



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

(21) **PI0903393-9 A2**

(22) Data de Depósito: 14/08/2009  
(43) Data da Publicação: 29/06/2010  
(RPI 2060)



(51) *Int.Cl.:*  
E21B 34/10  
E21B 34/06

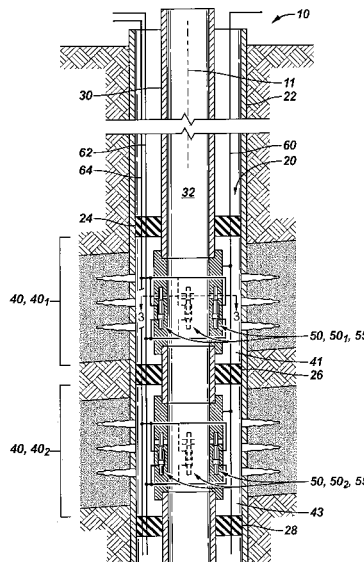
(54) Título: **SISTEMA A SER UTILIZADO COM UM POÇO, E MÉTODO UTILIZÁVEL EM UM POÇO QUE POSSUI UMA PLURALIDADE DE ZONAS ISOLADAS E UMA TUBAGEM DE PRODUÇÃO**

(30) Prioridade Unionista: 15/08/2008 US 12/192.640

(73) Titular(es): Prad Research and Development Limited

(72) Inventor(es): Dinesh R. Patel

(57) Resumo: Um sistema que é utilizável com um poço inclui uma coluna de tubagem de produção que se estende para dentro de uma zona isolada do poço e uma pluralidade de módulos de estrangulamento que são dispostos na zona isolada para controlar a comunicação entre uma passagem da coluna da tubagem de produção e a zona. Cada módulo de estrangulamento inclui um estrangulamento associado, que é removível do módulo de estrangulamento sem a desmontagem da coluna de tubagem de produção. Cada módulo de estrangulamento é independentemente controlável um relativamente ao(s) outro(s) módulo(s) para seletivamente permitir e impedir fluxo através do estrangulamento associado.





SISTEMA A SER UTILIZADO COM UM POÇO, E MÉTODO UTILIZÁVEL EM UM POÇO QUE POSSUI UMA PLURALIDADE DE ZONAS ISOLADAS E UMA TUBAGEM DE PRODUÇÃO

#### Fundamentos

5           A invenção está relacionada de modo geral a uma plataforma de válvula de controle de fluxo.

Um poço típico pode incluir válvulas de controle de fluxo para os propósitos do gerenciamento da comunicação dos fluidos de injeção e/ou de produção. Um tipo de válvula convencional de controle de fluxo é uma válvula "abre/fecha" que tem dois estados: um estado aberto no qual um fluxo é comunicado através da passagem de fluxo da válvula; e um estado fechado para bloquear a comunicação fluida através da passagem de fluxo da válvula. Um outro tipo de válvula convencional de controle de fluxo é uma de "estrangulamento", uma válvula cuja efetiva seção transversal da área do trajeto de fluxo pode ser variada para os propósitos de controlar a taxa de produção ou de injeção através da válvula.

20           Independentemente da válvula de controle de fluxo ser uma válvula abre/fecha ou de estrangulamento, uma típica válvula de controle de fluxo pode ser uma válvula do tipo manga que geralmente inclui uma única manga deslizante e um atuador para movimentar a manga para cobrir ou 25 descobrir portas de fluxo em um mandril da válvula. A manga

de um estrangulamento pode ter múltiplas posições abertas, cada uma das quais está associada com uma diferente área de fluxo (para acomodar diferentes condições de reservatório) e um conjunto diferente de portas de fluxo no mandril. O  
5 estrangulamento pode adicionalmente incluir um mecanismo de indexação ou de contagem para ciclar o estrangulamento de uma posição aberta para uma outra.

A utilização de uma válvula convencional de controle de fluxo pode encontrar diversos desafios. Os  
10 mecanismos de indexação ou de contagem de um estrangulamento variável são tipicamente complexos e caros. Adicionalmente, a energia ou força, que é usada para movimentar a manga deslizante contra o diferencial de pressão no interior do furo no poço pode ser tipicamente  
15 alto devido ao grande tamanho dos selos. Isso significa geralmente que uma pressão operacional relativamente alta é usada para acionar a manga, que pode requerer a geração de uma pressão relativamente alta na superfície do poço.

As válvulas de controle de fluxo não são  
20 tipicamente escalonáveis. Portanto, tubulações diferentemente dimensionados requerem estrangulamentos diferentemente dimensionados tal que o trajeto do fluxo através da tubulação não seja indevidamente restringido pela trajetória central de fluxo através do mandril do  
25 estrangulamento. Além disso, as válvulas de controle de

fluxo para produtores de petróleo podem ser diferentes que as válvulas de controle de fluxo para injetores de água.

Modo, existe uma continuada necessidade quanto a uma plataforma de válvula de controle de fluxo que esteja  
5 voltada a um ou mais dos desafios que são apresentados acima bem como a outros desafios não identificados.

### Sumário

Em uma modalidade da invenção, um sistema que seja utilizável com um poço inclui uma coluna de tubagem de  
10 produção que se estende para dentro de uma zona isolada do poço e uma pluralidade de módulos de estrangulamento que são dispostos na zona isolada para controlar a comunicação entre uma passagem da coluna de tubagem de produção e a zona. Cada módulo de estrangulamento inclui um  
15 estrangulamento associado, o qual é removível do módulo de estrangulamento sem a desmontagem da coluna de tubagem de produção. Cada módulo de estrangulamento é independentemente controlável relativamente ao(s) outro(s) módulo(s) de estrangulamento para seletivamente permitir e  
20 desativar o fluxo através do estrangulamento associado.

Em uma outra modalidade da invenção, uma técnica é utilizável com um poço que possui uma pluralidade de zonas isoladas e uma tubagem de produção inclui em cada zona, o provimento de um conjunto de módulos de estrangulamento  
25 para controlar a comunicação entre uma passagem da tubagem de produção e a zona. Cada módulo de estrangulamento inclui

um estrangulamento associado que é removível do módulo de estrangulamento sem desmontagem da tubagem de produção, e cada módulo de estrangulamento é independentemente controlável relativamente ao(s) outro(s) módulo() de estrangulamento do conjunto. Para cada zona, um ou mais 5 módulos de estrangulamento são selecionados, e o(s) módulo(s) de estrangulamento selecionado(s) são configurados para comunicar fluido entre a passagem da tubagem de produção e a zona; e para cada zona, a 10 comunicação fluida através do(s) módulo(s) de estrangulamento não selecionado(s) é fechada.

Vantagens e outras características da invenção se tornarão evidentes a partir dos desenhos apresentados adiante, descrição e reivindicações.

#### 15 Breve Descrição dos Desenhos

As Figuras 1 e 2 são diagramas esquemáticos de sistemas representativos de controle de fluxo de poço de acordo com modalidades da invenção.

A Figura 3 é um diagrama em seção transversal de 20 uma plataforma de válvula de controle de fluxo tomada ao longo da linha 3-3 da Figura 1 de acordo com uma modalidade da invenção.

As Figuras 4 e 5 são vistas em seção transversal de plataformas de válvulas de controle de fluxo de acordo com 25 outras modalidades da invenção.

As Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 são vistas em seção transversal parciais de um módulo de válvula de controle de fluxo em diferentes estados de acordo com modalidades da invenção.

5 As Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 são diagramas esquemáticos de uma plataforma de válvula de controle de fluxo em diferentes estados de acordo com modalidades da invenção.

A Figura 22 é um diagrama esquemático de uma  
10 plataforma de válvula de controle de fluxo de acordo com outra modalidade da invenção.

#### Descrição Detalhada

Na descrição adiante, numerosos detalhes são apresentados para prover uma compreensão da presente  
15 invenção. Todavia, será entendido por aqueles usualmente versados na técnica que a presente invenção pode ser praticada sem esses detalhes e que numerosas variações ou modificações a partir das modalidades descritas são possíveis.

20 Como usado aqui, os termos "acima" e "abaixo"; "cima" e "baixo"; "superior" e "inferior"; "ascendente" e "descendente"; e outros termos semelhantes indicativos de posições relativas acima ou abaixo de um dado ponto ou elemento são usados nessa descrição para descrever de modo  
25 mais claro algumas modalidades da invenção. Todavia, quando aplicados a equipamento e métodos para uso em poços que são

desviados ou horizontais, tais termos podem se referir da esquerda para a direita, da direita para esquerda, ou relacionamento em diagonal como apropriado.

Referindo à Figura 1, um poço 10 inclui um furo de  
5 poço 20 que se estende para baixo através de diversas zonas de produção ou de injeção 40 (zonas representativas 40<sub>1</sub> e 40<sub>2</sub>, sendo descritas na Figura 1 como exemplos). Uma coluna de tubagem de produção 30 (uma coluna de tubagem de produção ou uma coluna de injeção, como exemplos) se  
10 estende para baixo ao interior do furo de poço 20 através das zonas 40. Como mostrado na Figura 1, o furo de poço 20 pode ser revestido tubulação com uma coluna de "casing" 22. Todavia, de acordo com outras modalidades da invenção, o furo de poço 20 pode ser não revestido com tubulação. É  
15 notado que o poço 10 pode ser um poço subterrâneo ou submarino, dependendo da modalidade particular da invenção. Desse modo, muitas variações são contempladas e estão contidas no escopo das reivindicações anexas.

Dependendo da modalidade particular da invenção, a  
20 coluna de tubagem de produção 30 pode receber fluido, tal como petróleo ou gás, por exemplo, proveniente de uma zona particular 40 e comunicar o petróleo ou gás para a superfície do poço 10; ou alternativamente, a coluna de tubagem de produção 30 pode entregar fluidos que são  
25 injetados para o interior de uma zona particular 40. Cada zona 40 é uma zona isolada que pode ser formada entre

dispositivos de isolamento, tal como, por exemplo, obturadores que formam selos anulares entre a superfície exterior da coluna de tubagem de produção 30 e a superfície interior da coluna de "casing" 22 (para modalidades da invenção em que o furo de poço 20 está revestida com tubulação. Desse modo, por exemplo, a zona superior 40<sub>1</sub> descrita na Figura 1 está formada entre dois obturadores 24 e 26; e a zona inferior 40<sub>2</sub> está formada entre dois obturadores 26 e 28. É notado que o poço 10 pode ter uma única zona 40 ou pode ter mais que duas zonas, de acordo com outras modalidades da invenção.

Para os propósitos de regular a produção ou a injeção proveniente/para uma zona particular 40, o poço 10 tem um sistema de plataforma de válvula de controle de fluxo que é formado a partir de múltiplas estações de controle de fluxo 50 (duas estações de controle fluxo representativas 50<sub>1</sub> e 50<sub>2</sub> são descritas na Figura 1). Cada estação 50 está disposta em uma zona particular 40, e cada estação 50 contém cartuchos de válvula de controle de fluxo, ou módulos 55, os quais são posicionados em torno do perímetro da coluna de tubagem de produção 30 (distribuídos fora da coluna de tubagem de produção 30 em torno de um eixo longitudinal 11 da coluna 30, por exemplo) para propósitos de regular a comunicação de fluido entre o anular e uma passagem central 32 da coluna de tubagem de produção 30.

Mais especificamente, de acordo com modalidades da invenção descritas aqui, os módulos 55 de cada estação 50 pode conter pelo menos alguns estrangulamentos diferentemente dimensionados (isto é, cada estrangulamento 5 pode ter uma diferente seção transversal da área de fluxo). Embora em outras modalidades, os módulos 55 de cada estação possam conter pelo menos alguns dos estrangulamentos de mesma dimensão (isto é cada estrangulamento pode ter uma 10 substancialmente idêntica seção transversal da área de fluxo). Cada módulo 55 é independentemente configurável ou para permitir a comunicação fluida através de seu estrangulamento ou para bloquear tal comunicação. Mais particularmente, para os propósitos de controlar a comunicação fluida em uma estação particular 50, um ou mais 15 módulos de estrangulamento 55 pode ser selecionado para comunicar fluido entre o anular e a passagem central 32 da coluna de tubagem de produção 30, e não permitir ocorrer comunicação fluida através dos restantes estrangulamentos não selecionados. Desse modo, um ou mais dos módulos 55 da 20 estação 50<sub>1</sub> pode ser selecionado para propósitos de comunicação fluida entre um anular 41 da zona 40 e a passagem central 32; e do mesmo modo, um ou mais dos módulos 55 da estação 50<sub>2</sub> pode ser selecionado para propósitos de comunicação fluida entre um anular 43 da zona 25 40<sub>2</sub> e a passagem central 32.

Mediante selecionar os estrangulamentos desse modo, a seção transversal efetiva da área de fluxo entre a zona e a tubagem de produção 30 pode ser regulada. Portanto, caso as condições no interior do poço se alterem em uma zona particular 40, os módulos de estrangulamento 55 da  
5 apropriada estação 50 podem ser reconfigurados para estabelecer uma nova seção transversal efetiva da área de fluxo a fim de lidar com a alteração.

Em geral, cada módulo 55 inclui uma válvula  
10 abre/fecha que pode ser controlada a partir da superfície do terreno do poço, a partir de circuitos elétricos autônomos no interior do poço ou a partir de um outro local para propósitos de selecionar se acaso ocorre comunicação fluida através do estrangulamento do módulo 55. É notado  
15 que dependendo da modalidade particular da invenção, apenas um único módulo 55 da estação 50 pode ser aberto ou múltiplos módulos 55 da estação 50 podem ser abertos. Desse modo, muitas variações são contempladas e estão contidas no escopo das reivindicações anexas.

