



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

(21) PI 0907307-8 A2



(22) Data do Depósito: 30/04/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 18/08/2020

(54) Título: SISTEMA PARA INJEÇÃO DE FLUIDO POR PULSOS NUM FURO DE POÇO

(51) Int. Cl.: E21B 34/06; E21B 33/068; E21B 34/10.

(30) Prioridade Unionista: 30/04/2008 GB 0807878.4.

(71) Depositante(es): WAVEFRONT RESERVOIR TECHNOLOGIES LTD..

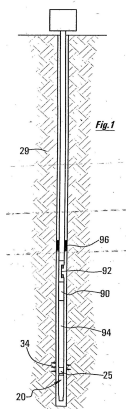
(72) Inventor(es): BRETT CHARLES DAVIDSON.

(86) Pedido PCT: PCT CA2009000557 de 30/04/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/132433 de 05/11/2009

(85) Data da Fase Nacional: 20/10/2010

(57) **Resumo:** SISTEMA PARA INJEÇÃO DE FLUIDO POR PULSOS NUM FURO DE POÇO. Para a injeção de água, por exemplo, na formação do solo S em torno de um poço, e para sobrepor os pulsos para o escoamento da água injetada, é importante que o pulso tenha uma rápida ascensão no tempo. Um pistão é conectado a uma válvula de pulso da ferramenta. Uma mola inclinada impulsiona o pistão para a posição fechada. O pistão é impulsionado para a posição aberta por um diferencial PDAF entre o acumulador de pressão fornecido e a pressão da formação no SOLO. Quando a válvula de pulso é aberta, a PDAF está caindo, até que a força da mola, fecha a válvula de pulso. Em seguida, a PDAF aumenta, mas agora a PDAF atua sobre 15 apenas uma pequena área do pistão. Quando a PDAF é alto o suficiente para aliviar, a válvula de pulso se abre, de repente toda a área do pistão é exposta ao PDAF, mediante a qual a válvula de pulso abre violentamente.



SISTEMA PARA INJEÇÃO DE FLUIDO POR PULSOS NUM FURO DE POÇO

A tecnologia aqui descrita é um desenvolvimento da tecnologia divulgada no pedido de patente PCT/CA2009/00040 e
5 fornece uma outra maneira para permitir que um líquido seja injetado para fora, na formação do solo, em torno de um poço, e para permitir que pulsos possam ser impostos sobre o líquido sendo injetado.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

10 A Fig.1 é uma vista de elevação em corte transversal de um poço, onde uma ferramenta pulsante foi abaixada;

A Fig.2 é uma secção transversal da ferramenta pulsante, mostrado na condição em que uma válvula de pulso da ferramenta está prestes a ser fechada;

15 A Fig.3 é a mesma da Fig.2, porém agora é mostrada uma condição em que a válvula de pulso está prestes a ser aberta;

A Fig.4 mostra uma maneira de se colocar uma vedação em uma superfície superior do pistão da ferramenta.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20 A ferramenta pulsante 20 da Fig.2 compreende uma válvula de pulso 23 e um elemento de válvula 25 verticalmente deslizante. Na Fig.2 a válvula de pulso é mostrada na posição aberta. O elemento de válvula 25 está conectado a um martelo 132, e o elemento de válvula movimenta-se em conjunto com os
25 movimentos do martelo. O martelo 132 compreende um pistão 140, tendo superfícies voltadas para cima 149, que estão expostas à pressão que está presente no espaço acumulador 36 da ferramenta. As superfícies inferiores, voltadas para baixo 139, do martelo 132, estão expostas à pressão no espaço de

formação 32, que é conectado (através de perfurações 34, vide Fig. 1) para a formação no exterior.

Uma mola do martelo 134 atua, para impulsionar o martelo 132 numa direção para cima, e o martelo 132 permanece em
5 BAIXO (Fig.2) por causa da força que atua sobre o martelo para baixo, devido à pressão no espaço acumulador 36, que excede a soma da força devido a mola do martelo 134 e da força que age para cima no martelo, devido à pressão no espaço de formação 32. Alternativamente, ou adicionalmente, o
10 pistão pode ser impulsionado por meio de gás comprimido.

Na Fig.2, a válvula de pulso estando aberta, o líquido está passando do espaço acumulador 36, através da abertura da válvula de pulso 23, para o espaço de formação 32, e para fora da formação. Assim, após a válvula ter sido aberta por
15 um tempo (tipicamente, um segundo ou mais, um volume de carga do líquido injetado entrou na formação, na qual a pressão dentro do espaço acumulador diminuiu (para 1.800 unidades de pressão (chamados psi) no exemplo mostrado) e a pressão no espaço de formação aumentou (por exemplo, para 1700 psi). O
20 diferencial de pressão entre o acumulador de pressão e da formação de pressão aqui é denominada PDAF).

Agora, o diferencial PDAF caiu para um valor tão baixo (sendo de 100 psi na Fig. 2) que a força que age para atuar o martelo 132 para cima (sendo a força da mola do martelo) é
25 agora, maior do que a força devido aa PDAF atuando sobre o pistão 140, para atuar o pistão (e, portanto, o martelo) para baixo.

Portanto, na Fig. 2, o diferencial PDAF caiu para um patamar tão baixo que o martelo 132 está prestes a se
30 levantar, e a válvula de pulso 23 está prestes a fechar. A posição dos componentes, na condição da válvula de pulso fechada é mostrada na Fig. 3..

Uma vez que a válvula de pulso 23 está fechada, o líquido é impedido de passar para fora da formação. Portanto, a pressão de formação (ou seja, a pressão no espaço de formação 32) começa a cair (abaixo de 1700 psi para 1500 psi no exemplo). Igualmente, desde que a válvula de pulso é fechada, o acumulador pode agora recarregar líquido pressurizado sendo fornecido a partir da superfície. O acumulador de pressão (ou seja, a pressão dentro do espaço acumulador 36), portanto, começa a subir (de 1800 psi para 2000 psi no exemplo). Assim, a válvula de pulso a ser fechada, na Fig. 3, a pressão diferencial PDAF, entre o espaço de formação e o acumulador de pressão, aumenta para 500 psi na Fig. 3.

