

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

(21) **PI0617008-0 A2**

(22) Data de Depósito: 18/09/2006
(43) Data da Publicação: 05/07/2011
(RPI 2113)



(51) *Int.Cl.:*
E21B 43/00 2006.01
E21B 28/00 2006.01
G01V 1/04 2006.01

(54) Título: **GERAÇÃO DE PULSOS SÍSMICOS DE FURO DE SONDAGEM USANDO VÁLVULA DE ABERTURA RÁPIDA**

(30) Prioridade Unionista: 16/09/2006 GB 0518945.1, 03/03/2006 GB 0604295.6, 03/03/2006 GB 0604295.6, 16/09/2006 GB 0518945.1

(73) Titular(es): Wavefront Energy & Environmental Services Inc.

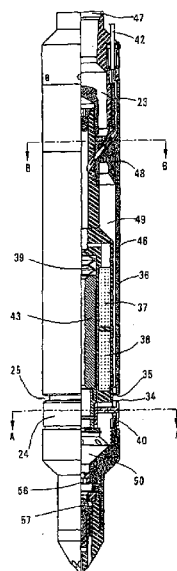
(72) Inventor(es): Brett Charles Davidson, Mahendra Samaroo, Ronald E. Pringle, Thomas James Timothy Spanos

(74) Procurador(es): Miranda, Lynch & Kneblewski Ltda.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006036170 de 18/09/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/100352 de 07/09/2007

(57) Resumo: GERAÇÃO DE PULSOS SÍSMICOS DE FURO DE SONDAGEM USANDO VÁLVULA DE ABERTURA RÁPIDA, onde durante uma operação por pulsação de ondulações em um furo de sondagem (por exemplo, um poço petrolífero passando por remediação) é armazenado líquido sob pressão a montante de uma válvula, e então repentinamente liberado através da válvula de modo suficiente para criar uma onda sísmica, que se propaga na formação ao redor do furo de sondagem, e ajuda a pulsação de ondulação a melhorar a condutividade e injeção de líquido da formação; dita válvula de fundo de poço atende a exigência de abertura rápida graças à sua configuração geométrica, conforme é imposta pelas restrições do ambiente de fundo de poço.



GERAÇÃO DE PULSOS SÍSMICOS DE FURO DE SONDAGEM USANDO VÁLVULA DE ABERTURA RÁPIDA.

Campo da invenção.

A tecnologia aqui descrita se refere a furos de sondagem no solo e
5 à injeção extremamente rápida sob pressão de líquido fora do furo de sondagem e para dentro da formação do solo circundante.

Estado da técnica.

Ao usar tais tecnologias, conforme descritas na publicação de patente US 6.241.019 é evidente que às vezes são necessários diferentes tipos
10 de ondas ou pulsos no solo. Por exemplo, pulsos de ondulação (conforme descrito nessa publicação) podem ser muito eficazes na homogeneização do solo em torno do furo de sondagem, maximizando assim a condutividade do solo. Na operação por pulsos de ondulação é injetado um grande volume de carga de líquido (p.ex. vários litros) no solo, a cada ciclo, a cada pulso o
15 líquido sobe ou corre para fora e para dentro com relação ao furo de sondagem. O efeito homogeneizado entre o líquido e o solo pode ser propagado a longas distâncias (p.ex. dezenas de metros) do furo de sondagem durante uma operação de pulsos de ondulação.

Embora pulsos de ondulação sejam eficazes, foi reconhecido que
20 o procedimento pode ser otimizado (ou seja, o efeito de homogeneização de líquido x solo pode ser estendido ainda mais radialmente a partir do furo de sondagem) pela adição de um componente sísmico às ondulações. Isto pode ser convenientemente feito bem no início do pulso, acumulando uma altura de grande carga hidráulica no furo de sondagem e então abrindo uma válvula
25 para liberar repentina e muito rapidamente o volume da carga no solo. O pulso de pressão ou a onda sísmica resultante se irradia através do solo levando consigo o volume de carga injetado, e podemos dizer que o pulso sísmico “prepara o caminho” para os pulsos sísmicos sucessivos.

Um pulso de pressão sísmica de elevada energia pode fazer com
30 que a porosidade do solo aumente momentaneamente. Ou seja, em um ponto

particular da formação do solo, à medida que a onda sísmica se aproxima e passa, o repentino aumento de pressão eleva o solo levemente neste ponto. Se o solo tiver uma porosidade de, digamos, trinta por cento, a onda passante pode aumentar a porosidade do solo até um décimo em percentual. A onda sísmica (de pressão) pode assim ser considerada uma onda de porosidade. À medida que a pressão aumenta a condutividade também aumenta, e conseqüentemente, um volume maior de carga de líquido pode ser injetado no solo por pulso em distâncias maiores. Isto não significa que a adição de um componente sísmico pode otimizar pulsos volumétricos em massa: é suficiente dizer que em muitos casos é isto que acontece.

Objetivos da invenção.

É objetivo da invenção definir um equipamento capaz de injetar um volume de carga de líquido pressurizado para fora através dos furos de sondagem nos tubos de revestimento de poço, e para dentro da formação do solo circundante, e de injetar pelo menos uma porção do volume de carga a uma vazão que mude com uma rapidez suficiente para induzir uma onda (de porosidade) sísmica significativa a ser propagada através da formação de solo em torno do furo de sondagem. Outro objetivo é fornecer com essa capacidade de um equipamento injeção de líquido em um ciclo contínuo. As taxas de ciclo alternarão dentro da faixa típica de três ciclos por segundo para dois ciclos por minuto. Normalmente, o tipo de ciclagem que se beneficia da introdução de um componente sísmico no ciclo é contínuo durante algumas horas ou alguns dias (e por muito mais tempo em alguns casos).

Podemos verificar que a ciclagem tendo um componente sísmico é habitualmente executada só quando o solo já está plenamente saturado de líquido, na verdade supersaturado, e o líquido subterrâneo se encontrar sob pressão substancial. Além disso, o líquido subterrâneo em torno do furo de sondagem deve ter sido transformado (p.ex. por um período de pulsos de ondulação) em um corpo consistente.

O benefício obtido com a introdução do componente sísmico nos

pulsos de ondulação nesse momento é que o corpo consistente pode ser desenvolvido de modo a se estender alguns (ou vários) metros de raio de distância do furo de sondagem. Além disso, espera-se que à medida que o corpo obtenha maior consistência, a “dedilhação” do líquido injetado diminua, fazendo com que o solo entre os dedos, por sua vez, seja gradualmente saturado com líquido.

Assim sendo, em uma típica operação de injeção de líquido, primeiramente é simplesmente injetado líquido no solo sob pressão estática. Em seguida, uma vez saturado o solo, os técnicos iniciam os pulsos de ondulação, permitindo assim que grandes volumes extra de líquido sejam injetados no solo, embora o solo já esteja saturado. Gradualmente é criado um corpo consistente de líquido em volta do furo de sondagem, que rompe para fora e volta como um corpo a cada ciclo.

Após um período de pulsos de ondulação, os técnicos determinam que o solo está agora saturado (ou seja, supersaturado) (o que quer dizer: nenhum líquido mais (ou quase nenhum) pode ser injetado no solo por ciclo). Agora é o momento em que a introdução de um componente sísmico ao ciclo de pulsos de ondulação pode ser eficaz para estender o corpo consistente ainda mais radialmente no sentido horizontal (e vertical) distante do furo de sondagem.

Os pulsos de ondulação sísmicos podem compreender, digamos, 100.000 ciclos em uma aplicação típica. Naturalmente, o número de ciclos varia bastante de um local para outro, mas entende-se que haverá elevada demanda para que o equipamento seja construído para uma prolongada vida útil.

Descrição dos desenhos.

A título de explanação adicional serão agora descritos equipamentos, como exemplos, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

FIGURA 1 mostra um corte transversal parcial de um

equipamento injetor, ilustrado em estado aberto.

FIGURA 2 mostra um corte na linha 2-2 da Fig. 1.

FIGURA 3 mostra um corte na linha 3-3 da Fig. 1.

FIGURA 4 mostra uma vista de um equipamento injetor instalado
5 em um furo de sondagem no solo.

FIGURA 5 mostra um corte transversal de uma parte de um equipamento injetor, ilustrado em estado fechado.

FIGURA 6 Mostra um corte transversal de alguns dos componentes móveis do equipamento da Fig. 1.

10 **FIGURA 7** mostra um gráfico representando a vazão do líquido através do equipamento durante um período de tempo.

FIGURA 8 mostra o gráfico da Fig. 7, ilustrado através de um número de ciclos durante um período de tempo.

FIGURAS 9 e 11 mostram gráficos correspondentes à Fig. 8, mas
15 em condições diferentes.

FIGURA 12 mostra um corte transversal de outro equipamento injetor de furo de sondagem.

FIGURA 13 mostra um corte transversal de uma parte de outro equipamento injetor, ilustrado em estado fechado.

20 **FIGURA 14a** mostra um corte transversal de uma parte de outro equipamento injetor, ilustrado em estado fechado.

FIGURA 14b mostra o mesmo corte da Fig. 14a, mas ilustrando o equipamento em estado aberto.

FIGURA 15 mostra um corte transversal de um equipamento
25 injetor de furo de sondagem de dupla ação.

FIGURA 16a mostra um corte transversal diagramada de mais um outro equipamento injetor de furo de sondagem, ilustrado em estado fechado ou selado.

FIGURA 16b mostra uma tomada de perto de uma parte da vista
30 da Fig., 16a, ilustrada em estado aberto.

FIGURA 17 mostra um corte transversal diagramado de outro equipamento injetor de furo de sondagem.

Descrição detalhada para formas de concretização preferidas.

Os equipamentos mostrados nos desenhos em anexo e descritos a
5 seguir são exemplos. Ressaltamos que o escopo da proteção de patente solicitada é definido pelas reivindicações anexas, e não necessariamente por recursos específicos de equipamentos de amostra.

No equipamento injetor (20) das figuras de 1 a 3, a alimentação de líquido pressurizado é feita por cima para dentro do mesmo e preenche a
10 câmara (23). Quando a corrediça (24) estiver na posição a jusante, conforme ilustrado na figura 1, o líquido passa para fora da câmara interna (23) através da fenda (25).

O equipamento injetor das figuras de 1 a 3 é usado na maneira indicada na figura 4. Aqui, um furo de sondagem (26) foi feito no solo e
15 revestido com tubos de revestimento de poço (27). Perfurações (28) foram feitas nos tubos de revestimento de poço (27) a uma profundidade predeterminada. A finalidade é injetar água ou outro líquido na formação de solo circundante, na profundidade desejada, para fora através das perfurações (28).

20 Estando o equipamento injetor (20) colocado na profundidade correta, um obturador inflável (29) é posicionado em cima do equipamento injetor, que veda o espaço anular (30) entre o tubo de revestimento de poço (27) e a haste (32) sobre a qual o injetor (20) fica apoiado.

A haste (32) é oca e serve para conduzir líquido para baixo a
25 partir de um reservatório na superfície até o conjunto injetor. Uma bomba e outras instalações são dispostas na superfície.

O equipamento injetor inclui o membro de válvula ou corrediça (24). Quando a corrediça estiver na posição A MONTANTE (como na figura 4), a face (macho) de vedação cônica (34) da corrediça (24) engata na face
30 (fêmea) de assento cônico (35) da carcaça (36). Quando a corrediça (24)

estiver na posição A JUSANTE (fig. 1), o líquido pode escoar para fora através da fenda (25) aberta para o espaço anular (30) e de lá para fora através das perfurações (28), seguindo para dentro da formação do solo em volta do furo de sondagem.

5 Quando o equipamento injetor estiver pronto para o funcionamento, a fenda (25) é totalmente aberta, ou seja, a corrediça (24) fica na posição A JUSANTE enquanto o líquido estiver sendo bombeado da superfície para baixo, para dentro do furo de sondagem e para fora para dentro da formação, até que o solo ao redor do furo de sondagem esteja saturado. Os solenóides (37), (38) não seriam normalmente operados durante
10 esta fase preliminar. A corrediça (24) ocupa a posição A JUSANTE quando nenhum dos solenóides está energizado.

Uma vez saturado o solo, começará a fase de pulsos. Ao serem operados os solenóides (37), (38) em seqüência, primeiramente é levantada a corrediça (24), fechando assim a fenda (25) e em seguida a corrediça é empurrada mediante força a jusante, abrindo assim a fenda (25). Os solenóides são acionados a partir da superfície, seja manualmente pelo engenheiro ou de acordo com um programa de ciclagem.

Conforme mencionado, um dos efeitos desejados dos pulsos de ondulação é tornar o solo mais saturado. Isto pode ser explicado como segue.
20 Quando o solo é simplesmente pressurizado, é alcançado um ponto em que não é mais possível forçar líquido para dentro do solo a uma determinada pressão (naturalmente, pode ser forçado mais líquido no solo se a pressão contínua for aumentada). Após ter sido executada a pulsação de ondulação, agora mais (às vezes muito mais) líquido pode ser forçado para dentro do
25 solo sob a pressão aplicada.

