



PI04147332
PI04147332

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0414733-2

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0414733-2

(22) Data do Depósito: 21/07/2004

(43) Data da Publicação do Pedido: 07/04/2005

(51) Classificação Internacional: E21B 33/124; E21B 43/26

(30) Prioridade Unionista: 24/09/2003 US 10/669859

(54) Título: FERRAMENTA DE FURO ABAIXO, E, MÉTODOS PARA TRATAR UM POÇO, PARA TRATAR E COMPLETAR UM POÇO E PARA TRATAR E COMPLETAR UM POÇO ABERTO EM UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA QUE CONTÉM UMA OU MAIS ZONAS DE PRODUÇÃO.

(73) Titular: HALLIBURTON ENERGY SERVICE, INC, Companhia Norte Americana. Endereço: P.O. 1431, Duncan, Oklahoma 73533, Estados Unidos da América (US).

(72) Inventor: JIM B. SURJAATMADJA

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 19/05/2015, observadas as condições legais.

Expedida em: 19 de Maio de 2015.

Assinado digitalmente por:

Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



“FERRAMENTA DE FURO ABAIXO, E, MÉTODOS PARA TRATAR UM POÇO, PARA TRATAR E COMPLETAR UM POÇO E PARA TRATAR E COMPLETAR UM POÇO ABERTO EM UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA QUE CONTÉM UMA OU MAIS ZONAS DE PRODUÇÃO”

FUNDAMENTOS

A presente invenção é relativa, genericamente, a métodos e aparelhos para tratar e completar um poço e, mais particularmente, a um sistema e método de aprimoramento de produção e completação de um poço.

Ao preparar uma formação subterrânea para produção depois de perfurar um poço, um engaxetador ou tampão é, muitas vezes, utilizado para isolar zonas do furo de poço. Engaxetadores e tampões são dispositivos furo abaixo seletivamente expansíveis que impedem ou controlam o escoamento de fluidos de uma área do furo de poço para uma outra. Por exemplo, durante operações de aprimoramento de produção tais como fraturamento hidráulico (fracionamento), um engaxetador pode ser utilizado para direcionar ácido, um fluido de fraturamento ou outros fluidos de processo para uma zona desejada, ao mesmo tempo que isola as zonas restantes do furo de poço do fluido de processo. Um poço também pode ser revestido ou completado de outra forma depois da perfuração. Por exemplo, em formações de baixa integridade ou campos de produtividade elevada, poços podem ser revestidos com revestimentos de produção. Outras operações de aprimoramento de produção também podem ser realizadas. Estas operações de completação e aprimoramento de produção requerem, tipicamente, diversas viagens para o interior do poço.

SUMÁRIO

Em uma configuração particular da invenção, um sistema de ferramenta de furo abaixo para completação, fraturamento e engaxetamento de fratura em um poço, em uma única etapa, é adotado para utilização em

completação e aprimoramento de produção de petróleo, gás e outros poços.

De acordo com uma configuração particular, um método de tratar e completar um poço inclui posicionar uma ferramenta de furo abaixo dentro do poço. A ferramenta de furo abaixo inclui um corpo alongado que
5 define uma passagem central e que inclui uma pluralidade de aberturas de produção e, no mínimo, uma abertura de fraturamento, um mandril de fraturamento colocado dentro da passagem central e um engaxetador colocado ao redor do corpo alongado. O método ainda inclui prender a ferramenta de furo abaixo no poço por meio do engaxetador, fraturar uma formação através
10 da abertura de fracionamento e produzir um fluido a partir da formação através das aberturas de produção.

Vantagens técnicas de uma ou mais configurações do sistema de ferramenta de furo abaixo incluem completar, fraturar e engaxetar fraturamento de um poço em uma única viagem poço abaixo. Isto economiza
15 tempo e dinheiro consideráveis ao completar e preparar um poço para produção. O sistema de ferramenta de furo abaixo pode ser utilizado para formações de baixa integridade para impedir enchimento ou colapso do poço próximo a quaisquer fraturas e/ou pode ser utilizado para campos de alta produtividade para aprimorar de maneira significativa a produtividade e a
20 lucratividade.

Uma outra vantagem técnica é prender o sistema de ferramenta de furo abaixo dentro do poço utilizando engaxetadores infláveis com fluidos, os quais podem ser inflados utilizando fluidos de fraturamento. Em adição, a ferramenta de furo abaixo pode incluir uma luva janela que abre para permitir
25 fraturar e fecha para impedir que areia e outras partículas penetrem no interior da ferramenta de furo abaixo.

Outras vantagens incluem fornecer uma ferramenta que pode ser ajustada de maneira permanente ou recuperável a partir do poço, e a utilização de uma ferramenta de ajustamento comum para ajustar um suporte

de revestimento e controlar a luva janela e engaxetadores.

Diversas configurações da ferramenta e método furo abaixo podem incluir todas, algumas, ou nenhuma das vantagens descritas aqui ou em qualquer lugar. Além disto, outras vantagens técnicas podem ser facilmente evidentes a partir das Figuras, descrições e reivindicações a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 ilustra uma ferramenta de furo abaixo colocada dentro de um poço de acordo com uma configuração da presente invenção;

A Figura 2A é uma vista em seção transversal de uma configuração de uma conexão com saída da ferramenta de furo abaixo da Figura 1;

A Figura 2B é uma vista em seção transversal de uma outra configuração de uma conexão com saída da ferramenta de furo abaixo da Figura 1;

A Figura 3A é um fluxograma que ilustra um método de completar fraturar e engaxetar o fraturamento de um poço de acordo com uma configuração da presente invenção;

As Figuras 3B até 3G ilustram, de maneira esquemática, o método da Figura 3A; e

A Figura 4 ilustra uma ferramenta de furo abaixo colocada dentro de um poço horizontal de acordo com uma outra configuração da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

A Figura 1 ilustra uma ferramenta de furo abaixo 100 colocada dentro de um poço 102 de acordo com uma configuração da presente invenção. O poço 102 pode ser qualquer poço adequado, tal como um poço de furo aberto ou um poço revestido, revestido com uma tubulação interna 104. Embora ilustrado na Figura 1 como sendo vertical, o poço 102 também pode ser horizontal, inclinado, ou orientado em qualquer maneira adequada.

Como descrito em mais detalhe abaixo, a ferramenta de furo abaixo 100 facilita a completção ou aprimoramento de produção, o fraturamento ou o engaxetamento de fratura do poço 102 com apenas uma viagem ou um número reduzido de viagens para o interior do poço 102. Um

5 processo de uma única etapa economiza tempo considerável para a completção de um poço, especialmente um poço profundo, o que resulta em consideráveis economias de custo para o produtor do poço. Como um exemplo, em aplicações de águas profundas, instalar sistemas de revestimento, ativar engaxetadores para controle futuro do poço e colocar

10 diversas fraturas em um furo de poço utilizando processos convencionais, pode demorar diversas semanas se não meses. Isto é especialmente verdadeiro para operações de fraturamento e engaxetador de furo aberto. Em uma configuração a ferramenta de furo abaixo 100 pode distribuir os processos acima em uma viagem para o interior do poço o que completa o processo de

15 completção em um assunto de dias.

