas.

20 A etapa de escoar fluido de estimulação pode incluir fraturar a formação 176 em qualquer dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18. O método pode também (ter) a etapa de para cada um dos conjuntos de intervalo 12, 14, 16, 18 em seqüência, testar o conjunto de intervalo abrindo a correspondente das válvulas 22, 24, 26, 28, fechando o restante das válvulas e escoando um fluido de formação a partir do conjunto de intervalo e para o interior da coluna de revestimento 21. A etapa de testar pode ser realizada depois da etapa de estimular.

25 Outro método pode incluir as etapas de posicionar a coluna tubular 178 no furo de poço 172 interceptando a formação 176, a coluna tubular incluindo diversas válvulas espaçadas separadas 24, 26, 28 operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da coluna tubular; posicionar a coluna tubular 180 no

furo de poço 174 interceptando a formação, a coluna tubular incluindo diversas válvulas espaçadas separadas 22, 24, 26, 28 operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da coluna tubular; e para cada um dos diversos conjuntos de um ou mais intervalos 14, 16, 18 da formação, estimular o conjunto de intervalo abrindo uma correspondente das válvulas no furo de poço 170, escoar um fluido de estimulação a partir do interior da coluna tubular 178 e para o interior do conjunto de intervalo, abrir uma correspondente das válvulas no furo de poço 174 e, em resposta, receber um fluido de formação a partir do intervalo para o interior da coluna tubular 180.

As válvulas 24, 26, 28 podem ser operáveis através de uma ou mais linhas 36 conectadas às válvulas. As linhas 36 podem ser externas às colunas tubulares 178, 180 quando elas são posicionadas nos furos de poço 172, 174.

O fluido de estimulação pode incluir vapor.

O furo de poço 174 pode ser localizado verticalmente mais profundo na formação do que o outro furo de poço 172.

As etapas de abertura de válvula podem ser realizadas manipulando pressão em respectivas linhas 36a, 36b conectadas às válvulas 24, 26, 28. As etapas de abertura de válvula podem ser realizadas sem intervenção para o interior das respectivas colunas tubulares 178, 180. As etapas de abertura de válvula podem ser realizadas sem aplicação de pressão às respectivas colunas tubulares 170, 180.

O método pode incluir as etapas de conectar diversas linhas 36 às válvulas 24, 26, 28 do furo de poço 172 e conectar diversas linhas 36 às válvulas no furo de poço 174, e as etapas de abertura de válvula podem incluir manipular diferenciais de pressão entre linhas individuais 36a, 3b das respectivas linhas.

O método pode ainda incluir a etapa de regular avanço do

fluido de estimulação no sentido do furo de poço 174, restringindo de maneira seletiva escoamento através de pelo menos uma das válvulas 24, 26, 28 no furo de poço.

5 O método pode incluir a etapa de regular avanço do fluido de estimulação no sentido do furo de poço 174, restringindo de maneira seletiva escoamento através de pelo menos uma das válvulas 24, 26, 28 no outro furo de poço 172.

10 Naturalmente alguém versado na técnica poderia, quando de uma consideração cuidadosa da descrição acima de configurações representativas da invenção, facilmente apreciar que diversas modificações, adições, substituições, cancelamentos, e outras mudanças, podem ser feitas às configurações específicas, e tais mudanças estão consideradas pelos princípios da presente invenção. Conseqüentemente, a descrição detalhada  
15 ilustração e exemplo somente, o espírito e escopo da presente invenção sendo limitados apenas pelas reivindicações anexas e seus equivalentes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de poço, caracterizado pelo fato de compreender:

5 pelo menos uma primeira válvula interconectada em uma coluna de revestimento, a primeira válvula sendo operável por meio de pelo menos uma primeira linha externa à coluna de revestimento, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um exterior e um interior da coluna de revestimento, e a coluna de revestimento, a primeira válvula e a primeira linha sendo cimentadas em um furo de poço.

10 2. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira linha ser uma linha hidráulica e no qual a primeira válvula é operável em resposta à manipulação de pressão na primeira linha.

15 3. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira válvula ser cimentada no furo de poço em uma configuração fechada e ser em seguida operável para uma configuração aberta, para permitir escoamento de fluido entre o interior e o exterior da coluna de revestimento.

20 4. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira válvula ser cimentada no furo de poço em uma configuração fechada e ser em seguida operável para uma configuração aberta, para permitir escoamento de fluido entre o interior e o exterior da coluna de revestimento, e a partir da configuração aberta ser em seguida operável para uma configuração fechada para impedir escoamento de fluido entre o interior e o exterior da coluna de revestimento.

25 5. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos uma abertura em uma parede lateral da primeira válvula conter um cimento solúvel quando a primeira válvula é cimentada no furo de poço.

6. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 5,

caracterizado pelo fato de o cimento ser um cimento solúvel ácido.

7. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira válvula ser operável sem intervenção para o interior da coluna de revestimento.

5 8. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira válvula ser operável sem manipulação de pressão dentro da coluna de revestimento.

9. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente uma segunda válvula interconectada na coluna de revestimento e operável para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre o exterior e o interior da coluna de revestimento.

10 10. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de as primeira e segunda válvulas serem operáveis seqüencialmente através de pelo menos a primeira linha, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva comunicação direta entre o interior da coluna de revestimento e respectivos primeiro e segundo conjuntos de intervalos subterrâneos interceptados pelo furo de poço.

11. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de a primeira linha e pelo menos uma segunda linha serem conectadas a cada uma das primeira e segunda válvulas e no qual um primeiro diferencial de pressão entre a primeira e segunda linhas opera a primeira válvula, e um segundo diferencial de pressão entre a primeira e segunda linhas maior do que o primeiro diferencial de pressão opera a segunda válvula.

12. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de as primeira e segunda válvulas serem operáveis através de apenas a primeira linha para ao mesmo tempo abrir e fechar as primeira e segunda válvulas.

13. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira válvula incluir uma luva que tem uma abertura na mesma, a luva sendo deslocável para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre o exterior e o interior da coluna de revestimento, e no qual a abertura é isolada de cimento quando a primeira válvula é cimentada no furo de poço.

14. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de um diferencial de pressão entre a primeira linha e uma segunda linha conectada à primeira válvula ser operável para deslocar a luva entre posições aberta e fechada.

15. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de a abertura ser posicionada entre um primeiro pistão exposto a pressão na primeira linha e um segundo pistão exposto a pressão na segunda linha.

16. Sistema de poço de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de a primeira válvula incluir pelo menos um mecanismo de liberação de encaixe que requer que um diferencial de pressão predeterminado seja aplicado na primeira válvula para deslocar a luva entre posições aberta e fechada.

17. Método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

posicionar uma coluna de revestimento em um furo de poço que intercepta a formação, a coluna de revestimento incluindo diversas válvulas espaçadas separadas operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da coluna de revestimento, as válvulas sendo operáveis através de pelo menos uma linha conectada às válvulas; e

para cada um dos diversos conjuntos de um ou mais intervalos da formação em seqüência estimular o conjunto de intervalo abrindo uma

correspondente das válvulas, fechando o restante das válvulas e escoando um fluido de estimulação a partir do interior da coluna de revestimento e para o interior do conjunto de intervalo.

5 18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a etapa de antes da etapa de estimular, cimentar a coluna de revestimento e a linha no furo de poço.

19. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de a linha ser posicionada externa à coluna de revestimento durante a etapa de cimentar.

10 20. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de as etapas de abrir e fechar serem realizadas manipulando pressão na linha.

15 21. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de as etapas de abrir e fechar serem realizadas sem intervenção para o interior da coluna de revestimento.

22. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de as etapas de abrir e fechar serem realizadas sem aplicação de pressão à coluna de revestimento.

20 23. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a etapa de conectar diversas linhas às válvulas, e no qual as etapas de abrir e fechar incluem manipular diferenciais de pressão entre as linhas.

25 24. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de a etapa de escoar fluido de estimulação compreender adicionalmente fraturar a formação.

25 25. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de para cada um dos conjuntos de intervalo em seqüência testar o conjunto de intervalo abrindo a correspondente das válvulas, fechando o restante das válvulas, e escoando um

fluido de formação a partir do conjunto de intervalo para o interior da coluna de revestimento.

26. Método de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de a etapa a de testar ser realizada depois da etapa de estimular.

