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

(11) **BR 122017007721-0 B1**

(22) Data do Depósito: 20/03/2006

(45) Data de Concessão: 14/11/2017

(54) Título: FERRAMENTA TESTADORA DE FORMAÇÃO, E, MÉTODO DE UTILIZAR A FERRAMENTA TESTADORA DE FORMAÇÃO

(51) Int.Cl.: E21B 49/10

(30) Prioridade Unionista: 05/07/2005 US 11/174711

(73) Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.

(72) Inventor(es): KRISTOPHER V. SHERRILL

"FERRAMENTA TESTADORA DE FORMAÇÃO, E, MÉTODO DE UTILIZAR A FERRAMENTA TESTADORA DE FORMAÇÃO"

Dividido do PI0612712-6, depositado em 22/03/2006

FUNDAMENTOS

[001] Durante a perfuração e completação de poços de petróleo e gás, pode se tornar necessária a execução de operações auxiliares, tal como a monitoração da condição operacional do equipamento usado durante o método de perfuração ou avaliação da produtividade de formações atravessadas pelo poço. Por exemplo, após um poço ou intervalo de poço ter sido perfurado, zonas de interesse são com frequência testadas para determinar várias propriedades da formação tais como permeabilidade, tipo de fluido, qualidade de fluido, temperatura da formação, pressão da formação, ponto de bolha e gradiente de pressão da formação. Estes testes são realizados para determinar se a exploração comercial das formações atravessadas é viável e como otimizar a produção.

[002] Testadores em cabo de aço para formações (WFT) e testes de perfuração de formações (DST) têm sido comumente usados para a realização destes testes. A ferramenta de teste DST básica consiste de um ou mais obturadores, válvulas ou orifícios que podem ser abertos e fechados a partir da superfície, e dois ou mais dispositivos gravadores de pressão. A ferramenta é baixada em uma coluna de trabalho até a zona a ser testada. O obturador ou obturadores são posicionados, e fluido de perfuração (lama) é evacuado para isolar a zona da coluna de lama de perfuração. As válvulas ou orifícios são então abertos para permitir o fluxo da formação para a ferramenta para teste enquanto os gravadores registram em carta as pressões estáticas. Uma câmara de amostragem recolhe fluidos da formação limpos ao término do teste. WFTs genericamente empregam as mesmas técnicas de teste, porém utilizam um cabo de aço para baixar a ferramenta de teste no interior do poço após a coluna ter sido recuperada do poço, embora tecnologia WFT seja às vezes

estendida em uma coluna. A ferramenta de coluna tipicamente utiliza obturadores também, embora os obturadores sejam dispostos em relação estreita entre si, comparados com os testadores conduzidos pelo duto, para teste mais eficiente da formação. Em alguns casos, obturadores não são usados. Naqueles casos, a ferramenta de teste é levada a entrar em contato com a formação atravessada e o teste é conduzido sem isolamento zonal.

[003] Os WFTs também podem incluir um conjunto de sonda para se engatar com superfície de parede do poço e recolher amostras de fluido da formação. O coxim de sonda sela contra a formação e em torno de uma sonda oca, que coloca uma cavidade interna em comunicação fluídica com a formação. Este cria um trajeto de fluido que permite ao fluido da formação fluir entre a formação e o testador de formação enquanto isolado do fluido do poço.

[004] De maneira a obter uma amostra útil, a sonda tem de permanecer isolada da pressão relativamente alta do furo do poço. Por conseguinte, a integridade da vedação que é formada pelo coxim de isolamento é crítica para o desempenho da ferramenta. Se o fluido do poço é permitido a vazar para o interior dos fluidos da formação recolhidos, uma amostra não representativa será obtida e o teste terá de ser repetido.

[005] Com o uso de WFTs e DSTs, a coluna de perfuração com o trépano tem de ser retraída do poço. A seguir, uma coluna de trabalho separada contendo o equipamento de teste, ou, com WFTs, a coluna com o trépano tem de ser baixada no interior do poço para conduzir operações secundárias. A interrupção do método de perfuração para realizar o teste da formação pode adicionar períodos de tempo significativos a um programa de perfuração.

[006] DSTs e WFTs também podem causar a aderência do trépano ou dano à formação. Também podem se apresentar dificuldades na operação de WFTs em poços altamente desviados e profundos. WFTs também não têm

orifícios de desvio para o fluxo de lama de perfuração, nem são projetados para suportar cargas de perfuração como torque e peso sobre o trépano. Além disso, a precisão de medição da pressão da formação pela haste do trépano e, especialmente dos testes da formação pelo cabo de aço de suspensão pode ser afetada pela infiltração do filtrado e acúmulo da lama seca devido a significativos períodos de tempo terem transcorrido antes de um DST ou WFT se engatar com a formação.