Na configuração ilustrada, a ferramenta de furo abaixo 100 inclui um suporte de revestimento 105, um corpo alongado 106 que define uma passagem central 108 e que tem uma pluralidade de aberturas de produção 110, uma pluralidade de conexões com saída 112, uma pluralidade

20 de engaxetadores 114 e um mandril de fraturamento 116 colocado dentro da passagem central 108. A presente invenção contempla mais ou menos componentes diferentes para a ferramenta de furo abaixo 100 do que aqueles mostrados na Figura 1.

O suporte de revestimento 105 pode ser qualquer suporte de

25 revestimento que funciona para suspender o corpo alongado 106. O suporte de revestimento 105 pode ser ajustado em qualquer localização desejada utilizando qualquer ferramenta de ajustamento adequada, que é acoplada a um mandril de fraturamento 116. Na configuração ilustrada o suporte de revestimento 105 é colocado no fundo da tubulação interna 104. Um

engaxetador de revestimento, não mostrado de maneira explícita, pode ser utilizado para prender e vedar o suporte de revestimento 105 no lugar.

O corpo alongado 106 pode ser qualquer revestimento adequado, tal como um revestimento ranhurado ou um revestimento peneira
5 que funciona para produzir um fluido adequado a partir da formação subterrânea 103 através de aberturas de produção 110 formadas nele. As aberturas de produção 110 podem ser de qualquer dimensão adequada e de qualquer forma adequada. O corpo alongado 106 pode ser de qualquer forma adequada e pode ser formado de qualquer material adequado. O corpo
10 alongado 106 se acopla a um suporte de revestimento 105 em qualquer maneira adequada. O corpo alongado 106 também pode funcionar para impedir o colapso do poço 102 especialmente para um poço horizontal.

A conexão com saída 112, que está descrita em maior detalhe abaixo em conjunto com as Figuras 2A e 2B, funciona genericamente para
15 facilitar o fraturamento da formação 103 em localizações desejadas dentro do poço 102. As conexões com saída 112 também são conhecidos na indústria como conexões com hidra-jato de fraturamento ou conexões de jateamento. Conexões com saída 112 que ou podem ser acopladas ao corpo alongado 106 ou formadas integrados com ele, têm um ou mais jatos de fraturamento
20 associados com ele, que permitem que um fluido de fraturamento adequado fracture a formação 103. Isto está descrito em maior detalhe abaixo. Conexões com saída 112 podem ser espaçados separados com qualquer espaçamento adequado. Por exemplo, um espaçamento entre conexões com saída 112 pode ser aproximadamente 300 pés (100 m).

25 Engaxetadores 114 podem ser quaisquer engaxetadores adequados, tais como engaxetadores mecânicos ou engaxetadores infláveis. Engaxetadores 114 são colocados ao redor do corpo alongado 106 e funcionam para prender a ferramenta de furo abaixo 100 dentro do poço 102 e para separar o poço 102 em seções desejadas. Qualquer espaçamento

adequado pode ser utilizado para engaxetadores 114, contudo, em uma configuração particular, engaxetadores 114 são colocados de cada lado de cada conexão com saída 112 para isolar zonas particulares do poço 102.

5 O mandril de fraturamento 116 é colocado dentro da passagem central 108 e facilita a ativação e desativação do engaxetador 114 em adição a facilitar o fraturamento da formação 103 controlando o escoamento de um fluido de fraturamento através de jatos de fraturamento de conexões com saída 112. O mandril de fraturamento 116 também pode funcionar para ajustar o suporte de revestimento 105 com uma ferramenta de ajustamento adequada, como descrito acima, ou funciona para facilitar outras operações de aprimoramento de produção adequadas tais como acidificação. O mandril de fraturamento 116 pode ser formado de qualquer material adequado. Outros detalhes das funções do mandril de fraturamento 116 estão descritas abaixo em conjunto com as Figuras 2A e 2B.

15 As Figuras 2A e 2B são vistas em seção transversal de duas diferentes configurações de conexões com saída 112 da ferramenta de furo abaixo 100. Genericamente, a Figura 2A ilustra uma conexão com saída de utilização única 112, e a Figura 2B ilustra uma conexão com saída de diversas utilizações 112.

20 Fazendo referência à Figura 2A, a conexão com saída 112 inclui um corpo externo 200 e uma luva janela 202 colocada dentro do corpo externo 200 e acoplada ao corpo externo 200 com um ou mais pinos de cisalhamento 204. O corpo externo 200 inclui um par de aberturas de fraturamento 206 que incluem, cada uma, um jato de fraturamento 207. A luva janela 202 inclui um par de aberturas 208 que coincidem com aberturas de fraturamento 206. Portanto, quando o mandril de fraturamento 116 é posicionado de tal maneira que as aberturas de fraturamento 206 estão alinhadas com aberturas 208 e aberturas 117 no mandril de fraturamento 116, então a luva janela 202 é considerada em uma posição aberta. Esta posição

aberta facilita o fraturamento da formação 103 escoando um fluido de fraturamento adequado para baixo através da passagem dentro do mandril de fraturamento 116 e para fora das aberturas 117, através das aberturas 208 nas luvas janela 202, através das aberturas de fraturamento 206 e para fora dos jatos de fraturamento 207 no corpo externo 200.

Pinos de cisalhamento 204 mantém a luva janela 202 no lugar durante o processo de fraturamento. Um par de engaxetadores 211 pode ser colocado ao redor de um perímetro externo da luva janela 202 para vedar um espaço anelar entre a luva janela 202 e o corpo externo 200. Isto impede que qualquer fluido de fraturamento, ou outro fluido de processo, interfira com o funcionamento dos jatos de fraturamento 207. Para assegurar que o fluido de fraturamento é direcionado de forma correta através dos jatos de fraturamento 207, uma válvula de esfera 212 é colocada na extremidade do mandril de fraturamento 116 sobre um ombro 213 que é formado pelo acoplamento da ferramenta de ajustamento 214 ao fundo do mandril de fraturamento 116. Detalhes da ferramenta de ajustamento 214 estão descritos abaixo. A válvula de esfera 212 força o fluido de fraturamento para penetrar nas aberturas de fraturamento 206 e escoar para fora através dos jatos de fraturamento 207.

Depois que o processo de fraturamento está completado, a circulação do fluido de fraturamento é interrompida e a luva janela 202 é movida para uma posição fechada. Para mover a luva janela 202 para a posição fechada, pinos de cisalhamento 204 precisam ser cisalhados. Isto é facilitado por meio da ferramenta de ajustamento 214, que na configuração ilustrada é uma ferramenta de ajustamento do tipo bloco de arraste. Outras ferramentas de ajustamento adequadas tais como uma ferramenta de ajustamento do tipo esfera, também podem ser utilizadas. A ferramenta de ajustamento 214 inclui um bloco de arraste 216 colocado no redor de um seu perímetro externo. Uma superfície externa do bloco de arraste 216 essencialmente arrasta ao longo da superfície interna da luva janela 202.