O corpo estacionário 21, da ferramenta 20, compreende um anel intermediário 136. O anel intermediário serve como um divisor de área com relação à superfície voltada para cima (ou seja, a superfície do acumulador 149) do corpo do pistão 140 do martelo 132. Com a válvula de pulso 23 fechada, e o martelo 132, em sua posição superior (Fig. 3), o acumulador de pressão atua (para baixo) nas pequenas sub-áreas 149A da superfície acumuladora que se encontra dentro do anel intermediário 136. O espaço anelar 138, do lado de fora do anel intermediário 136, (ou seja, o espaço acima da sub-área 149B do acumulador de superfície do pistão) não contém a pressão do acumulador, neste momento, estando selado do mesmo pelo contato entre o anel intermediário 136 e o acumulador de superfície 149, do pistão 140, do martelo 132. De fato, o espaço anelar 138 comunica-se com a formação de pressão através de um pequeno buraco de equalização 143 e, portanto, está exposto à formação de pressão (Inferior).

A pressão de formação atua para cima, contra as superfícies das faces voltadas para baixo (a superfície de

formação 139) do pistão 140 do martelo 132. O projetista arranhou que, quando a pressão diferencial PDAF exceder um nível de disparo superior (sendo 500 psi no exemplo da Fig.3), a PDAF agora alta que atua na pequena subárea 149A apenas exceda ligeiramente a força devido à mola do martelo 134. Portanto, agora, o martelo 132 facilita uma fração para baixo.

Uma vez que o martelo começa a se mover para baixo, agora o anel intermediário 136 não veda mais contra a superfície do acumulador do pistão 140 do martelo 132. Portanto, a alta pressão do acumulador agora atua repentinamente sobre a superfície total do acumulador voltada para cima do pistão, sendo a soma da subárea 149A e da subárea 149B juntas, e não apenas sobre a subárea 149A. O resultado é que a grande pressão diferencial PDAF (500 psi) agora bate o martelo 132 para baixo.

A cabeça 142 do martelo de movimento rápido (e acelerado) 132 atinge o cubo 146 do elemento de válvula 25 com bastante força, com o resultado de que a válvula de pulso 23 se abre muito rapidamente. Operacionalmente, a conexão entre o pistão e o elemento de válvula é configurada como uma conexão de movimento perdido, em que o martelo já teve a oportunidade de acelerar e atingir uma velocidade alta antes de bater no cubo 146. Sua grande força, portanto, faz com que o elemento de válvula 25 se mova para baixo muito rapidamente.

Com a válvula de pulso 23 aberta, o líquido do acumulador emerge através das perfurações 34 (mostradas na Fig. 1) e sai para a formação 29. Conforme explicado no PCT/CA-2009/00040, a violenta rapidez da abertura inicial da válvula de pulso 23 produz uma onda porosa, que se propaga para a formação.

Quanto mais violenta a abertura da válvula de pulso, ou seja, quanto mais rápido o tempo de subida da pressão de pulso, mais energeticamente a onda porosa pode ser esperada para penetrar de fora para dentro da formação.

5 A válvula de pulso 23, tendo sido aberta, e tendo sido criada a onda porosa, agora continua aberta, na qual uma carga de volume de líquido passa de fora para dentro da formação. Oportunamente, o acumulador de pressão cai e a formação de pressão aumenta. Depois de um tempo, a vazão do
10 líquido diminui, e o diferencial PDAF entre o (aumento) do formador de pressão e a (queda) do acumulador de pressão cai para 100psi - a condição mostrada na Fig.2. Agora, uma vez mais, a mola do martelo 134 pode superar a agora, pequena pressão diferencial PDAF e pode levantar o martelo 132 e o
15 elemento de válvula 25, por meio do qual, o pulso de válvula 23 fecha mais uma vez.

Quando o martelo 132 sobe, um colar 145 pega o elemento de válvula 25, e arrasta para cima o elemento de válvula para a sua posição fechada. (O elemento da válvula 25 não tende a
20 retornar a sua posição fechada sobre si mesmo). Uma mola de colar 147 fornece algumas conformidade entre o martelo e o elemento de válvula - o que é preferencial, porque o membro da válvula deve ser hermeticamente fechada contra a sua sede
40 ao mesmo tempo em que a extremidade superior do pistão 140 do martelo está fechada firmemente contra o anel intermediário 136.
25

Depois que o elemento de válvula 25 moveu-se para a sua posição fechada, os projetistas podem providenciar para que o elemento de válvula permaneça fechado, prevendo que o
30 diâmetro efetivo do selo do elemento de válvula contra a sede 40 do corpo da ferramenta 21 é ligeiramente menor do que o diâmetro do selo da aba 43. A (pequena) diferença dá origem a

uma força (pequena) atuando sobre o elemento de válvula deslizante para cima quando ele estiver em sua posição fechada.

5 Será entendido que o arranjo das Figs. 2, 3 é capaz de produzir um curso útil de abertura e fechamento cíclicos da válvula de pulso, como se segue. Quando o martelo 132 está levantado (e a selagem do anel intermediário 136 é feita) a pressão diferencial PDAF agora atua somente sobre as pequenas áreas voltadas para cima 149A do pistão 140 - considerando
10 que, quando o martelo está BAIXO (e o martelo está livre do anel intermediário 136) a PDAF agora atua sobre toda a área do pistão.

Portanto, quando o martelo está para cima (quando a válvula de pulso está fechada), a PDAF tem de aumentar para
15 um valor grande (500psi no exemplo), a fim de fazer com que o martelo comece a se mover para baixo, considerando que, quando o martelo está para BAIXO (quando a válvula de pulso está aberta), agora a PDAF deve diminuir para um valor baixo (100psi), a fim de fazer o martelo mover-se para cima.