20 Como adicionalmente descrito adiante, os módulos 55 podem estar dispostos de modo circunferencial em torno do exterior da coluna de tubagem de produção 30, o que permite acesso relativamente fácil aos estrangulamentos para propósitos de substituição ou de alteração dos tamanhos dos  
25 estrangulamentos. Desse modo, diferente dos arranjos convencionais, os estrangulamentos podem ser facilmente

trocados para se adaptar à particular aplicação no interior do poço. Além disso, a passagem central interna da estação 50 é independente dos estrangulamentos ou tamanhos do estrangulamento. Mediante permitir acesso aos 5 estrangulamentos fora da coluna de tubagem de produção 30, a coluna 30 não necessita ser desmontada para propósitos de acessar ou alterar um estrangulamento.

Como adicionalmente descrito adiante, de acordo com as modalidades da invenção, duas linhas hidráulicas de 10 controle 62 e 64 e uma linha elétrica 60 são usadas para os propósitos de selecionar os estados (aberto ou fechado) de um módulo 55. Embora as linhas 60, 62 e 64 sejam descritas como se estendendo até a superfície do poço 10, é notado que os estados do módulo 50 podem ser alterados de forma 15 autônoma por meio do circuito elétrico inteligente situado no interior do poço ou nas proximidades das estações 50, de acordo com outras modalidades da invenção.

É notado que uma zona particular 40 pode conter válvulas de controle de fluxo outras que as válvulas da 20 estação 50, de acordo com modalidades da invenção. Por exemplo, a Figura 2 descreve um poço 80 que é similar ao poço 10 descrito na Figura 1, com as mesmas referências numéricas sendo usadas para descrever os mesmos componentes. Todavia, para o exemplo descrito na Figura 2, 25 a zona 40<sub>1</sub> inclui uma adicional válvula do tipo abre/fecha 84 que está situada na zona 40<sub>1</sub> com a estação 50<sub>1</sub>. A

válvula 84 pode ser controlada, por exemplo, utilizando as mesmas linhas 60, 62 e 64 que são usadas para os propósitos de controlar as estações 50<sub>1</sub> e 50<sub>2</sub>. Outras variações são contempladas e estão inseridas no escopo das reivindicações  
5 anexas.

A Figura descreve uma vista em seção transversal da estação 50 tomada ao longo da linha 3-3 da Figura 1 de acordo com algumas modalidades ilustrativas da invenção. Para esse exemplo, a estação 50 está configurada para uma  
10 aplicação de produção, como indicado pelas setas indicativas da direção de fluxo na Figura 3. A coluna de tubagem de produção 32, portanto, serve como um cubo que recebe o fluido do poço proveniente dos módulos de estrangulamento abertos 55. Como mostrado, os módulos 55  
15 podem ser externos à coluna de tubagem de produção 30 e distribuídos em um modelo que seja concêntrico ao eixo longitudinal 11 da coluna 30. Cada módulo 55 possui portas radiais associadas (não mostradas na Figura 3) par comunicar fluido entre um espaço interno do módulo 55 e o  
20 anular do poço 10, e cada módulo 55 possui geralmente o mesmo tamanho de seção transversal geral.

De acordo com algumas mos da invenção, os estrangulamentos dos módulos 55 pode ser diferentemente dimensionados. Todavia, de acordo com outras modalidades da  
25 invenção, mais que um módulo 55 pode ter o mesmo tamanho e estrangulamento dimensionado. Embora a Figura 3 descreva

oito módulos 55 (isto é, 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub>, 55<sub>3</sub>, 55<sub>4</sub>, 55<sub>5</sub>, 55<sub>6</sub>, 55<sub>7</sub>, e 55<sub>8</sub>), é entendido que a estação 50 pode conter mais ou menos que oito módulos 55, dependendo da modalidade particular da invenção.

5           A Figura 4 descreve uma estação 100 que está especificamente configurada para uma aplicação de injeção, como denotado pelas setas. Para esse exemplo, os módulos 55 da Figura 3 estão substituídos com os módulos 110 (módulos 110<sub>1</sub>, 110<sub>2</sub>, 110<sub>3</sub>, 110<sub>4</sub>, 110<sub>5</sub>, 110<sub>6</sub>, 110<sub>7</sub>, e 110<sub>8</sub>, sendo 10 descritos como exemplos). Similar à estação 50 descrita na Figura 3, cada módulo 110 tem um estrangulamento 200 associado, e a seção transversal das áreas de fluxo dos estrangulamentos pode variar muito entre os módulos 110. Como mostrado na Figura 4, para esse exemplo de injeção, a 15 coluna de tubagem de produção 30 serve como um cubo, na medida em que o fluxo e injeção passa através de um ou mais estrangulamentos 200, tal como indicado com as setas que mostram a direção do fluxo através do estrangulamento 200 associado com o módulo 110<sub>1</sub>. O fluxo passa através das 20 portas radiais 111 para o interior do anular do poço 10.

A Figura 5 descreve uma estação alternativa 120 na qual os módulos 55 estão dispostos excentricamente em torno do eixo longitudinal 11 da coluna de tubagem de produção 30. Devido ao posicionamento excêntrico dos módulos 55, a 25 coluna de tubagem de produção 30 pode estar disposta excentricamente relativamente à coluna de "casings" 22. A

estação 120 pode incluir um mandril disposto excentricamente 126 que contém aberturas para o propósito de posicionamento dos módulos. Naturalmente, a distribuição dos módulos 55 pode variar de acordo com outras modalidades da invenção.

A Figura 6 descreve uma seção transversal do módulo 55 de acordo com algumas modalidades da invenção. No geral, o módulo 55 pode incluir uma válvula abre/fecha que controla a comunicação fluida através de seu estrangulamento 200, isto é, a válvula controla a comunicação fluida entre a região anular que circunda o módulo 55 e a passagem central 32 da coluna de tubagem de produção 30. De acordo com algumas modalidades da invenção, a válvula é formada a partir de mandril 170 que está disposto dentro de um espaço interior 164 de uma carcaça 160 do módulo 55. O mandril 170 pode ter um eixo que é substancialmente paralelo ao eixo longitudinal 11.

O mandril 170 inclui uma cabeça pistão 166 que estabelece duas câmaras em uma cavidade anular 169 do espaço interior 164 para os propósitos de controlar a posição axial do mandril 170: uma câmara superior 166 que está em comunicação fluida com a linha hidráulica 64 e a superfície superior da cabeça pistão 172; e uma câmara inferior 168 que está em comunicação fluida com a linha hidráulica 62 e a superfície inferior da cabeça pistão 172. Quando a pressão exercida sobre a cabeça pistão 172 pelo

fluido na linha hidráulica 64 excede a pressão exercida sobre a cabeça pistão 172 pelo fluido na linha hidráulica 62, o mandril se movimenta para baixo até uma posição axial inferior (ver Figura 7, por exemplo). Reciprocamente, quando a  
5 pressão exercida pelo fluido na linha hidráulica 62 na cabeça pistão 172 excede a pressão exercida na cabeça pistão 172 pelo fluido na linha hidráulica 64, o mandril 170 se movimenta para uma posição axial superior (como descrito na Figura 6). A passagem 171 no mandril 170  
10 permite a comunicação fluida entre as cavidades 167 e 164. A passagem 171 está configurada para prevenir ou inibir o fecho hidráulico e permite ao mandril 170 se movimentar para cima mediante transferir fluido a partir da pressão 167 para o espaço interior 164 através da passagem 171 no  
15 mandril, ou permitir ao mandril se movimenta para baixo mediante transferir fluido a partir do espaço interior 164 para a passagem 167.

Em uma posição axial superior, o mandril 170 bloqueia a comunicação entre a passagem central 32 da  
20 coluna de tubagem de produção 30 e uma ou mais portas radiais 165 (uma porta radial sendo descrita na Figura 6) que estão formadas na carcaça 160 e estão em comunicação fluida com a região anular que circunda o módulo 55. Desse modo, na posição superior, o mandril 170 bloqueia a  
25 comunicação fluida entre as portas radiais 165 e passagens 167 (uma passagem estando descrita na Figura 6) que se

estende através da carcaça 160 ao estrangulamento 200. Reciprocamente, na posição inferior (ver Figura 7, por exemplo), a válvula está aberta e as portas radiais 164 e a passagem 32 estão em comunicação.

5           O módulo 55 pode adicionalmente incluir uma válvula de controle 180 (tal como uma válvula solenóide ou outro tipo de válvula que abre e fecha e permite ou bloqueia o fluxo de fluido na linha de comunicação, por exemplo) que seletivamente estabelece comunicação entre as linhas  
10 hidráulicas 62 e 64 e controla quando as diferenças na pressão entre as linhas 62 e 64 podem ser usadas para alterar o estado do módulo 55. A Figura 6 descreve a válvula 180 como estando aberta, o que impede o estado do módulo 55 de se alterar devido à equalização da pressão  
15 entre as linhas 62 e 64. Portanto, enquanto a válvula 180 permanecer aberta, o mandril 170 permanece na posição superior, independentemente das pressões exercidas pelas linhas hidráulicas 62 e 64.

Referindo à Figura 7, para abrir comunicação  
20 através do estrangulamento 200, o seguinte controle ocorre. Primeiro a válvula de controle 180 é fechada, o que permite ao mandril 170 responder às diferenças de pressão entre as linhas hidráulicas 62 e 64. Em seguida, a linha hidráulica 62 é configurada para se comunicar, transferir, remover, ou  
25 descarregar fluido proveniente da câmara inferior 168. Em outras palavras, a linha hidráulica 62 é configurada para

retornar o fluido hidráulico para a superfície do poço 10. A pressurização da linha hidráulica 64 exerce uma força para baixo sobre a cabeça pistão 172, o que induz o mandril 170 a se mover para a posição axial inferior, como descrito na Figura 7. Para essa posição do mandril 170, o módulo 55 permite a comunicação fluida através de um trajeto que inclui as portas radiais 165, passagens 167 e o estrangulamento 200.

A Figura 8 descreve o módulo 55 aberto e configurado para não responder às pressões que são exercidas pelas linhas hidráulicas 62 e 64. Mais especificamente, a diferença entre as Figuras 7 e 8 é que a válvula de controle 180 está aberta, o que equaliza as pressões nas linhas hidráulicas 62 e 64.

Para os propósitos de fechar a comunicação através do estrangulamento 200, o mandril 170 pode ser movido para cima até sua posição fechada, como descrito na Figura 9. Para isso ocorrer, a válvula de controle 180 é fechada, isolando desse modo as linhas hidráulicas 62 e 64 e permitindo ao mandril 170 responder às diferenças de pressões nas linhas hidráulicas 62 e 64. Em seguida, a linha hidráulica é configurada para permitir fluido proveniente da câmara superior 166 para transitar para o interior da linha hidráulica 64, e a linha hidráulica 62 é pressurizada. Isso cria um diferencial de pressão através da cabeça pistão 172 a fim de movimentar o mandril 170 de

volta para uma posição axial superior e desse modo fechar a comunicação através do estrangulamento 200.

A Figura 10 descreve um estado aberto para um módulo 206, que tem um projeto similar ao do módulo 55, com referências numerais similares usadas para denotar componentes similares. Todavia, o módulo 206 é usado primordialmente para propósitos de injeção. Desse modo, as setas na Figura 10 descrevem um fluxo proveniente da passagem central 32, através do estrangulamento 200 e para dentro da porta radial 165, para sair dentro do anular do poço. Diferente do módulo 55, todavia, um dispositivo de prevenção de refluxo, tal como uma válvula de retenção 208, é disposto no trajeto de fluxo, tal como à jusante ou à montante (como mostrado) do estrangulamento 200, para os propósitos de prevenir fluxo através do estrangulamento 200 em uma direção a partir das portas radiais 165 para a passagem 32. Assim, apenas um fluxo de injeção ocorre através do estrangulamento 200 quando o mandril 170 está na posição inferior, como descrito na Figura 10. Em outras modalidades, o módulo 55 pode ser executado sem um dispositivo de prevenção de refluxo, tal como a válvula de retenção 208, por exemplo, para os propósitos de injeção. É notado que para o estado do módulo 206 descrito na Figura 10, a válvula 180 é aberta para equalizar a pressão entre as linhas hidráulicas 62 e 64 tal que o módulo 206 não

altera os estados a despeito das pressão exercidas pelas linhas hidráulicas 62 e 64.

Entre outras características, o módulo 55 (ver Figura 6, por exemplo) ou o módulo 206 (ver Figura 10) pode incluir uma passagem de equalização da pressão longitudinal 171 que atravessa o comprimento do mandril 170 para propósitos de equalizar a pressão acima e abaixo do mandril 170. Adicionalmente, ou em lugar de, o módulo 55 ou 206 pode incluir um plugue selado e removível 204 para propósitos de permitir acesso externo relativamente fácil ao estrangulamento 200 do módulo 55 ou 206 com exigência da desmontagem da coluna de tubagem de produção 30. Nesse contexto, o plugue 206 pode ser removido na superfície do poço para propósitos de instalar o estrangulamento 200 apropriadamente dimensionado para a aplicação particular e/ou para propósitos de configuração do módulo 55 ou 206 para injeção ou produção. Em algumas modalidades alternativas, o módulo 55 ou 206 pode incluir uma mola a gás ou mecânica (não mostrada) para induzir o mandril numa direção ou em outra.