A pulsação de ondulação efetivamente aumenta o tamanho dos espaços de poros. A saturação, que resulta da pressão contínua aplicada, pode ser chamada de saturação estática, e a saturação maior resultante da pressão aplicada em pulsos pode ser chamada de saturação dinâmica.
30

Se nenhum dos solenóides for energizado, as molas de direcionamento (39) forçam a corredeia (24) para a posição totalmente aberta ou A JUSANTE. Antes da pulsação, quando a corredeia estiver A JUSANTE, o solenóide (superior) de fechamento (37) tem de exercer força o bastante para
 5 superar as molas (39) e para superar a fricção na vedação de equilíbrio dinâmico (40). Como não há diferencial de pressão através da vedação de equilíbrio (40) quando a fenda (25) estiver aberta, é mínima a fricção de vedação neste momento.

Depois que a válvula estiver fechada e a pressão interna da
 10 câmara (23) tiver estabelecida p.ex. em 5 MPa, surgirá um diferencial de pressão através da vedação de equilíbrio (40), podendo-se esperar que a fricção de vedação, agora em oposição ao movimento a jusante (de abertura) da corredeia (24) esteja agora elevada. O solenóide de abertura (inferior) (38), assistido pelas molas (39), precisa agora superar esta fricção e precisa
 15 fazê-lo exercendo uma força excessiva, para que a corredeia seja impulsionada para baixo com força e muito rapidamente. Preferivelmente, a corredeia deve mudar do estado fechado para totalmente aberto num intervalo de, tipicamente, inferior a cinquenta milissegundos e, preferivelmente em cerca de quinze milissegundos, devendo o solenóide de abertura (inferior)
 20 (38) ser projetado a fim de fornecer força suficiente para realizar essa ação.

O diâmetro de operação da vedação de equilíbrio (40) deveria ser preferivelmente um pouco menor que o diâmetro de operação em que a face de vedação (34) engata na face de vedação (35). Se os dois diâmetros de operação fossem iguais, qualquer diferencial de pressão hidráulica ao longo
 25 da vedação não iria exercer força de direcionamento sobre a corredeia. Quando o diâmetro (40) da vedação de equilíbrio estiver um pouco menor que o diâmetro do assento (35), é então estabelecido um diferencial de pressão hidráulica com a tendência de forçar a corredeia em direção à posição aberta, o que é preferido. (Isto quer dizer que o diferencial de pressão ajuda
 30 as molas (39) a direcionar a corredeia em direção à posição aberta.) Por outro

lado, a diferença entre os diâmetros de vedação não deve ser grande, pois a força daí resultante deverá ser resistida pelo solenóide de fechamento (37). Uma diferença de diâmetro de cerca de meio milímetro é típica em um caso em que o diâmetro total do equipamento injetor (20) for de treze centímetros, e os diferenciais de pressão hidráulica forem de 5 MPa ou mais.

Líquido da superfície entra na câmara (23) através da entrada (47). O componente de carcaça (48) é de raio aberto (vide figura 2), enquanto o espaço (49) é incluído na câmara (23).

A correção (24) também é de raios abertos (vide figura 3), através do qual o espaço (50) é também (hidraulicamente) incluído na câmara (23). A carcaça de bobina (46) tem ranhuras (54) para acomodar os raios da correção (24).

Um cabo elétrico (42) desce da superfície. Condutores (não ilustrados) transmitem energia para o solenóide de abertura (38) e o solenóide de fechamento (37). Outros itens eletricamente conectados à superfície incluem instrumentos (não ilustrados), tais como transdutor de pressão etc.

Quando o solenóide superior de fechamento (37) é energizado, o núcleo (43) é forçado para cima. A correção (24) forma operacionalmente uma unidade com o núcleo (43) para constituir um núcleo/correção (45) (Fig. 6). A maioria dos componentes do equipamento é de aço inoxidável; porém, o próprio núcleo (43) é de material magnético. O núcleo desliza livremente dentro da carcaça da bobina (46). Solenóides operam gerando uma força para forçar o núcleo a se mover axialmente até uma posição onde o material magnético é uniformemente disposto entre as duas extremidades do solenóide; assim sendo, o núcleo - quer dizer, a parcela magnetizável do núcleo - deve estar disposto bem afastado axialmente para um lado da bobina. Isto é simples de prover com respeito a ambas as bobinas do solenóide, quando as bobinas estiverem dispostas com uma extremidade contra a outra, conforme ilustrado na figura 1. Isto quer dizer, um núcleo passando por ambos solenóides está bem fora de centro com respeito a cada bobina

individualmente.

Durante a operação, os solenóides (37), (38) são operados de forma a alternar a unidade de núcleo/corrediça (45). Um ciclo típico de reciprocção está na faixa de um a três Hertz. Para os equipamentos como os aqui ilustrados, uma ciclagem a velocidades superiores a aproximadamente 0,5 Hz não seria recomendável. A taxa mais lenta, além da qual os equipamentos aqui ilustrados dificilmente ofereceriam qualquer vantagem; seria, digamos, uma vez a cada trinta segundos. A reciprocção continua durante períodos que são medidos em horas ou dias.

Conforme mencionado, a fim de que as reciprocções produzam pulsos sísmicos, além dos pulsos de ondulação volumétricos em massa para fora e de volta, a fenda (25) deve mover-se bruscamente de fechado para totalmente aberto, ou seja, dentro do menor tempo possível. Sabe-se que este tempo pode ser tão pequeno como os desejados quinze milissegundos em um injetor que funcione confiavelmente por um longo período de vida útil, se o equipamento for projetado como aqui descrito.

Para essa finalidade, a fenda (25) é preferivelmente estruturada como axialmente curta/ diametralmente ampla. A alternativa, ou seja, axialmente comprida e diametralmente pequena é muito menos preferida do ponto de vista da criação rápida de uma abertura muito grande. Um motivo para preferir uma fenda axialmente curta/ diametralmente ampla é pelo fato de ser necessária apenas uma pequena medida de movimento de um componente móvel axialmente para criar rapidamente uma abertura bastante ampla. Maximizando-se o diâmetro da fenda (25), é minimizado o movimento axial da corrediça (24), que é necessário para obter a vazão desejada. Outro motivo é que solenóides são mais eficientes ao exercerem suas forças sobre um pequeno curso de trabalho. A válvula deve ser projetada de tal modo que a fenda (25) apresente um diâmetro máximo que possa ser convenientemente acomodada dentro do tubo de revestimento do furo de sondagem do poço.

No equipamento ilustrado, o diâmetro externo da corrediça (24) é levemente inferior ao diâmetro externo do corpo externo (36), para que a corrediça (móvel) (24) possa ser protegida de ser jogada contra as paredes do tubo de revestimento (27) na medida em que descer pelo furo de sondagem do poço. Mas, afora isso, a corrediça (24) e a fenda (25) são diametralmente
5 tão próximas do diâmetro total quanto possível.

A corrediça (24) é empurrada para baixo com bastante força quando a válvula é aberta, e o núcleo/corrediça (45) então bate fortemente contra uma placa de encosto (53). Coxins hidráulicos ou mecânicos (não
10 ilustrados) podem ser dispostos para amortecer o impacto, se este for um problema.

A intenção é que uma série de equipamentos injetores seja montada um sobre o outro dentro do furo do poço (26). Os vários injetores são posicionados a profundidades apropriadas com relação às respectivas
15 zonas perfuradas do tubo de revestimento (27). Os injetores são alimentados com líquido pressurizado, todos da mesma fonte na superfície, sendo o líquido transferido através das respectivas câmaras ocas (23) de um injetor para outro. A fim de prevenir que ondas de pressão em um injetor interfiram em outro injetor, é provido um estrangulador na forma de um pequeno
20 orifício (56). O líquido pode passar através do estrangulador e por este motivo podem ser gradativamente compensadas lentas alterações de pressão, porém alterações rápidas de pressão não podem passar através do estrangulador. Uma válvula de retenção (57) permite que o líquido sob pressão seja alimentado a jusante nos injetores em baixo, mas previne que
25 ondas de pressão se movam a montante.

Conforme mencionado, um motivo maior para desejar uma abertura rápida da fenda (25) é de criar um pulso sísmico com energia suficiente para propagar um pulso de porosidade aumentada por uma
30 distância significativa para fora e para dentro da formação ao redor. É a taxa de aumento da velocidade de vazão durante um (curto) período que determina

a energia dessa onda sísmica ou de porosidade. Visto que a vazão é (mais ou menos) diretamente proporcional à largura da fenda (para um diferencial constante de pressão), portanto, a meta do desenhista-projetista deveria ser em mudar a corrediça do estado fechado para totalmente aberto dentro do menor tempo possível.

A figura 7 mostra um gráfico ilustrando a taxa de vazão através da fenda (25) por um período de tempo. Primeiramente, a fenda é mantida fechada, e a taxa de vazão é zero. A fenda começa a abrir e a velocidade na qual a fenda abre, ou seja, a velocidade da corrediça em milímetros por segundo, acelera a partir de zero. No intervalo (60), a corrediça atingiu sua velocidade de pico e agora se move a uma velocidade (elevada) constante durante o restante do curso. No intervalo (62) a corrediça começa a desacelerar e a fenda se torna totalmente aberta, mantendo-se a corrediça estacionária no estado plenamente aberto.

A fenda (25) vai aumentando durante o intervalo entre (60) e (62) e a vazão aumentando de forma correspondente. Quando a fenda estiver totalmente aberta, a vazão permanece constante, como em (63). A maior parte do total do volume de carga é injetada ou descarregada para fora dentro da formação após a fenda ter atingido o estado plenamente aberto, ao passo que a onda sísmica, ou seja, o componente de fluxo dinâmico da onda inteira, é criada no início do período de abertura, entre (60) e (62), enquanto a corrediça está se movendo. Quanto mais rapidamente a fenda abrir, tanto maior é a taxa na qual o volume da carga será injetado na formação. Em outras palavras, quanto mais rapidamente aumentar a vazão, ou seja, quanto mais acentuada for a inclinação da fatia de rampa (64) do gráfico, maior é a energia da onda de porosidade resultante.

Assim sendo, o objetivo do projetista é criar uma válvula que muda do estado totalmente fechado para totalmente aberto no menor tempo possível.

O gráfico pressupõe que a vazão (em litros por segundo) seja um

múltiplo constante da fenda (em milímetros). A linearidade é idealizada, porém, é sugerido que o gráfico efetivo esteja suficientemente próximo à linear verdadeira para que a idealização não importe. Num caso real, a corrediça não acelerará suavemente, como ilustrado, mantendo então uma
5 velocidade constante de abertura - mas pode ser esperado, que o faça aproximadamente. O engenheiro poderia considerar as não linearidades, efeitos de inércia e outros desvios do padrão presumido, mas parece improvável que, assim fazendo, isto poderia levar à resultados significativamente melhores do que o simples caso idealizado, conforme
10 mostrado. Assim sendo, o gráfico da vazão em mudança vs. tempo (em litros por segundo), conforme ilustrado na figura 7, pode igualmente ser considerado como um gráfico do tamanho de fenda em mudança vs. tempo (em milímetros por segundo). (Naturalmente, a relação da vazão vs. relação da fenda somente permanece linear enquanto permanecer constante o
15 diferencial de pressão através da fenda, como discutido a seguir.)

Para as presentes finalidades, a inclinação da fatia da rampa é definida como segue. A fenda totalmente aberta, denominada G-100%, é primeiramente determinada (ela era de 7,62 mm no equipamento ilustrado). A fenda totalmente fechada é zero. Agora serão determinadas mais duas
20 dimensões da fenda. A primeira delas (65) é a fenda de um quinto, G-20%, que no equipamento ilustrado seria de 1,52 mm. A segunda (67) é a fenda de quatro quintos, G-80%, que no equipamento ilustrado seria de 6,10 mm. Assim sendo, a dimensão (68), medida como alteração na dimensão da fenda, é a diferença em mm entre G-80% e G-20%. A dimensão (68) corresponde
25 também a uma variação da vazão, isto quer dizer, a dimensão (68) é também a diferença entre a vazão (em litros/seg.) quando a fenda era G-80% e a vazão quando a fenda era G-20%.

A inclinação da rampa que é de interesse na determinação da energia da onda sísmica ou de porosidade, é definida como sendo a diferença
30 (68) entre a vazão G-80% (em litros por segundo) e a vazão G-20%, dividida

pelo tempo (69), tomado para a correção mover da fenda G-20% até a fenda G-80%. Conforme mencionado, a inclinação de rampa efetivamente medida é a diferença entre a fenda G-80% (em milímetros) e a fenda G-20%, dividida pelo tempo (69).

5 Quanto mais inclinada for a fatia de rampa (64) do gráfico, mais energia estará contida na onda sísmica. A fatia do gráfico entre G-20% e G-80% foi selecionada porque é entre esses valores que a inclinação da rampa é a mais acentuada. Se a inclinação fosse medida através de toda extensão, de G-0% até G-100%, a figura da inclinação seria menor, levando a erro. A
10 partir do ponto de vista em criar uma onda sísmica energética, é a inclinação máxima e não a inclinação global que conta, presumindo-se que o máximo é sustentado durante um intervalo substancial de tempo - tal como o intervalo entre G-20% e G-80%, por exemplo. Em um caso especial, se fosse conhecido que a inclinação máxima já estava presente em uma fenda de G-
15 10%, por exemplo, ela poderia ser usada em seu lugar na determinação da inclinação da rampa.