20 Com o objetivo de realizar uma vedação no anel intermediário 136, o projetista pode fazer com que o metal do anel intermediário 136 apóie-se contra o metal da superfície 149 do martelo 132, como mostrado nas Figs. 2, 3. Alternativamente, um selo elastomérico pode ser deixado em um
25 sulco na superfície 149, contra a qual o anel 136 se apóia.

Alternativamente, novamente, conforme mostrado na Fig.4, um selo elastomérico 125 é montado em torno do pescoço do martelo 132, para o envolvimento com o anel intermediário 136, quando o pistão 140 sobe.

30 O projetista pode providenciar para que a vedação no anel intermediário 136 seja estanque, pois uma fuga, mesmo que ligeira sob o anel intermediário 136, quando o selo é

suposto ser fechado, poderia ou pode permitir que a pressão no espaço anelar 138 suba, e assim afetar a capacidade do aparelho de realizar corretamente os movimentos cíclicos do martelo para cima ou para baixo, como descrito.

5 Durante os seus movimentos cíclicos para cima ou para baixo, o martelo 132 bate para baixo muito rapidamente, e o projetista deve considerar incluir, por exemplo, um tampão elastomérico entre o martelo e o ombro 150, para funcionar como um amortecedor. Ou, o projetista pode colocar um
10 amortecedor hidráulico para o martelo.

Um dos benefícios da montagem das Figs. 2, 3 é que a velocidade cíclica ou frequência de pulsação é auto-ajustável.

Por isso, os projetistas não precisam se preocupar com a
15 elaboração de um controle operacional para mudar a frequência do pulso do ciclo.

Quando a válvula de pulso se abre, como descrito, um volume de carga de água (ou outro líquido, ou até mesmo um gás em algumas circunstâncias) é injetado para fora, para a
20 formação de aquíferos adjacentes. Agora, se o terreno é muito permeável, uma carga relativamente grande de volume é necessária, a fim de encher o aquífero com água suficiente em alta pressão, suficiente para que a pressão diferencial PDAF possa diminuir para o menor patamar, para que a válvula de
25 pulso se feche - e leva um tempo para que este grande volume de carga passe através da válvula de pulso, o que significa que leva um longo tempo para que a PDAF diminua até 100psi, sendo a condição em que desencadeia o fim do curso de injeção. Este curso de injeção prolongado significa que a
30 frequência de pulsação seria comparativamente lento.

Por outro lado, quando o solo é comparativamente impermeável, e/ou se aproxima mais da saturação completa,

agora só um pequeno volume de carga é necessário, por ciclo de pulsos, para preencher o entorno do aquífero suficientemente para que a PDAF possa diminuir a baixa magnitude (100psi), na qual a válvula de pulso se fecha.

5 No aparelho das Figs. 2, 3, a abertura e o fechamento da válvula de pulso 23, são ditados pela pressão diferencial PDAF.

10 A válvula de pulso fecha quando (ou seja, a válvula de pulso permanece aberta até) que a PDAF diminua para 100psi. Igualmente, a válvula de pulso se abre quando (ou seja, a válvula de pulso permanece fechada até) que a PDAF aumente para 500psi. Se a natureza do terreno, e/ou o grau de saturação e de sobre-saturação do terreno, são tais que a PDAF pode mudar rapidamente, então a frequência do pulso é

15 rápida e o volume de carga injetado por pulso é pequeno. Se o terreno e/ou seu grau de saturação são tais que a PDAF pode mudar lentamente, ou seja, se um grande volume de carga precisa ser injetado, a fim de efetuar a mudança necessária na PDAF, então a pulsação ocorre numa baixa frequência.

20 Os projetistas escolhem os limites para as magnitudes superiores e inferiores da PDAF (sendo as magnitudes de 500psi e 100psi no exemplo) nas quais eles desejam que a válvula de pulso abra e feche. Os projetistas colocam as pressões desejadas de abertura e fechamento em efeito

25 prático, selecionando os diâmetros e áreas dos componentes dos aparelhos que são movidos por várias pressões e pressões diferenciais, e selecionando forças de molas adequadas, constantes de mola, etc.

30 Os projetistas, tendo determinado os limites superiores e inferiores que a PDAF tem que alcançar, a fim de acionar a válvula de pulso para abrir e fechar, o arranjo das Figs. 2, 3 assegura que a válvula de pulso permanece aberta por apenas

um certo período de tempo que vai garantir a ciclagem entre a maior PDAF (em que a válvula de pulso abre) e a menor PDAF (em que a válvula de pulso fecha).

5 Pode acontecer, quando começa a primeira injeção, que o solo é capaz de aceitar o líquido injetado na forma de uma pressão de volta tão baixa que a PDAF não muda o suficiente para iniciar a ciclagem entre os níveis de disparo superior e inferior, e a ferramenta não cria pulsos. Eventualmente, o solo se torna saturado o suficiente para que a PDAF mude
10 rápido o suficiente para o pulsamento começar.

 No entanto, é geralmente preferido não continuar com a injeção não-pulsátil por um longo período, pois a pressão de equilíbrio (ou estático) da injeção pode levar ao extenso manuseio do líquido injetado para fora da formação no solo, e
15 ele pode ser bastante difícil homogeneizar (ou re-homogeneizar) a formação do solo e do líquido contido no mesmo, uma vez que se estabeleceu o manuseio. Por isso, o engenheiro prudente, diante da perspectiva de um longo período de injeção sem pulsação, pode incluir uma válvula de
20 verificação de injeção 90 na ferramenta global, por exemplo, do tipo descrito com referência às Figs.11, 12 de PCT/CA-2009/00040. Também, nos casos em que é desejado permitir um fluxo de injeção estático ou não-pulsado para a formação, além da injeção pulsada, o projetista pode incluir uma
25 injeção estática no sub-conjunto 92 na ferramenta global, por exemplo, do tipo conforme descrito com referência às Figs.13, 13a do PCT/CA-2009/00040.