A Figura 11 descreve uma plataforma de válvula de controle de fluxo representativa 215 de acordo com algumas modalidades da invenção. Para esse exemplo, a plataforma 215 inclui três estações representativas 50<sub>1</sub>, 50<sub>2</sub>, e 50<sub>3</sub>, que são operadas pelas linhas elétricas e hidráulicas 60, 62 e 64. No geral, cada estação 50 inclui quatro módulos 55

(isto é, módulos 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub>, 55<sub>3</sub> e 55<sub>4</sub>), os quais são hidraulicamente conectados tal que a câmara superior 166 (ver Figura 6, por exemplo) de cada módulo 55 é acoplada hidraulicamente à câmara inferior 168 (ver Figura 6, por exemplo) de um outro módulo 55; e as câmaras superior 166 e inferior 168 de cada módulo 55 são separadas por uma respectiva válvula de controle 180.

Mais especificamente, para a estação 50<sub>1</sub>, a câmara inferior 168 do módulo 55<sub>1</sub> é hidraulicamente acoplada à câmara superior 166 do módulo 55<sub>2</sub>; a câmara inferior 168 da estação 55<sub>2</sub> é hidraulicamente acoplada à câmara superior 166 do módulo 55<sub>3</sub>; e a câmara inferior 168 da estação 55<sub>3</sub> é hidraulicamente acoplada à câmara superior 166 do módulo 55<sub>4</sub>. Adicionalmente, uma válvula de controle 220 (uma válvula solenóide controlada eletricamente, por exemplo) controla a comunicação entre a câmara superior 166 do módulo 55<sub>1</sub> e a linha hidráulica 64; e uma outra válvula de controle 218 (uma válvula solenóide controlada eletricamente, por exemplo) controla a comunicação hidráulica entre a câmara inferior 168 do módulo 55<sub>4</sub> e a linha hidráulica 62. Como descrito na Figura 11, os módulos 55 das outras duas estações 50<sub>2</sub> e 50<sub>3</sub> estão conectadas hidraulicamente juntas e às linhas hidráulicas 62 e 64 em um modo similar, de acordo com alguma modalidade da invenção.

Para propósitos de exemplo, a plataforma de válvula de controle de fluxo 215 é descrita na Figura 11 em um estado no qual a totalidade dos módulos 55 está aberta. É notado que esse estado pode ser usado para o estado inicial de inserção no furo da plataforma 215; e em seguida, as linhas hidráulicas 62 e 64 podem ser seletivamente presurizadas e as válvulas de controle 180, 218 e 220 podem ser seletivamente operadas para controlar quais módulos 55 são abertos e quais módulos 55 são fechados.

Os procedimentos das Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 descrevem uma sequência representativa que mostra a transição da plataforma 215 desde o estado inicial da Figura 11 até outros estados representativos para propósitos de ilustrar a operação da plataforma 215. Mais especificamente, referindo à Figura 12, para fechar o módulo 55<sub>3</sub> da estação 55<sub>2</sub>, a linha hidráulica 62 é pressurizada, e a linha hidráulica 64 é usada como a linha de descarga. Para os propósitos de isolar os módulos 55 das estações 50<sub>1</sub> e 50<sub>3</sub> da pressão na linha hidráulica 62, as válvulas de controle 218 das estações 50<sub>1</sub> e 50<sub>3</sub> são fechadas. A válvula de controle 218 da estação 50<sub>2</sub> permanece aberta, e a válvula de controle 180 associada com o módulo 55<sub>3</sub> é fechada. Portanto, devido a essa configuração, a pressão comunicada pela linha hidráulica 62 abre o módulo 55<sub>3</sub>. É notado que os outros módulos 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub> e

55<sub>4</sub> da estação 50<sub>2</sub> permanecem abertas, devido às suas associadas válvulas de controle 180 estarem abertas.

Referindo à Figura 13, para fechar o módulo 55<sub>2</sub> da estação 50<sub>3</sub>, as válvulas de controle 218 das estações 50<sub>1</sub> e 5 50<sub>2</sub>, estão fechadas e a válvula de controle 218 da estação 50<sub>3</sub> está aberta. Além disso, a válvula de controle 180 do módulo 55<sub>2</sub> da estação 50<sub>3</sub> está fechada, e as outras válvulas de controle 180 estão abertas. Portanto, a pressurização da linha hidráulica 62 transita o módulo para 10 seu estado fechado.

Referindo à Figura 14, para fechar o módulo 55<sub>2</sub> da estação 50<sub>1</sub>, as estações 50<sub>2</sub> e 50<sub>3</sub> são isoladas da linha hidráulica 62 mediante fechar as válvulas de controle 218 das estações; a válvula de controle 218 da estação 50<sub>1</sub> está 15 aberta, e a válvula de controle 180 do módulo 55<sub>2</sub> está fechada. Com esse arranjo, a pressurização da linha hidráulica 62 induz o módulo 55<sub>2</sub> a fechar.

Para os propósitos de abrir um módulo 55 selecionado, a linha hidráulica 64 é pressurizada, e a 20 linha hidráulica 62 é usada como a linha de descarga. Referindo à Figura 15, como um exemplo mais específico, para abrir o módulo 55<sub>3</sub> da estação 50<sub>2</sub>, as válvulas de controle 220 das estações 50<sub>1</sub> e 50<sub>3</sub> são fechadas para isolar as estações da pressão na linha hidráulica 64. A 25 válvula de controle 220 da estação 50<sub>2</sub> permanece aberta, e a válvula de controle 180 do módulo 55<sub>3</sub> da estação 50<sub>2</sub> é

fechada tal que quando a linha hidráulica 64 é pressurizada, o módulo 55<sub>3</sub> abre, como descrito na Figura 15.

Referindo à Figura 16, como um outro exemplo, para fechar o módulo 55<sub>1</sub> da estação 50<sub>2</sub>, as válvulas de controle 218 das estações 50<sub>1</sub> e 50<sub>3</sub> são fechadas para isolar as estações 50<sub>1</sub> e 50<sub>3</sub> da linha hidráulica 62. A válvula de controle 218 da estação 50<sub>2</sub> permanece aberta, e a válvula de controle 180 do módulo 55<sub>1</sub> é fechado tal que a pressurização da linha hidráulica 62 induz o módulo 55<sub>1</sub> da estação 50<sub>2</sub> a fechar.

As Figuras 17, 18, 19 e 20 descrevem uma sequência para fechar todos os módulos 55 da plataforma 215. Mais especificamente, de acordo com modalidades da invenção, os módulos 55 podem ser fechados em uma sequência que envolve o fechamento simultâneo da totalidade dos módulos 55<sub>1</sub>; em seguida e ao mesmo tempo o fechamento da totalidade dos módulos 55<sub>2</sub>; em seguida e ao mesmo tempo o fechamento da totalidade dos módulos 55<sub>3</sub>; e finalmente, ao mesmo tempo o fechamento da totalidade dos módulos 55<sub>4</sub>. A Figura 17 descreve o estado da plataforma de válvula de controle de fluxo 215 para propósitos de fechamento dos módulos 55<sub>1</sub>. Como mostrado na Figura 17, a totalidade das válvulas de controle 218 e 220 estão abertas, e as válvulas de controle 180 dos módulos 55<sub>1</sub> estão fechadas. A pressurização da linha hidráulica 62 fecha a totalidade dos módulos 55<sub>1</sub>.

Referindo à Figura 18, os módulos 55<sub>2</sub> são fechados em um modo similar. Mais especificamente, a totalidade das válvulas de controle 218 e 220 permanecem abertas; as válvulas de controle 180 dos três módulos 55<sub>2</sub> estão  
5 fechadas; e a totalidade das válvulas de controle 180 restantes permanecem abertas. A pressurização da linha hidráulica 62 induz a totalidade dos módulos 55<sub>2</sub> a fechar.

Referindo à Figura 19, em seguida, os módulos 55<sub>3</sub> são todos fechados em um modo similar mediante fechar as  
10 válvulas de controle 180 dos módulos 55<sub>3</sub>, com o restante das válvulas de controle sendo deixadas abertas. A subsequente pressurização da linha hidráulica 62 portanto fecha a totalidade dos módulos 55<sub>3</sub>. Referindo à Figura 20, igualmente, a totalidade dos módulos 55<sub>4</sub> são fechados  
15 mediante fechar as válvulas de controle 180 dos módulos 55<sub>4</sub>, deixando as válvulas de controle restantes abertas e pressurizando a linha hidráulica 62.

Referindo à Figura 21, a totalidade dos módulos 55 da plataforma de válvula de controle de fluxo 215 pode  
20 estar aberta em uma sequência de quatro etapas que envolve a abertura simultânea da totalidade dos módulos 55<sub>1</sub>; em seguida simultaneamente a abertura da totalidade dos módulos 55<sub>2</sub>; em seguida simultaneamente a abertura da totalidade dos módulos 55<sub>3</sub>; e finalmente, simultaneamente a  
25 abertura da totalidade dos módulos 55<sub>4</sub>. Para abrir o conjunto de módulos 55, a linha hidráulica 64 é

pressurizada, e a linha hidráulica 62 serve como uma linha de descarga. As válvulas de controle 218 e 220 permanecem abertas, e as válvulas de controle 180 dos módulos 55 que estão abertas são fechadas, com as restantes válvulas de controle 180 sendo deixadas abertas. A Figura 21 descreve a primeira etapa na sequência para abrir os módulos 55<sub>1</sub> de todas as três estações 50<sub>1</sub>, 50<sub>2</sub> e 50<sub>3</sub>. Como mostrado, as válvulas de controle dos módulos 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub> e 55<sub>3</sub> estão fechadas com o restante das válvulas de controle sendo deixadas abertas. A pressurização da linha hidráulica 64, portanto, induz cada um dos módulos 55<sub>1</sub> a abrir, como descrito na Figura 21. Os módulos restantes 55<sub>2</sub>, 55<sub>3</sub> e 55<sub>4</sub> de todas as três estações 50<sub>1</sub>, 50<sub>2</sub> e 50<sub>3</sub> estão abertas em três sequências sucessivas e similares.

Outras modalidades são contempladas e estão inseridas no escopo das reivindicações anexas. Por exemplo, referindo à Figura 22, de acordo com outras modalidades da invenção, uma plataforma de controle de fluxo 230 pode ser formada a partir de módulos 250 que são dispostos axialmente ao longo da coluna de tubagem de produção 30. Portanto, muitas variações são contempladas e estão inseridas no escopo das reivindicações anexas.

Embora a invenção tenha sido descrita com respeito a um número limitado de modalidades, aqueles usualmente versados na técnica, tendo o benefício dessa revelação, irão perceber numerosas modificações e variações a partir

desta. É pretendido que as reivindicações anexas cubram a totalidade de tais modificações e variações como a inserir no verdadeiro espírito e escopo dessa presente invenção.

- REIVINDICAÇÕES -

1. SISTEMA A SER UTILIZADO COM UM POÇO,  
caracterizado por compreender:

uma tubagem de produção se estendendo para o  
5 interior de uma zona isolada do poço; e

uma pluralidade de módulos de estrangulamento  
dispostos na zona isolada para controlar a comunicação  
entre uma passagem da tubagem de produção e a zona, cada  
módulo de estrangulamento compreendendo um estrangulamento  
10 associado que é removível do módulo sem desmontagem da  
tubagem de produção e cada módulo de estrangulamento sendo  
independentemente controlável um relativamente ao outro ou  
mais módulos para seletivamente permitir e impedir fluxo  
através do estrangulamento associado.

15 2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1,  
caracterizado por pelo menos um dos estrangulamentos  
associados possuir uma seção transversal da área de trajeto  
de fluxo diferente daquela de um outro dos estrangulamentos  
associados.

20 3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1,  
caracterizado por pelo menos um dos estrangulamentos  
associados possuir uma seção transversal da área de trajeto  
de fluxo substancialmente igual daquela de um outro dos  
estrangulamentos associados.

25 4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1,  
caracterizado por adicionalmente compreender:

válvulas de controle de fluxo, cada válvula estando associada com pelo menos um da pluralidade de módulos de estrangulamento para seletivamente permitir e impedir fluxo através dos respectivos estrangulamentos.

5           5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por adicionalmente compreender primeira e segunda linhas hidráulicas configuradas para atuar as válvulas de controle de fluxo.

10           6. Sistema, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por adicionalmente compreender:

uma outra pluralidade de módulos de estrangulamento disposto em uma outra zona isolada para controlar a comunicação entre a passagem da tubagem de produção e a referida uma outra zona, a referida uma outra pluralidade de módulos de estrangulamento sendo controlada pelas primeira e segunda linhas hidráulicas.

20           7. Sistema, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por adicionalmente compreender válvulas adicionais, cada válvula adicional estando associada com pelo menos uma das válvulas de controle de fluxo para controlar a comunicação entre as primeira e segunda linhas hidráulicas e as associadas válvulas de controle de fluxo.

25           8. Sistema, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por cada válvula adicional compreender uma válvula operável eletricamente.

9. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os módulos de estrangulamento estarem distribuídos radialmente em torno de um eixo longitudinal da tubagem de produção.

5           10. Sistema, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por adicionalmente compreender:

                  um "casing", em que os módulos de estrangulamento estão radialmente distribuídos através de uma limitada faixa angular em torno de uma circunferência da tubagem de  
10 produção, e a tubagem de produção estar disposta excentricamente com respeito ao "casing".