 É considerada como característica prática preferida, o fato de o tempo (69), sendo o intervalo entre G-20% e G-80%, ser até cinquenta milissegundos (e preferivelmente até quinze milissegundos). Verificou-se
20 que, se o período (69) for superior a este, o pulso de pressão poderia não ter energia suficiente para criar uma onda de porosidade utilizável na formação ao redor. Não há limite inferior preferível ao período, a não ser que a engenharia mecânica exija que um intervalo menor seja imposto ao equipamento.

25 Conforme ilustrado na figura 7, acima do tempo (70), a fenda permanece plenamente aberta, e líquido escoar através da fenda e para fora do furo de sondagem do poço a uma velocidade constante até que a fenda seja novamente fechada. A intenção é que o equipamento seja usado para injetar o líquido em pulsos por um período prolongado de tempo. A figura 8 mostra
30 um gráfico de vazão vs. tempo, e mostra uma configuração típica de pulsação

através de vários ciclos de pulsação. Neste caso, podemos observar que a correção fecha (quase) tão rapidamente quando é aberta. A súbita redução de vazão se for suficientemente rápida, pode também causar a propagação de uma onda sísmica para fora [do furo de sondagem] e para dentro da formação.

5 Conforme ilustrado nas figuras 7 e 8, a vazão permanece num nível máximo enquanto a fenda permanecer plenamente aberta. Naturalmente, a vazão é proporcional não somente ao tamanho da fenda, como também ao diferencial de pressão através da fenda. Em muitos casos, o diferencial de pressão não seria mantido constante durante o ciclo, mas começaria a
10 decrecer à medida que líquido fosse injetado, conduzindo a uma redução correspondente da vazão. Esta situação é ilustrada na figura 9. (Observe que na figura 9, o diferencial de pressão não estando constante, o gráfico de vazão vs. tempo não mais corresponde ao gráfico de tamanho da fenda vs. tempo).

15 Dependendo de como a pressão é gerada, poderia ocorrer uma rápida queda do diferencial de pressão, e conseqüentemente, da vazão, à medida que o líquido fosse injetado. Poderia até ocorrer de a vazão cair para zero, ou seja, de não haver mais injeção de líquido por ciclo - pelo motivo de não haver mais líquido pressurizado disponível, ao invés de a correção ter
20 sido fechada. A figura 10 ilustra a abordagem dessa situação. Uma vez que a correção tiver sido fechada e a fenda estiver novamente a zero, a pressão no líquido a montante da fenda (agora fechada) poderá ser novamente pressurizada. Poderá levar algum tempo até nova pressurização do líquido a montante até a medida necessária para uma onda sísmica energética. Assim
25 sendo, a porção fechada entre ciclos pode não ser muito pequena, como nas figuras 8 e 9, mas poderá necessitar de uma proporção maior de todo ciclo, como na figura 10.

 É importante ter líquido pressurizado suficiente armazenado a montante da fenda fechada. O reservatório onde o líquido pressurizado é
30 armazenado deveria não apenas ser de elevado volume, como também estar

conectado à fenda por um conduto de ampla seção transversal - não haveria vantagem em proporcionar uma ampla fenda se o conduto que segue até a fenda estiver restringido. O conduto, neste caso, inclui a passagem anular (72) vinda do reservatório. No equipamento ilustrado na figura 1, a fenda (25) tem quarenta cm de circunferência e a fenda, quando plenamente aberta, tem 7,62 em sentido axial. Assim sendo, quando a fenda estiver totalmente aberta, a área disponível para conduzir fluxo é de cerca de trinta cm². Os condutos até a fenda deveriam ter uma área de transporte de fluxo maior que aquela, preferivelmente com ampla margem.

Na Fig. 11 os pulsos são agora executados a uma maior frequência, de modo que a fenda comece a fechar mesmo antes de estar plenamente aberta. Entretanto, a inclinação da parcela da rampa determina o componente sísmico. A frequência maior de ciclos é habitualmente aplicada quando o solo estiver chegando aos seus limites de saturação, ou seja, quando não é mais possível forçar muito mais líquido para dentro da formação, a cada ciclo - o que provavelmente é o caso quando o componente sísmico de alta energia pode ser mais vantajoso, ou seja, quando a onda de porosidade resultante sofre a atenuação mínima e, conseqüentemente, se propaga a uma distância maior.

Podemos observar que em todas as figuras de 7 a 11 a inclinação da rampa (64) é a mesma. Em todas as variações ilustradas é o ângulo de inclinação da fatia de rampa (64) que determina a energia da onda sísmica. Assim sendo, pode-se esperar que todas as variações possam criar ondas sísmicas com aproximadamente a mesma energia. As variações podem ser consideradas como resultantes de ajustes situacionais e mecânicos em um equipamento projetado para maximizar o ângulo dessa inclinação.

Não é essencial que a vazão seja completamente interrompida até zero, entre ciclos. A energia da onda sísmica depende da inclinação da fatia de rampa (64), e um pequeno vazamento residual não iria afetar isto. Por outro lado, diferenciais de pressão de 1000 psi, mesmo uma fenda residual

mínima, podem permitir uma considerável vazão e o vazamento não seria tão grande, para interferir na capacidade do equipamento em estabelecer e manter uma elevada pressão a montante da corredeira justamente antes deste ser aberto.

5 Supõe-se que a fenda (25) se abra primeiro em um ponto particular na circunferência da mesma, ao passo que outros pontos na circunferência da fenda ainda estão em contato. Em seguida abrirão progressivamente outros pontos em volta da circunferência da fenda até que finalmente nenhuma parte da circunferência esteja em contato. Com precisão
10 razoável de fabricação, supõe-se que a abertura progressiva ou gradual esteja concluída bem antes de ser atingida a fenda G-20% (ponto 65 na Fig. 7).

 Conforme mencionado, o diâmetro (40) da vedação de equilíbrio deve ser igual a, ou apenas discretamente superior ou inferior ao diâmetro vedado da vedação de fenda (73), ou seja, o diâmetro onde a face de vedação
15 (34) fica em contato com a face de assento (35). Quando o diâmetro da vedação da fenda for aproximadamente de doze cm, naturalmente não pode ser esperado que o solenóide (38) possa aplicar uma força suficiente para abrir a fenda contra a força resultante dessa pressão aplicada à área total da corredeira. Pode-se esperar que os solenóides forneçam não mais que
20 aproximadamente 1000 N, tipicamente, ao passo que a força gerada por um diferencial de pressão situada na faixa de 5 MPa, agindo através de um diâmetro de doze cm, é de várias toneladas. Essa é a razão de a corredeira ser montada entre vedações de diâmetro balanceado. Assim sendo, a vedação (40) é uma vedação de balanceamento, que equilibra ou quase equilibra a
25 vedação de fenda (73). O espaço (50) é parte de, ou se comunica, com, a câmara (23), sendo que o diferencial de pressão hidráulica é o mesmo ao longo da vedação de fenda (73) como ao longo da vedação de balanceamento (40).

 Se a vedação de balanceamento (40) e a vedação da fenda (73)
30 fossem do mesmo diâmetro, a pressão hidráulica não exerceria força

direcionadora sobre a corrediça. Se o diâmetro da vedação de balanceamento (40) for discretamente inferior ao diâmetro da vedação da fenda (73), a pressão hidráulica exercerá uma força total tendendo a forçar a corrediça em direção ao estado aberto; se o diâmetro da vedação de balanceamento (40) for discretamente superior ao diâmetro da vedação da fenda (73), a pressão hidráulica exercerá uma força total tendendo a forçar a corrediça em direção ao estado fechado. Conforme mencionado, é preferível conduzir a corrediça em direção ao estado aberto.

Mesmo a força sobre a corrediça (24) sendo pequena quando a vedação de balanceamento (40) e a vedação de fenda (73) estão (quase) equilibradas, a vedação de balanceamento ainda exerce uma grande fricção de vedação que se opõe ao movimento da corrediça. A extensão da fricção de vedação, nos diferenciais de pressão maiores, pode ser da ordem de alguns kN (sendo a fricção de vedação proporcional à pressão aplicada). Por este motivo, a extensão da força de direcionamento fora de equilíbrio (atribuível à diferença de diâmetro entre a vedação de fenda (73) e a vedação de balanceamento (40)) pode ser planejada vantajosamente para superar a fricção de vedação inerente da vedação de balanceamento (40) a elevados diferenciais de pressão ou para contribuir substancialmente para superar a fricção de vedação, tendo em mente que as molas (39) também contribuem para a superação da fricção de vedação. Uma função-chave do equipamento, conforme aqui descrito, é fazer com que a corrediça (24) abra muito rapidamente, e as elevadas forças de fricção atribuíveis à vedação de balanceamento (40) vão contra essa função.

O projetista pode preferir tomar medidas para reduzir a fricção de vedação. Por exemplo, a vedação de balanceamento pode ser feita de material de baixa fricção, como PTFE (teflon). Pode ser difícil assegurar que tais materiais façam uma vedação absolutamente segura a diferenciais de pressão muito baixos, mas isto não é demasiadamente importante neste caso, uma vez que não é exigido que a vedação de balanceamento, como a vedação de

fenda, vede completamente quando fechada.

Pode ocorrer que uma vedação forçada a se mover sob pressão, mesmo por uma pequena distância como sete ou oito mm, a cada poucos segundos, tenha vida útil reduzida. No entanto, o período de vida da vedação
 5 de balanceamento (40), planejada da maneira mostrada, pode ser adequada, uma vez que a vedação não esquenta, sendo enxaguada com o líquido (frio) que chega a cada ciclo.

Medidas adicionais para reduzir a fricção da vedação podem ser consideradas pelo projetista. Afora o uso de materiais de baixa fricção, outra
 10 medida é aquela ilustrada na figura 12. Aqui, a vedação de balanceamento toma a forma de uma folga apertada entre uma luva (74) da corrediça móvel (75) e um diâmetro correspondente (76) ao do componente fixo (78) do equipamento. A folga apertada se estende através de uma longa distância axial. Uma vedação desse tipo naturalmente não tem capacidade para vedar
 15 cem por cento - mas isto não é exigido. A exigência é prover um diferencial de pressão de p.ex. 5 MPa que seja obtido por um período de um segundo ou dois – podendo-se esperar que isso possa ser obtido por meio de uma folga apertada longa.

Outra diferença entre o equipamento ilustrado na figura 12 e
 20 aquele ilustrado p.ex. na figura 1 é que, na figura 12, as bobinas de solenóide (79) se movem junto com a corrediça ao passo que o núcleo (80) permanece estacionário. A parte (82) do núcleo entre as bobinas é feita de ferro magnético, ao passo que as partes do núcleo (80) fora da parte (82) são, como o restante dos componentes metálicos do equipamento, de aço inoxidável
 25 (não magnético).

Uma desvantagem em ter as bobinas se movendo é que os condutores e cabos que conduzem eletricidade aos solenóides, têm que suportar o movimento. Porém, o movimento não é amplo. Uma vantagem é que não há necessidade da construção de raios, como nas figuras 1 a , 3, onde
 30 há necessidade de raios radiais para formar uma ponte estrutural, através da

corrediça que se movimenta, entre o núcleo central (43) estacionário e os componentes anulares estacionários (48), (50).

No equipamento ilustrado na figura 12, não há presença do estrangulador e da válvula de retenção conforme ilustrado na figura 1. Assim sendo, o injetor da Fig. 12 não é adequado para uso em tandem com outros dispositivos no mesmo furo de sondagem de poço, onde o líquido a ser injetado é passado de injetor para injetor.

Em uma outra alternativa (não ilustrada), o projetista pode preferir projetar os solenóides de dentro para fora, ou seja, com suas bobinas localizadas dentro de um núcleo tubular magnético: neste caso, não são necessários raios de ponte, e os fios elétricos não precisam suportar movimento.