 O termo saturação, como aqui utilizado, pode ser explicada como segue. A formação do solo é considerado ser
30 simplesmente-saturado quando não pode ser injetado mais líquido no solo, sem pulsação, e sem aumentar a pressão de injeção. Normalmente, no tipo de formação do solo com o qual

a tecnologia atual é principalmente em causa, a condição de saturação não podem realmente ser alcançada; ou seja, sempre é possível injetar um pouco mais de líquido, por exemplo, a uma vazão lenta, porque o líquido injetado está
5 constantemente dissipando no entorno do solo em uma vazão lenta.

É (quase) sempre possível injetar mais líquido no solo com o simples aumento da pressão de injeção constante (não pulsante). No entanto, os engenheiros devem tomar cuidado
10 para não elevar a pressão de injeção acima da pressão máxima permitida para essa perfuração e formação de solo. O limite permitido é tomado em conta no pressuposto de que a aplicação de uma pressão mais elevada seria ou poderia levar a danos físicos irreversíveis para a formação do solo.

15 Normalmente, a pressão máxima permitida não deve ser ultrapassada, mesmo durante um pulso de pressão de duração muito curta. Pode-se notar que, embora a rápida abertura da válvula de pulso cria a onda de energia porosa, isto não faz com que a pressão aumente ainda que momentaneamente acima do
20 máximo permitido.

Geralmente, os engenheiros desejam injetar tanto líquido no solo quanto possível, numa taxa tão rápida possível.

Portanto, eles vão querer injetar o líquido em tão alta pressão quanto possível. Por isso, é comum para os
25 engenheiros realizar a injeção em uma magnitude de pressão que está um pouco abaixo do patamar de pressão permitido, para o poço e para aquela formação do solo.

Assim, novamente, a condição de saturação-simples ocorre quando a injeção do líquido a uma taxa constante, ou seja,
30 sem pulsos (chamadas injeções estáticas) e, quando a taxa na qual o líquido adicional pode ser injetado diminuiu para zero, a uma dada pressão de injeção, ou pelo menos reduziu-se

a um fio comercialmente insignificante. Mais uma vez, a pressão à qual o líquido é injetado será geralmente a pressão máxima que a formação do solo pode estar. Se a injeção a uma maior pressão fosse permitida, seria feita - no pressuposto
5 de que quanto mais rápido o líquido pode ser colocado no solo, mais econômica a operação de injeção.

O termo super-saturação, como aqui utilizado, refere-se à injeção de mais líquido para o solo, além da condição de simples-saturação. Esta extra injetabilidade resulta na
10 aplicação de pulsos para o líquido conforme o líquido está sendo injetado.

Praticamente qualquer tipo de pulsação pode permitir que pelo menos um pequeno grau de sobre-saturação, a tecnologia aqui descrita, particularmente a engenharia rápida do tempo
15 de subida dos pulsos, quando realizada adequadamente, pode permitir um grau muito grande de super-saturação de ser alcançada.

Ressalta-se que a injetabilidade extra atribuível a pulsação ainda tem lugar dentro da máxima pressão de injeção permitida. Durante a injeção estática, o líquido é mantido em
20 sua pressão máxima permitida todo o tempo, durante a injeção por pulso, o líquido é ciclado entre a pressão máxima permitida e uma pressão um pouco menor. No entanto, a injeção por pulsos permite mais líquido a ser injetado do que a
25 injeção estática, para uma dada pressão de injeção.

Para os efeitos desta especificação, o terreno é considerado totalmente ou completamente sobre-saturado quando, após um longo período de injeção por pulso, cada gota de líquido que é injetado para a formação durante o curso de
30 injeção do ciclo de pulso viaja de volta para dentro do poço durante o curso de recuperação do pulso do ciclo. Mais uma vez, nas práticas reais de formações do solo, a condição de

pleno supersaturado nunca é completamente conseguida, ou seja, o volume recuperado, por pulso, nunca é tão grande como o volume injetado por pulso.

5 Mais uma vez, é geralmente o objetivo dos projetistas e engenheiros injetar o máximo possível de líquidos no solo, em tão curto espaço de tempo possível. Em termos práticos, será sempre possível injetar um pouco mais de líquido para dentro do poço, após um tempo, pois o líquido já injetado se dissipa um pouco no solo circunvizinho. Quanto a quando parar a
10 injeção, é uma questão particular da economia da operação de injeção.

Às vezes, a ferramenta pulsante inclui um componente que pode ser reconhecido como uma estrutura acumuladora dedicada, tendo uma mola ou um volume contido de gás que é comprimido
15 por aumento da pressão durante a fase de recarga. Um exemplo é mostrado nas Figs.9.10 do PCT/CA-2009/00040. Na Fig. 1, a estrutura acumuladora dedicada 94 é prevista quando o projetista pretende criar ou fornecer um grande estoque de líquido pressurizado perto da ferramenta. Quando a válvula de
20 pulso se abre, a presença da estrutura acumuladora garante um amplo volume de líquido pressurizado disponível para ser injetado, a alta pressão. No entanto, em alguns casos, uma estrutura acumuladora dedicada não é necessária, e o acumulador de pressão é simplesmente a pressão no tubo de
25 queda a partir da superfície da ferramenta, através da qual o líquido é entregue à ferramenta.

O termo-acumulador de pressão, tal como aqui utilizado, é a pressão de alimentação, que atua sobre o pistão móvel da injeção da ferramenta. O acumulador de pressão é derivado do
30 líquido alimentado para baixo da ferramenta a partir da superfície. O acumulador de pressão diminui durante a fase de injeção do ciclo de injeção, quando a válvula de pulso é

aberta e líquido injetado está passando para fora da formação. O acumulador de pressão aumenta durante a recuperação ou fase de recarga do ciclo, quando a válvula de pulso é fechada, e o acumulador está sendo recarregado pelo
 5 líquido injetado pressurizado da superfície.