Uma ou mais esferas de aço 217 são posicionadas dentro de um sulco circular do bloco de arraste 216. Esferas de aço 217 estão repousando sobre uma primeira superfície 219 da ferramenta de ajustamento 214, de tal modo que as esferas de aço 217 estão engatando uma extremidade 222 da luva janela 202. Desta maneira, quando alguém puxa para cima o mandril de fraturamento 116 o engate das esferas de aço 217 com a extremidade 222 da luva janela 202 irá fazer com que os pinos de cisalhamento 204 cisalhem, e com isto movam luva janela 202 para cima como indicado pela seta 224, até repousar sobre um ombro 225 do corpo externo 200. Isto faz com que as aberturas 208 sejam desalinhadas dos jatos de fraturamento 207, fechando com isto qualquer trajeto a partir do interior do mandril de fraturamento 116 até os jatos de fraturamento 207. Para mover o bloco de arraste 216 dentro da luva janela 202, um operador simplesmente gira o mandril de fraturamento 116 ou para a direita ou para a esquerda, de tal modo que as esferas de aço 217 caem dentro de um sulco longitudinal 229 na ferramenta de ajustamento 214, de modo que as esferas de aço 217 engatam uma segunda superfície 220. Isto essencialmente move as esferas de aço 217 radialmente para dentro, de modo que o bloco de arraste 216 pode deslizar dentro da luva janela 202.

Assim, a conexão com saída 112a como ilustrada na Figura 2A é uma conexão com saída de uma única utilização, que pode ser utilizado apenas uma vez para fraturar uma formação tal como a formação 103. A conexão com saída 112a é instalada na posição aberta, e quando o fraturamento está completado é movido de maneira permanente para a posição fechada como descrito acima.

Fazendo referência à Figura 2B, a conexão com saída 112b é similar à conexão com saída 112a na Figura 2A, exceto que a conexão com saída 112b pode ser utilizada para fraturar uma formação mais do que uma vez. Isto é facilitado tendo a luva janela 202 colocada de maneira deslizando

dentro do corpo externo 200.

A luva janela 202 está mostrada na Figura 2B em uma posição fechada. A luva janela 202 é móvel entre posições aberta e fechada como a seguir. Esferas de aço 217 da ferramenta de ajustamento 214 engatam um ombro 230 junto à extremidade 222 da luva janela 202. Como descrito acima, um operador que puxa o mandril de fraturamento 116 pode mover a luva janela 202 para cima até que as aberturas 117 e as aberturas 208 estejam alinhadas com jatos de fraturamento 207. Daí em diante um fluido de fraturamento pode ser bombeado através da passagem interna do mandril de fraturamento 116 e para fora através dos jatos de fraturamento 207, como descrito em conjunto com a configuração da Figura 2A. Depois da operação de fraturamento, a luva janela 202 precisa ser fechada. Assim, um operador simplesmente gira o mandril de fraturamento 116, seja para a direita ou para a esquerda para permitir que as esferas de aço 217 caiam dentro do sulco 227, de modo que o bloco de arraste 216 pode deslizar dentro da luva janela 202. O mandril de fraturamento 116 é puxado para cima longe o suficiente para onde as esferas de aço 217 engatem um ombro 232 de uma extremidade 234 da luva janela 202 que é oposta à extremidade 222. O mandril de fraturamento 116 é então girado de volta para sua posição original, de modo que as esferas de aço 214 podem saltar de volta para fora para engatar o ombro 232. O mandril de fraturamento 116 é então empurrado para baixo empurrando com isto a luva janela 202 para a posição fechada, como ilustrado na Figura 2B. Se fraturamento adicional é requerido através dos jatos de fraturamento 207, o processo acima é simplesmente repetido.

A Figura 3A é um fluxograma que ilustra um exemplo de método de completar, fraturar e engaxetar fraturamento de um poço de acordo com uma configuração da presente invenção. As Figuras 3B até 3G ilustram de maneira esquemática este exemplo de método.

O exemplo de método começa na etapa 300 onde a ferramenta

de furo abaixo 100 é posicionado dentro do poço 102, como é mostrado na Figura 1. Embora não requerido, um suporte de revestimento 105 pode ser ajustado dentro do poço 102 como indicado pela etapa 302. O ajustamento do suporte de revestimento 105 está em mostrado na Figura 3B. O suporte de revestimento 105 pode ser vedado com um engaxetador 318. Qualquer engaxetador de revestimento adequado pode ser utilizado para o engaxetador 318. Em uma configuração particular o engaxetador 318 pode ser um engaxetador inflável.

A ferramenta de furo abaixo 100 é então presa e seccionada no poço 102 por meio dos engaxetadores 114, como indicado pela etapa 304. Isto está mostrado na Figura 3C, na qual três engaxetadores separados 114a, 114b e 114c estão ilustrados. Como descrito acima, os engaxetadores 114 podem ser quaisquer engaxetadores mecânicos ou infláveis adequados. Como um exemplo de engaxetadores de ajustamento 114, a ferramenta de furo abaixo 100 é corrida no furo até uma primeira posição desejada para o engaxetador 114a. Durante a corrida no furo, um operador irá sentir uma resistência quando a primeira conexão com saída 112a é alcançada. Quando o operador alcança a conexão com saída 112a, um ligeiro giro da ferramenta de furo abaixo 100 para a direita ou para a esquerda irá contornar a conexão com saída 112a. A próxima resistência sentida será a posição para o engaxetador 114a. O engaxetador 114a é então ajustado utilizando o mandril de fraturamento 116.

Depois que o engaxetador 114a está ajustado, a ferramenta de furo abaixo 100 é corrida no furo até alcançar uma segunda posição para o engaxetador 114b. Novamente, o operador irá sentir uma resistência ao alcançar uma conexão com saída 112b. O operador deveria novamente girar a ferramenta de furo abaixo 100 para a direita ou para esquerda para contornar a conexão com saída 112b. O engaxetador 112b deveria então ser ajustado antes que a ferramenta de furo abaixo 100 seja corrida no furo até alcançar uma

terceira posição desejada. Ao longo do caminho a ferramenta de furo abaixo 100 irá alcançar uma conexão com saída 102c. Novamente, a ferramenta de furo abaixo 100 será girada ou para a direita ou para a esquerda para contornar a conexão com saída 112c até alcançar a posição desejada para o engaxetador 114c. O engaxetador 114c é então ajustado. Este processo continua até que o engaxetador final 114 seja ajustado.