Em outro equipamento alternativo é previsto, que tanto a face de vedação como o assento ficam dispostos sobre componentes, e ambos se movimentam axialmente com relação à carcaça do equipamento, que não se movimenta. Assim sendo, com a válvula sendo acionada para abrir, a face de vedação é impulsionada para baixo enquanto o assento é impulsionado para cima (ou vice-versa). Pode ser previsto que um componente seja fixado e se mova com o núcleo do solenóide, e o outro componente seja fixado na e se mova junto com a bobina do solenóide. Alternativamente, e conforme ilustrado no equipamento (100) mostrado na Fig. 15, são utilizados quatro solenóides: o solenóide superior de abertura (101), o solenóide superior de fechamento (103), o solenóide inferior de abertura (105); e o solenóide inferior de fechamento (107). A finalidade, neste caso, é que o movimento total entre fechado e plenamente aberto seja compartilhado entre dois componentes móveis, onde o tempo total necessário para ir do estado fechado até o estado plenamente aberto poderia ser dividido pela metade, pelo menos teoricamente. No entanto, a estrutura do equipamento, neste caso, é bem um tanto mais complexa e mais suscetível a danos. Podemos observar que na figura 15 não há provisão de molas, ou seja, os movimentos do assento de

válvula (109) e da face de válvula (110) são controlados somente por solenóides. Tanto os componentes móveis superiores e inferiores (109), (110) são fornecidos com vedações de balanceamento (112), (114). Condutores elétricos para os dois solenóides inferiores (105), (107) passam através de um furo central (116) (a exemplo de outros conectores de serviço, quando necessário). (A Fig. 15 não está diametralmente em escala)

É descrita a seguir outra medida para possibilitar que a corredeira se mova do estado fechado para o estado aberto bem rapidamente. Esta medida envolve uma conexão de movimento perdido entre o componente que responde diretamente às forças magnéticas criadas pelos solenóides e a própria corredeira. Na Fig. 13, o núcleo móvel (83) não é fixamente ligado à corredeira (84); em vez disso, um ressalto (89) da corredeira (84) pode se mover entre as faces superior e inferior de encosto (85), (86) do núcleo. A Fig. 13 mostra a posição em que o solenóide superior de fechamento é energizado e está sustentando a corredeira na posição fechada, a vedação da fenda (87) sendo fechada.

Quando então os solenóides são comutados a jusante, somente o núcleo (83) se move primeiramente a jusante - sendo o movimento do núcleo impulsionado tanto pelo solenóide de abertura como pelas molas de direcionamento. Neste momento, o movimento do núcleo 83 não é impedido por fricção de vedação sobre a vedação de balanceamento (40), de modo que o núcleo (83) pode acelerar muito rapidamente a jusante. Porém, inicialmente é suficiente a fricção de vedação para impedir o movimento da corredeira (84) a jusante: a única força impulsionando a corredeira a jusante neste momento é a força fora de equilíbrio atribuível à diferença entre o diâmetro do assento de balanceamento (40) e o diâmetro da vedação de fenda (87), e o projetista pode facilmente fazer com que esta força seja menor que a fricção de vedação.

Assim sendo, devido à conexão de movimento perdido, a corredeira (84) não começa a se mover a jusante até que a face de encosto (85)

bata contra o ressalto (89) da corrediça (84). Neste momento, o núcleo está pronto para velocidade máxima e, por conseguinte, acrescenta seu impulso à força disponível pelo do solenóide inferior de abertura (88) e pelas molas, para acionar a corrediça. O resultado é que a corrediça agora acelera habilmente da posição fechada para a posição aberta. Um benefício do arranjo da Fig. 13 é que os componentes pesados começaram a se mover e já se deslocam com muita rapidez quando baterem contra a corrediça, forçando a liberação da vedação de balanceamento. Isto quer dizer, que todos os fatores que inibem a aceleração, como histerese indutiva das bobinas, absorção de folga, inércia de peças pesadas, elasticidades de baixo índice e similares, já foram superados antes da própria vedação começar a se abrir.

Conforme ilustrado na figura 1, quando a corrediça (24) é movida a montante até o estado fechado, ela entra em contato com o assento de fenda (35) numa base metal-metal. Este contato tende a ser bastante forçado e, uma vez que o contato a martelamento é tipicamente repetido a cada poucos segundos (provavelmente inclui batimentos / recuo), pode ocorrer de as faces de contato serem desgastadas durante um longo período de serviço. As figuras 14a, b mostram o uso de um bloco de vedação de elastômero (90). Quando a corrediça fecha contra a face de assento (35), muito do impacto de martelo é absorvido graças à natureza elástica do material.

Podemos observar também nas figuras 14a, b, que uma vez mais há uma conexão de movimento perdido entre o núcleo de solenóide (92) e o bloco de vedação (90), embora agora a corrediça (93) permaneça fixa no núcleo (92) (por meio do pino de rolete 94), e apenas o próprio bloco de vedação (90) desliza com relação ao núcleo (92). Assim sendo, a massa principal do núcleo (92) e da corrediça (93) já se encontra em movimento e acelerando antes de a corrediça (93) bater e pegar o bloco de vedação (90). Uma vez mais, tendo em vista que há uma conexão de movimento perdido em que a própria vedação permanece fechada por um momento após o núcleo ter iniciado o movimento, o diâmetro da vedação de balanceamento (40) deve ser

discretamente superior ao diâmetro da vedação de fenda, a fim de assegurar que a vedação de fenda fique fechada até que o bloco de vedação (90) seja apanhado e jogado a jusante pela corredeira (93).

Conforme já mencionado, uma função fundamental do equipamento aqui mencionado, é de prover um aumento bem rápido da vazão do líquido injetado. Quanto mais acentuada a inclinação do gráfico da Fig. 7, maior será a energia na onda sísmica projetada para fora do furo de sondagem do poço e para dentro da formação ao redor, e tem sido descrito como os vários fatores podem aumentar esta inclinação. A fim de tornar a abertura de alta velocidade não apenas possível, mas de repetição confiável em alguns segundos por um prolongado período de ciclos, verificou-se que a fenda da válvula deve apresentar preferivelmente o maior diâmetro possível, para maximizar a área de transferência de fluxo para um dado curso axial.

Por este motivo, preferivelmente não devem existir componentes funcionais do equipamento injetor, que se encontrem ou se estendam radialmente para fora do diâmetro da fenda. Este modo preferido pode ser qualificado e esclarecido conforme a seguir. Nos equipamentos ilustrados, o diâmetro externo da corredeira (24) é discretamente inferior ao diâmetro total do corpo externo (36) - sendo ligeiramente menor para que a corredeira (móvel) (24) possa ser protegida contra impactos nas paredes do tubo de revestimento (27) ao descer pelo furo de sondagem do poço. Mas, afora isso, a corredeira (24) e a fenda (25) apresentam a maior medida diametral possível.

Assim sendo, quando o equipamento injetor apresenta um diâmetro total p.ex. de treze centímetros, o diâmetro de engate de vedação / assento da fenda deve ser preferivelmente não inferior a aproximadamente doze cm. Naturalmente, precisa haver metal diametralmente fora do diâmetro de vedação, para dar estrutura às superfícies de vedação, mas preferivelmente o projetista deve verificar se nada mais se encontra fora das vedações e, particularmente, que não haja funções de movimento relativo exercidas por componentes, ou partes de componentes, que se encontram diametralmente

fora das vedações.

Assim sendo, a fenda (25) deve ser, preferivelmente, diametralmente o mais amplo possível, tendo em vista as restrições mecânicas da estrutura. Se o projetista pretender tornar as vedações maiores possíveis no equipamento, e dentro dos limites estabelecidos pelas necessidades estruturais inevitáveis, basta apenas fazer com que os diâmetros das vedações sejam inferiores a dez milímetros dentro do diâmetro total do equipamento que descera pelo furo de sondagem do poço. (Habitualmente, o diâmetro da vedação pode ficar dentro de cinco milímetros do diâmetro total.)

Assim sendo, quando o diâmetro total for de treze cm, os diâmetros das vedações poderão ser de doze ou $12\frac{1}{2}$ cm. Com esses diâmetros, pode-se obter uma abertura axial adequada para a fenda, se a correção se mover em cerca de sete ou oito milímetros.

Conforme mencionado, qualquer um dos diâmetros de vedação (ou seja, a vedação da fenda da válvula e a vedação de balanceamento) poderá ser maior, dependendo se o projetista pretende interferir na correção para abrir ou fechar. Preferivelmente, não deve haver nada a mais na estrutura do equipamento injetor fora do diâmetro da vedação máxima, a não ser o mínimo de estrutura física necessário para suportar a vedação propriamente dita. Assim sendo, quando a vedação de balanceamento for a maior, e a vedação de balanceamento for de um tipo que exija uma ranhura para alojar a vedação propriamente dita, a ranhura da vedação deverá ser cortada no componente macho e não no componente fêmea. Se a ranhura da vedação for cortada no componente fêmea, este, que se encontra fora do diâmetro da vedação, deve ser radialmente mais espesso, o que limita o diâmetro da vedação de balanceamento.

De forma geral, a diferença entre o diâmetro entre a vedação da fenda de válvula e o diâmetro da vedação de balanceamento é inferior a um milímetro. Mesmo esta diferença pode ser grande demais, dado que com um diâmetro de doze cm e através de uma largura anular de um milímetro, um

diferencial de pressão de cinco MPa representa uma força de 1885 N - o que pode ser mais do que a força que pode ser convenientemente suportada pelo solenóide de abertura – sendo que pelo menos nos diferenciais de pressão maiores, a diferença no diâmetro efetivo de vedação entre a vedação da fenda e a vedação de balanceamento não deverá ser superior a $\frac{1}{2}$ mm. O projetista precisa, naturalmente, prover um solenóide de abertura com capacidade de força suficiente para abrir a válvula sob as condições mais prováveis de serem encontradas durante o uso; ou então o projetista deve adequar as condições de uso à força disponível do solenóide.

As figuras 16a, 16b mostram outra variante. No equipamento ilustrado nestes desenhos, a corrediça (120) é acionada para se mover através do motor de solenóide (121). Na posição fechada ilustrada na Fig. 16a, o solenóide (121) mantém a corrediça (120) na sua posição A MONTANTE. A face de válvula (123) na corrediça (120) fica então em contato vedante com o assento de válvula (125) na carcaça (127). É provido um anel "O" (129) para assegurar a eficácia de toda vedação da válvula (130).

A corrediça (120) inclui também uma vedação de balanceamento (132), compreendendo uma face de balanceamento (134) na corrediça (120) e uma vedação de balanceamento (136) na carcaça (127). Uma vez mais, é provido um anel "O" (138) para assegurar a eficácia de toda vedação da válvula (132).

No momento em que a vedação de válvula (130) abre, a vedação de balanceamento (132) abre também, mais ou menos simultaneamente. Por este motivo, o anel "O" de balanceamento (138) não fica sujeito a ser arrastado através de uma superfície metálica. No decorrer de um longo período de serviço, isso reduz um desgaste abrasivo e fricção da vedação.

Os desenhos das figuras 16a, 16b são esquemáticos e não mostram detalhes das estruturas reais. Obviamente, o projetista precisa providenciar para que as estruturas sejam fabricadas em componentes separados, que possam ser montados para formar um conjunto. No entanto, entende-se que o

assento de válvula (125) e o assento de balanceamento (136), mesmo que fosse possível fabricar estes assentos com a mesma peça individual de material conforme ilustrado esquematicamente (o que, naturalmente, não é fisicamente possível), provavelmente enfrentarão problemas de tolerâncias de fabricação e problemas para assegurar a concentricidade e esquadria das
 5 várias faces e assentos. Deve ser observado que esses problemas surgirão ou poderão surgir em algumas das outras variantes de configuração, podendo ser tomadas então medidas equivalentes, conforme aqui descrito.

A face de válvula (123) e o assento de válvula (125) da vedação
 10 de válvula (130) se encontram nominalmente em um plano perpendicular ao eixo da carcaça cilíndrica (127). É importante que a face de válvula (123) e o assento de válvula (125) fiquem em contato apropriadamente em volta de toda circunferência. Se a face e o assento estiverem em contato no lado norte de sua circunferência e assim mesmo deixarem um vão no lado sul, p.ex.
 15 devido à formação de pequenos desalinhamentos, a função da vedação de válvula (130) ficará comprometida, talvez até a ponto de tornar impossível o estabelecimento de um diferencial de pressão suficiente através da vedação de válvula, a fim de assegurar uma intensa onda sísmica de elevada energia. Para neutralizar essa possibilidade, a corrediça (120) tira sua concentricidade
 20 da vedação de balanceamento (132) na posição mostrada na figura 16a a corrediça (120) pode balançar (discretamente) em sentido angular dentro da vedação de balanceamento (132) e assim a corrediça (120) pode repousar, quando forçada a montante na posição fechada, com a face de válvula (123) perfeitamente plana ("flat-against-flat") sobre o assento de válvula (125). A
 25 corrediça (120) deve ficar suficientemente solta sobre o núcleo (140) da carcaça (127) para que possa balançar o suficiente para acomodar todos os desalinhamentos, que provavelmente serão encontrados. Dado que as faces metálicas podem ser verdadeiramente planas, o projetista poderá dispensar o anel "O" (129), embora seja prudente mantê-lo. Da mesma forma, poderá ser
 30 dispensado o anel "O" (138) na vedação de balanceamento (132), porém é

prudente mantê-lo. Pelos motivos acima mencionados, a vedação de balanceamento (132) deve ter o mesmo ou quase o mesmo diâmetro de vedação da vedação de válvula (130).

É provido um amortecedor em forma de anel "O" (141), para absorver parte do impacto da corrediça (120) sendo atirada contra a carcaça (127). Alternativamente, pode ser provido um amortecedor hidráulico, p.ex. do tipo convencional usado em aríetes convencionais hidráulicos ou pneumáticos para absorver o choque do pistão golpeando solidamente contra a extremidade do cilindro.