5 27. Válvula para utilização em uma coluna tubular em um poço subterrâneo, caracterizada pelo fato de compreender:

10 uma luva que tem primeira e segunda extremidades opostas, a luva sendo deslocável entre posições aberta e fechada, para com isto permitir e impedir de maneira seletiva escoamento através de uma parede lateral de um conjunto de carcaça; e

primeiro e segundo pistões nas respectivas primeira e segunda extremidades da luva, diferenciais de pressão aplicados aos primeiro e segundo pistões sendo operacionais para deslocar a luva entre suas posições aberta e fechada.

15 28. Válvula de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de compreender adicionalmente pelo menos uma abertura que se estende através de uma parede lateral da luva, e na qual a abertura é isolada de um exterior do conjunto de carcaça, e uma passagem de escoamento interna do conjunto de carcaça quando a luva está em sua posição fechada.

20 29. Válvula de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de compreender adicionalmente pelo menos uma abertura que se estende através de uma parede lateral da luva, e na qual a abertura é posicionada de maneira longitudinal entre os primeiro e segundo pistões.

25 30. Válvula de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de os primeiro e segundo pistões serem expostos à pressão em respectivas primeira e segunda câmaras, nas respectivas primeira e segunda extremidades da luva.

31. Válvula de acordo com a reivindicação 30, caracterizada pelo fato de a luva deslocar para a primeira câmara quando a luva desloca

para sua posição aberta e na qual a luva desloca para a segunda câmara quando a luva desloca para sua posição fechada.

5 32. Válvula de acordo com a reivindicação 30, caracterizada pelo fato de um diâmetro externo exterior da luva engatar em vedação um diâmetro interno exterior da primeira câmara, e na qual um diâmetro externo interior da luva engata em vedação um diâmetro interno interior da primeira câmara.

10 33. Válvula de acordo com a reivindicação 30, caracterizada pelo fato de paredes interior e exterior da carcaça serem posicionadas em lados radiais opostos das primeira e segunda câmaras, e as paredes interior e exterior serem também posicionadas em lados radiais opostos da luva.

15 34. Válvula de acordo com a reivindicação 30, caracterizada pelo fato de um primeiro diferencial de pressão entre as primeira e segunda câmaras deslocar a luva para deslocar para sua posição aberta, e na qual um segundo diferencial de pressão entre as primeira e segunda câmaras deslocar a luva para deslocar para sua posição fechada.

35. Método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea, caracterizado pelo fato de compreende as etapas de:

20 fornecer primeiro e segundo furos de poço que interceptam a formação;

posicionar uma primeira coluna tubular em um dos primeiro e segundo furos de poço, a primeira coluna tubular incluindo diversas primeiras válvulas espaçadas separadas operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da primeira  
25 coluna tubular; e

para cada um dos diversos conjuntos de um ou mais intervalos da formação, estimular o conjunto de intervalo abrindo uma correspondente das primeiras válvulas e escoar um fluido de estimulação para o interior do conjunto de intervalo e, em resposta, receber um fluido de formação a partir

do conjunto de intervalo para o interior do segundo furo de poço.

36. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de na primeira na etapa de posicionar a primeira coluna tubular, a primeira coluna tubular ser posicionada no primeiro furo de poço, e ainda  
5 compreende a etapa de posicionar uma segunda coluna tubular no segundo furo de poço, a segunda coluna tubular incluindo diversas segundas válvulas espaçadas separadas, operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da segunda coluna tubular.

10 37. Método de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de a etapa de estimular compreender adicionalmente abrir uma correspondente das segundas válvulas.

38. Método de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de a etapa de abrir as primeira e segunda válvulas ser realizada  
15 manipulando pressão nas respectivas primeira e segunda linhas conectadas às primeira e segunda válvulas.

39. Método de acordo com a reivindicação 36, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a etapa de regular avanço do fluido de estimulação no sentido do segundo furo de poço restringindo de maneira  
20 seletiva escoamento através de pelo menos uma das segundas válvulas.

40. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de as primeiras válvulas serem operáveis através de pelo menos uma primeira linha conectada às primeiras válvulas.

25 41. Método de acordo com a reivindicação 40, caracterizado pelo fato de a etapa de posicionar o primeiro tubular compreender adicionalmente posicionar a primeira linha externa à primeira coluna tubular.

42. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de na etapa de escoar um fluido de estimulação incluir vapor.

43. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado

pelo fato de na etapa de fornecer, o segundo furo de poço ser localizado verticalmente mais profundo na formação do que o primeiro furo de poço.

5 44. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de a etapa de abrir a primeira válvula ser realizada sem intervenção para o interior da primeira coluna tubular.

45. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de a etapa de abrir a primeira válvula ser realizada sem aplicação de pressão à primeira coluna tubular.

10 46. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente as etapas de conectar diversas primeiras linhas às primeiras válvulas, e no qual a etapa de abrir a primeira válvula incluir manipular diferenciais de pressão entre linhas individuais das primeiras linhas.

15 47. Método de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a etapa de regular avanço do fluido de estimulação no sentido do segundo furo de poço restringindo de maneira seletiva escoamento através de pelo menos uma das primeiras válvulas.

20 48. Método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

posicionar uma primeira coluna tubular em um primeiro furo de poço que intercepta a formação, a primeira coluna tubular incluindo diversas primeiras válvulas espaçadas separadas, operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da primeira coluna tubular;

25 posicionar uma segunda coluna tubular em um segundo furo da poço que intercepta a formação, a segunda coluna tubular incluindo diversas segundas válvulas espaçadas separadas, operáveis para permitir e impedir de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da segunda coluna tubular; e

para cada um dos diversos conjuntos de um ou mais intervalos da formação, estimular o conjunto de intervalo abrindo uma correspondente das primeiras válvulas, escoando um fluido de estimulação a partir do interior da primeira coluna tubular e para o interior do conjunto de intervalo, abrindo  
5 uma correspondente das segundas válvulas e, em resposta, recebendo um fluido de formação a partir do conjunto de intervalo para o interior da segunda coluna tubular.

49. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de as primeiras válvulas serem operáveis através de pelo menos uma  
10 primeira linha conectada às primeiras válvulas.

50. Método de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de a etapa de posicionar o primeiro tubular compreender adicionalmente posicionar a primeira linha externa à primeira coluna tubular.

51. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de as segundas válvulas serem operáveis através de pelo menos uma  
15 segunda linha conectada às segundas válvulas.

52. Método de acordo com a reivindicação 51, caracterizado pelo fato de a etapa de posicionar o segundo tubular compreender adicionalmente posicionar a segunda linha externa à segunda coluna tubular.

53. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de na etapa de escoar, o fluido de estimulação incluir vapor.

54. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de na etapa de posicionar a segunda coluna tubular o segundo furo de poço ser localizado verticalmente mais profundo na formação do que o  
20 primeiro furo de poço.

55. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de as etapas de abrir primeira e segunda válvulas serem realizadas manipulando pressão em respectivas primeira e segunda linhas conectadas às  
25 primeira e segunda válvulas.

56. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de as etapas de abrir primeira e segunda válvulas serem realizadas sem intervenção para o interior das respectivas primeira e segunda colunas tubulares.

5 57. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de as etapas de abrir primeira e segunda válvulas serem realizadas sem aplicação de pressão às respectivas primeira e segunda colunas tubulares.

10 58. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente as etapas de conectar diversas primeiras linhas às primeiras válvulas e conectar diversas segundas linhas às segundas válvulas, e no qual as etapas de abrir primeira e segunda válvulas incluir manipular diferenciais de pressão entre linhas individuais das respectivas primeira e segunda linhas.

15 59. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a etapa de regular avanço do fluido de estimulação no sentido do segundo furo de poço restringindo de maneira seletiva escoamento através de pelo menos uma das segundas válvulas.

20 60. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente a etapa de regular avanço do fluido de estimulação no sentido do segundo furo de poço restringindo de maneira seletiva escoamento através de pelo menos uma das primeiras válvulas.