Uma fratura é então criada na formação 103, como indicado pela etapa 306. Isto está ilustrado na Figura 3D. Como ilustrado, uma primeira fratura é 330 criada na formação 103. O processo para criar a fatura 330 está descrito acima em conjunto com as Figuras 2A e/ou 2B. Uma vez que o comprimento desejado de fratura 330 seja obtido, a fratura é engaxetada como indicado pela etapa 308 com um material de fraturamento 332, reduzindo um escoamento de fluido de processo ou fluido de fraturamento através de um anel entre o corpo alongado 106 e a parede do poço 102. Isto inicia o peneiramento da ponta e começa o processo de engaxetamento. Material de fraturamento 332 enche então a fratura 330 e o anel correspondente entre os engaxetadores colocados de cada lado da fratura 330, a saber 114b e 114c na Figura 3D. Depois do processo de engaxetamento o fluido de processo é circulado invertido, como indicado pela etapa 310, para limpar o interior do mandril de fraturamento 116. Esta circulação inversa é uma etapa opcional.

Como indicado pela etapa de decisão 312, é determinado se ou não a criação de todas as fraturas está terminada. Se o fraturamento não está terminado, então uma nova fratura 334 é criada na formação 303. Isto está mostrado na Figura 3E. O processo de completar a fratura 330 e engaxetar a fratura 330 como descrito acima, se aplica também à fratura 334. Novamente, fluido de processo pode ser circulado de maneira inversa para limpar o mandril de fraturamento 116 antes que uma outra fratura seja criada.

Uma vez que a fratura final está criada como ilustrado na

Figura 3F, então o mandril de fraturamento 116 será movido do corpo alongado 106 de modo que a produção de fluidos a partir da formação 103 pode prosseguir. Isto está mostrado na Figura 3G, na qual o mandril de fraturamento 116 está mostrado acima do suporte de revestimento 105 quando ele está sendo removido. Em configurações particulares da invenção o mandril de fraturamento 116 pode ser projetado de tal maneira a dobrar como a coluna de produção, se assim desejado. Em qualquer caso o mandril de fraturamento 116 é removido como indicado pela etapa 314, e fluidos podem ser produzidos a partir do poço 102 como indicado pela etapa 316. Isto termina o exemplo de método como delineado na Figura 3A.

Assim, o exemplo de método descrito acima ilustra que a ferramenta de furo abaixo 100 pode ser utilizada para completar, fraturar, e engaxetar o fraturamento do poço 102 em uma única etapa, durante uma viagem furo abaixo 102. Isto elimina operações de diversas viagens, o que economiza tempo e dinheiro consideráveis.

A Figura 4 ilustra uma ferramenta de furo abaixo 400 colocada dentro de um poço horizontal 402 de acordo com uma outra configuração da presente invenção. Na configuração ilustrada, o poço 402 é um poço de furo aberto orientado horizontalmente dentro de uma formação subterrânea 403. A formação 403 é fornecida para ilustrar uma formação algo menos competente. A ferramenta de furo abaixo 400 facilita a colocação conveniente de um sistema de revestimento, fraturamento da formação 403, engaxetador da fratura e deixa o sistema de revestimento no lugar para impedir enchimento ou colapso do poço 402 próximo à fratura.

Conseqüentemente, a ferramenta de furo abaixo 400 inclui um corpo alongado 406, um par de engaxetadores infláveis 408 e um mandril de fraturamento 410. O corpo alongado 406 é o sistema de revestimento que é deixado no lugar depois que o processo de fraturamento e de engaxetador de fratura é completado, para impedir o colapso do poço 402 como descrito

acima. Qualquer corpo alongado adequado 406 pode ser utilizado, tal como um revestimento de peneira ou revestimento ranhurado.

Engaxetadores infláveis 408 podem ser quaisquer engaxetadores mecânicos ou infláveis adequados. Em uma configuração particular, e como ilustrado na Figura 4, engaxetadores 408 são sacos de areia que são feitos de um material tecido quimicamente resistente, que permitem que fluido filtrado se mova para fora dos sacos de areia e deixem a areia ou outro enchimento adequado para trás nos sacos de areia, para inflá-los e ancorar o corpo alongado 406 dentro do poço 402. O interior de engaxetadores infláveis 408 é acoplado a uma passagem interna 411 do mandril de fraturamento 410 através de condutos 412 formados em uma parede do corpo alongado 406. Condutos 412 podem ser de qualquer dimensão adequada e consomem tipicamente a energia de pressão em vazões de menos do que 10 galões por minuto (37,8 litros por minuto).

O mandril de fraturamento 410 é acoplado à superfície interna do corpo alongado 406 por meio de um pino de cisalhamento 414, de modo que a ferramenta de furo abaixo 400 pode ser colocada dentro do poço 402 em uma maneira conveniente. O mandril de fraturamento 410 pode ser formado de qualquer material adequado e pode ser de qualquer forma adequada.

Em operação de uma configuração da ferramenta de furo abaixo 400 ilustrada na Figura 4, a ferramenta de furo abaixo 400 é operada corrida no furo para o interior de uma localização desejada. Um fluido de fraturamento é circulado como indicado pela seta 416 através da passagem 411 do mandril de fraturamento 410 e direcionado através das aberturas 417 no mandril de fraturamento 410 e de jatos de fraturamento 418 para criar uma fratura 420 na formação 403. Durante o fraturamento da fratura 420, algo do fluido de fraturamento percorre através de condutos 412 para o interior dos engaxetadores 408. Como descrito acima, o fluido do fluido de fraturamento filtra através dos sacos de areia ao deixar o enchimento para trás para encher

os engaxetadores infláveis 408 para ancorar o corpo alongado 406 dentro do poço 402. Uma vez que o comprimento desejado de fratura 420 seja obtido, o processo de engaxetador de fratura começa reduzindo o escoamento do fluido de fraturamento dentro do anel 424 entre o exterior do corpo alongado 406 e o poço 402.

Quando o processo de engaxetador de fratura está terminado, um operador puxa o mandril de fraturamento 410 para cima para cisalhar o pino de cisalhamento 414 para liberar o mandril de fraturamento 410 do corpo alongado 406. O mandril de fraturamento 410 pode então ser removido do poço 402 ao mesmo tempo que deixa o corpo alongado 406 no lugar de fratura adjacente 420. Fluidos podem então ser processados a partir da formação 403.

Embora a presente invenção tenha sido descrita em diversas configurações, diversas mudanças e modificações podem ser sugeridas por alguém versado na técnica. É intenção que a presente invenção englobe tais mudanças e modificações como caindo dentro do escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta de furo abaixo, caracterizada pelo fato de compreender:

um corpo que define uma passagem e que inclui uma pluralidade de aberturas de produção e, no mínimo, uma abertura de fraturamento;

um engaxetador colocado ao redor do corpo e operado para prender a ferramenta de furo abaixo em um poço; e

um mandril de fraturamento operado dentro da passagem, no qual o mandril de fraturamento é operado para facilitar uma operação de aprimoramento de produção através do corpo e é ainda operável para ajustar o engaxetador.

2. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato do poço ser um poço de furo aberto.

3. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato do poço ser um poço revestido.

4. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato do corpo compreender um revestimento selecionado dentre o grupo que consiste de um revestimento ranhurado e um revestimento de peneira.

5. Ferramenta de furo abaixo da reivindicação 1, caracterizada pelo fato do engaxetador compreender dois engaxetadores colocados ao redor do corpo e colocados de cada lado da abertura de fraturamento.

6. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato do engaxetador ser um engaxetador inflável.

7. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato do mandril de fraturamento ser ainda operado para inflar o engaxetador inflável com um fluido de fraturamento.

8. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1,

caracterizada pelo fato da abertura de fraturamento compreender um jato de fraturamento.

5 9. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de ainda compreender uma luva colocada de maneira deslizante dentro da passagem, na qual a luva é configurada para permitir que um fluido de fraturamento escoar através da abertura de fraturamento quando em uma posição aberta, e impeça partículas de escoar através da abertura de fraturamento durante a produção do poço quando em uma posição fechada.

10 10. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de ainda compreender uma ferramenta de ajustamento colocada em uma extremidade do mandril de fraturamento, na qual a ferramenta de ajustamento é operada para mover a luva entre as posições aberta e fechada.

15 11. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato da ferramenta de ajustamento ser selecionada dentre o grupo que consiste de uma ferramenta de ajustamento do tipo esfera e uma ferramenta de ajustamento do tipo bloco de arraste.

20 12. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de ainda compreender uma luva colocada dentro da passagem e acoplada ao corpo com um pino de cisalhamento, na qual o mandril de fraturamento é operável para cisalhar o pino de cisalhamento para facilitar o movimento da luva.

25 13. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de ainda compreender uma conexão com saída acoplada ao corpo, no qual a conexão com saída inclui a no mínimo uma abertura de fraturamento.

14. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato do mandril de fraturamento ser acoplado ao corpo com um pino de cisalhamento e o mandril de fraturamento ser operado para

cisalhar o pino de cisalhamento para facilitar a remoção do mandril de fraturamento.

15. Ferramenta de furo abaixo de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato do engaxetador compreender duas câmaras infláveis colocadas em cada lado da abertura de fraturamento, e o corpo incluir condutos formados nele para facilitar o enchimento das câmaras infláveis com um material suspenso em um fluido de fraturamento durante o fraturamento.

16. Método para tratar um poço, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

posicionar uma ferramenta de furo abaixo dentro de um poço, a ferramenta de furo abaixo compreendendo:

um corpo que define uma passagem e que inclui uma pluralidade de aberturas de produção e no mínimo uma abertura de fraturamento;

um mandril de fraturamento colocado dentro da passagem; e um engaxetador colocado ao redor do corpo;

prender a ferramenta de furo abaixo no poço ajustando o engaxetador com o mandril de fraturamento; e

realizar uma operação de aprimoramento de produção através do corpo.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de ajustar um suporte de revestimento com o mandril de fraturamento.

18. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato da etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro do poço compreender a etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro de um poço de furo aberto.

19. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato da etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro do poço

compreender a etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro de um poço revestido.

20. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato da etapa de prender a ferramenta de furo abaixo no poço compreender a etapa de prender a ferramenta de furo abaixo no poço com dois engaxetadores colocados de cada lado da abertura de fraturamento.

21. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato do engaxetador ser um engaxetador inflável e a etapa de prender a ferramenta de furo abaixo no poço compreender a etapa de inflar o engaxetador inflável com um fluido de fraturamento.

22. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de seletivamente fazer com que um fluido de fraturamento escoe através da abertura de fraturamento com uma luva colocada dentro da passagem.

23. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de fechar maneira permanente a abertura de fraturamento com uma luva acoplada ao corpo com um pino de cisalhamento cisalhando o pino de cisalhamento para facilitar o movimento da luva.

24. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato do mandril de fraturamento ser acoplado ao corpo com um pino de cisalhamento e o método ainda compreender a etapa de remover o mandril de fraturamento cisalhando o pino de cisalhamento.

25. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de produzir um fluido a partir da formação através das aberturas de produção.

26. Método para tratar e completar um poço, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

posicionar uma ferramenta de furo abaixo dentro de um poço,

a ferramenta de furo abaixo compreendendo:

um corpo que define uma passagem e que inclui uma pluralidade de aberturas de produção e uma pluralidade de aberturas de fraturamento;

5 um mandril de fraturamento colocado dentro da passagem;
uma ferramenta de ajustamento acoplada a uma extremidade do mandril de fraturamento; e
uma pluralidade de engaxetadores colocados ao redor do corpo;

10 ajustar um suporte de revestimento com a ferramenta de ajustamento;

prender a ferramenta de furo abaixo no poço ajustando os engaxetadores com o mandril de fraturamento;

fraturar sucessivamente uma formação através de aberturas
15 respectivas das aberturas de fraturamento para criar uma pluralidade de fraturas na formação em diferentes localizações dentro do poço, no qual, depois de cada etapa de fraturamento o método compreende as etapas de:

engaxetar a fratura reduzindo o escoamento de fluido de processo através de um anel entre o corpo e o poço; e

20 inverter a circulação de fluido de processo através da ferramenta de furo abaixo;

remover o mandril de fraturamento do poço quando terminado com a última etapa de fraturamento; e

25 produzir um fluido a partir da formação através das aberturas de produção.

27. Método de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato da etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro do poço compreender a etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro de um poço de furo aberto.

28. Método de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato da etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro do poço compreender a etapa de posicionar a ferramenta de furo abaixo dentro de um poço revestido.

5 29. Método de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato da etapa de prender a ferramenta de furo abaixo no poço compreender a etapa de colocar engaxetadores de cada lado de cada abertura de fraturamento.

10 30. Método de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de seletivamente fazer com que um fluido de fraturamento escoe através de aberturas respectivas das aberturas de fraturamento com respectivas luvas colocadas dentro da passagem.

15 31. Método para tratar e completar um poço formado em uma formação subterrânea que contém uma ou mais zonas de produção, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

 posicionar uma ferramenta de furo abaixo dentro do poço, a ferramenta de furo abaixo tendo um corpo formado com uma pluralidade de aberturas de faturamento dispostas ao longo do seu comprimento e uma pluralidade de aberturas de produção dispostas ao longo do seu comprimento;

20 prender a ferramenta de furo abaixo no poço por meio de um ou mais engaxetadores;

 realizar uma operação de aprimoramento de produção através do corpo da ferramenta de furo abaixo, onde a operação de aprimoramento de produção inclui a etapa de bombear um fluido de faturamento através do corpo da ferramenta de furo abaixo e para fora da pluralidade de aberturas de faturamento em uma pressão suficiente para fraturar uma ou mais zonas de produção; e

25

 produzir um fluido a partir uma ou mais zonas de produção através da pluralidade de aberturas de produção formada no corpo;

no qual no mínimo duas das etapas acima são realizadas em uma viagem para o interior do poço.

32. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de ajustar um suporte de revestimento.

5

33. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato do engaxetador ser um engaxetador inflável e a etapa de prender a ferramenta de furo abaixo no poço compreender a etapa de inflar o engaxetador inflável com um fluido de fraturamento.