No ambiente de descida do furo, o espaço diametral é escasso, mas habitualmente o projetista pode, a seu critério, ocupar qualquer espaço axial desejado. Assim sendo, se o projetista desejar aumentar a força do solenóide, há uma limitação diametral muito estrita além da qual o solenóide não pode ter o diâmetro aumentado, porém o comprimento axial do solenóide pode ser aumentado (ou outros solenóides podem ser acrescentados em um ângulo longitudinal) quase aleatoriamente.

A maneira pela qual o projetista pode fazer o melhor uso do formato do espaço disponível será agora descrita com referência à figura 17. Uma vez mais, este desenho mostra uma vista esquemática de um injetor, do qual muito dos detalhes práticos foram omitidos.

Sabe-se que ao tentar maximizar a dimensão de energia que pode ser focalizada para dentro das ondas sísmicas, o projetista deve procurar fazer o melhor uso dos confinamentos atribuídos pela geometria do formato do furo em descida. Espaços radiais ou diametrais são extremamente escassos e devem acomodar absolutamente tudo, incluindo estrutura mecânica, tubos, fios, e condutores. O formato do furo de sondagem do poço, dentro do qual a estrutura de fundo de poço precisa caber, é naturalmente um cilindro longo / estreito e reto, talvez com algumas distorções.

O projetista de um equipamento a ser baixado através do furo de sondagem do poço verá de forma generalizada que o equipamento (145) é

reto / cilíndrico, de um diâmetro total inferior ao do revestimento do furo de sondagem do poço BCD. Dentro deste confinamento, o projetista deve maximizar o diâmetro externo OD do equipamento. Muitas vezes, um equipamento pode não ser totalmente circular, podendo ter cabeças de parafuso sobressalentes ou semelhantes. Na figura 17, o diâmetro total OD em cm deve, pois, ser considerado como o diâmetro do cilindro que circunscreve o equipamento 145. Este círculo circunscrito tem uma circunferência de OC cm, e a área incluída dentro do círculo tem uma área de OA cm².

Líquido é alimentado a jusante a partir de uma fonte de pressão ou reservatório na superfície (não ilustrado na figura 17), para um reservatório próximo à válvula (147). O reservatório é carregado com a pressão graças a um corpo de nitrogênio comprimido em um acumulador (149), que também é alimentado e controlado a partir da superfície. O reservatório próximo à válvula tem uma área de corte transversal (relativamente ampla) RA de cm².

Do reservatório próximo à válvula (147), o líquido circula através de um conduto (150), em direção à fenda de válvula (152). Habitualmente, o conduto (150) não será de uma área de corte transversal constante e uniforme, pois o conduto poderá incluir a configuração de raios abertos, com janelas e passagens de vários perfis e tamanhos como descrito com relação a outras variantes de configuração. A área de seção transversal do conduto CA cm² deve ser medida como a área mínima de seção transversal que conduz o fluxo de passagem, que é encontrada pelo líquido na medida em que este passa ao longo do comprimento CL do conduíte, entre a (maior) área de reservatório RA cm² e a fenda de válvula (152). Preferivelmente, o conduto deve ser curto, ou seja, menor que dez vezes o diâmetro total OD da estrutura que desce até o furo de sondagem do poço.

Na fenda de válvula (152), a face de válvula (154) na corrediça (156) e o assento de válvula (158) na carcaça (160) são completamente cônicos. Pressupõe-se que, na posição fechada, a face de válvula (154) e o

assento de válvula (158) entrem em contato de ação vedante, através de uma área de contato anular. A localização dos pontos centrais da área anular de contato a cada raio em volta da área anular de contato, define uma circunferência de vedação da fenda de válvula VGSC cm, apresentando um diâmetro VGSD cm e uma área VGSA cm².

Na figura 17 não aparece ilustrada uma vedação de balanceamento, mas habitualmente é necessário prover uma vedação de balanceamento, como nos outros equipamentos aqui ilustrados. A vedação de balanceamento tem um diâmetro de vedação e um BSA de área de vedação, computados de maneira similar.

Na posição aberta, conforme ilustrado na Fig. 17, a corredeira (156) foi movida para baixo por um comprimento de fenda de válvula axial de VGL cm. A fenda totalmente aberta resultante apresenta uma abertura de garganta da fenda de válvula VGTO cm. A área de passagem do fluxo circulante da garganta da fenda de válvula VGTA é definida como $VGTA = VGTO \times VGSC \text{ cm}^2$.

Debateremos agora os valores dos parâmetros acima e a relação entre os mesmos, quando o equipamento tiver sido construído para a adição de um componente sísmico de elevada energia a um pulso volumétrico em massa.

É importante a relação entre a circunferência da vedação da fenda de válvula VGSC cm e a circunferência do círculo de circunscrição OC cm. O projetista deve fazer com que o VGSC seja o maior possível, tendo em vista as restrições do formato cilíndrico global. Habitualmente é suficientemente fácil projetar o equipamento de tal maneira, que VGSC seja superior a 90% de OC. Se VGSC for inferior a 85% de OC, isto é menos preferido. E se o projetista tiver planejado um VGSC inferior a 75% de OC aproximadamente, isso indicará que o projetista não procurou fazer o melhor e mais eficiente uso da geometria disponível para prover um componente sísmico energético. Ilustraremos a seguir estas percentagens através de um exemplo: em um

equipamento com um OD de 127 mm (OC=399 mm), o diâmetro de vedação da fenda de válvula VGSD deve ser de 75% ou mais, ou seja, deve ser de 71 mm (VGSC=223mm) ou mais. Preferivelmente, o VGSD deve ser de 85% ou mais de OD, ou seja, deve ser de 96 mm (VGSC=302mm) ou mais. Em um exemplo particular, o VGSC era de 98 mm.

Outra relação de importância é aquela entre a área da garganta da fenda de válvula VGTA cm² e a área de conduto CA cm². Dado que o líquido tem de passar ao longo do conduto (150) em seu trajeto em direção à fenda de válvula (152), não há necessidade de projetar a fenda de válvula com uma área de garganta superior a CA cm². De fato, se a área física efetiva da garganta da fenda de válvula for superior a CA, para os propósitos destas relações, o VGTA será considerado igual a CA - ou seja, se VGTA exceder CA, o excedente será ignorado. (É notado que a discussão acima, do período de tempo de G-20% a G-80% se relaciona os números de G-20% e G-80% a uma área de garganta de fenda de válvula de G-100%. Nesse cálculo, a fenda de válvula G-100% é igual à efetiva fenda de válvula plenamente aberta, a não ser que a área de garganta de fenda de válvula nesta posição plenamente aberta exceda a área do conduto, caso em que a fenda de válvula plenamente aberta G-100% é considerada a fenda na qual a área da garganta da fenda de válvula é igual a CA.)

No entanto, tendo em vista que o comprimento do conduto CL é maior que o comprimento da garganta de válvula (e visto que essa resistência de fricção ao fluxo do líquido é proporcional ao comprimento do conduto), o projetista deve, preferivelmente, projetar o CA um pouco superior ao VGTA, sendo sugerido que a fenda de válvula e a área de conduto sejam projetadas juntas, para que CA cm² seja cerca de 20% maior que VGTA cm². Assim sendo, o projetista deve procurar, primeiramente, maximizar a área de conduto CA cm² e depois projetar VGTA para acompanhar a mesma. Se o conduto tiver de ser comprido e tortuoso, CA deverá ser aproximadamente 30% maior que VGTA. Se o conduto for curto e reto e aberto (conforme

ilustrado esquematicamente na Fig. 17), o projetista provavelmente projetará CA cerca de 10% maior que VGTA.

Naturalmente, o projetista não deve projetar a área da garganta da fenda de válvula pequena demais, senão não seria possível tirar uma grande vantagem da capacidade de um amplo conduto, obtida a duras penas, em transportar grande vazão de líquido. Assim sendo, VGTA não deve ser inferior a 40%CA como limite inferior e preferivelmente VGTA não deve ser inferior a 50%de CA cm².

Outra relação de importância é aquela entre a área da garganta da fenda de válvula VGTA cm² e a área total OA cm² dentro do círculo circunscrito. Um projetista visando maximizar a energia dos componentes sísmicos de ciclos de pulso deve ser capaz de projetar um VGTA superior a 20% de OA aproximadamente. Se VGTA estiver abaixo deste valor, isto será uma indicação de que o equipamento não foi projetado para fazer o melhor uso do formato cilíndrico do ambiente que desce ao furo de sondagem do poço, a fim de produzir ondas sísmicas de elevada energia.

Supõe-se que, se VGTA for superior a 20% de OA, o conduto também deve ser projetado para apresentar uma área CA cm² correspondentemente grande - conforme mencionado, não tendo a necessidade de VGTA ser superior a CA (e novamente, com a finalidade de calcular as relações de áreas de seção transversal que conduzem fluxo, se a efetiva fenda de válvula plenamente aberta for superior a CA, o VGTA no cálculo será considerado igual a CA cm².)

Isto nos leva a considerar outra relação de importância, ou seja, aquela entre a área de conduto CA cm² e a área total OA cm² dentro do círculo de circunscrição. Com todas as restrições de configuração quanto ao que tem de ser acomodado dentro da área total do equipamento, algumas vezes não é possível que o projetista possa prover uma área de conduto CA cm² superior a 50%de OA cm² aproximadamente. Embora levando em consideração a necessidade de atender a todos os demais requisitos

mecânicos do equipamento, o projetista deve objetivar uma área de conduto CA superior a 30% de OA cm^2 aproximadamente. Se o projetista prover um conduto com uma área CA inferior a 20% do OA aproximadamente, isto seria novamente uma indicação de que o projetista não estava procurando fazer o
5 melhor uso da geometria do espaço circundante ali disponível com a finalidade de maximizar a energia sísmica.

Ilustraremos estas percentagens através de um exemplo: em um equipamento com um OD de 127 mm, OA é de 127 cm^2 . Uma área de conduto CA de 25% de OA é de 31,7 cm^2 , e um CA de 35% de OA é de 44,3
10 cm^2 . Em um equipamento de 95 mm OD, OA é de 71 cm^2 . Um CA de 25% de OA é de 17,7 cm^2 e um CA de 35% de OA é de 24,8 cm^2 .

Novamente, o projetista deve observar as relações acima a fim de obter um componente sísmico energético. É de pouca utilidade prover uma válvula que abra com muita rapidez se, devido a outros ajustes, esta rapidez
15 de abertura no final não seja o fator crítico na determinação da vazão pela qual o líquido pode ser injetado para fora. Assim, o conduto (150) deve ser projetado para assegurar que o líquido possa circular para fora da fenda de válvula (152) com a maior velocidade possível.

Também, o reservatório próximo à válvula (147) deve ser
20 suficientemente grande e o acumulador (149) deve ser suficientemente resiliente, para manter diferenciais de pressão adequados ao longo de todo período em que houver descarga de líquido. Em outras palavras, a fenda de válvula de abertura rápida em si não é funcional - ela deverá ser assistida por um equipamento com a capacidade de transportar grandes volumes através da
25 fenda de válvula aberta a grande vazão. Sugerimos que o reservatório próximo à válvula tenha uma capacidade de pelo menos meio litro (para uso em perfurações de poço na faixa de 90 mm a 130 mm de diâmetro), conforme discutiremos a seguir.

Um equipamento com a capacidade para pulsação de ondulação
30 será tipicamente capaz de injetar vários litros de líquido por pulso (ou seja,

por ciclo). Tipicamente, este volume de carga de líquido é alimentado para baixo a partir de uma fonte de pressão ou reservatório na superfície (ou seja, um reservatório que não seja o reservatório próximo à válvula (147)). Porém, os condutos que descem da superfície são tipicamente estreitos e compridos demais para permitir velocidade suficiente de passagem que crie amplamente um pulso sísmico – razão pela qual é provido o reservatório próximo à válvula. (Naturalmente, se o conduto vindo do reservatório de superfície for de fato suficientemente largo, pode ser dispensado o reservatório próximo à válvula). Na maioria dos casos, o líquido a ser injetado com muita rapidez para criar um componente sísmico, no início da parcela de escape do ciclo de pulsação de ondulação, necessita ser armazenado perto da válvula e terá de ser conectado à válvula através de um conduto largo. Assim sendo, se existir um conduto próximo à válvula, os cálculos acima mencionados que se referem às várias dimensões do conduto aplicam-se ao conduto curto que conecta o reservatório, próximo à válvula, à fenda de válvula.

Conforme mencionado, o volume de líquido a ser armazenado no reservatório próximo à válvula não precisa ser a totalidade de vários litros de todo volume de carga por ciclo. O volume armazenado próximo à válvula precisa apenas ser suficiente para ativar a onda sísmica. O restante dos litros necessários para o volume de carga pode ser alimentado para baixo vindo da superfície de maneira habitual, com relativa lentidão. Assim sendo, o reservatório próximo à válvula deve ter, de preferência, uma capacidade de pelo menos meio litro.