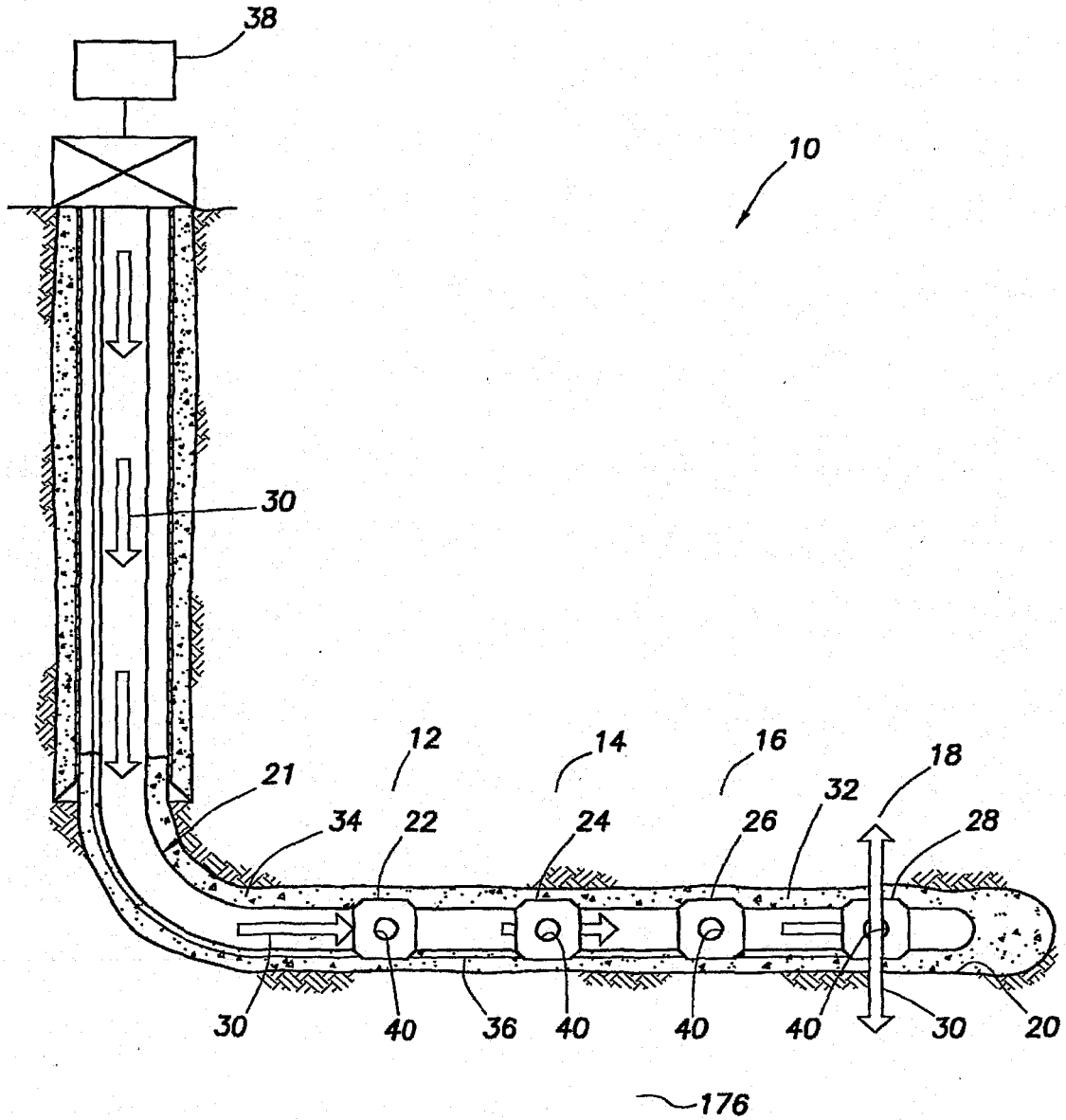


FIG. 1

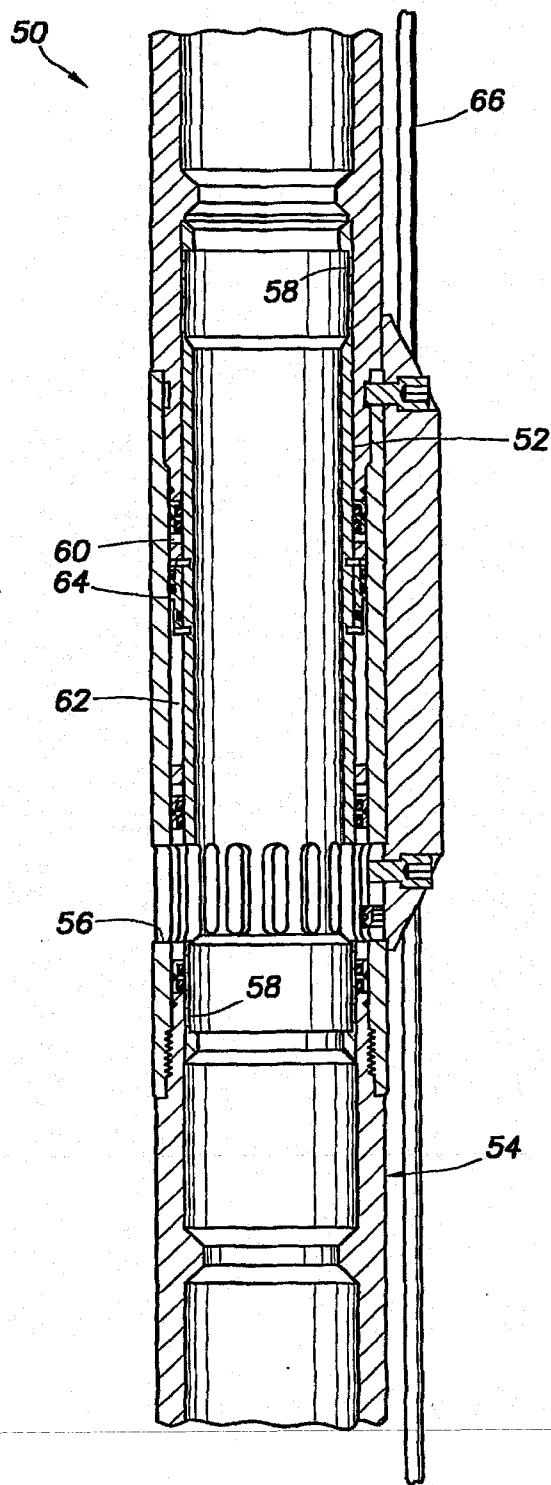


FIG. 2

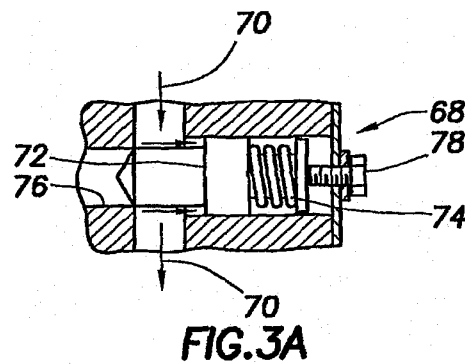


FIG. 3A

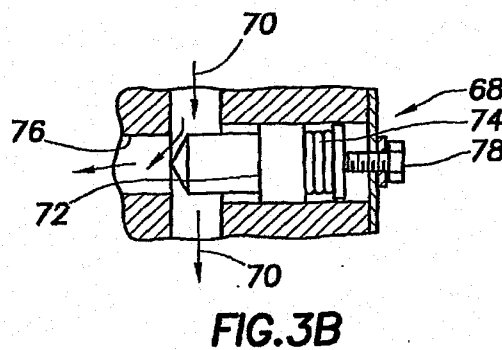