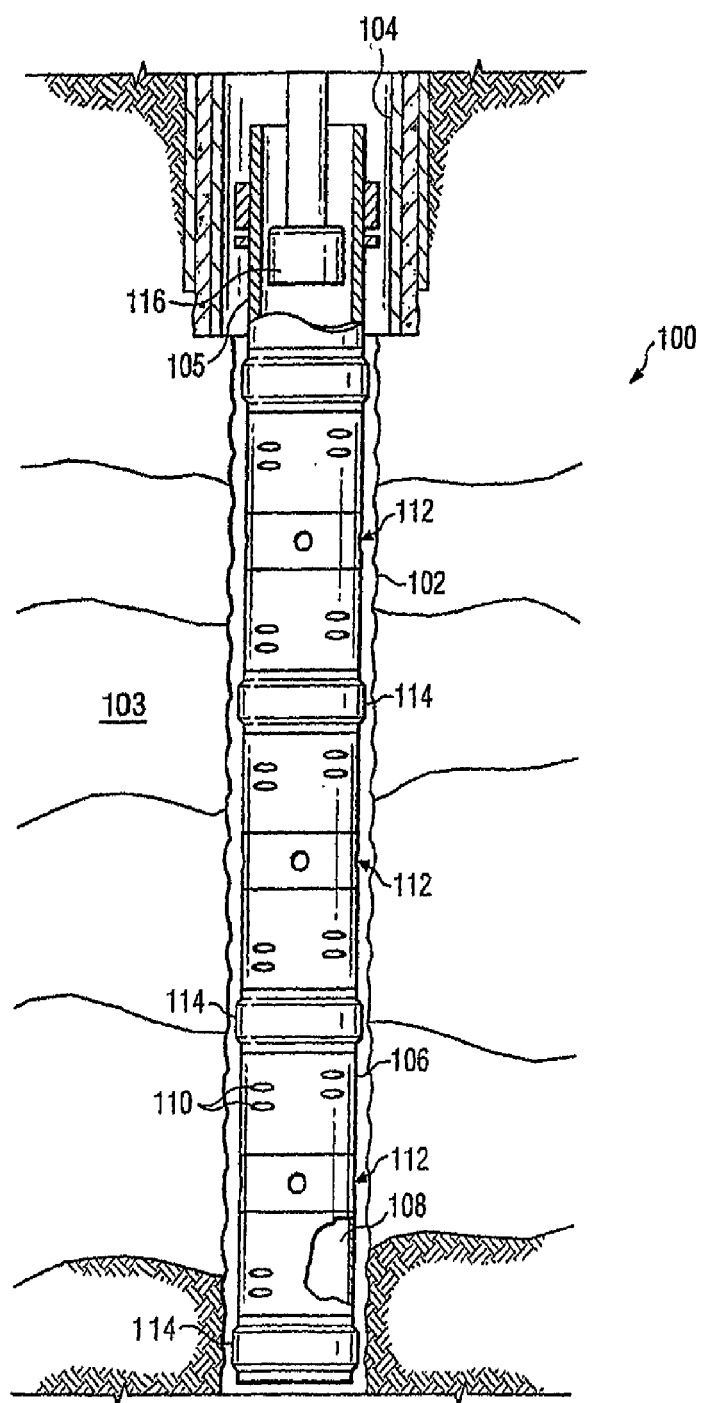


FIG. 1

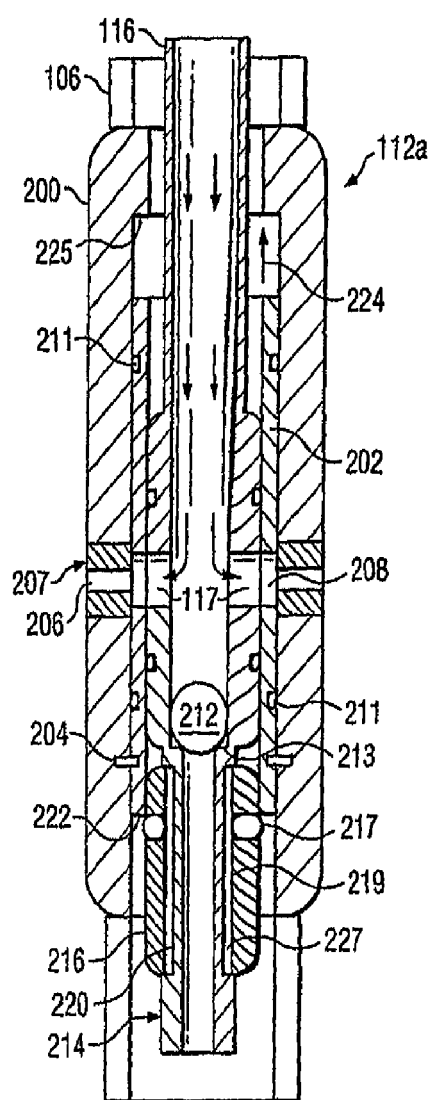


FIG. 2A

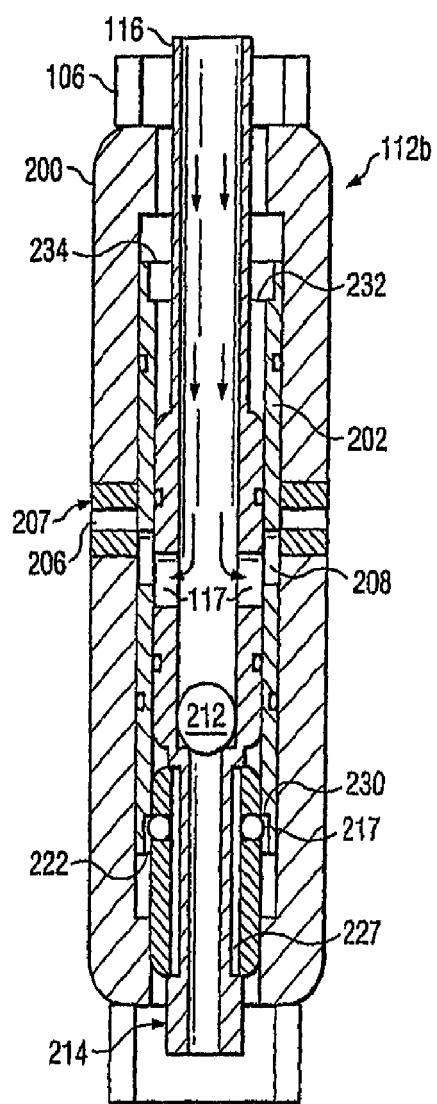


FIG. 2B

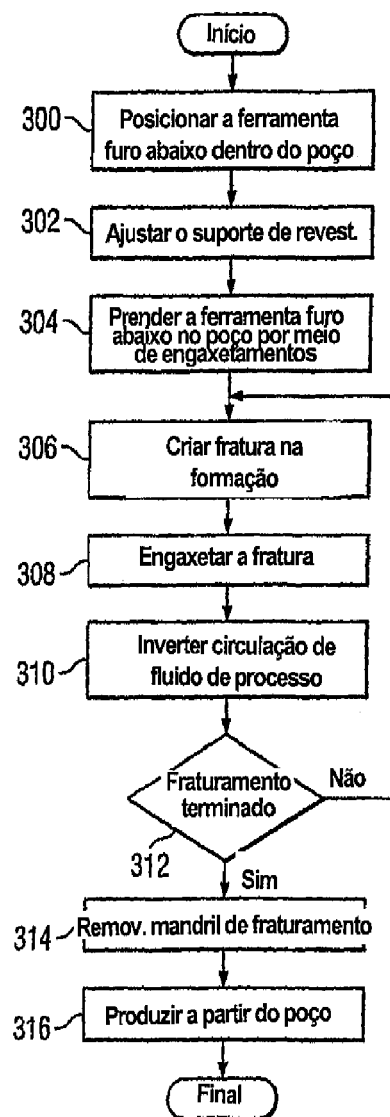


FIG. 3A

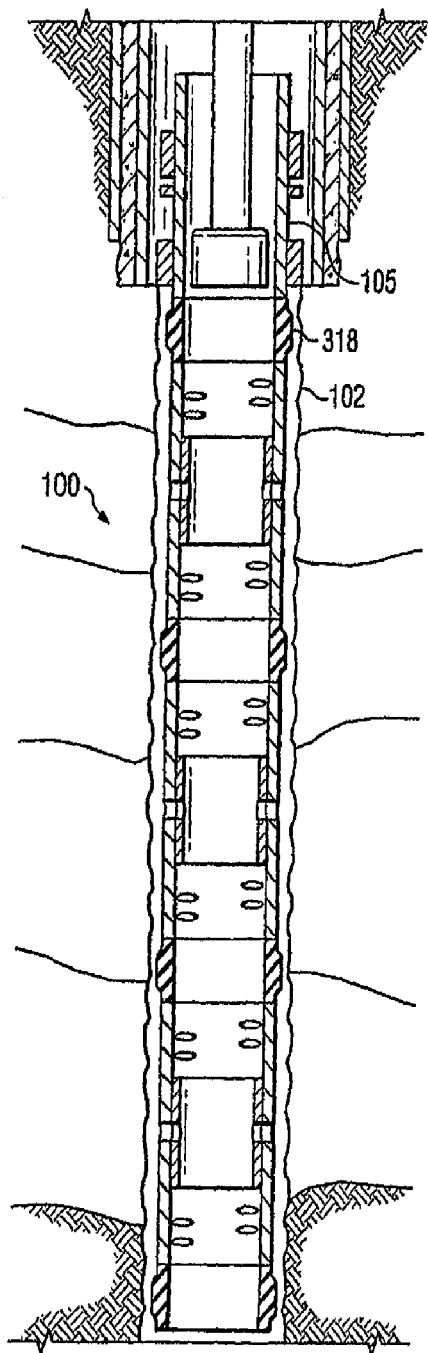


FIG. 3B

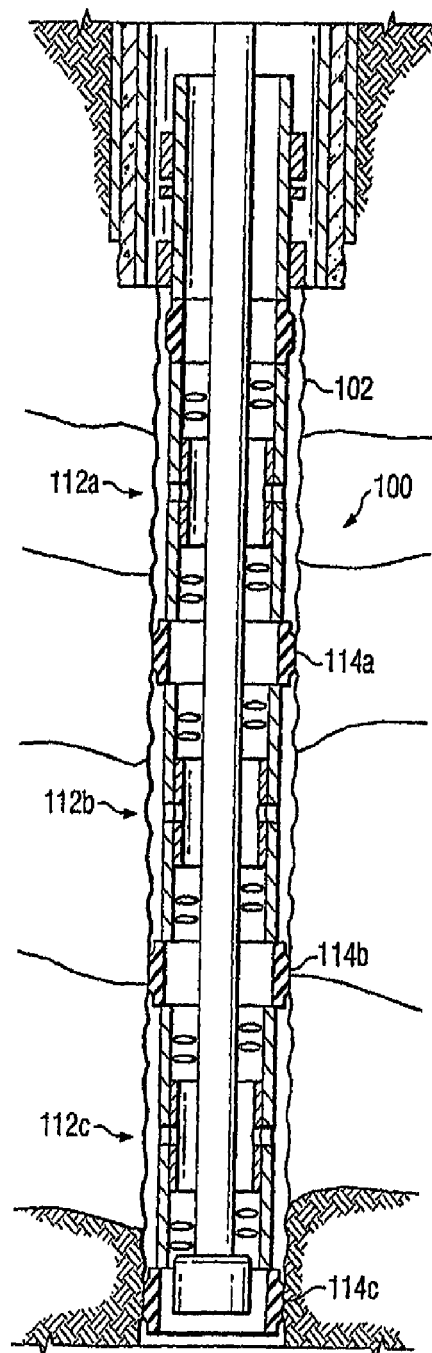


FIG. 3C

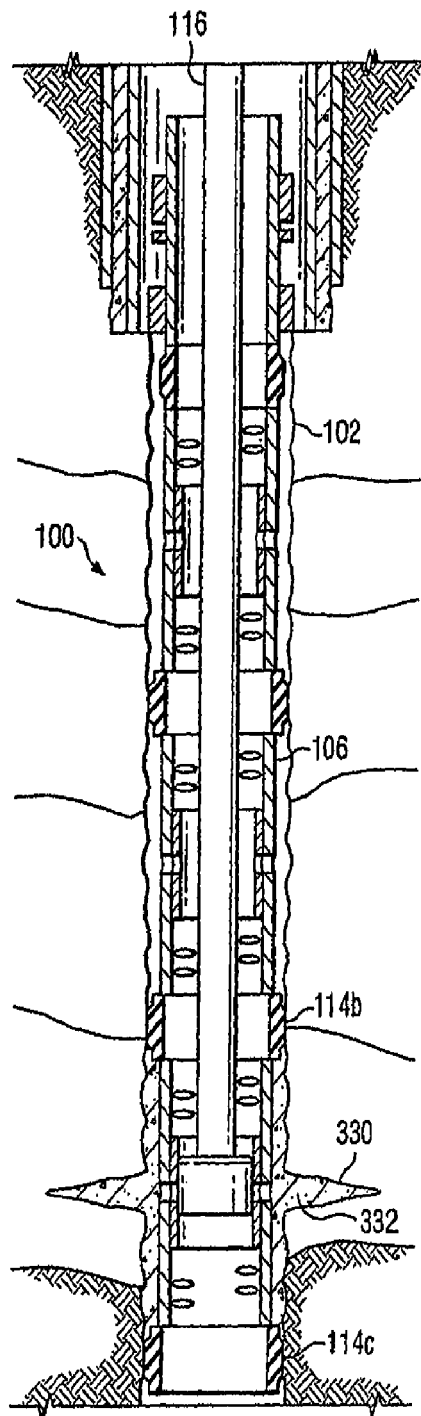


FIG. 3D

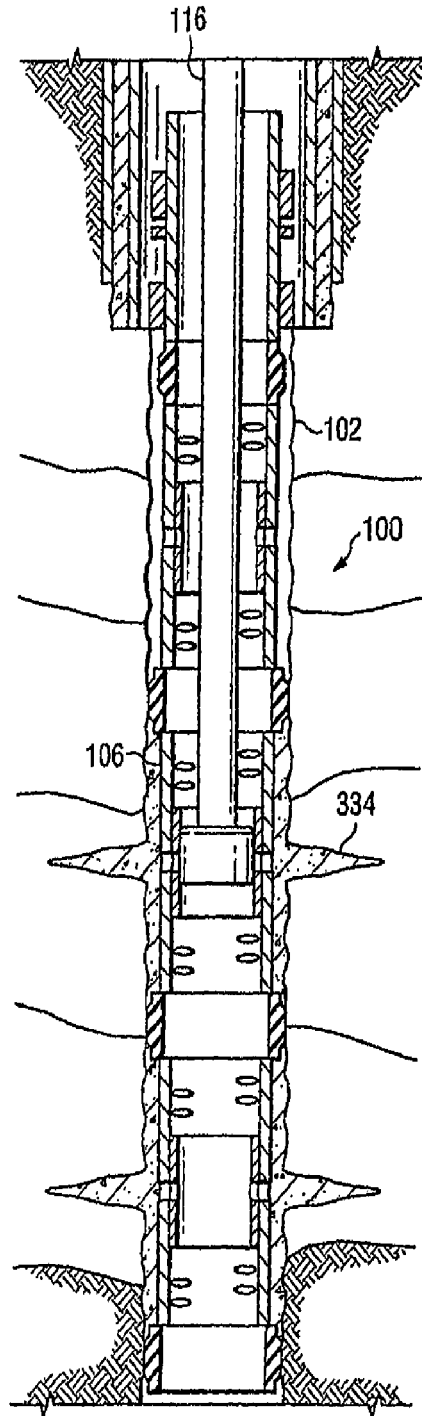


FIG. 3E

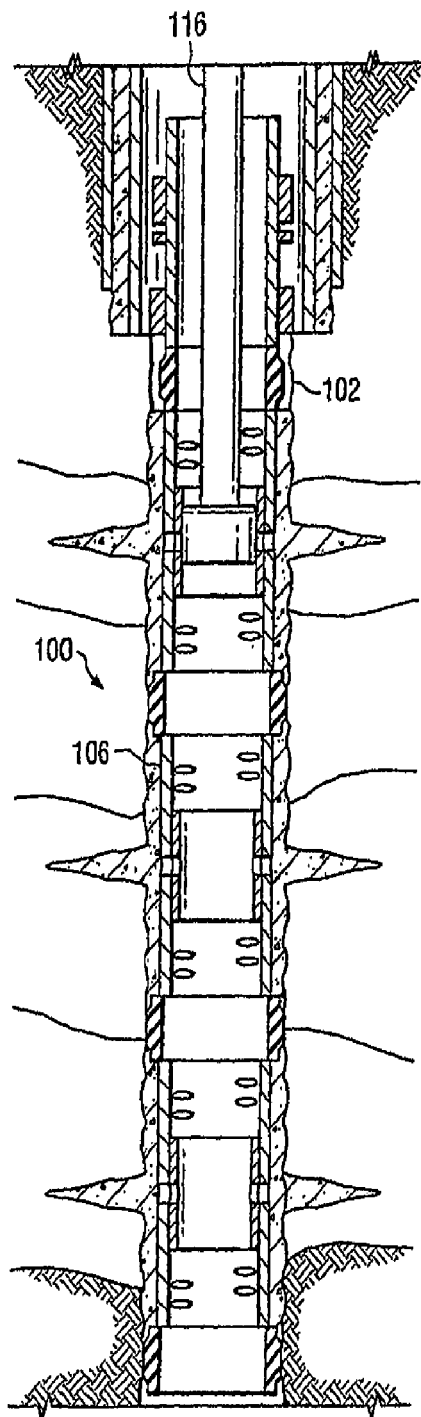