A finalidade do acumulador com carga de gás (149) é manter elevada a pressão do reservatório próximo à válvula (147) durante a injeção rápida. Se for desejado, uma vez que o reservatório próximo à válvula tenha recebido um volume pleno de líquido, o nitrogênio pode receber um reforço de pressão ainda maior da superfície, imediatamente antes da abertura da válvula. Em seguida, após a onda ter sido criada, a pressão de nitrogênio pode ser aliviada, p.ex., durante uma parcela de escoamento retroativo do

ciclo, permitindo assim mais uma vez a reabastecimento do reservatório próximo à válvula. Para uma boa onda sísmica de elevada energia, a pressão no reservatório próximo à válvula deve ser de pelo menos um (de preferência dois) MPa acima da pressão dentro do solo. O reservatório / acumulador pode
 5 ser recarregado durante a parcela de escoamento retroativo do ciclo, para que o líquido armazenado sob alta pressão possa estar novamente pronto para criar nova onda sísmica no início da próxima parcela de escoamento para fora do ciclo.

Nos desenhos aparecem ilustrados solenóides como motores de
 10 acionamento para acionar o membro de válvula ou corredeira, mas outros tipos de motores potentes de acionamento podem ser usados em seu lugar. Em geral, também os detalhes caracterizados das várias configurações aqui ilustradas podem ser vantajosamente intercambiados nas outras configurações ilustradas; o que quer dizer, projetistas devem considerar as diferentes
 15 características como sendo intercambiáveis entre as várias configurações, salvo especificações contrárias.

Os equipamentos aqui descritos são projetados para uso (quando na escala adequada) em perfurações de poços na faixa de (30) cm para baixo até 3 cm. Os engenheiros no próprio local naturalmente precisam saber da
 20 profundidade em que perfurações de poços estão localizadas, e precisam providenciar para que a fenda de válvula fique alojada bem próxima àquela profundidade quando abrir. Se a válvula estiver distante demais do furo de sondagem, as ondas sísmicas poderão ser atenuadas demasiadamente para serem úteis. Também é importante que o volume de água dentro do furo de
 25 sondagem do poço, mas fora da estrutura que desce pelo furo de sondagem, seja mantido a um nível baixo. Se esse volume for grande demais, poderá ser dissipado dentro do furo de sondagem um volume excessivo da energia do pulso, sem passar pelas perfurações e para fora na formação em torno do furo de sondagem do poço. Assim sendo, o tamanho da estrutura que desce pelo
 30 tubo deve ser selecionado de forma a preencher quase que completamente o

furo de sondagem e os “obturadores” devem ficar alojados justamente em cima da estrutura que desce pelo tubo (e justamente em baixo da estrutura que desce pelo tubo, se esta também precisar ser fechada).

Foram usadas aqui as expressões ondas sísmicas e componentes sísmicos de ondas e pulsos e similares. Nesta especificação, a intenção é que estas expressões sejam entendidas como uma referência ao tipo de onda, e não ao tipo de perfis de ondas, que são induzidos no solo em torno de um furo de sondagem de poço, quando um volume armazenado de líquido sob alta pressão for liberado para dentro do solo muito rapidamente.

A fim de que estas ondas sejam eficazes para melhorar a condutibilidade do solo e para permitir que mais líquido seja injetado no solo, as ondas devem ter um conteúdo de energia suficientemente grande para serem detectáveis ou mensuráveis a uma distância radial de pelo menos cinco metros do furo de sondagem do poço. Espera-se que as ondas sejam detectáveis a uma distância muito maior que essa em muitos casos: mas se as ondas não podem ser detectadas à distância mínima mencionada de cinco metros, supõe-se que a onda seja fraca demais para proporcionar qualquer contribuição válida à melhoria da condutibilidade e injetabilidade de líquido no solo. Por exemplo, se o solo não estiver plenamente saturado de líquido, ou se o líquido não estiver coerente através de um amplo volume ao redor do furo de sondagem do poço, as ondas induzidas poderão não se propagar de uma maneira que valha a pena e que seja eficaz. Da mesma forma, se a velocidade de abertura da fenda de válvula for lenta demais, ou se o diferencial de pressão induzido, responsável por forçar o líquido para fora do furo de sondagem do poço, for pequeno demais, novamente a onda sísmica induzida pode não se propagar de uma maneira valiosa e eficaz.

REIVINDICAÇÕES

1) Equipamento para sobreposição de onda sísmica em um fluxo de líquido que está sendo injetado no solo ao redor de um furo de sondagem, caracterizado pelo fato de combinar os seguintes recursos:

- 5 o equipamento compreender um reservatório para armazenagem, sob pressão, do líquido a ser injetado no solo;
- o equipamento compreender uma estrutura de fundo de poço, apropriada para descida no furo de sondagem;
- a estrutura de fundo de poço apresentar uma circunferência total, sendo a
- 10 circunferência que circunscreve todas as partes da estrutura de fundo de poço.
- a circunferência total medir OC cm em comprimento, medido em um plano em ângulo reto em relação ao eixo do furo de sondagem;
- a estrutura de fundo de poço incluir uma válvula, provida de uma face de
- válvula em um membro de válvula, e um assento de válvula móvel em
- 15 relação ao membro de válvula;
- a válvula ser operável entre um estado fechado e um estado totalmente aberto;
- no estado totalmente aberto, a face de válvula ficar separada do assento de válvula e ficar distanciada dele por uma fenda de válvula;
- 20 no estado fechado, a face de válvula e o assento de válvula promoverem um contato vedante sobre uma área de contato anular;
- a linha de contato de vedação da fenda de válvula ser definida como a localização do ponto médio da dita área de contato anular em cada raio ao redor da linha de contato da vedação da fenda de válvula;
- 25 a linha de contato da vedação da fenda de válvula apresentar uma circunferência de vedação da fenda de válvula que mede VGSC cm; e
- VGSC ser mais amplo do que setenta e cinco por cento de OC, e preferivelmente mais amplo do que oitenta e cinco por cento de OC.

2) Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de:

- 30 a estrutura de fundo de poço ser estruturalmente adequada para ser abaixada

para dentro do furo de sondagem e de a estrutura de fundo de poço apresentar um perfil de seção transversal, projetado em ângulos retos em relação ao eixo do furo de sondagem, que se encaixa dentro de um cilindro reto que o engloba, com diâmetro menor do que o furo de sondagem; e

- 5 a circunferência total OC cm ser a circunferência do cilindro reto, que apresenta um diâmetro que mede OD cm, e uma área fechada que mede OA cm².

3) Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de: o equipamento incluir um conduto para o transporte de líquido desde o reservatório até a válvula;

o conduto apresentar uma área de corte transversal que mede CA cm²;

a área de conduto CA sq.cm ser definida como a menor área de corte transversal disponível para o transporte de líquido, conforme medido ao longo de todo o comprimento do conduto desde o reservatório até a fenda da válvula; e

CA cm² ser mais largo do que vinte e cinco por cento do OA cm².

4) Equipamento, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de: a fenda da válvula apresentar uma área de estrangulamento da fenda da válvula VGTA cm², sendo a área de seção transversal mínima da fenda da válvula, através da qual o líquido escoar ao passar desde o conduto, de dentro da fenda da válvula para fora da fenda da válvula; e

o menor do CA cm² e VGTA cm² ser superior a vinte por cento do OA cm², e preferivelmente superior a trinta por cento do OA cm².

5) Equipamento, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de CA cm², sendo a menor área de seção transversal do conduto em qualquer ponto ao longo do comprimento do conduto desde o reservatório até a válvula, ser maior do que VGTA cm², e preferivelmente superior a 110% do VGTA cm².

6) Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a estrutura de fundo de poço incluir uma carcaça fixa, e de o membro de

válvula compreender uma corrediça que pode deslizar axialmente dentro da carcaça, entre o estado aberto e o estado fechado, e de o equipamento incluir um motor de acionamento de válvula operável, que é eficaz, quando operado, para movimentar a corrediça.

- 5 7) Equipamento, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de: no estado fechado da válvula, o comprimento axial VGL da fenda da válvula ser zero, ou G-0% cm;

G-100% ser o menor entre: (a) o comprimento axial da fenda da válvula quando a válvula estiver em seu estado totalmente aberto; ou (b) o
10 comprimento axial da fenda da válvula em um estado parcialmente aberto no qual a área de estrangulamento da fenda da válvula é igual à área de conduto CA cm²;

em aberturas intermediárias da fenda da válvula, a fenda da válvula apresentar um comprimento axial de G-X%, onde X é uma porcentagem da
15 abertura entre G-0% e G-100%;

o motor de acionamento da válvula poder ser operado para dirigir a corrediça com uma rapidez tal de modo que a fenda da válvula mude de uma fenda G-20% para uma fenda G-80% em um intervalo T-(20)-80 inferior a cinquenta milésimos de segundos.

- 20 8) Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de : a estrutura de fundo de poço incluir uma carcaça fixa; a circunferência da vedação da fenda da válvula VGSC circundar uma área que mede VA cm²;

a estrutura de furo de sondagem incluir uma vedação de balanceamento, compreendendo uma face e um assento de balanceamento, sendo um dos
25 quais incluído na carcaça, e o outro incluído no membro de válvula;

no estado fechado da válvula, a face de balanceamento tocar o assento de balanceamento acima de uma área de contato de vedação de balanceamento anular;

- 30 uma linha de contato da vedação de balanceamento ser definida como a

localização de pontos médios da área de contato de balanceamento anular em cada raio ao redor da área de contato da vedação de balanceamento;

a linha de contato da vedação de balanceamento apresentar uma circunferência e a área contida dentro desta circunferência e exposta à pressão do líquido vindo do reservatório medir $BA \text{ cm}^2$;

a linha de contato da vedação de balanceamento ficar exposta à, e suportar a mesma pressão diferencial da linha de contato da vedação de balanceamento; e de

a área BA ficar dentro de cinco por cento da área VA ; sendo que

o membro de válvula, no estado fechado da válvula, estar sujeito a uma força total resultante da diferença na área entre BA e VA na direção de movimento da válvula entre o estado fechado e o estado totalmente aberto, não superior a cinco por cento da força da dita pressão diferencial atuante sobre a área VA .

9) Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de dita força total agir no sentido de impelir a válvula para sua posição fechada.

10) Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de dita força total agir no sentido de impelir a válvula para sua posição aberta.

11) Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o equipamento ser estruturado de tal forma que quando o estado da válvula muda de fechado para totalmente aberto, a face de balanceamento permanece em contato com o assento de balanceamento.

12) Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o equipamento ser estruturado de tal forma que, quando o estado da válvula muda de fechado para totalmente aberto, a face de balanceamento interrompe o contato com o assento de balanceamento, substancialmente simultaneamente quando a face de válvula interrompe o contato com o assento de válvula.

13) Equipamento, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o motor de acionamento da válvula incluir um solenóide aberto com uma tal estrutura que, quando energizado, o solenóide aberto impele o membro de

válvula do estado fechado para o estado aberto.

14) Equipamento, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de

o solenóide ficar fixado no interior da carcaça fixa;

5 o motor de acionamento da válvula incluir um núcleo, situado radialmente dentro do solenóide, e de o núcleo ser deslocável axialmente em relação à carcaça fixa.

15) Equipamento, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o motor de acionamento da válvula incluir um solenóide mais fechado com

10 uma tal estrutura que, quando energizado, o solenóide mais fechado impele o membro de válvula do estado aberto para o estado fechado.

16) Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a porção de fundo de poço do equipamento apresentar uma tal estrutura que o

15 equipamento fica substancialmente livre e desimpedido, ao redor e fora da fenda, de qualquer obstrução que, se presente, poderia obstruir a passagem de líquido vindo da fenda para fora no furo de sondagem.

17) Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de:

20 o equipamento incluir um conduto para transportar o líquido desde o reservatório até a válvula;

o conduto apresentar um comprimento que mede CL cm;

CL cm ser mais curto do que dez vezes OD cm

18). Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de :

25 o conduto ser formado dentro da carcaça fixa da estrutura de fundo de poço;

a corrediça incluir uma parte externa que se estende radialmente para fora do conduto e uma parte interna que se estende radialmente para dentro do conduto;

as partes externa e interna da corrediça serem unidas por raios; e

30 os raios se encontrarem nas respectivas aberturas dentro da carcaça fixa,

através das quais o líquido dentro do conduto pode passar livremente entre a parte externa e a parte interna da correção.