                  11. Sistema, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por os módulos de estrangulamento estarem distribuídos radialmente em torno de uma circunferência da  
15 tubagem de produção.

                  12. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os módulos de estrangulamento adicionalmente compreender uma válvula de retenção para fluxo substancialmente unidirecional.

20           13. MÉTODO UTILIZÁVEL EM UM POÇO QUE POSSUI UMA PLURALIDADE DE ZONAS ISOLADAS E UMA TUBAGEM DE PRODUÇÃO, caracterizado por compreender:

                  prover em cada uma da pluralidade de zona isoladas, um conjunto de módulos de estrangulamento para  
25 controlar a comunicação entre uma passagem da tubagem de produção e a zona isolada associada, cada módulo de

estrangulamento compreendendo um estrangulamento associado que é removível do módulo sem desmontagem da tubagem de produção e cada módulo de estrangulamento sendo independentemente controlável relativamente aos outros  
5 módulos de estrangulamento do conjunto;

selecionar um ou mais dos módulos de estrangulamento em pelo menos um conjunto de módulos de estrangulamento;

configurar o selecionado um ou mais módulos de estrangulamento para comunicar fluido entre a passagem da tubagem de produção e a zona isolada associada; e  
10

fechar a comunicação fluida através do um ou mais módulos de estrangulamento não selecionados.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13,  
15 caracterizado por adicionalmente compreender:

prover um par de linhas hidráulicas no interior do poço e uma linha elétrica em comunicação com os módulos de estrangulamento, em que os atos de configuração e de fechamento adicionalmente compreendem operar seletivamente  
20 as válvulas para controlar a comunicação entre as linhas hidráulicas e os módulos de estrangulamento, cada válvula estando associada com pelo menos um dos módulos de estrangulamento.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14,  
25 caracterizado por adicionalmente compreender:

fechar a comunicação através da totalidade dos módulos de estrangulamento, compreendendo operar seletivamente as válvulas para fechar ao mesmo tempo a comunicação através de um ou mais módulo de estrangulamento em cada zona e repetir o ato de operar seletivamente as válvulas para fechar ao mesmo tempo a comunicação através de um dos módulos de estrangulamento em cada zona para um diferente conjunto de módulos de estrangulamento até que a comunicação através da totalidade dos módulos de estrangulamento seja fechada.

16. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por adicionalmente compreender:

abrir a comunicação através da totalidade dos módulos de estrangulamento, compreendendo operar seletivamente as válvulas para abrir ao mesmo tempo a comunicação através de um ou mais módulo de estrangulamento em cada zona e repetir o ato de operar seletivamente as válvulas para abrir ao mesmo tempo a comunicação através de um dos módulos de estrangulamento em cada zona para um diferente conjunto de módulos de estrangulamento até que a comunicação através da totalidade dos módulos de estrangulamento seja aberta.

17. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por adicionalmente compreender:

dispor os módulos de estrangulamento excentricamente com respeito à tubagem de produção.

18. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por adicionalmente compreender:

distribuir os módulos de estrangulamento pelo menos parcialmente em torno do lado externo da tubagem de  
5 produção.

19. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por adicionalmente compreender:

controlar o fluxo através dos módulos de estrangulamento para serem substancialmente unidirecionais.

10 20. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por adicionalmente compreender:

abrir a comunicação através da totalidade dos estrangulamentos; e

para cada zona, fechar seqüencialmente os  
15 referidos estrangulamentos não selecionados.