FIG. 3B

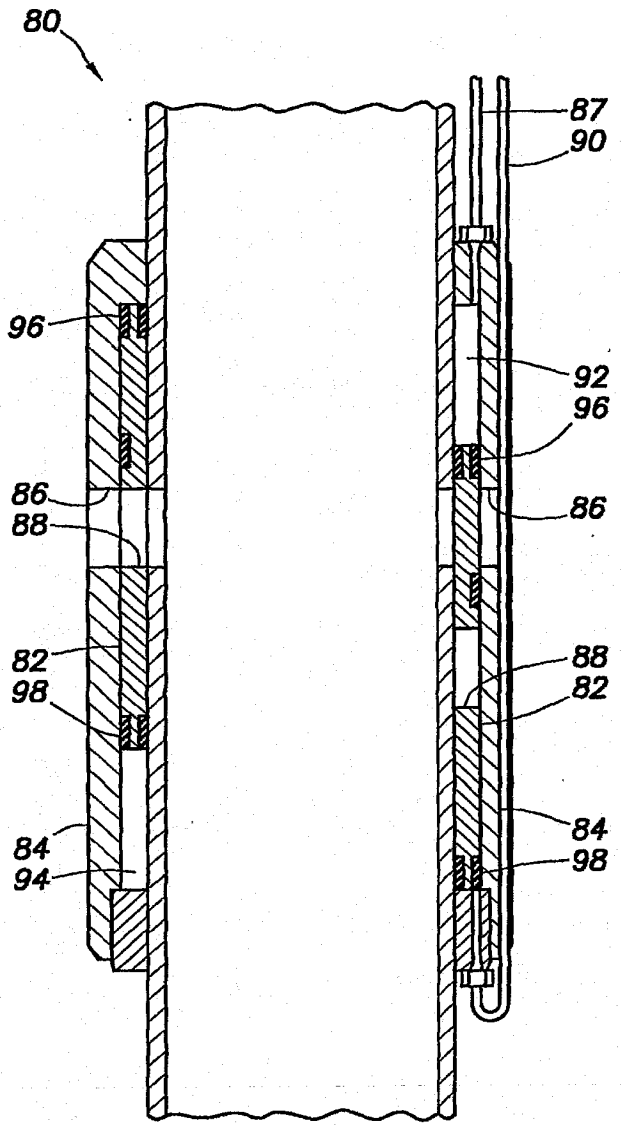


FIG. 4

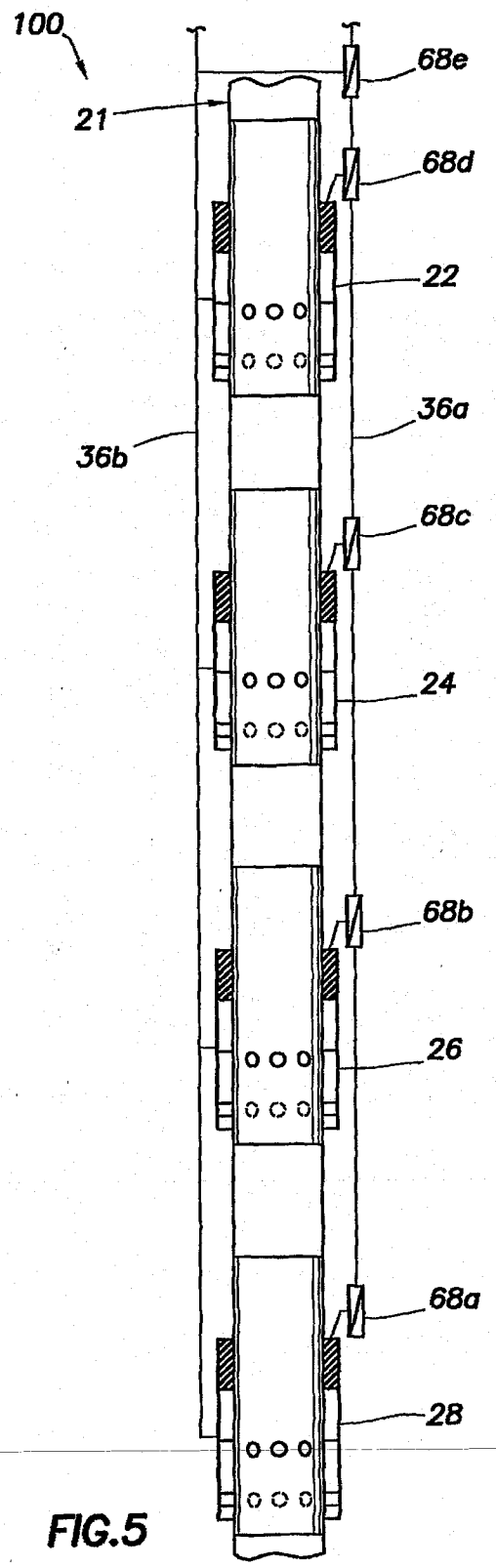


FIG. 5

FIG. 6

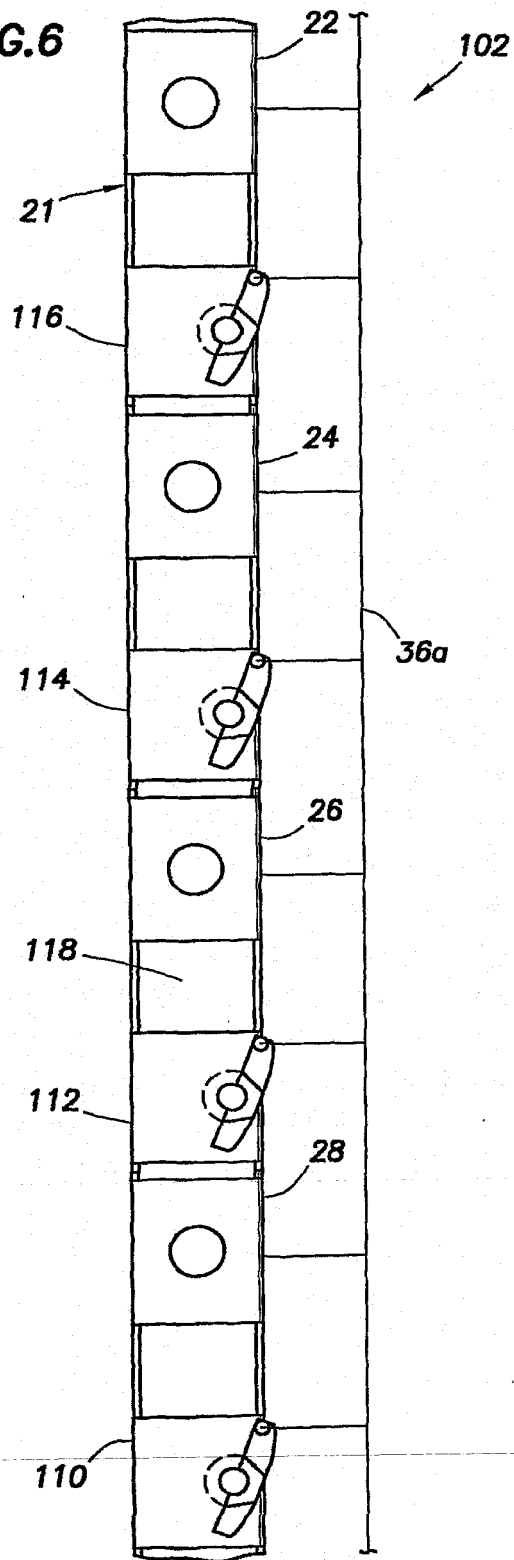
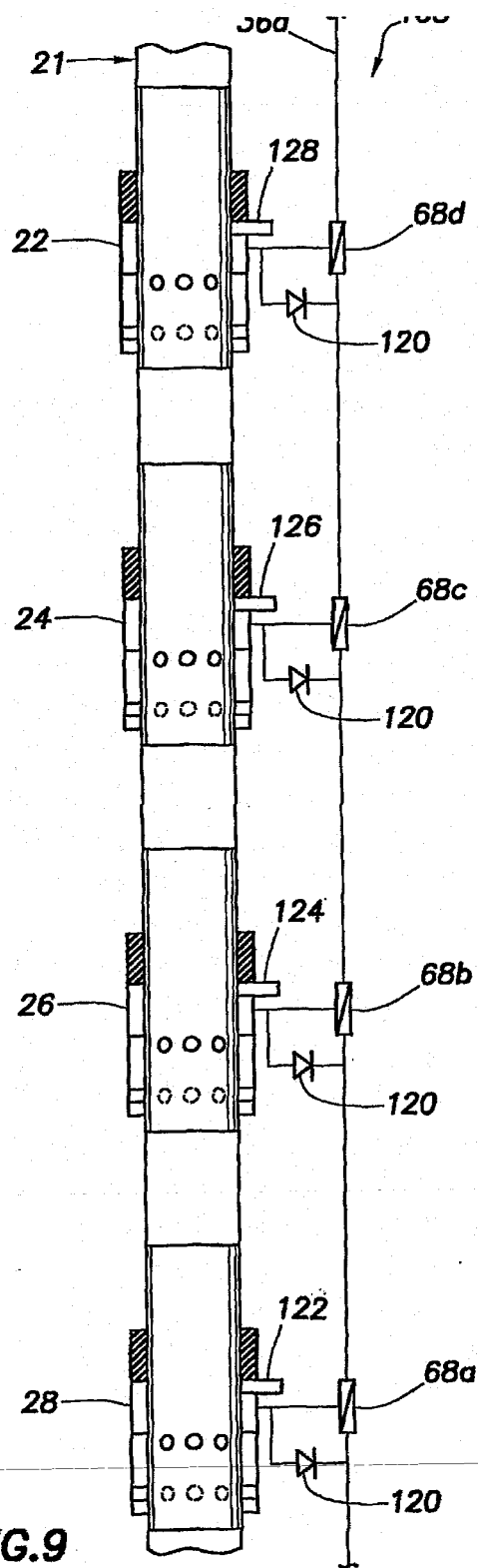