Reivindicação 18. Procedimento para injeção de líquido no solo em torno de um furo de sondagem, caracterizado pelo fato de incluir :

- 5 provisão de um equipamento que compreende um reservatório do líquido a ser injetado, e uma estrutura de fundo de poço disposta no furo de sondagem; sendo que uma estrutura de fundo de poço inclui uma abertura operável, através da qual o líquido pode escoar do equipamento, para fora do furo de sondagem, e para fora no solo que circunda o furo de sondagem;
- 10 realização do seguinte ciclo a uma frequência entre três vezes por segundo e duas vezes por minuto:
 - em uma parcela de escoamento, criando uma pressão positiva diferencial no equipamento, em que a pressão diferencial age no sentido de forçar o líquido dentro do furo de sondagem a passar para fora do furo de sondagem e no
 - 15 solo, em que a pressão positiva diferencial é suficientemente ampla e a parcela de escoamento do ciclo permanece suficientemente longa de forma que o volume de ondulações de no mínimo um litro do líquido passe para fora do furo de sondagem e no solo, a cada ciclo;
 - em uma parcela de refluxo do ciclo, reduzindo a pressão no equipamento de
 - 20 modo suficiente para criar uma pressão negativa diferencial no líquido fora do furo de sondagem, que age no sentido de forçar o líquido fora do furo de sondagem em direção ao furo de sondagem;
 - armazenamento de líquido à montante da abertura, sob uma elevada pressão, com a abertura fechada, e, no início da parcela de escoamento do ciclo,
 - 25 repentinamente abrindo a abertura, liberando assim o líquido armazenado, através da abertura e dali para o solo ao redor do furo de sondagem;
 - onde a dimensão da pressão elevada, e a velocidade de liberação do líquido pressurizado através da abertura, são suficientes para ocasionar uma onda sísmica a ser propagada no e através do solo ao redor do furo de sondagem,
 - 30 sendo uma onde de energia suficiente para que uma interferência atribuível à

onda possa ser medida a uma distância radial de no mínimo cinco metros do furo de sondagem.

- 20) Procedimento, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de incluir a descida da estrutura de fundo de poço para dentro do furo de sondagem, a qual apresenta perfurações no tubo de revestimento do mesmo, a
5 uma tal profundidade para dentro furo de sondagem que a abertura fica alinhada às perfurações.

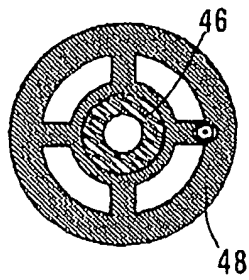


Fig 2 (B-B)

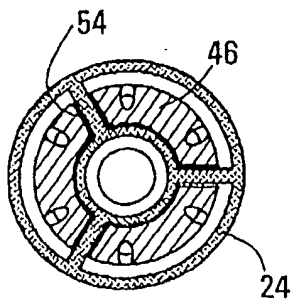
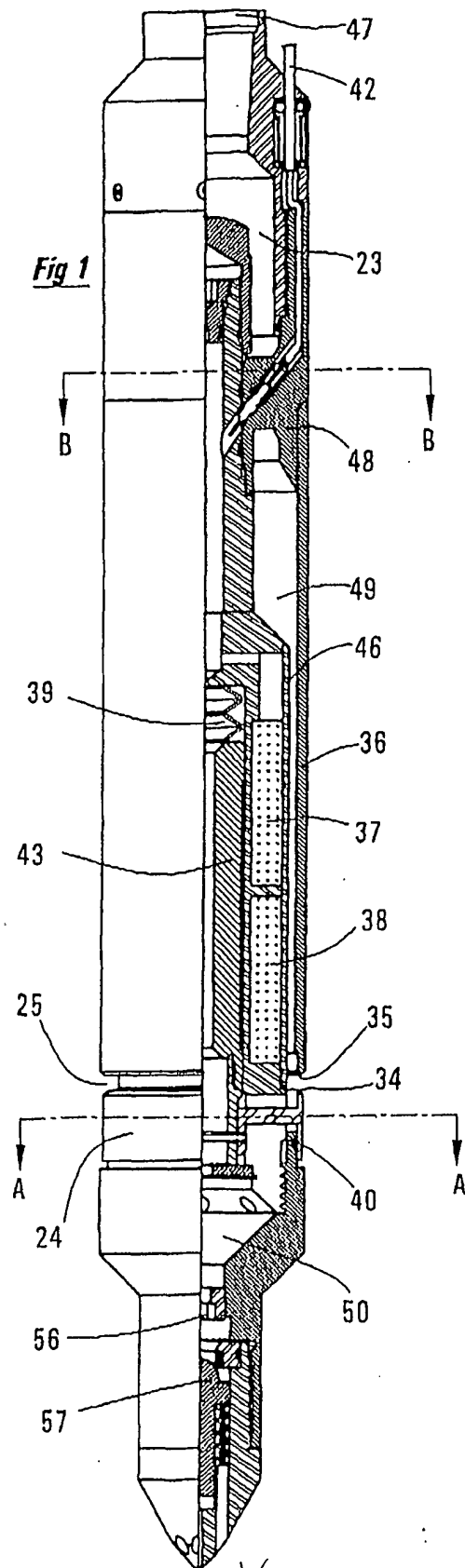
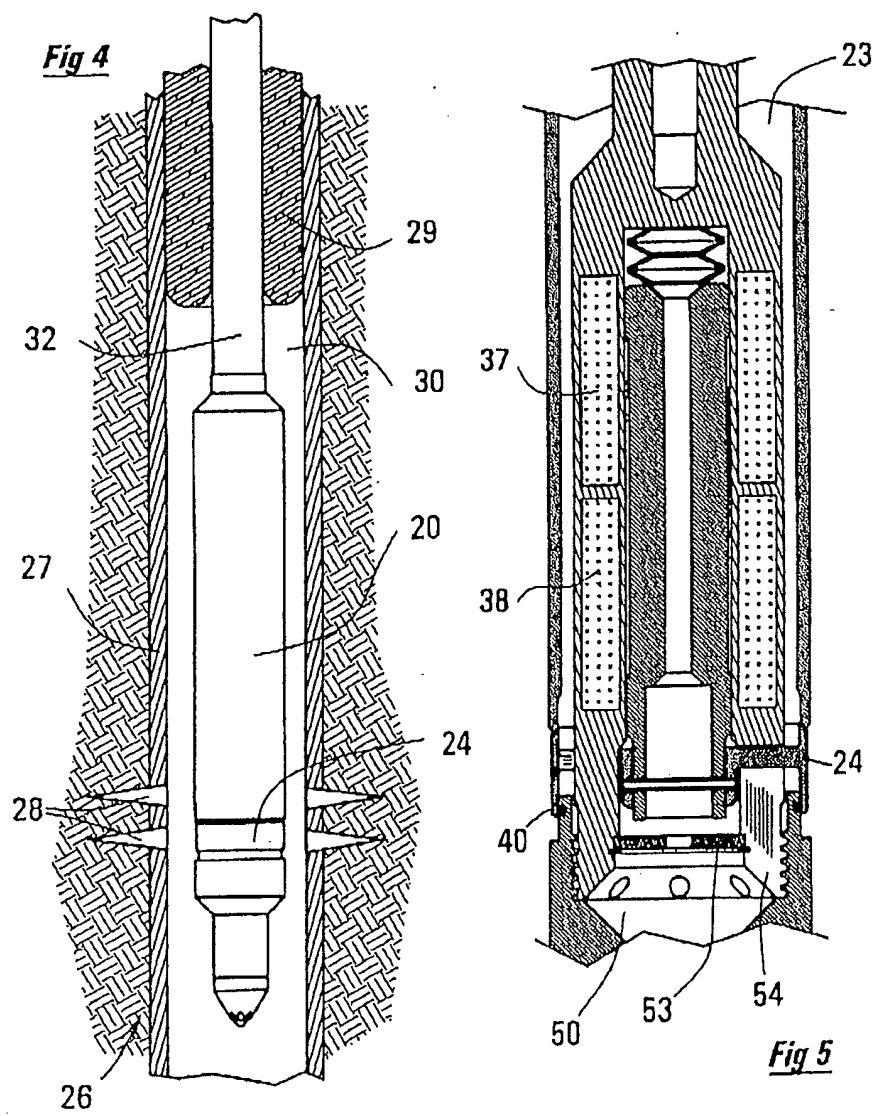
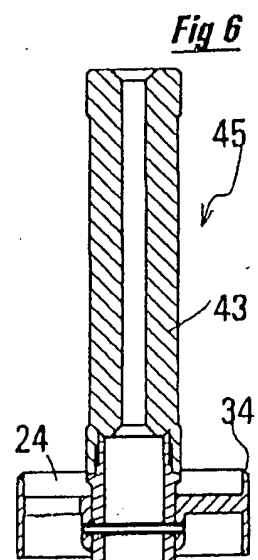
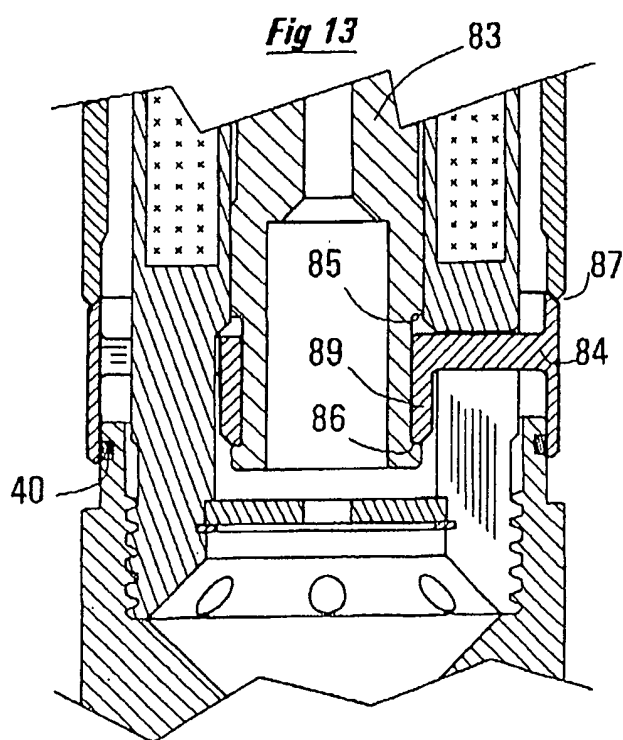
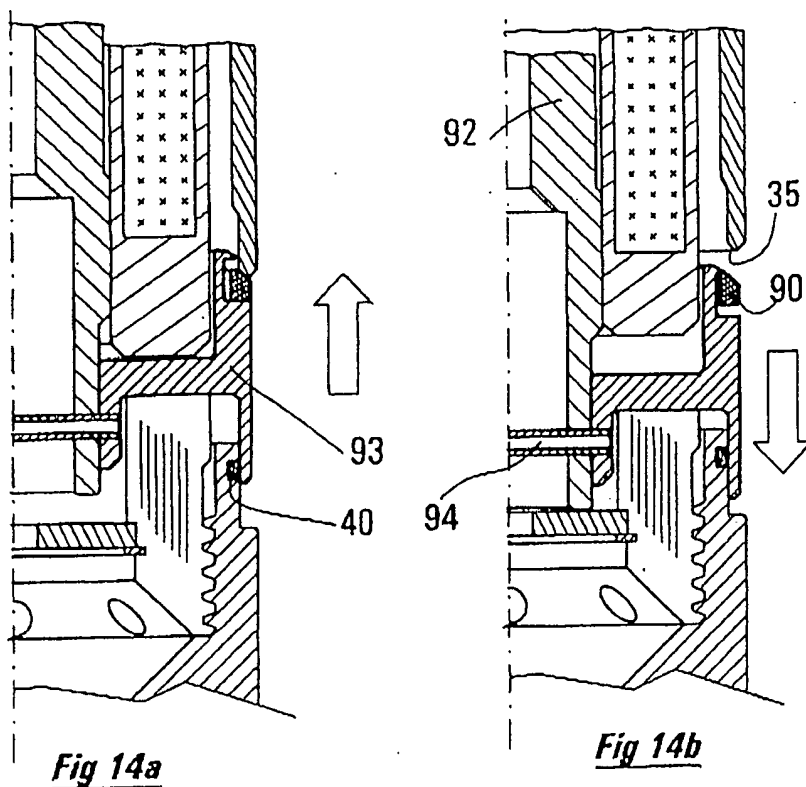
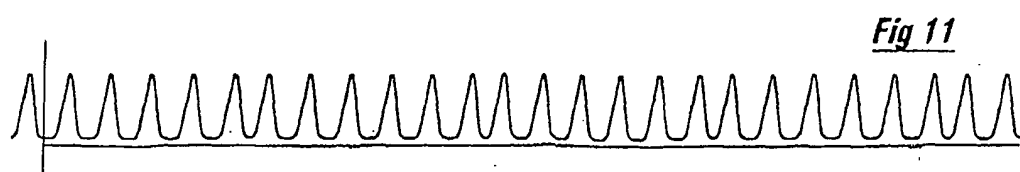
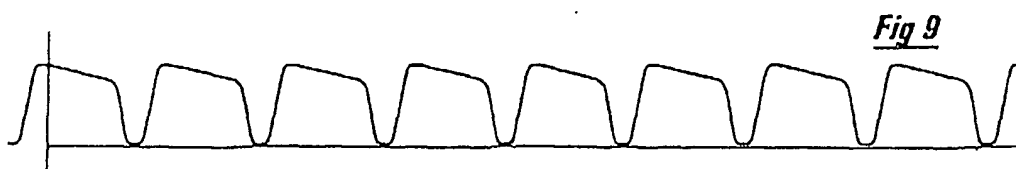
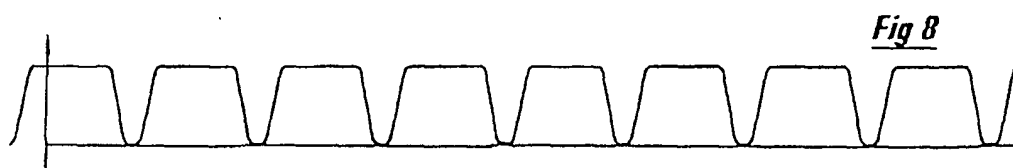
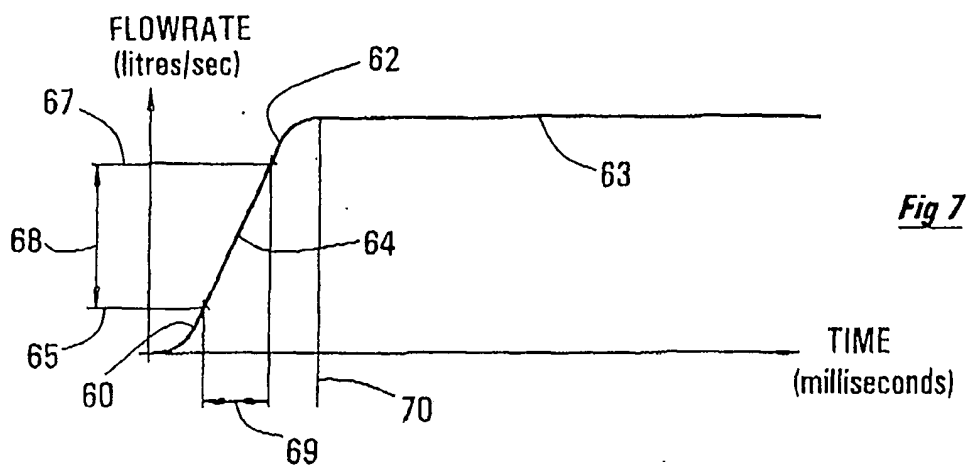