**FIG 1**

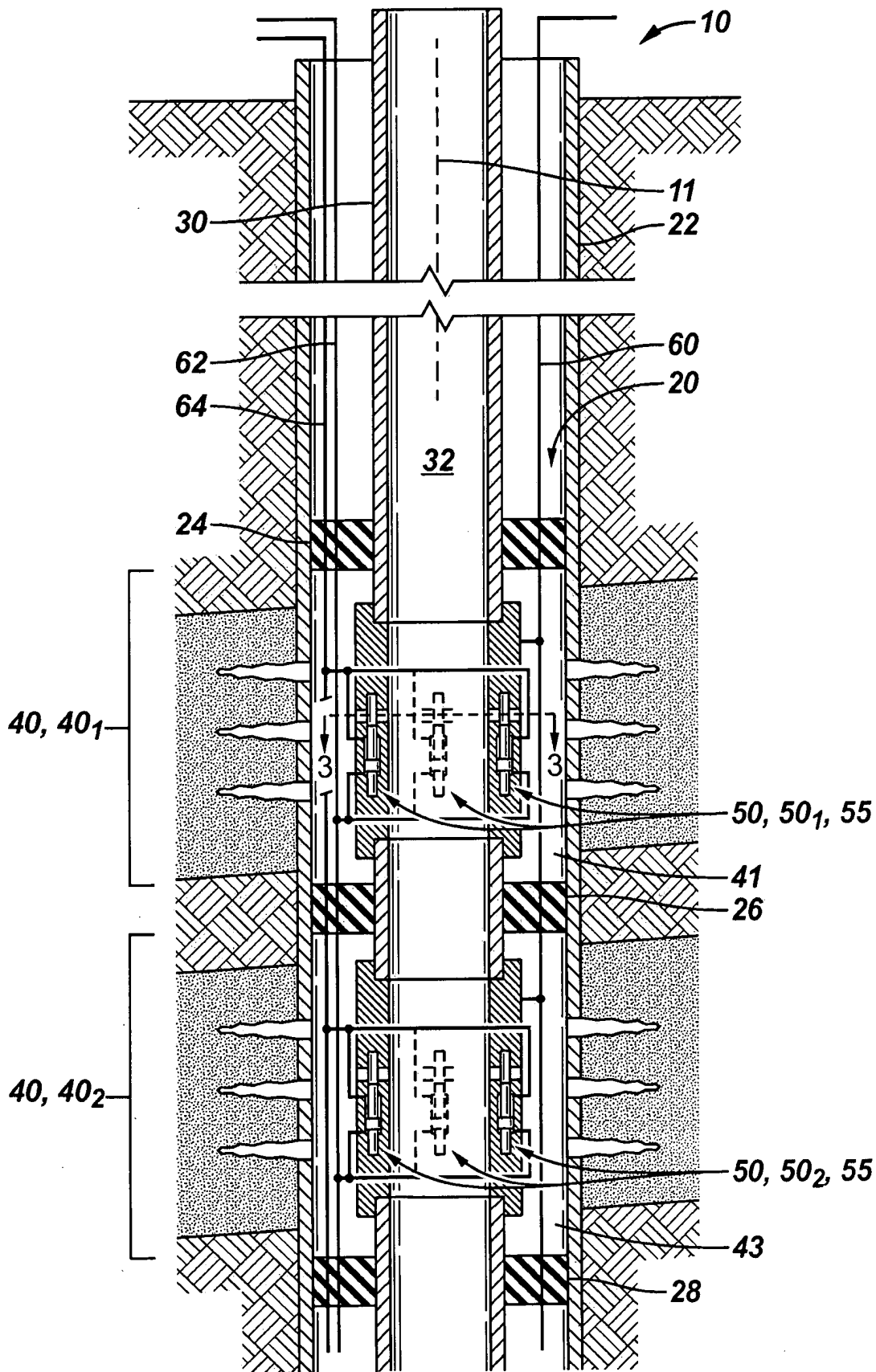


FIG 2

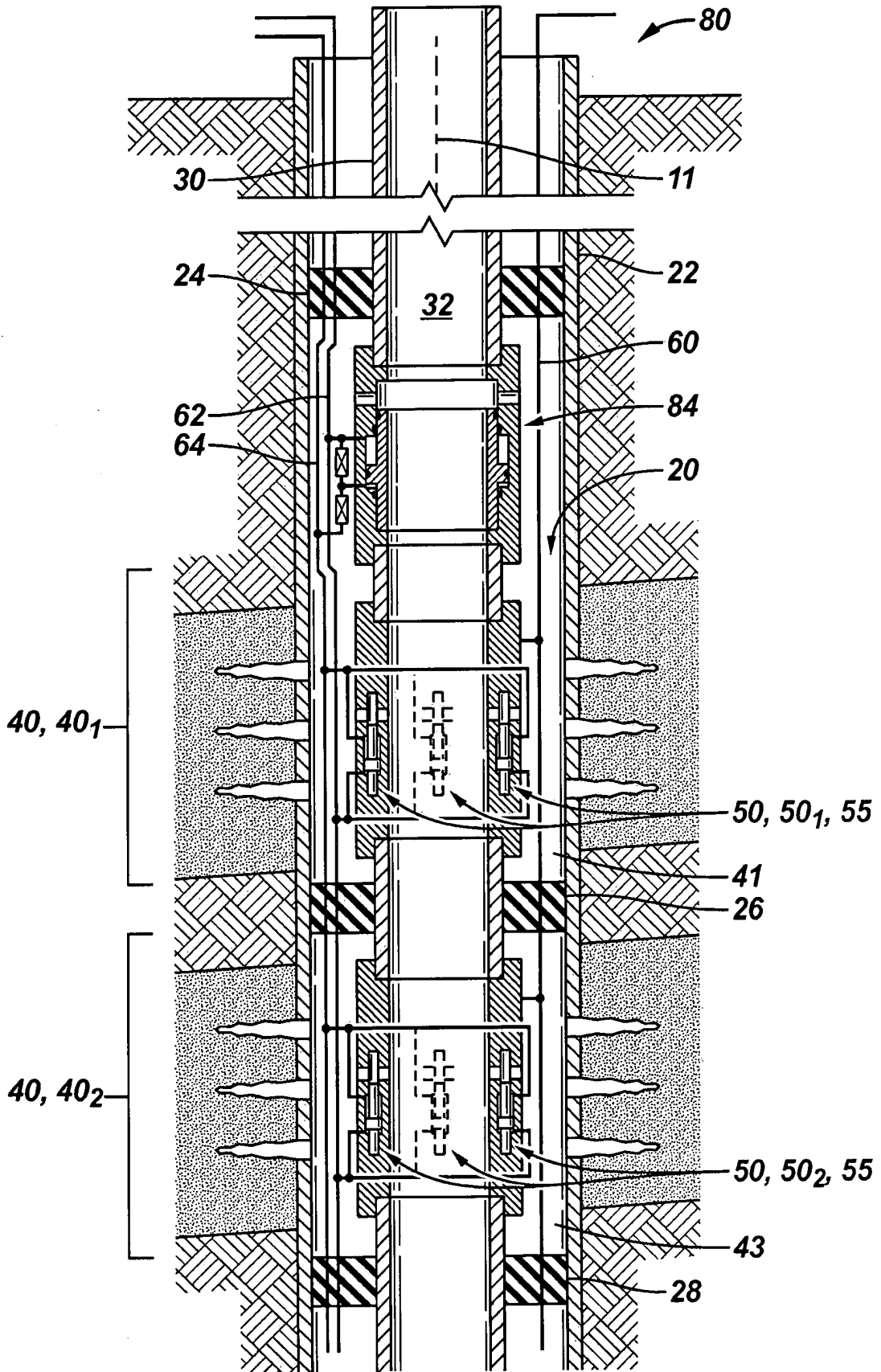


FIG. 3

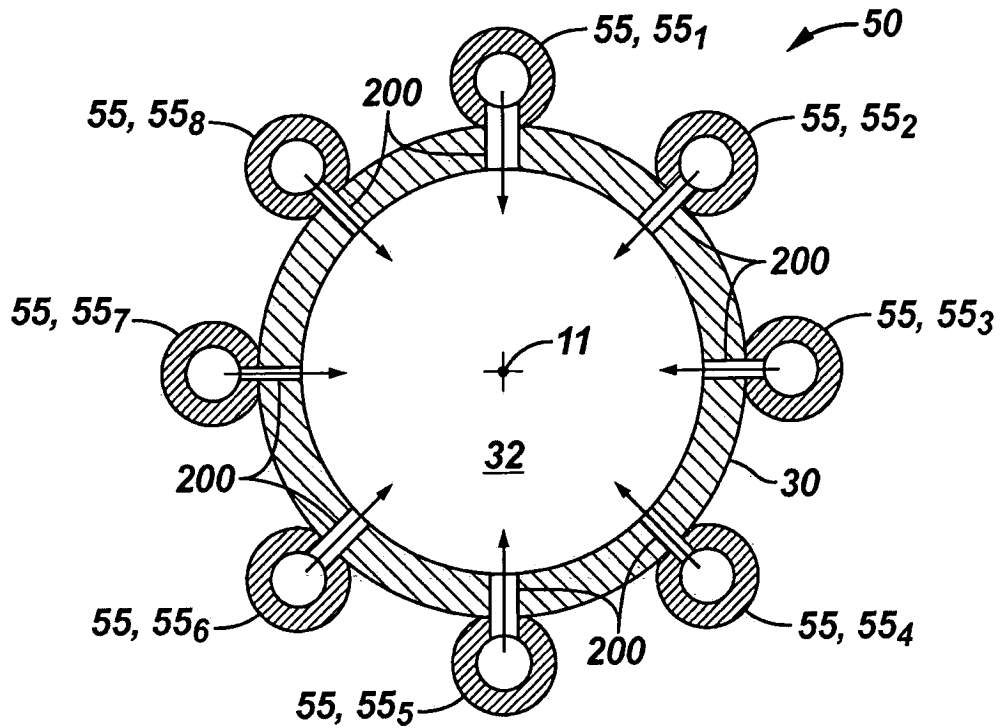


FIG. 4

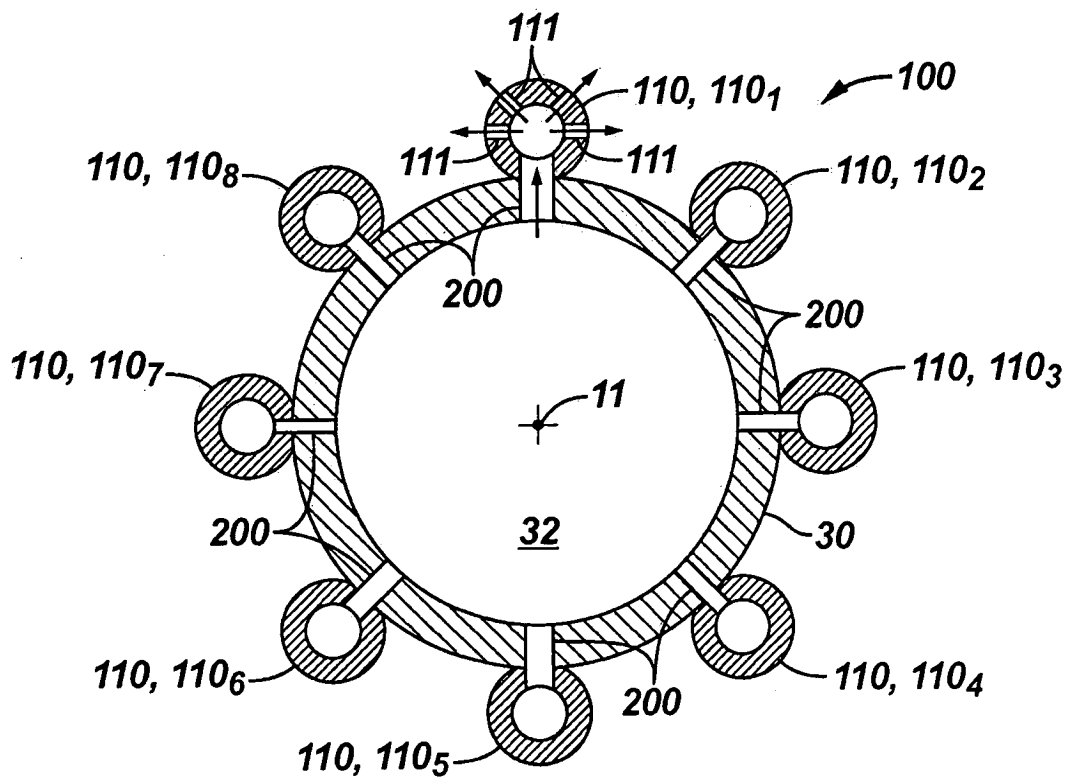


FIG. 5

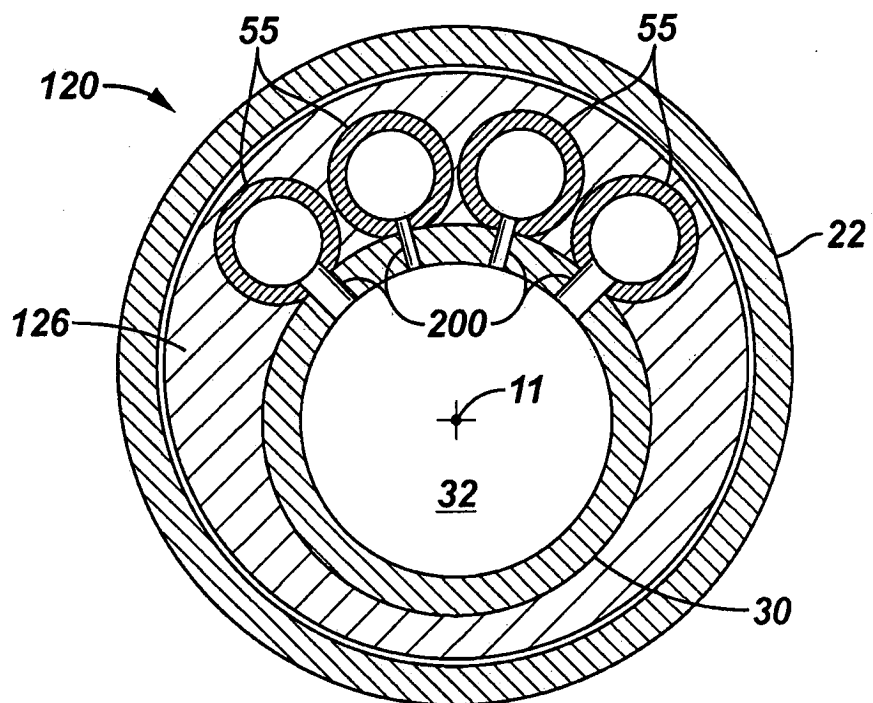