O termo formação de pressão, tal como aqui utilizado, é a pressão na formação do solo, pois atua sobre o pistão móvel da ferramenta. A formação de pressão está aumentando ou aumenta durante a fase de injeção do ciclo de injeção, quando
 10 a válvula de pulso é aberta e o líquido está passando para fora da formação. A pressão de formação está caindo ou diminui durante a recuperação ou fase de recarga do ciclo, quando a válvula de pulso está fechada.

Como mencionado, a PDAF é a pressão diferencial entre o
 15 acumulador de pressão e a pressão de formação.

Os níveis superiores e inferiores de disparo são os níveis da PDAF em que a ferramenta aciona a válvula de impulso 23 para mudar de fechada para aberta, e aciona a válvula de pulso para mudar de aberta para fechada,
 20 respectivamente. As magnitudes da PDAF nos respectivos níveis de disparo é determinado pela força da mola do martelo 134 e pelas dimensões da área-A 149A e da área-B 149B, como em: -

- disparo superior (válvula de pulso abre) = quando o aumento da PDAF atinge $HSF / \text{Área-A}$;
- 25 - disparo inferior (fecha a válvula de pulso) = quando a queda da PDAF cai para $HSF / (\text{área-A} + \text{área-B})$.

(A força da mola do martelo (HSF), seria maior para o menor patamar, porque a mola do martelo 134 é mais comprimida naquele tempo).

30 As relações acima se aplicam às Figs.2, 3, no qual, quando a válvula de pulso 23 está fechada, a área-B 149B é exposta a pressão de formação. Em uma ferramenta alternativa,

em que o projetista provê que a área-B é exposta a alguma outra pressão, a relação poderia ser diferente.

A faixa de trabalho da pressão da ferramenta é a diferença entre o nível superior de disparo da PDAF (na qual
5 válvula de pulso abre) e o menor nível de disparo (no qual o a válvula de pulso fecha). No exemplo das Figs. 2, 3, o nível de disparo superior é 500psi e o menor nível de disparo é 100psi, portanto o intervalo de trabalho é de 400psi.

Quando a formação de solo não é de todo saturado, a
10 pressão de retorno na formação, contra a qual o líquido é injetado, é mais ou menos zero - ou, pelo menos, a pressão de retorno cai para um nível insignificante (quase) imediatamente após o fechamento da válvula de pulso.

Durante as primeiras fases de pulsação, quando o solo
15 está insaturado, é desejável que a faixa de trabalho da ferramenta deva ser grande. Como condição de saturação é alcançada, a forma residual da pressão de retorno (ou seja, a formação de pressão contra a qual o líquido é injetado) sobe. A faixa de trabalho da ferramenta pode ter que ser reduzida,
20 pois a condição de saturação é atingida.

Por exemplo, considere o caso de uma ferramenta que está operando em um poço em uma formação de solo para o qual é permitido uma pressão máxima de injeção de 2000psi. A ferramenta foi estruturada para fornecer uma gama de trabalho
25 de 1500psi, entre o nível do disparo superior da PDAF e o menor nível de disparo. Ou seja, a válvula de pulso abre e fecha ciclicamente entre duas pressões PDAF que estão separadas de 1500psi. Assim, se a pressão de formação é de, por exemplo, 400psi, a válvula se abre quando o acumulador
30 de pressão chega a 1900psi.

Se a pressão residual de retorno da formação atingir mais do que 400psi, digamos 600psi, agora o nível de disparo

superior deveria ser ajustado para ocorrer a uma pressão acumuladora de 2100psi - que é superior à pressão máxima permitida para esse poço, e superior à pressão de abastecimento. Portanto, a válvula de pulso não pode abrir a
5 menos do que/até que a pressão de formação caia abaixo de 500psi.

Na realidade, a pressão de formação deveria de fato cair para 500psi, conforme o líquido injetado seja dissipado na formação. No entanto, a intenção por trás de injeção de
10 líquido geralmente é injetar o máximo de líquido possível para o solo, o mais rapidamente possível. Esperar simplesmente que o líquido injetado escoie seria contra indicado. Assim, quando se aproxima a saturação, é preferível que a configuração da ferramenta deva ser alterada de tal
15 maneira a reduzir a escala de trabalho da ferramenta. Por exemplo, a escala de trabalho pode ser reduzida de 1500psi para baixo, por exemplo, 400psi (como mostrado no exemplo das Figs. 2, 3).

Ainda, mais reduções na faixa de trabalho podem ser
20 feitas, como quando a condição de super-saturação completa se aproxima.

Cabe aos operadores determinar a melhor relação custo-benefício, número e tamanho das etapas pela qual a escala de trabalho da ferramenta deva ser reduzido, à medida que
25 prossegue a injeção, dependendo da ferramenta particular, sobre a formação do solo particular, e sobre o custo associado com a retirada da ferramenta para fora do solo e mudar a sua mola do martelo ou outros componentes.

Em alguns casos, é comercialmente viável ainda, injetar
30 o líquido por pulsos no solo, mesmo quando a pressão de formação é apenas um pouco abaixo da pressão de injeção máxima permitida - digamos quando a formação de pressão sobe

para 1800psi ou 1900psi com uma pressão de injeção máxima permitida de 2000psi. Agora, uma vez que os níveis de disparo PDAF superior e inferior são bastante próximas umas das outras, a mola do martelo tem de ser muito leve, e a área-B
5 tem que ser pequena, para que os níveis de disparo superior e inferior estejam perto o suficiente para que a ferramenta possa efetivamente realizar o ciclo de injeção/recarga.

De preferência, o projetista deve providenciar para que o intervalo de trabalho seja mudado simplesmente mudando a
10 mola do martelo. Quanto mais leve a mola do martelo, menor é a escala de trabalho. No desenho, como mostrado, é uma simples questão de arranjar a ferramenta de tal forma que a ferramenta possa ser desmontada, em campo, o suficiente para permitir a substituição da mola do martelo. Além disso,
15 opcionalmente, a escala de trabalho da ferramenta pode ser ajustada pela mudança na relação entre a área, da Área-A para a área, Área-B.