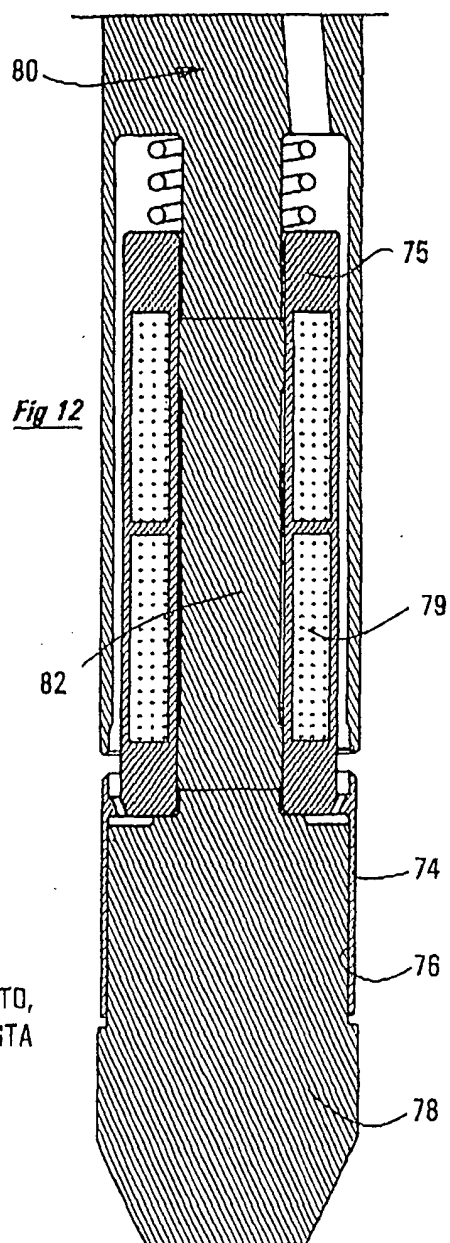
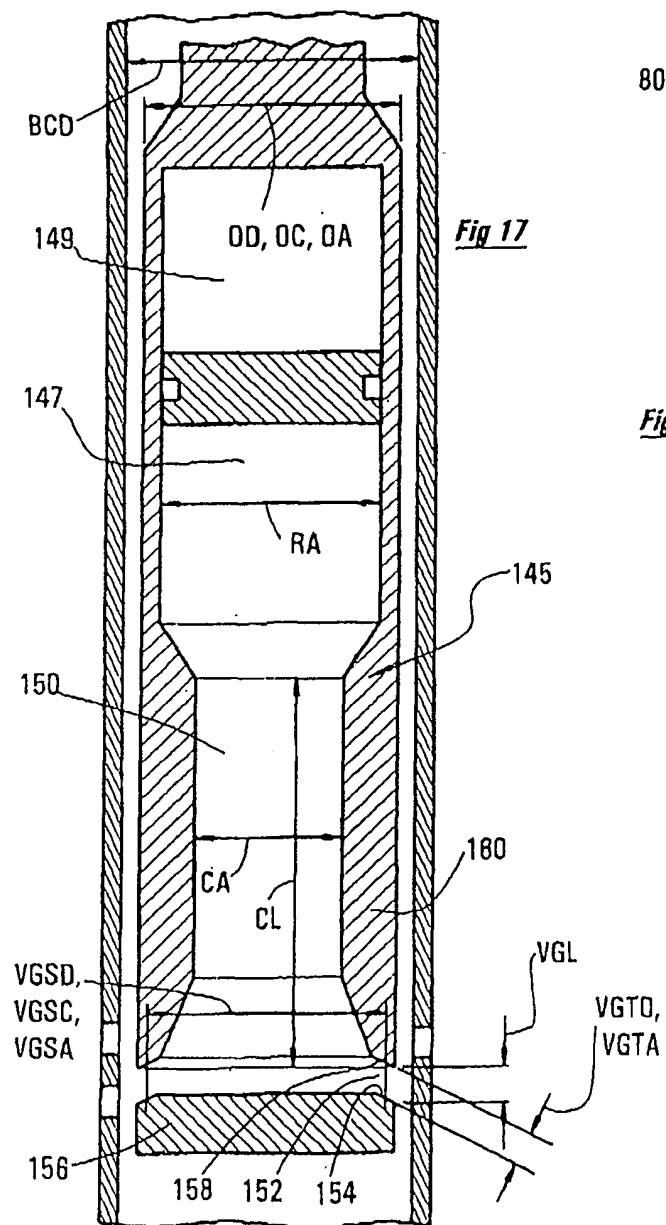
Fig 3 (A-A)

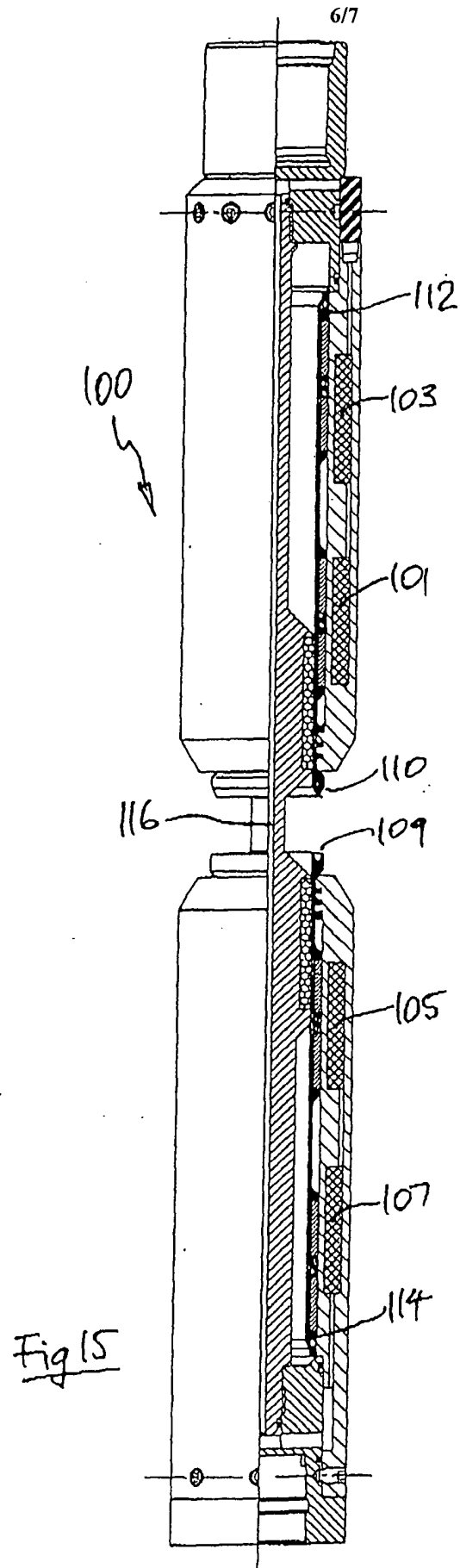


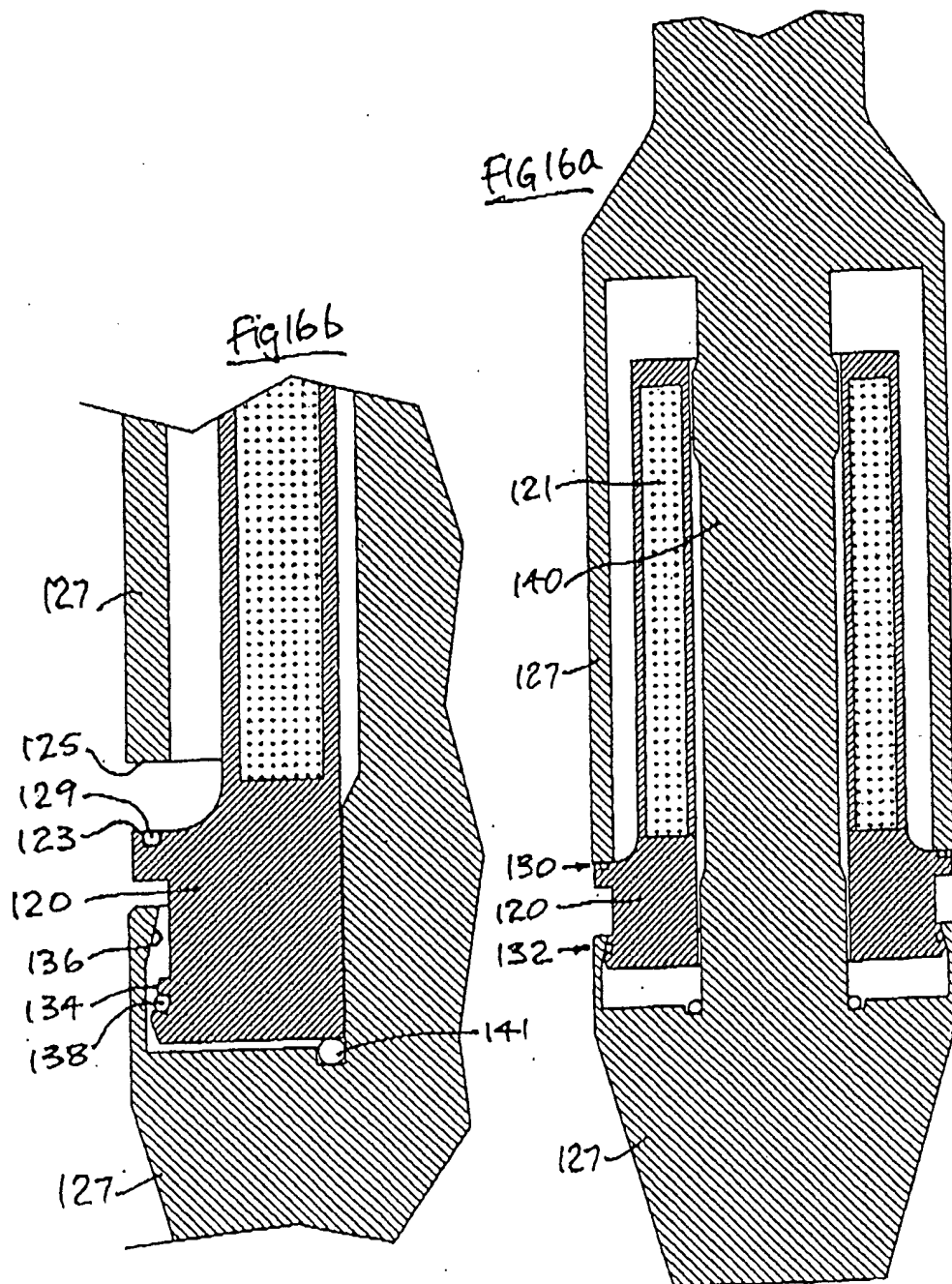












RESUMO

GERAÇÃO DE PULSOS SÍSMICOS DE FURO DE SONDAGEM USANDO VÁLVULA DE ABERTURA RÁPIDA, onde durante uma operação por pulsação de ondulações em um furo de sondagem (por exemplo, um poço petrolífero passando por remediação) é armazenado líquido sob pressão a montante de uma válvula, e então repentinamente liberado através da válvula de modo suficiente para criar uma onda sísmica, que se propaga na formação ao redor do furo de sondagem, e ajuda a pulsação de ondulação a melhorar a condutividade e injeção de líquido da formação; dita válvula de fundo de poço atende a exigência de abertura rápida graças à sua configuração geométrica, conforme é imposta pelas restrições do ambiente de fundo de poço.