FIG 7

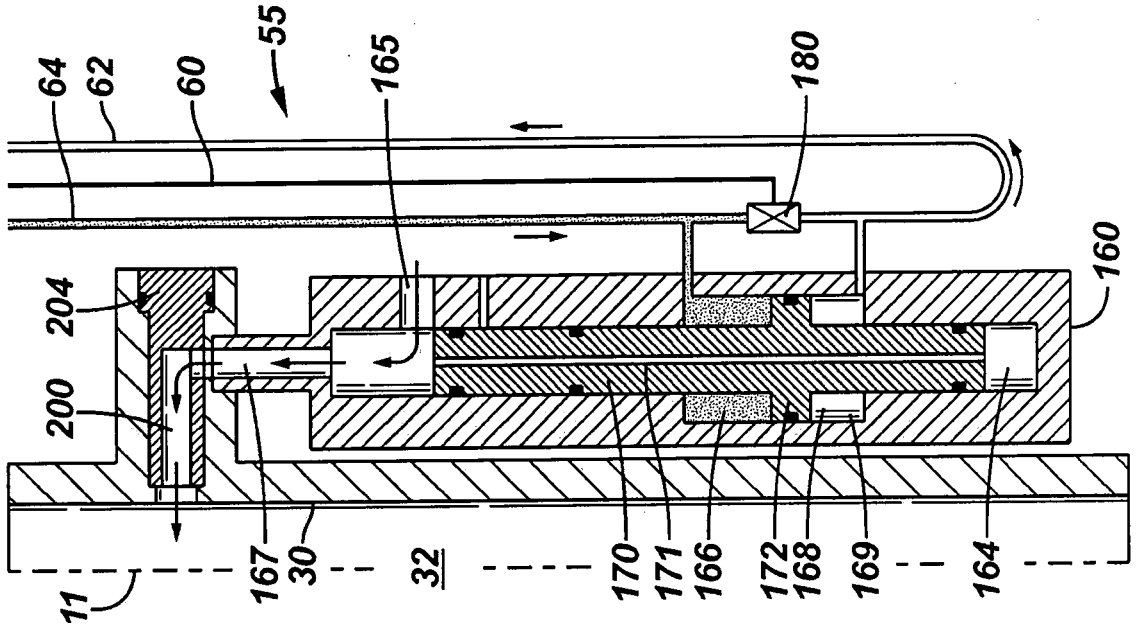


FIG 6

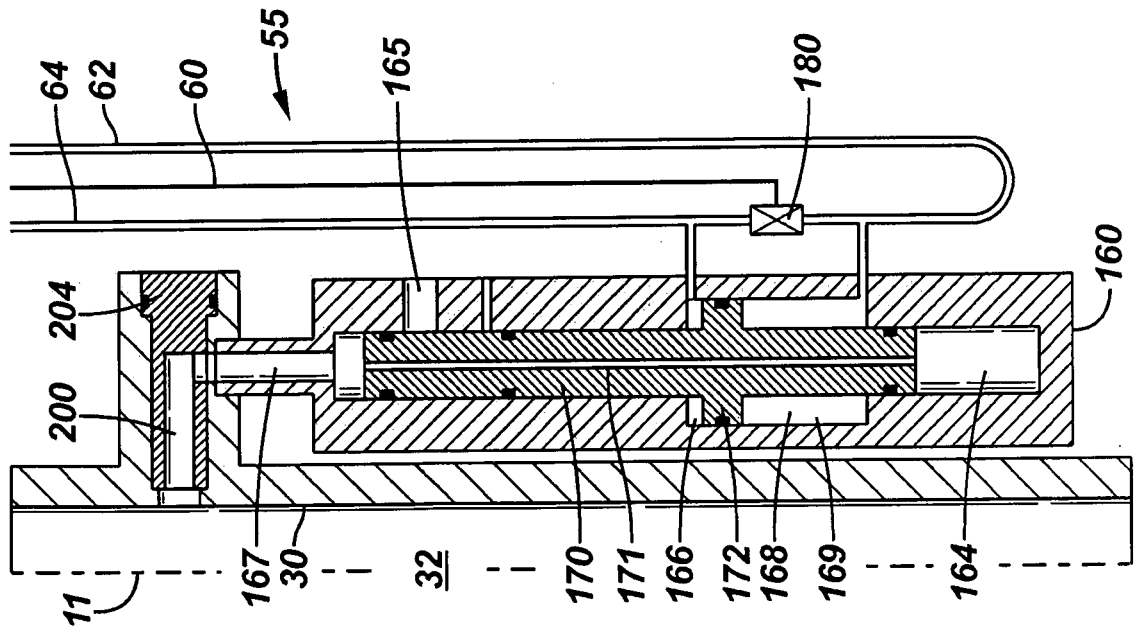


FIG 9

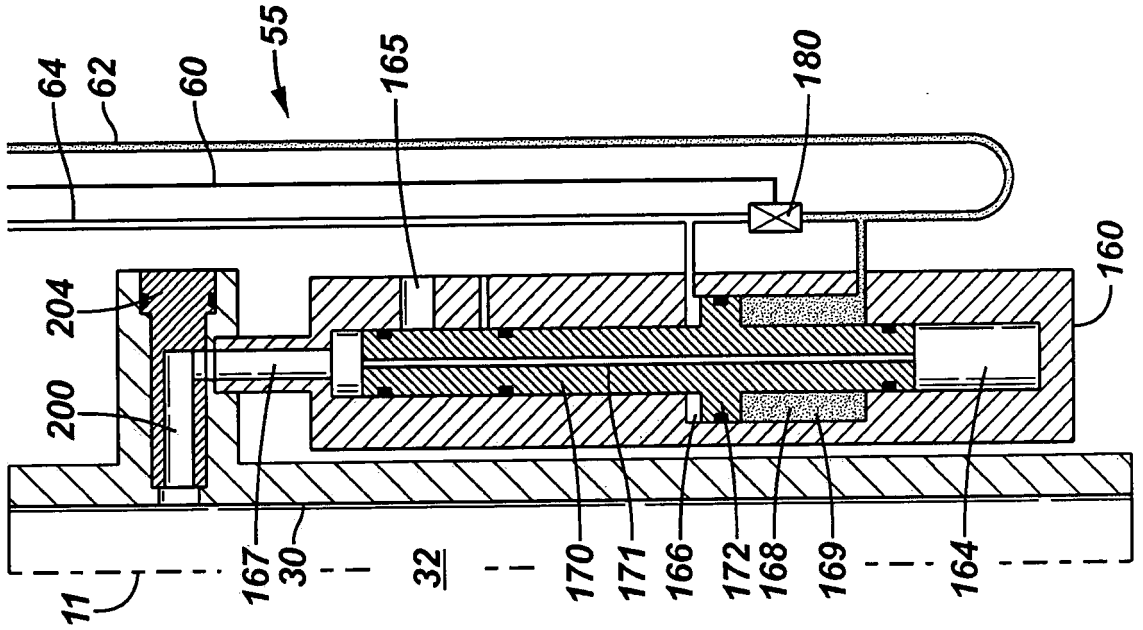


FIG 8

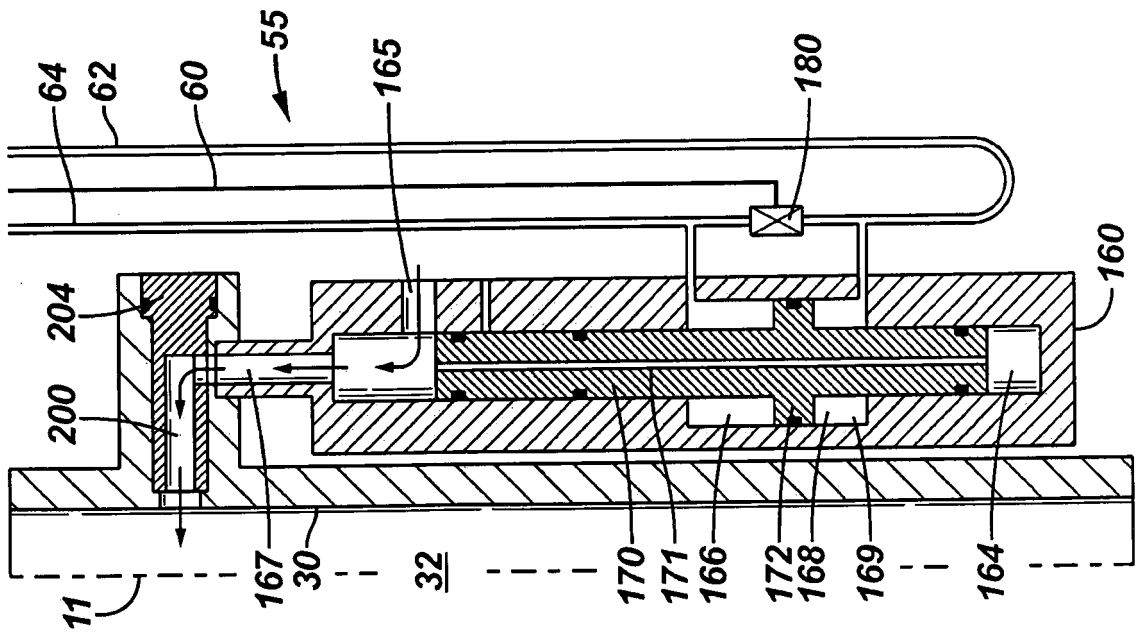


FIG. 10

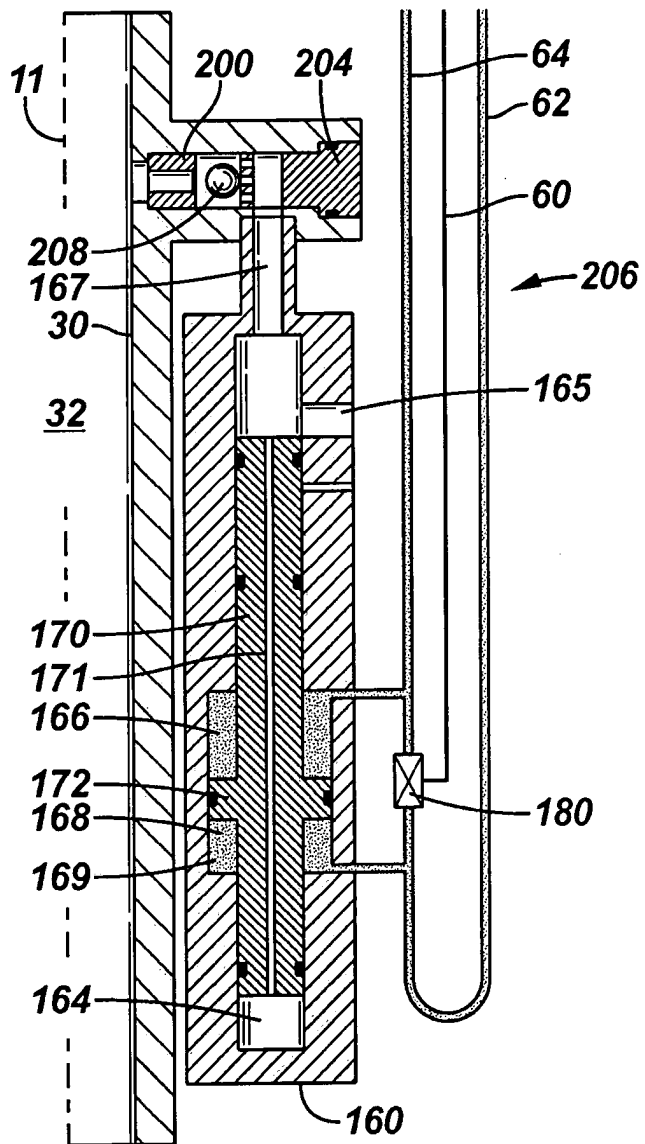