Mais uma vez, também, opcionalmente, a taxa da mola do martelo pode ser alterada, a fim de alterar o abrir/fechar
20 dos disparos da ferramenta.

Se a mola do martelo é de uma taxa baixa, a mola exerce quase a mesma força durante a abertura e durante o fechamento. Se a mola é de uma taxa elevada, a força exercida sobre o pistão pela mola no momento do fechamento (quando a
25 mola é mais comprimida) é maior do que a força exercida pela mola no momento da abertura. Assim, a taxa da mola do martelo pode ser usada para afetar os níveis PDAF em que a válvula de pulso abre e fecha.

A ferramenta, como mostrado, deve ser retirada do poço, afim de que os engenheiros possam mudar a mola, ou para
30 trocar os pistões, etc. No entanto, é rotina para uma ferramenta de injeção por pulso, ser removida do poço de

injeção de vez em quando; durante um programa de injeção por pulsos, e os engenheiros usualmente podem providenciar as alterações para a mola do martelo, para coincidir com estas ocasiões.

5 A frequência com que a ferramenta opera seu ciclo do curso de injeção / recarga depende dos parâmetros da válvula de pulso, mas depende também da permeabilidade do solo.

10 Quanto mais impermeável o solo, menor o volume de líquido que precisa ser injetado a fim de obter um dado nível de pressão de formação. Os engenheiros devem cuidar para que o bombeamento etc equipamento seja adequado para a tarefa de injetar a vazão e pressão necessárias. Os engenheiros, de preferência, devem verificar se a bomba e outras instalações de abastecimento de líquido, na superfície, são capazes de

15 carregar o acumulador a uma vazão mais rápida do que a formação do solo pode aceitar o líquido nas pressões correspondentes. A frequência cíclica determina o patamar, bem como, é determinada pelo tempo que leva para a PDAF subir ao nível do disparo superior, e cair ao menor patamar do

20 disparo inferior.

 Com um projeto típico da ferramenta pulsante, e em um poço típico, a frequência de pulsos pode variar entre, por exemplo, um ou dois ciclos por segundo, e, por exemplo, um ciclo em dez segundos. Normalmente também, a pulsação seria

25 mantida por um período de dias ou semanas. Esta pode demorar vários dias, ou algumas horas, para uma pressão de retorno construir a formação, de tal forma que há algumas pressões residuais mensuráveis deixadas no espaço da formação, imediatamente antes da válvula de pulso ser aberta.

30 Novamente, ressalta-se que, durante uma operação de injeção por pulso, o acumulador de pressão e a formação de pressão não são estáticos. Ao contrário, quando a válvula de

pulso está fechada, o acumulador de pressão está aumentando e a formação de pressão está em queda, quando a válvula de pulso está aberta, a pressão de formação é crescente e o acumulador de pressão está caindo. A PDAF também está mudando
5 constantemente, a PDAF sobe quando a válvula de pulso é fechada, e cai quando a válvula de pulso está aberta.

O elemento de válvula 25 se move entre as posições de válvula aberta e válvula fechada, e é importante que as distâncias em que o elemento de válvula tem que se mover
10 devam ser curtas, para que a válvula de pulso abra o mais rapidamente possível. A área da garganta da abertura da válvula de pulso é o produto da circunferência e a distância axial através da qual viaja o elemento de válvula. O projetista, de preferência, deve providenciar a
15 circunferência da válvula de pulso para ser tão grande quanto convenientemente possível, a fim de minimizar a distância percorrida, e essa preferência deve ser seguida no projeto, como descrito.

Há um pequeno ponto, na área da garganta da válvula de pulso, ser maior do que a área da garganta e das vias de
20 passagem e conduítes que ligam o acumulador à válvula de pulso. Em uma ferramenta de fundo de poço com uma área total OA, geralmente as vias de passagens e conduítes, têm uma área de 0,6 ou 0,7 OA, e a área da abertura da válvula de pulso
25 deve ser a mesma. Portanto, o elemento de válvula estando próximo do diâmetro externo da ferramenta, a distância que o elemento de válvula se movimenta deve estar entre 0,12 e 0,18 do diâmetro total da ferramenta.

Os desenhos anexos mostram diagramaticamente os
30 componentes da ferramenta. Claro, o projetista deve fazer com que os componentes possam realmente ser fabricados, e montados em conjunto.

Termos de orientação, tais como "acima", "para baixo", e assemelhados, quando usados aqui visam ser interpretados como seguem.

Quando os termos são aplicados a um aparelho, o aparelho
5 é distinguido pelos termos da orientação somente, se não
houver uma única orientação para o aparelho, ou uma imagem do
aparelho, não pudesse ser colocada, onde os termos possam ser
aplicados de forma consistente.

O escopo da proteção da patente aqui procurado é
10 definido pelas reivindicações que a acompanham. Os aparelhos
e procedimentos representados nos desenhos anexos e descritos
aqui, são exemplos.

O numerais constantes dos desenhos que acompanham o
pedido são:

- 15 20 ferramenta pulsante
- 21 corpo da ferramenta
- 23 válvula de pulso
- 25 elemento deslizante da válvula
- 29 formação
- 20 32 espaço de formação
- 34 perfurações no invólucro do poço
- 36 espaço acumulador
- 40 final do corpo da ferramenta
- 43 selo da aba de 25
- 25 90 válvula de verificação da injeção
- 92 sub-conjunto da injeção estática
- 94 estrutura acumuladora
- 96 empacotador
- 125 selo
- 30 132 martelo
- 134 mola do martelo
- 136 pilar do anel