FIG. 9



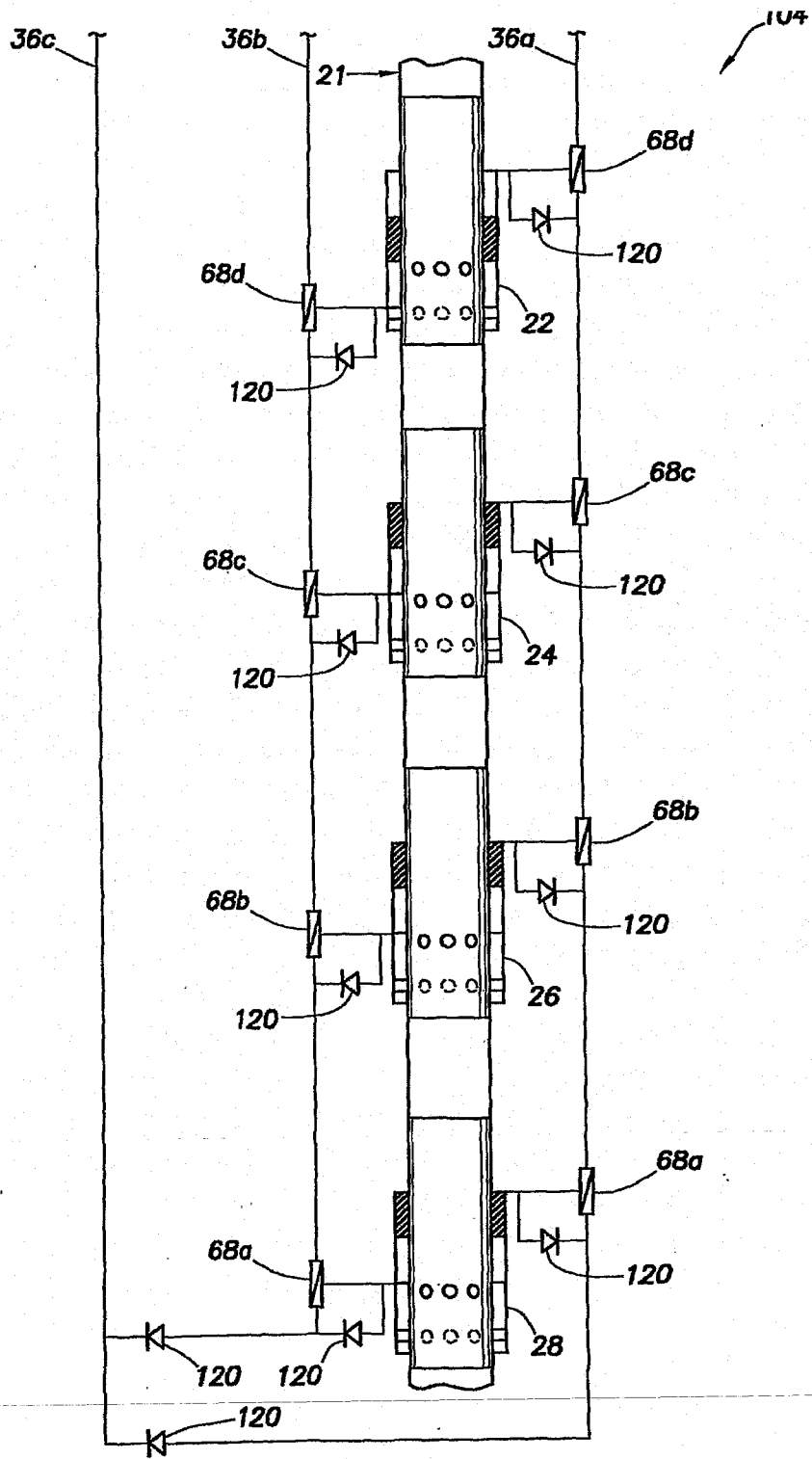
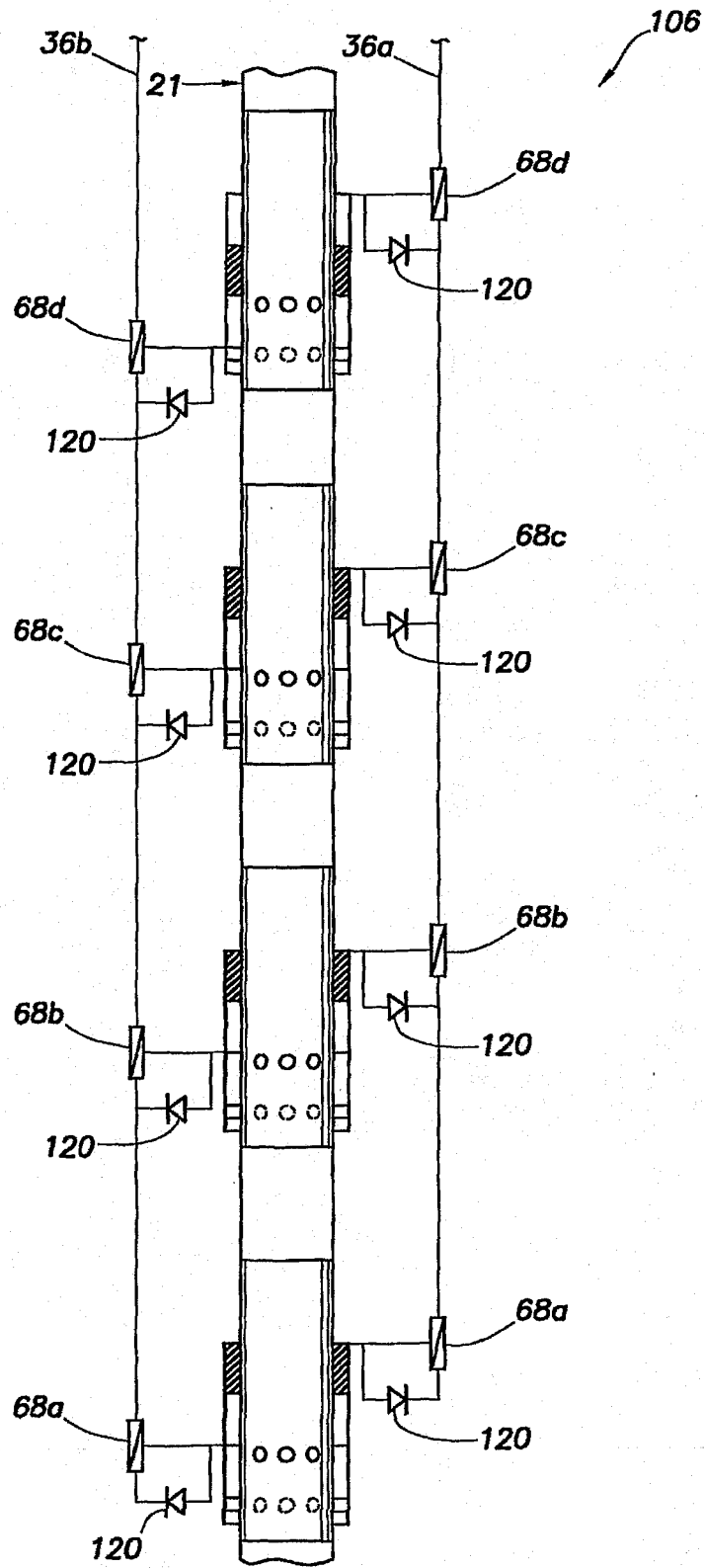
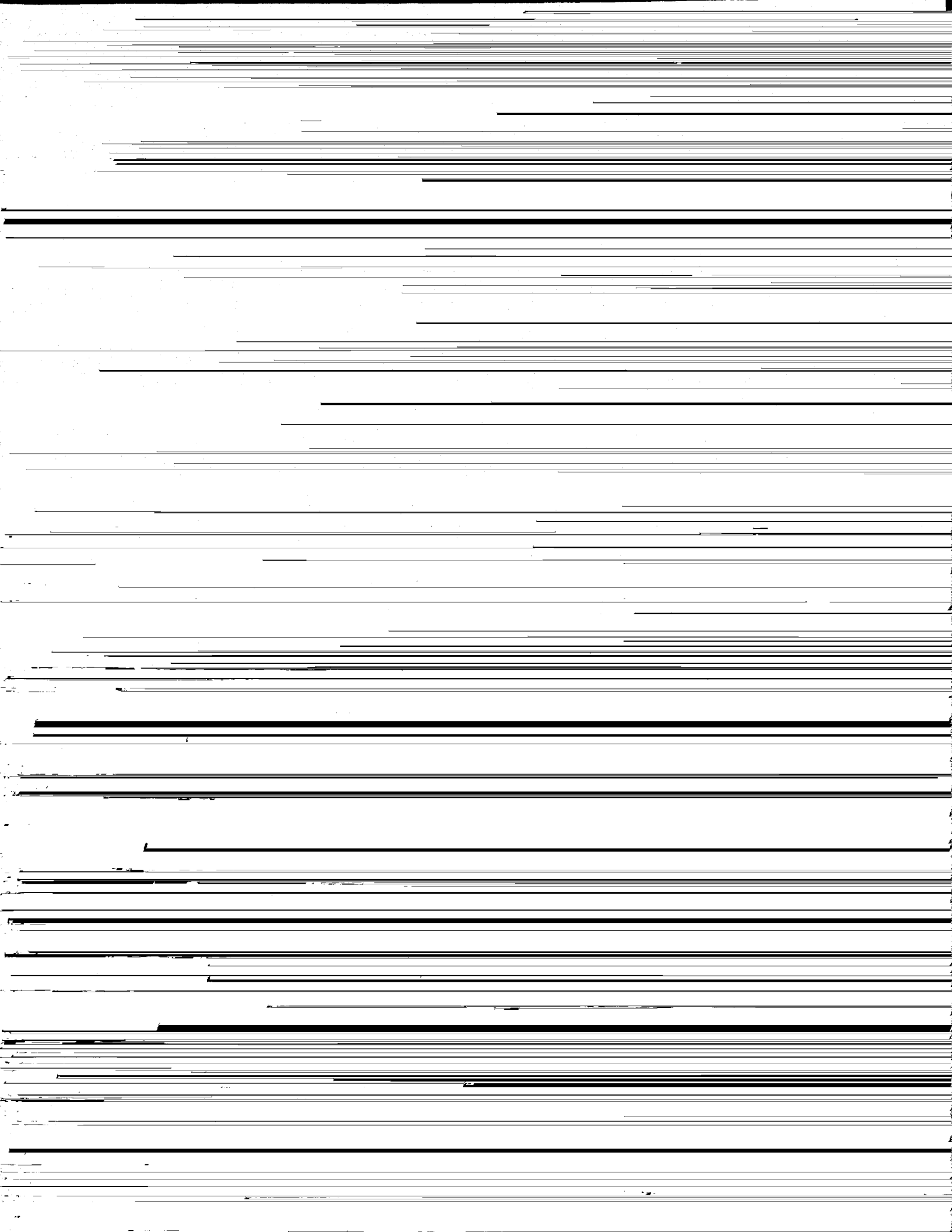