FIG. 3F

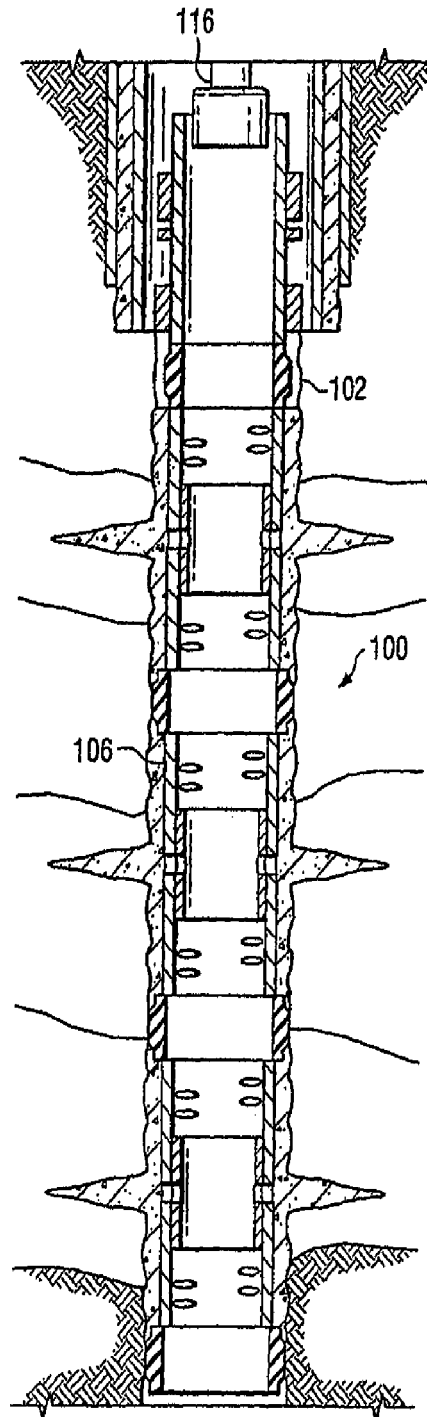


FIG. 3G

RESUMO

“FERRAMENTA DE FURO ABAIXO, E, MÉTODOS PARA TRATAR UM POÇO, PARA TRATAR E COMPLETAR UM POÇO E PARA TRATAR E COMPLETAR UM POÇO ABERTO EM UMA FORMAÇÃO SUBTERRÂNEA QUE CONTÉM UMA OU MAIS ZONAS DE PRODUÇÃO”

Um método de tratar e completar um poço inclui posicionar uma ferramenta de furo abaixo dentro de um poço. A ferramenta de furo abaixo inclui um corpo alongado (106) que define uma passagem central (108) e inclui uma pluralidade de aberturas de produção (110) e, no mínimo, uma abertura de fraturamento, um mandril de fraturamento (103) colocado dentro da passagem central e um engaxetador colocado ao redor do corpo alongado. O método ainda inclui prender a ferramenta de furo abaixo no poço por meio do engaxetador, fraturar uma formação através da abertura de fraturamento e produzir um fluido a partir da formação através das aberturas de produção.