138 espaço anular exterior 136

139 superfície de formação de faces voltadas para baixo
de 140

140 pistão

5 142 cabeça de 132

143 furos de equalização

145 colar sobre 132

146 cubo de 25

147 mola do colar

10 149 superfície voltadas para cima do acumulador 140

149A área-A de 149

149B área-B de 149

150 ombro

15

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta para injeção de fluidos por pulso em uma formação do solo, caracterizada por:

a ferramenta compreender uma válvula de pulso, tendo um
5 elemento de válvula de pulso que é móvel entre uma posição de válvula fechada e uma posição de válvula aberta;

a ferramenta inclui um acumulador, para armazenar fluido pressurizado que será injetado por pulsos na formação
10 do solo;

a ferramenta inclui um pistão, que é conectado ao elemento da válvula de pulso;

o pistão tem uma superfície acumuladora e uma superfície de formação oposta, e a ferramenta é assim estruturada
15 para que, em operação, a superfície acumuladora é exposta a pressão do acumulador, e a superfície de formação é expostas à pressão de formação;

a pressão diferencial entre a pressão do acumulador e a pressão de formação é denominada PDAF;

20 a ferramenta inclui uma área divisória relativa na qual o pistão é móvel entre uma posição de contato e uma posição livre;

a ferramenta inclui meios inclinados, que exercem uma força inclinada sobre o pistão no sentido de impelir o
25 pistão para a sua posição de contato;

a ferramenta também é estruturada de tal forma que, o pistão estando na sua posição de contato:

- (a) a superfície acumuladora do pistão faz agora um contato hermético com a área divisória;

30 - (b) a área divisória divide hermeticamente a área do acumulador de superfície do pistão em duas sub-áreas, sendo área-A e área-B;

- (c) a área divisória mantém a área-A hermeticamente separada da área-B, para que a extensão daquela pressão do fluido na área-A do acumulador de superfície do pistão possa ser substancialmente diferente da pressão do fluido na área-B;
 - (d)- somente a área-A do acumulador de superfície é exposta ao acumulador de pressão, a área-B sendo exposta a uma menor pressão;
 - (e) quando a PDAF excede um patamar de disparo superior, forças sobre o pistão devido a PDAF agindo sobre a área-A agora, excede as forças no pistão devido aos meios inclinados, por meio do qual o pistão agora move-se livre do divisor de área, na direção da sua posição livre;
- 15 a ferramenta é estruturada de tal forma que, o pistão tendo se mudado para a sua posição livre:-
- (a) a área-A e a área-B não estão hermeticamente separadas pelo divisor de área, mas estão conectadas;
 - (b) mediante o acumulador de pressão agora repentinamente age sobre a soma da área-A e área-B em conjunto;
 - (c) ao que o pistão é agora sujeito a uma súbita força grande que age para mover o pistão e para mover o elemento de válvula para sua posição aberta.
- 25 2. Ferramenta de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela ferramenta ser estruturada de tal forma que, em utilização:-
- (a) quando a válvula de pulso está aberta: -
 - (i) o fluido agora passa do acumulador, através da válvula de pulso aberta, e sai para a formação;

- (ii) pelo qual agora a pressão do acumulador diminui e a pressão de formação aumenta; e

- (iii) pelo qual agora a PDAF diminui;

(b) quando a válvula de pulso está fechada:-

5 - (i) o acumulador agora é recarregado com fluido de um reservatório, através do qual a pressão do acumulador aumenta;

- (ii) o fluido recém injetado vaza para a formação, onde a pressão de formação decresce;

10 - (iii) pelo qual agora a PDAF aumenta

(c) os ciclos da ferramenta, entre a posição da válvula aberta, na qual a PDAF está diminuindo no sentido de um baixo nível de disparo, e a posição da válvula fechada, na qual a PDAF está aumentando no sentido de um alto nível de disparo.

15 3. Ferramenta de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela ferramenta ser estruturada de tal forma que, em utilização:-

(a) a magnitude da força inclinada é: -

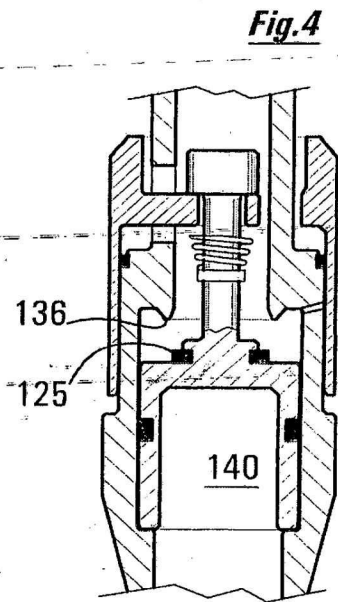
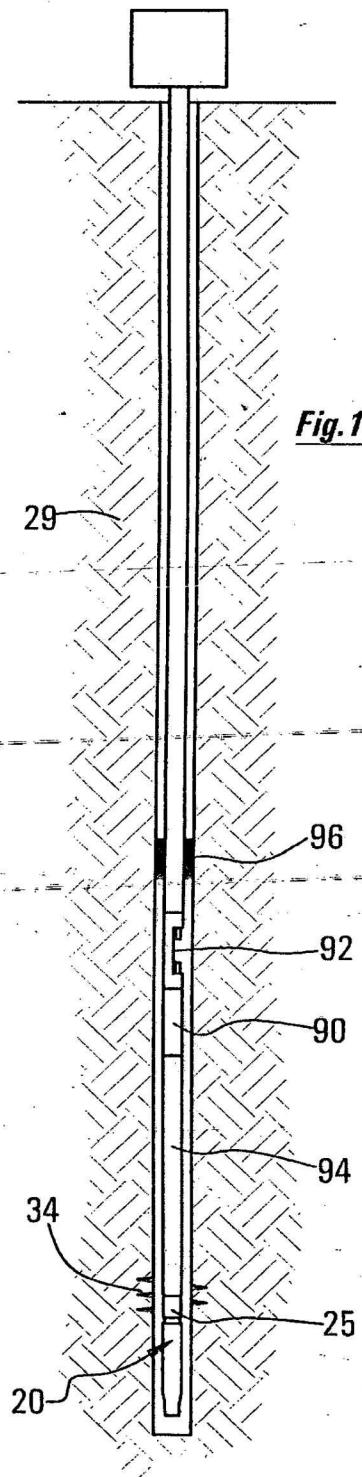
20 - (i) grande o suficiente para que, quando a PDAF está a um nível relativamente baixo, a força inclinada impulsiona o pistão fortemente em sua posição de contato, contra a PDAF;