FIG. 7

FIG. 8





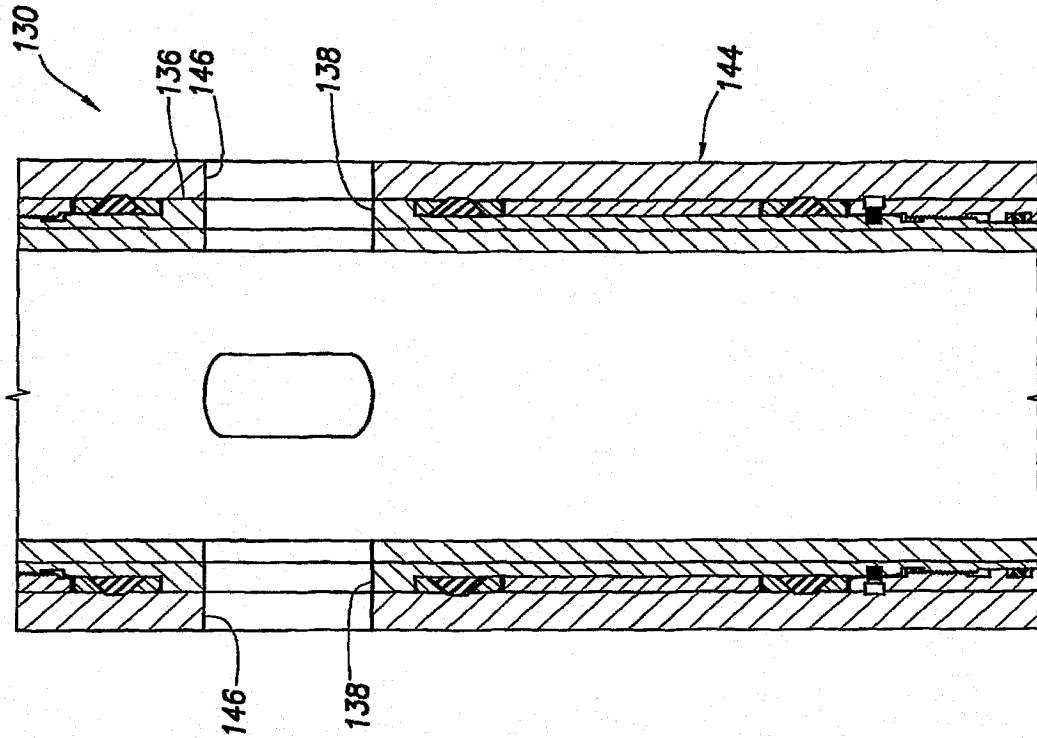


FIG. 10C

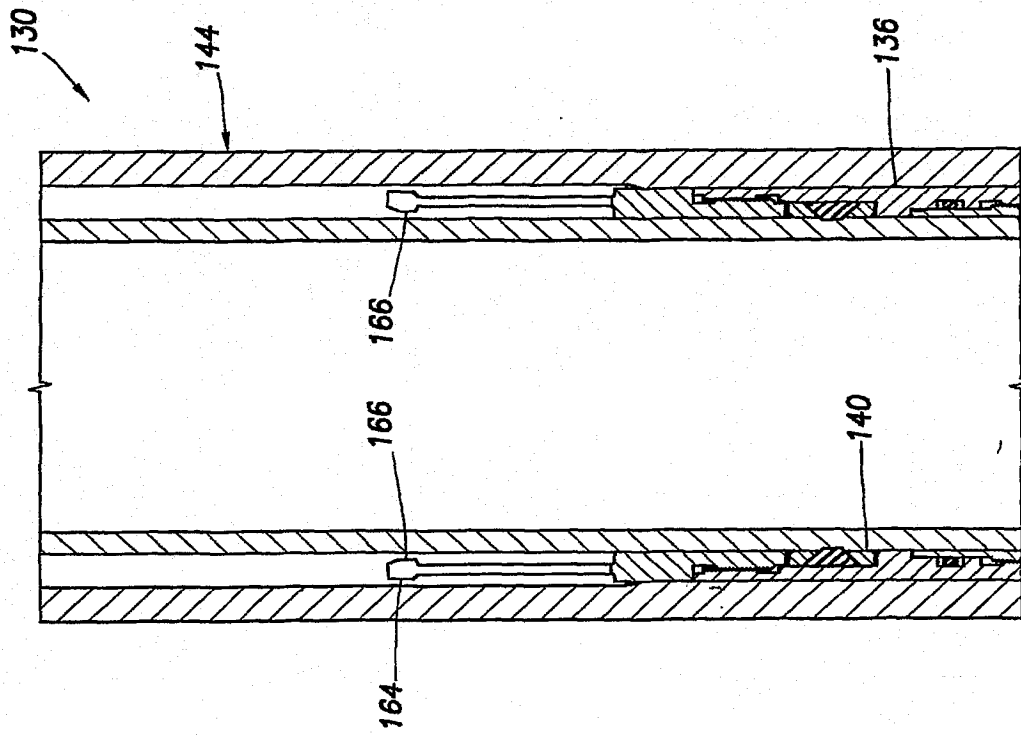


FIG. 10B

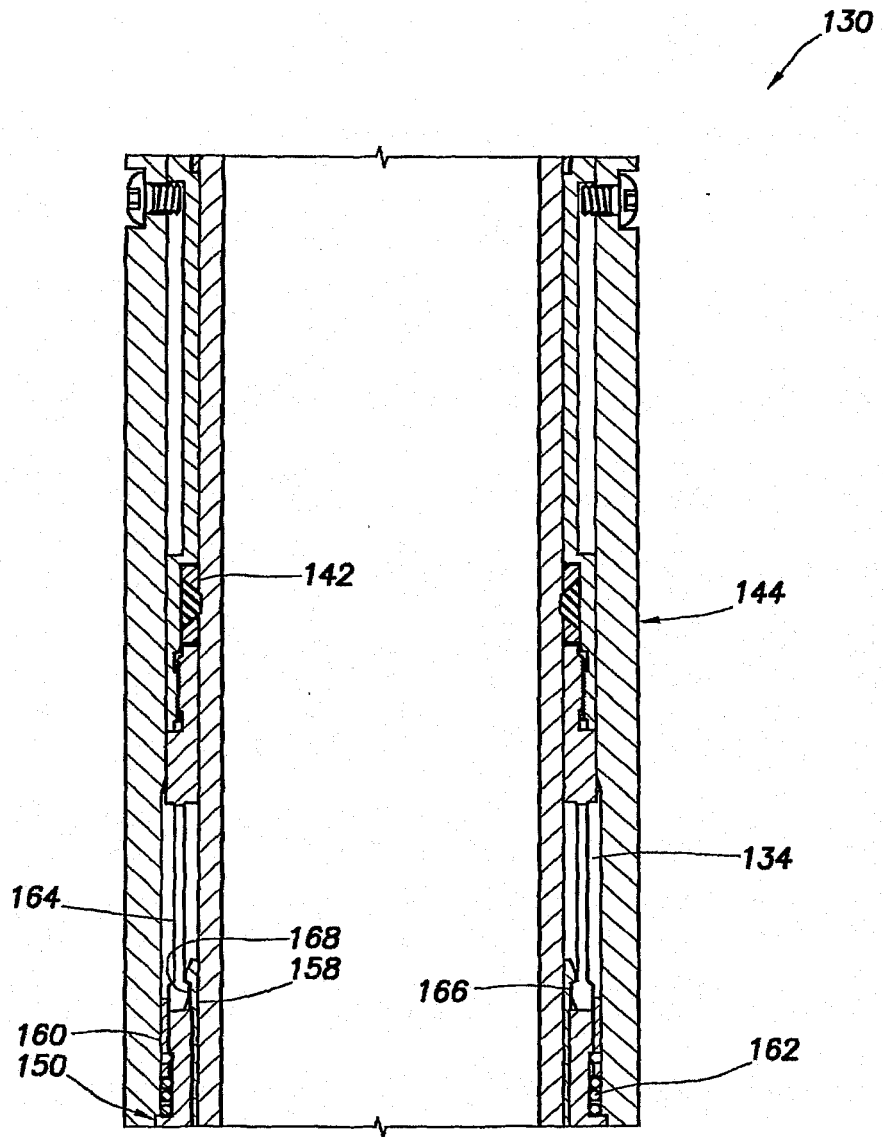


FIG.10D

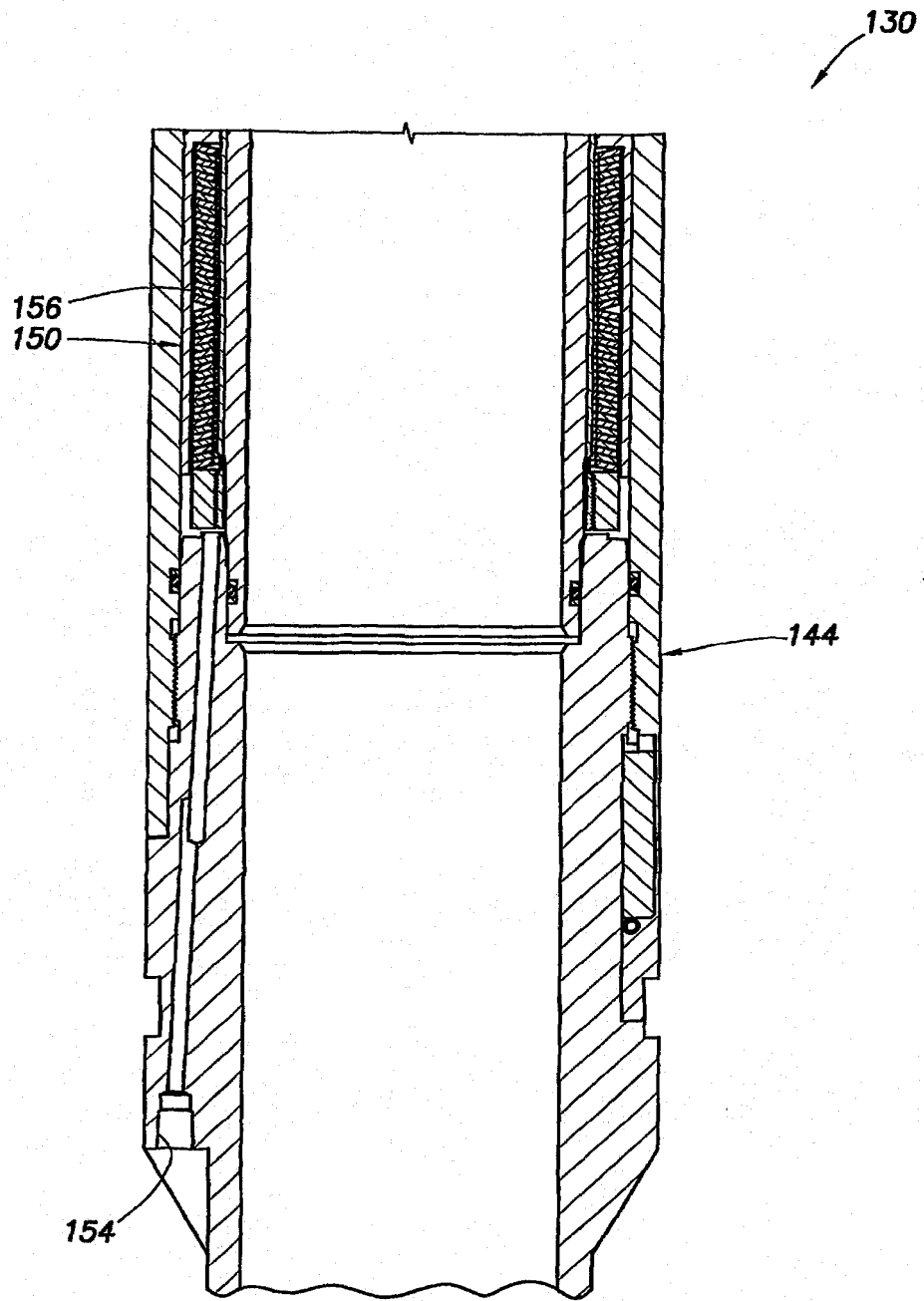


FIG.10E

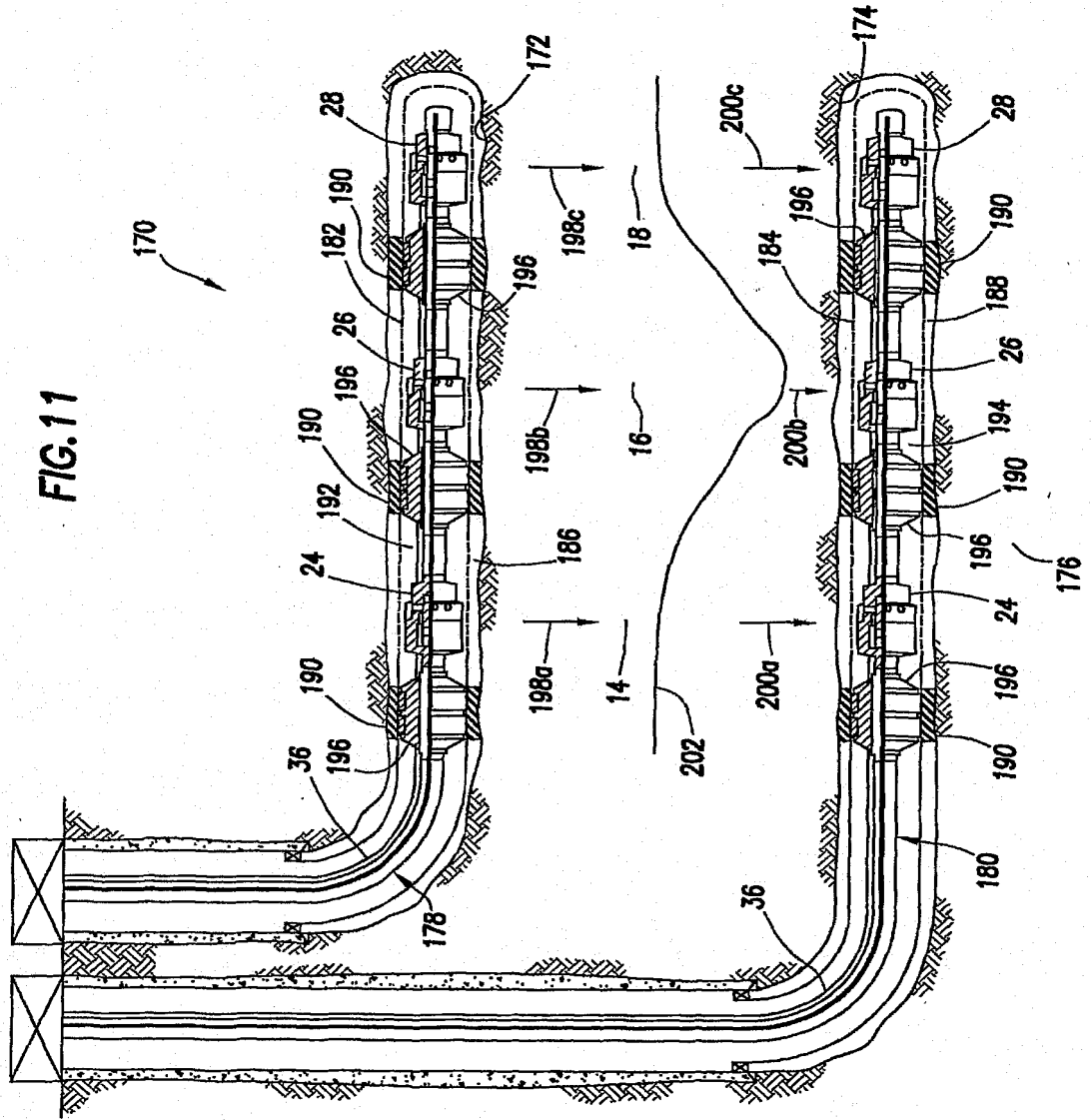
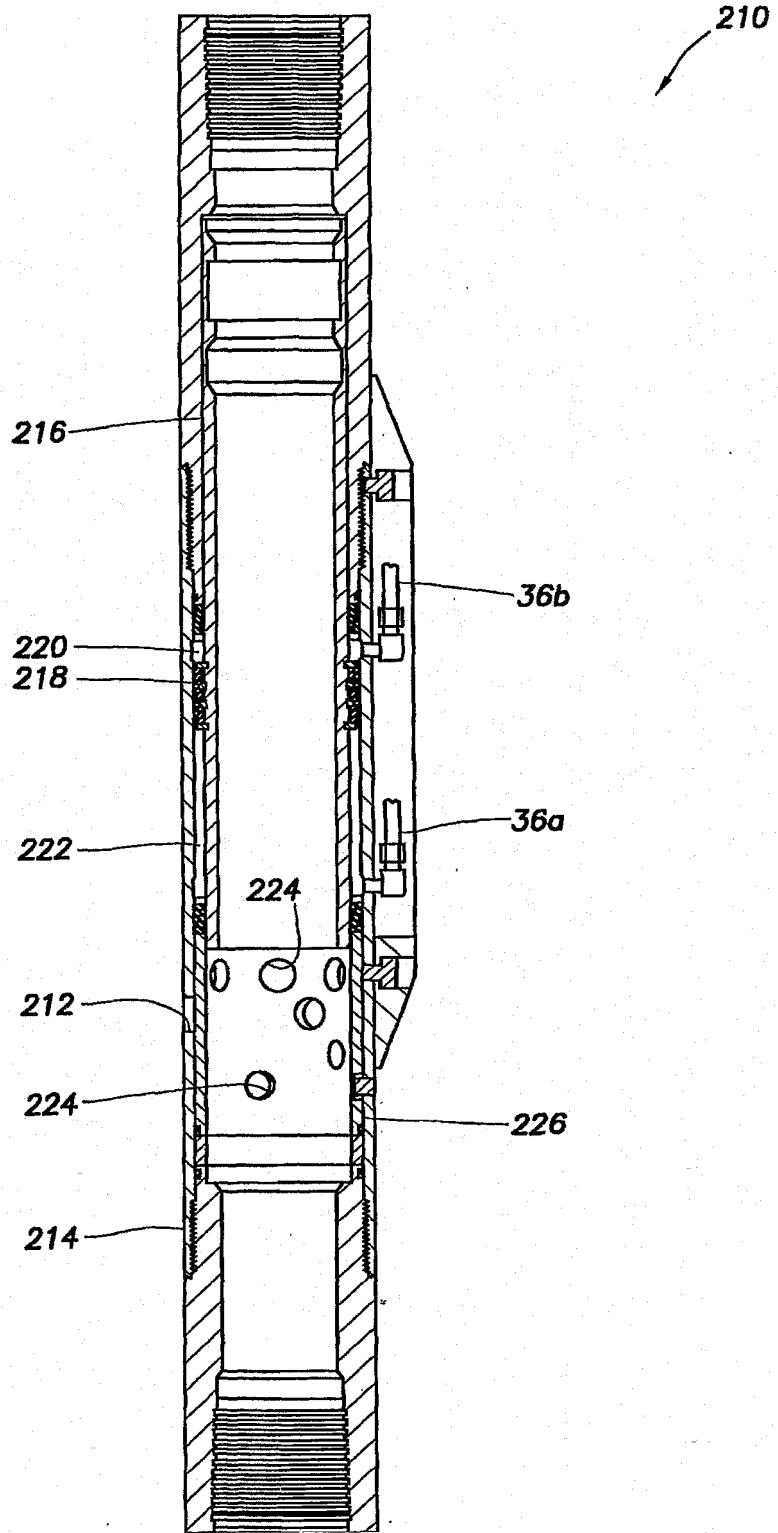


FIG. 12



RESUMO

“SISTEMA DE POÇO, MÉTODO PARA ESTIMULAR DE MANEIRA SELETIVA UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA, E, VÁLVULA PARA UTILIZAÇÃO EM UMA COLUNA TUBULAR EM UM POÇO SUBTERRÂNEO”

Válvulas para revestimento para estimulação e controle seletivo de poço. Um sistema de poço inclui pelo menos uma válvula interconectada em uma coluna de revestimento operável por meio de pelo menos uma linha externa à coluna de revestimento para controlar de maneira seletiva escoamento de fluido entre um exterior e um interior da coluna de revestimento, e a coluna de revestimento, a válvula e linha sendo cimentadas em um furo de poço. Um método para estimular de maneira seletiva uma formação subterrânea inclui: posicionar uma coluna de revestimento em um furo de poço, a coluna de revestimento incluindo válvulas espaçadas separadas operáveis por meio de uma linha para controlar de maneira seletiva escoamento de fluido entre um interior e um exterior da coluna de revestimento; e para cada um dos diversos intervalos da formação em seqüência, estimular o intervalo abrindo uma correspondente das válvulas, fechando o restante das válvulas e escoando um fluido de estimulação a partir da coluna de revestimento para o interior do intervalo.