FIG 11

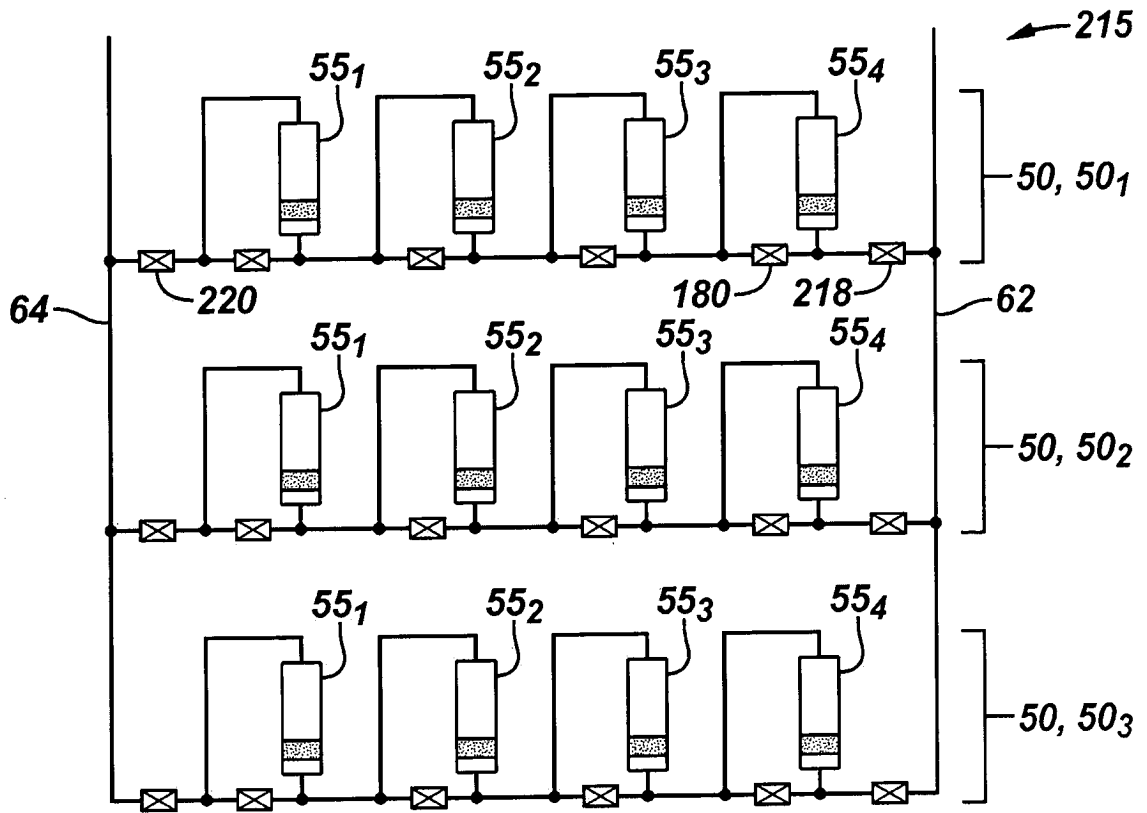


FIG 12

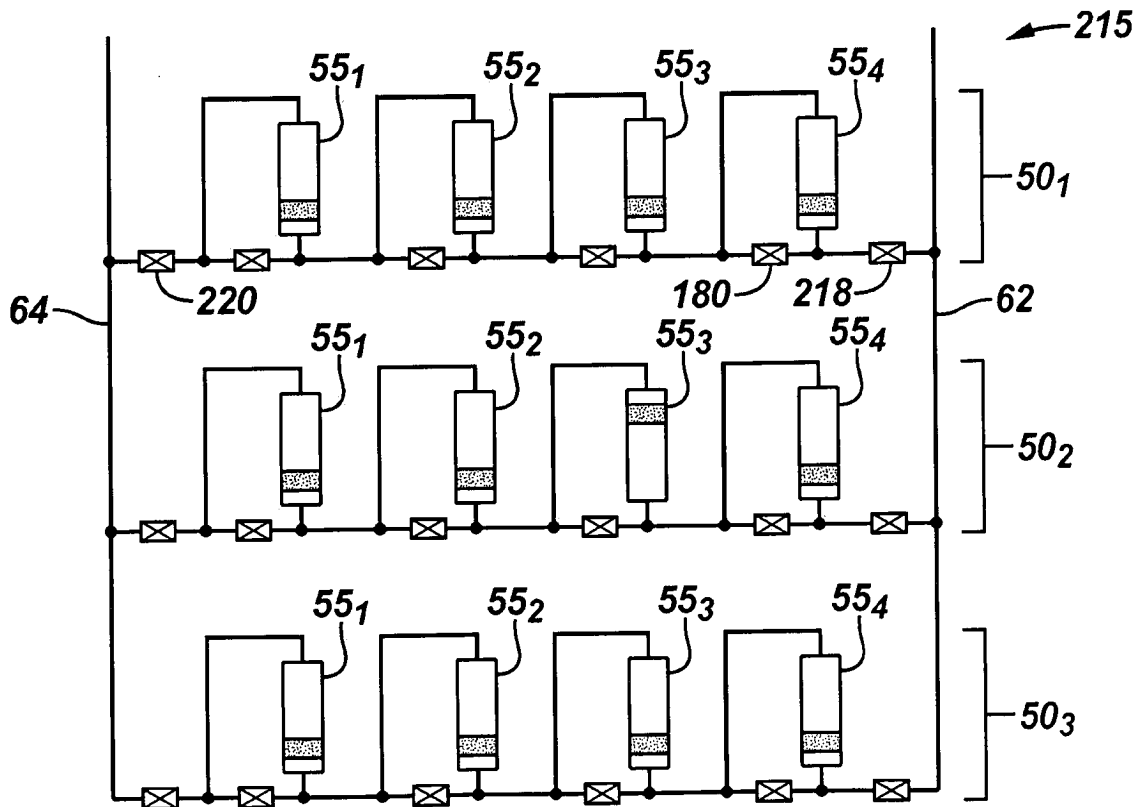


FIG 13

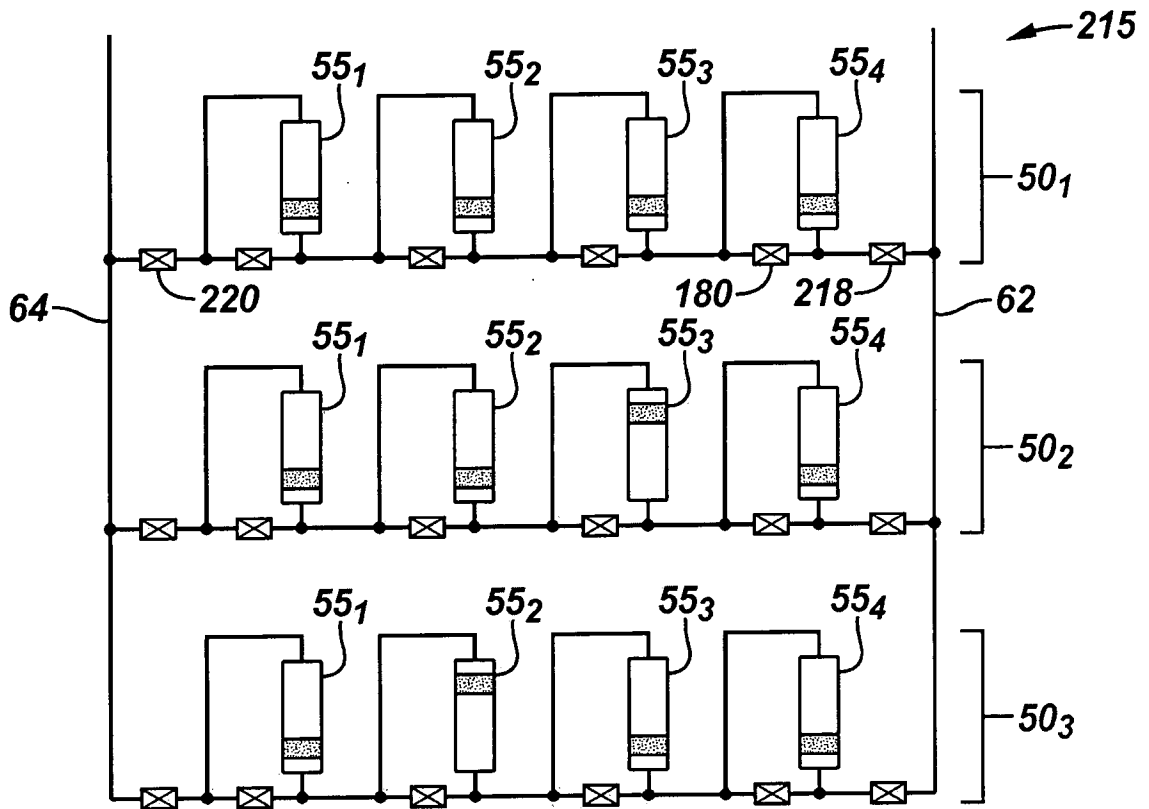
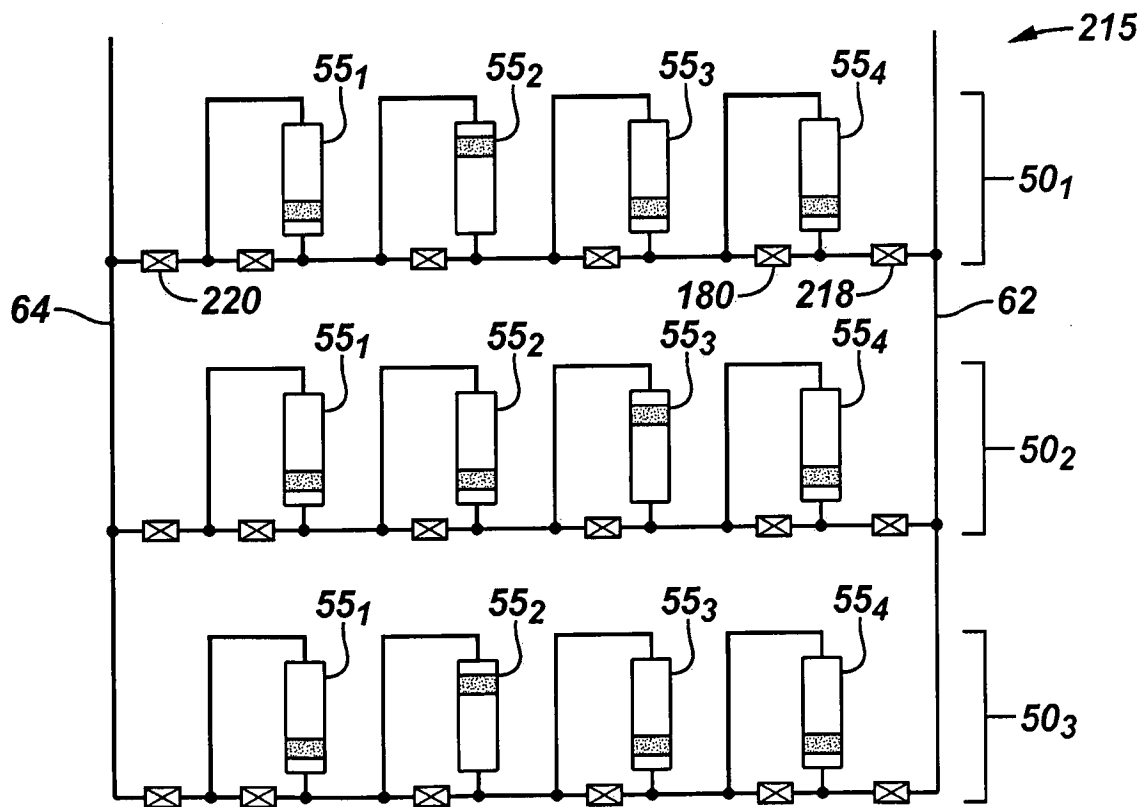
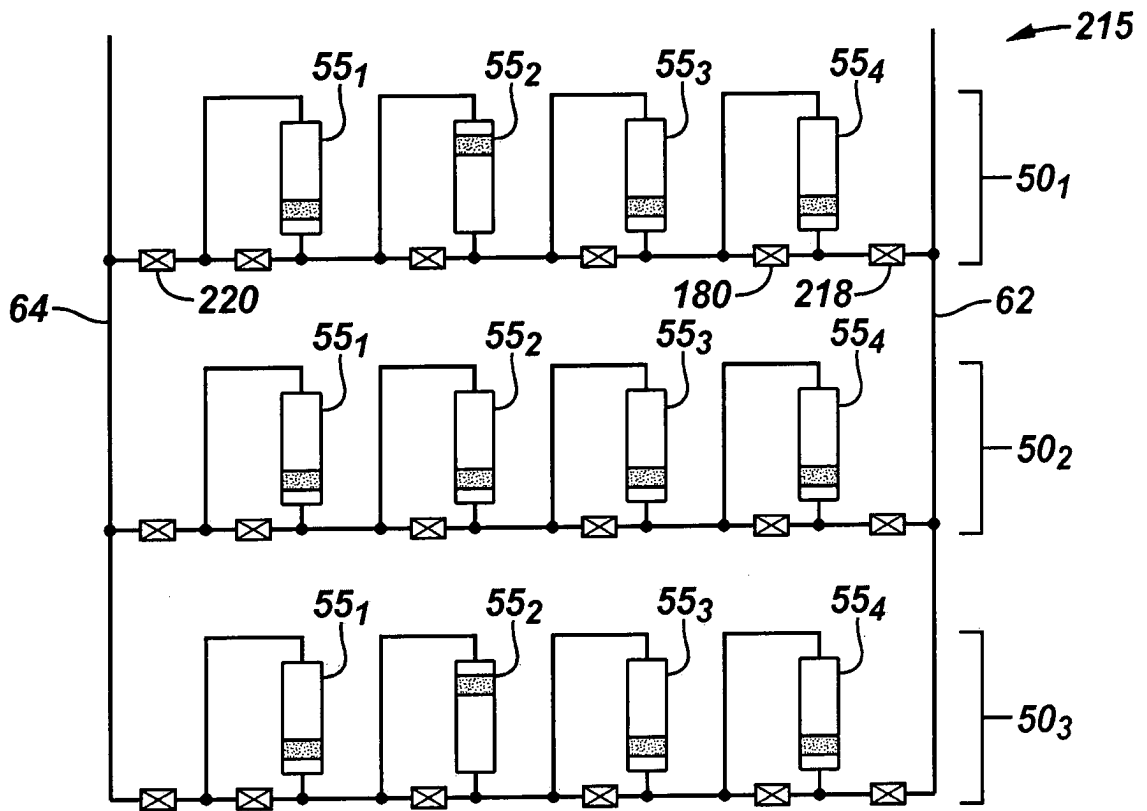