25 - (ii) suficientemente pequena para que, quando a PDAF está a um nível relativamente elevado, a PDAF impulsiona o pistão com força para sua posição livre contra a força inclinada;

(b) quando o pistão está em sua posição de contato: -

30 - (i) apenas a área-A do acumulador de superfície do pistão está agora exposta ao acumulador de pressão, não a área-B;

- (ii) quando a válvula de pulso estiver fechada e o acumulador tiver sido re-carregado, a PDAF crescente aumenta para seu nível superior de disparo, a PDAF, agindo sobre a área-A do acumulador de superfície do pistão, agora exerce força suficiente no pistão para superar as forças inclinadas do pistão em sua posição de contato, sendo que o pistão move-se agora para a sua posição livre;
- 5
- 10 (c) quando o pistão se move para sua posição livre: -
 - (i) o acumulador de superfície do pistão, estando agora livre do divisor de área, uma área do pistão que é a soma da área-A e área-B do acumulador de superfície do pistão agora torna-se exposto a PDAF;
 - 15 - (ii) quando então o pistão agora está submetido a uma súbita grande força, atuando para mover o pistão no sentido de abrir a válvula de pulso.



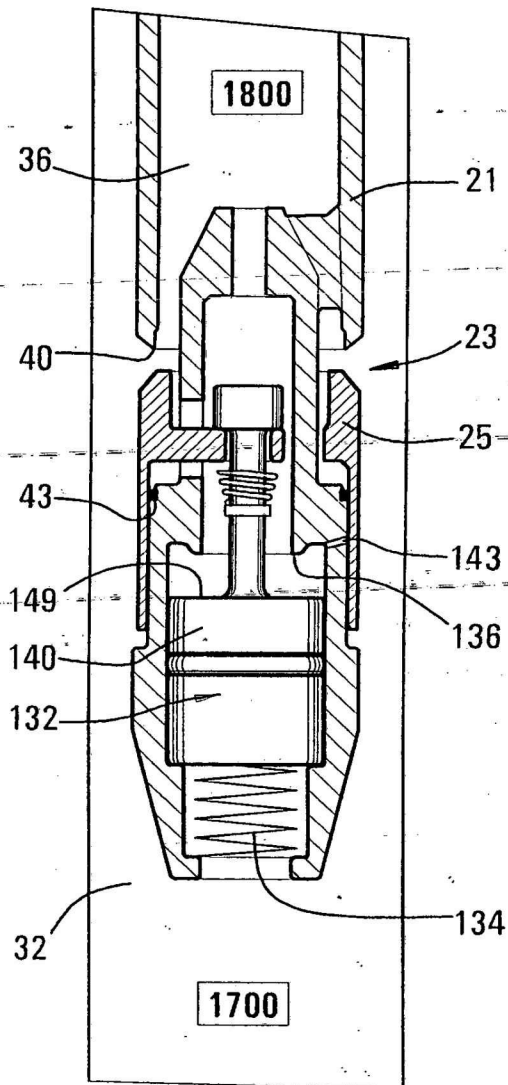


Fig.2

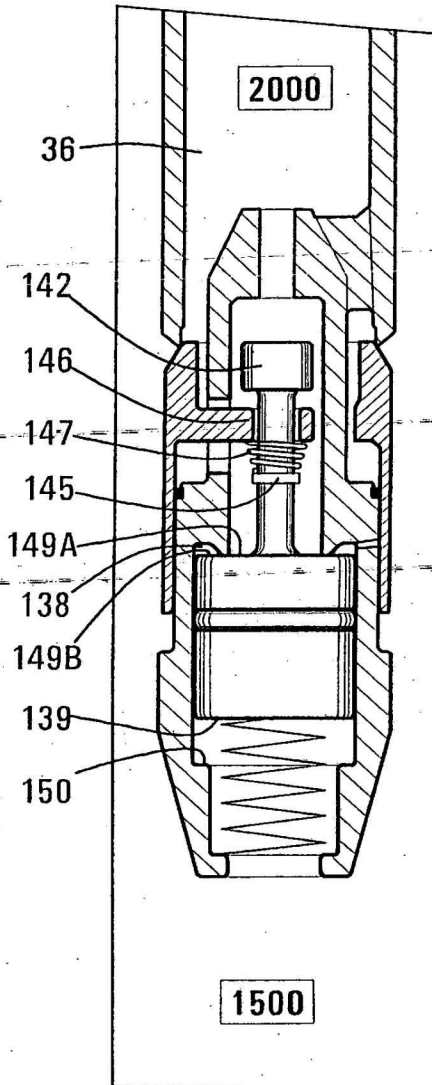


Fig.3

RESUMO

SISTEMA PARA INJEÇÃO DE FLUIDO POR PULSOS NUM FURO DE POÇO

Para a injeção de água, por exemplo, na formação do solo em torno de um poço, e para sobrepor os pulsos para o escoamento da água injetada, é importante que o pulso tenha uma rápida ascensão no tempo. Um pistão é conectado a uma válvula de pulso da ferramenta. Uma mola inclinada impulsiona o pistão para a posição fechada. O pistão é impulsionado para a posição aberta por um diferencial PDAF entre o acumulador de pressão fornecido e a pressão da formação no solo. Quando a válvula de pulso é aberta, a PDAF está caindo, até que a força da mola, fecha a válvula de pulso.

Em seguida, a PDAF aumenta, mas agora a PDAF atua sobre apenas uma pequena área do pistão. Quando a PDAF é alto o suficiente para aliviar, a válvula de pulso se abre, de repente toda a área do pistão é exposta aa PDAF, mediante a qual a válvula de pulso abre violentamente.