FIG 14



**FIG 15**



**FIG 16**

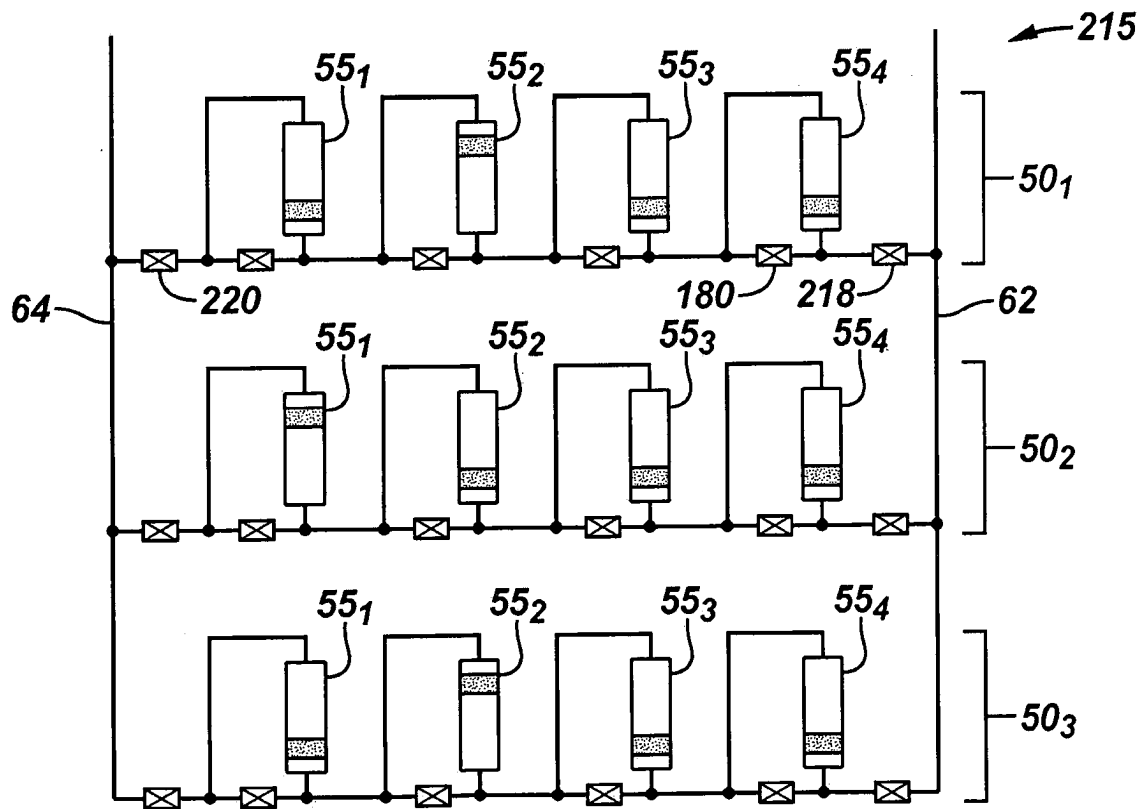


FIG 17

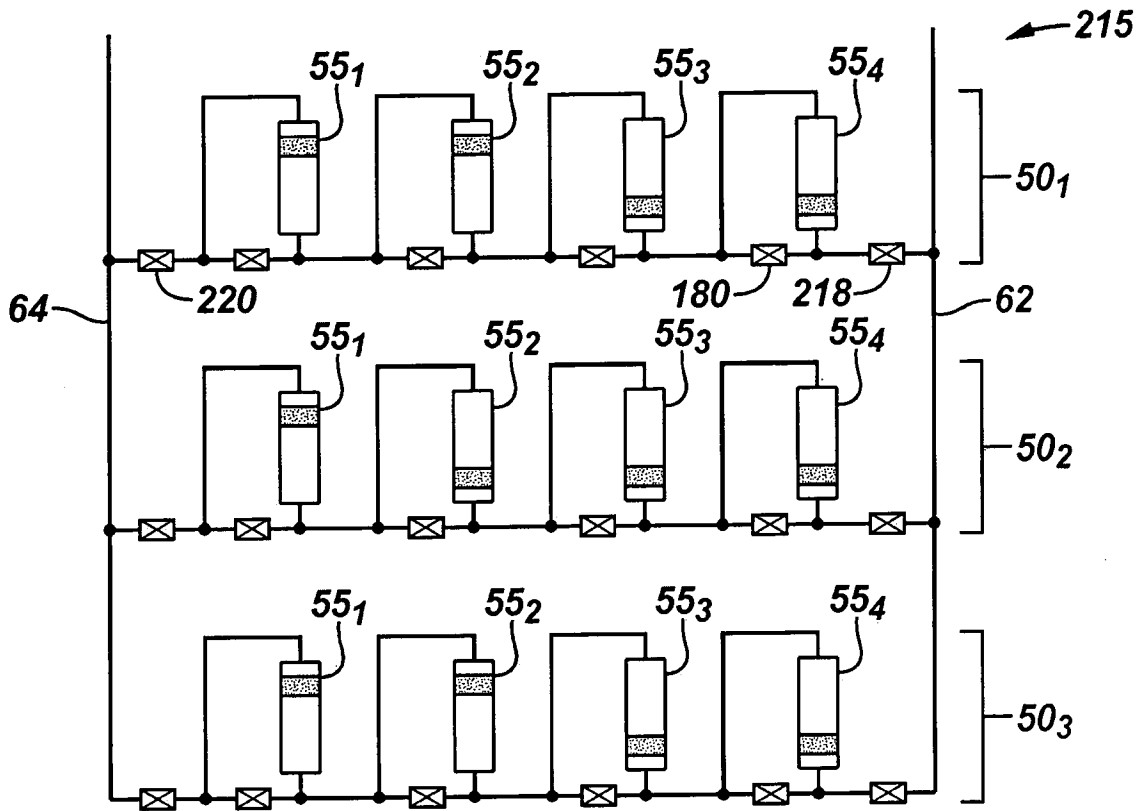


FIG 18

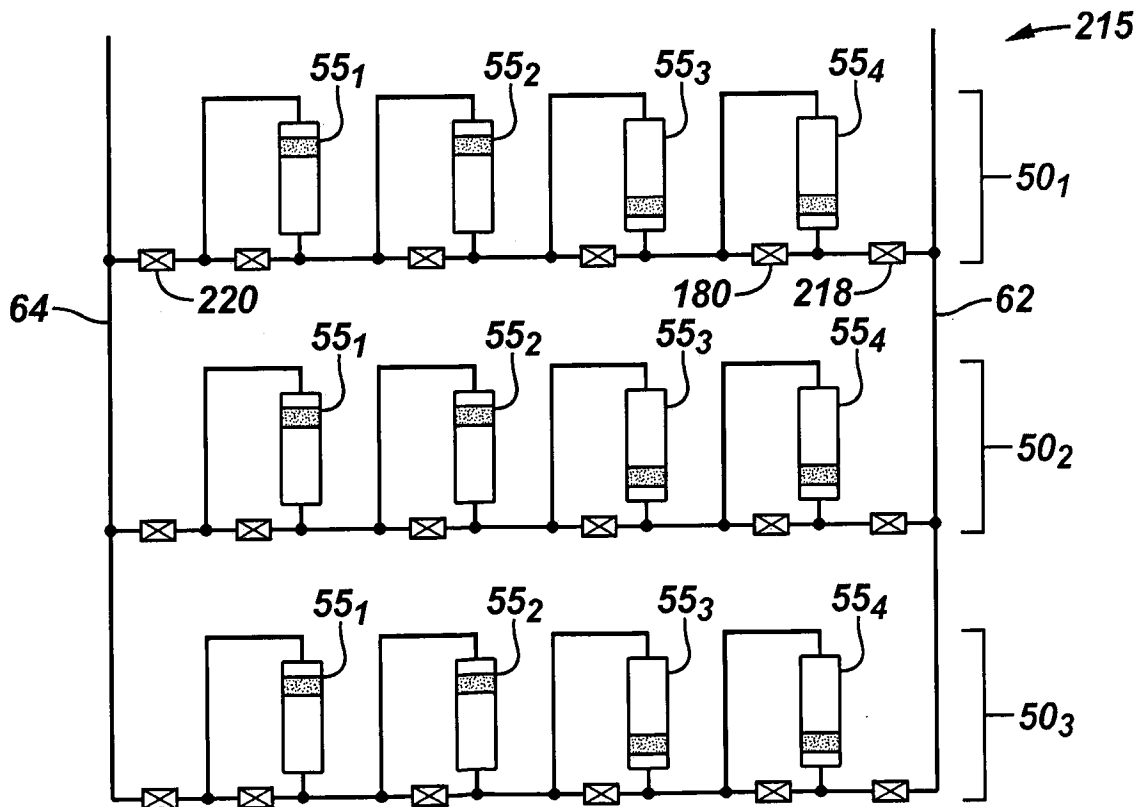


FIG 19

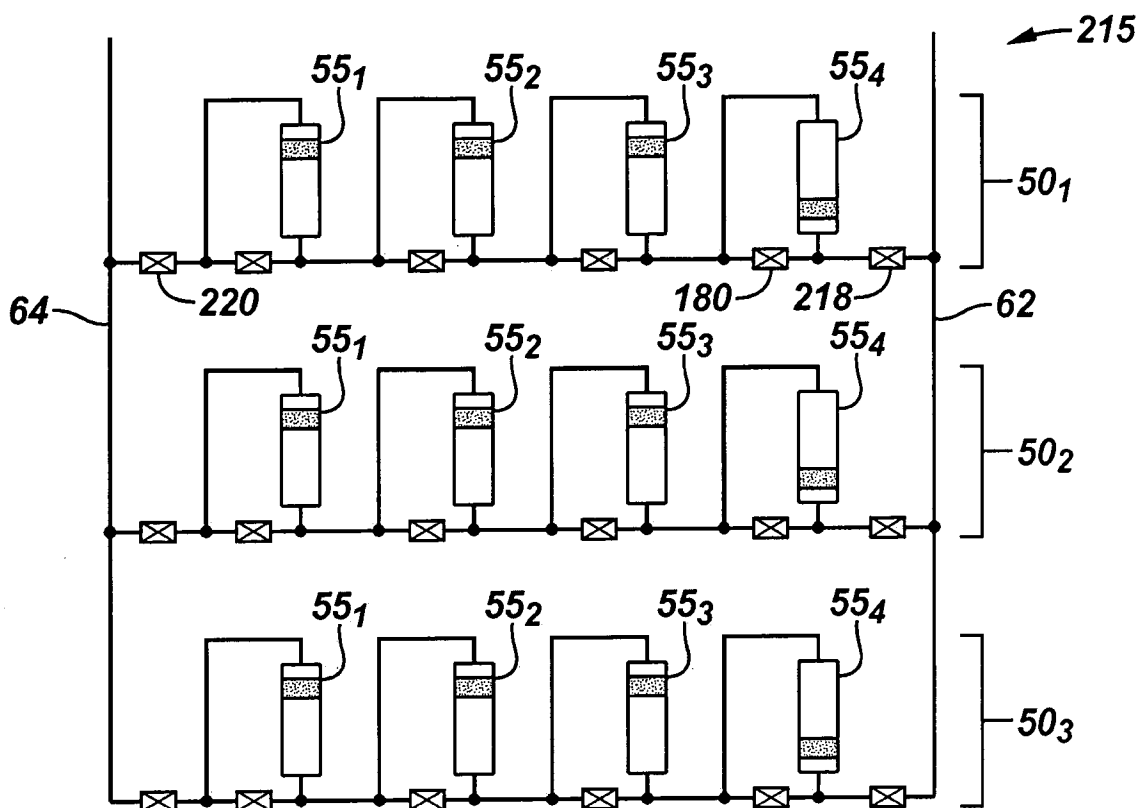


FIG 20

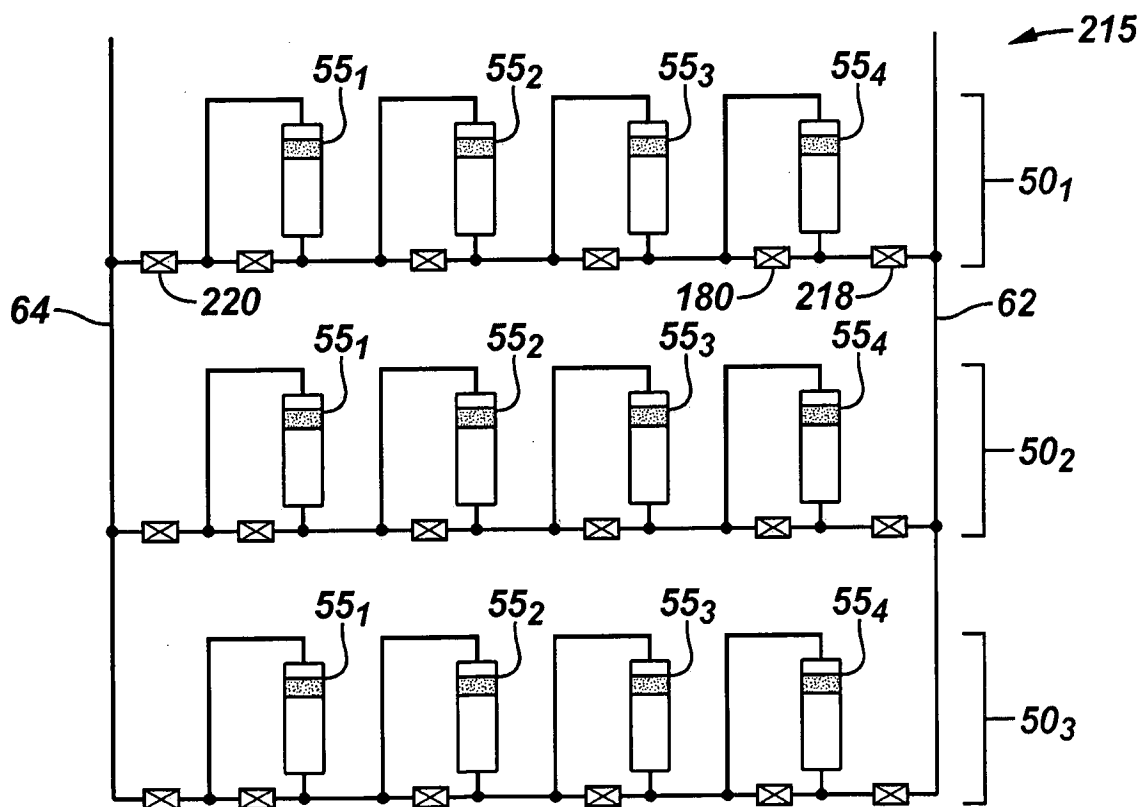
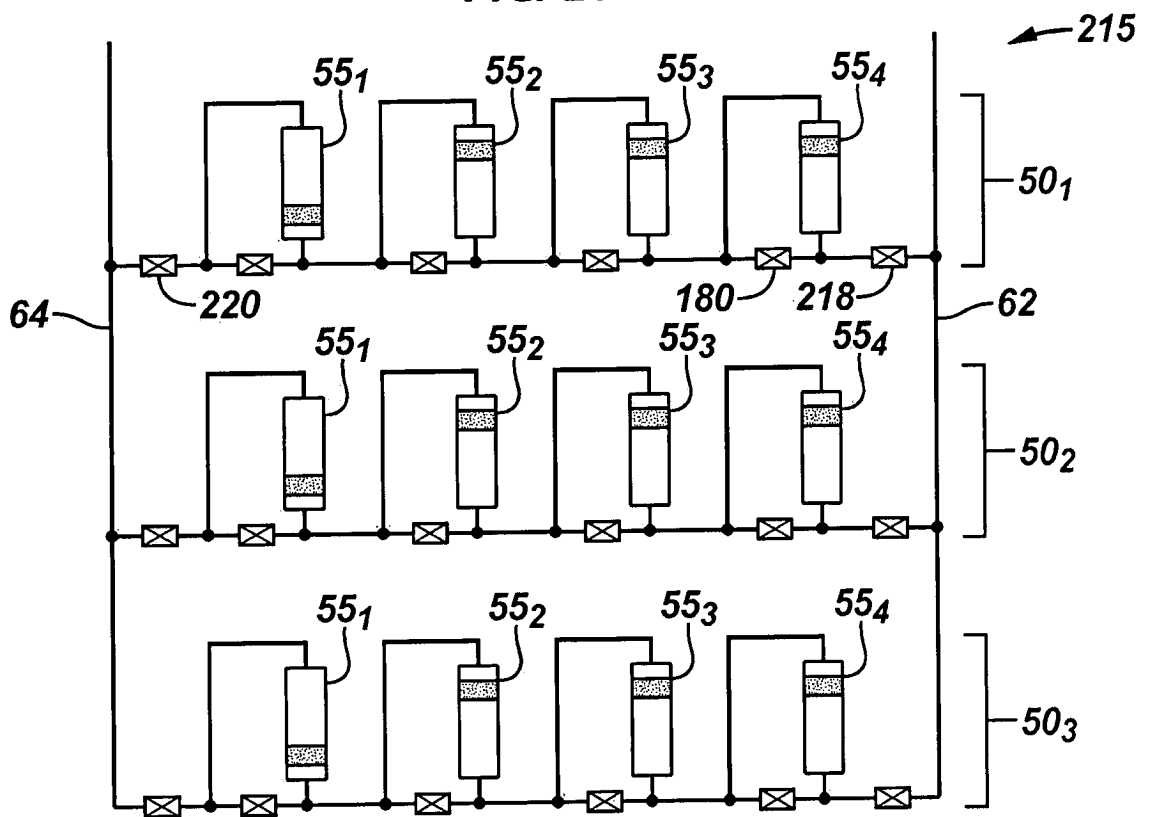
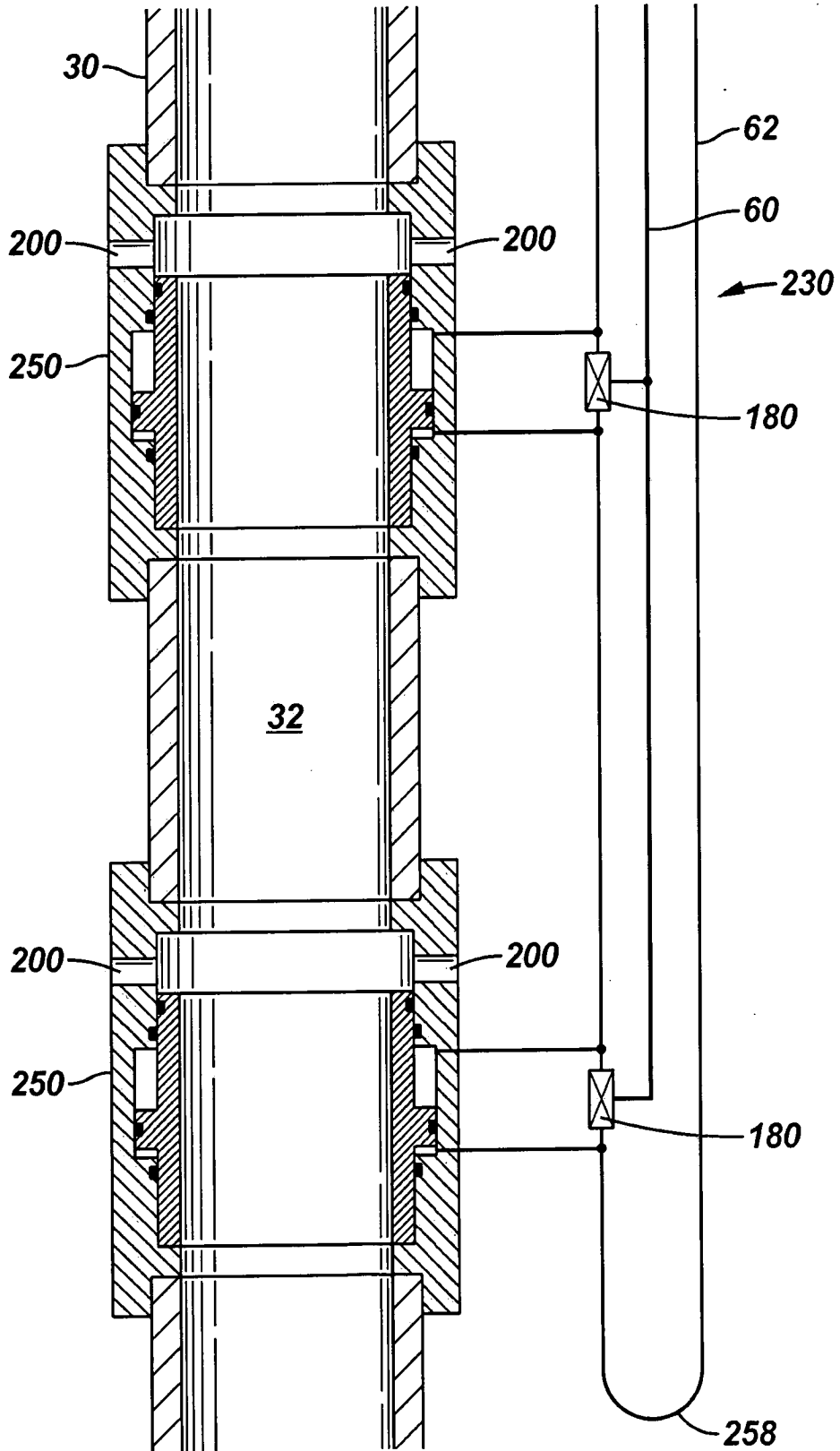


FIG. 21



**FIG. 22**



## - RESUMO -

SISTEMA A SER UTILIZADO COM UM POÇO, E MÉTODO UTILIZÁVEL EM UM POÇO QUE POSSUI UMA PLURALIDADE DE ZONAS ISOLADAS E UMA TUBAGEM DE PRODUÇÃO

5 Um sistema que é utilizável com um poço inclui uma coluna de tubagem de produção que se estende para dentro de uma zona isolada do poço e uma pluralidade de módulos de estrangulamento que são dispostos na zona isolada para controlar a comunicação entre uma passagem da coluna da  
10 tubagem de produção e a zona. Cada módulo de estrangulamento inclui um estrangulamento associado, que é removível do módulo de estrangulamento sem a desmontagem da coluna de tubagem de produção. Cada módulo de estrangulamento é independentemente controlável um  
15 relativamente ao(s) outro(s) módulo(s) para seletivamente permitir e impedir fluxo através do estrangulamento associado.