[007] Outro aparelho de teste é de uma medição durante a perfuração (MWD) ou o testador de diagrafia durante a perfuração (LWD). Equipamento típico LWD/MWD para teste da formação é próprio para integração com uma coluna de perfuração durante as operações de perfuração. Vários dispositivos ou sistemas são fornecidos para isolar uma formação do restante do poço, extraindo fluido da formação, e medindo as propriedades físicas do fluido e da formação. Com testadores LWD/MWD, o equipamento de teste é submetido a condições rigorosas no poço durante o método de perfuração que podem danificar e degradar o equipamento de teste da formação antes e durante o método de teste. Estas condições adversas incluem a vibração e torque gerado pelo trépano, exposição à lama de perfuração, cascalhos, e fluidos da formação, forças hidráulicas da lama de perfuração em circulação, e raspagem do equipamento de teste da formação contra os lados do poço. Componentes eletrônicos sensíveis e sensores têm de ser suficientemente robustos para suportar as pressões e temperaturas, e especialmente a extrema vibração e condições de choque do ambiente de perfuração, contudo manter a precisão, sua repetição e confiabilidade.

[008] Às vezes, equipamento de menor diâmetro para teste de formação faz-se necessário à medida que a ferramenta se aprofunda no poço. Todavia, a redução da dimensão da ferramenta torna difícil incorporar a plena funcionalidade de características necessárias na ferramenta, como exposto acima.

DESCRIÇÃO SUCINTA DOS DESENHOS

[009] Para uma descrição mais detalhada de modalidades preferenciais da presente invenção, referência passa a ser feita a seguir aos desenhos apensos, de acordo com os quais:

A figura 1 é uma vista em alçado esquemática, parcialmente em corte transversal de um aparelho testador de formação disposto em um poço subterrâneo;

A figura 2A é uma vista lateral de uma parte do conjunto do fundo do poço e do conjunto de ferramenta testador de formação mostrado na figura 1;

A figura 2B é uma vista lateral em corte transversal da ferramenta testador de formação da figura 2A;

A figura 3A é uma vista lateral ampliada da ferramenta testadora da formação da figura 2A;

A figura 3B é uma vista lateral em corte transversal da figura 3A;

A figura 4 é uma vista lateral em corte transversal de um conjunto sensor de formação de acordo com uma modalidade;

A figura 5 é uma vista superior em seção transversal ampliada do conjunto sensor de formação da figura 4;

A figura 6 é uma vista em seção transversal de um êmbolo do conjunto sensor da figura 5;

A figura 7 é uma vista superior em seção transversal de um protetor para um conjunto sensor de acordo com uma modalidade;

A figura 8A é uma vista lateral em seção transversal de um protetor da figura 7;

A figura 8B mostra uma vista em perspectiva do protetor da figura 7;

A figura 9 mostra uma vista lateral em seção transversal de

um conjunto de diferencial de acordo com uma modalidade de acordo com uma modalidade;

A figura 10 mostra uma vista lateral em seção transversal de um conjunto de diferencial de acordo com uma modalidade;

A figura 11 mostra uma vista lateral em seção transversal de um conjunto de diferencial, de acordo com uma modalidade;

A figura 12 mostra um fluxograma de um método de acordo com uma modalidade;

A figura 13 mostra um fluxograma de um método de acordo com uma modalidade.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0010] Na descrição detalhada que se segue, referência é feita aos desenhos apensos que formam parte integrante da mesma, e nos quais são mostradas a título de ilustração modalidades de realização específicas nas quais a invenção pode ser praticada. Estas modalidades são descritas em suficiente detalhe para habilitar aqueles versados na técnica a pôr em prática a invenção, e deve ser compreendido que outras modalidades podem ser utilizadas e que variações estruturais podem ser introduzidas sem se afastar do âmbito da presente invenção. Por conseguinte, a descrição detalhada que se segue não deve ser tomada em um sentido limitativo, e o âmbito da presente invenção é definido pelas reivindicações apensas e seus equivalentes.

[0011] Determinados termos são adotados através da totalidade da descrição que se segue e das reivindicações para se reportar a componentes de sistema específicos. O presente documento não pretende distinguir entre componentes que difiram em nome, porém não em função.

[0012] Na exposição que se segue e nas reivindicações, os termos "incluindo" e "compreendendo" são usados em um sentido lato e assim devem ser interpretados como "inclusive, porém, não limitados a...". Também, os termos "acoplam", "acopla" e "acoplados" usados para descrever

quaisquer conexões elétricas são individualmente propostos para significar e se referir a uma conexão elétrica quer indireta quer direta. Assim, por exemplo, se um primeiro dispositivo "acopla" ou é "acoplado" com um segundo dispositivo, aquela interconexão pode ser através de um condutor elétrico diretamente interligando os dois dispositivos, ou através de uma conexão elétrica indireta através de outros dispositivos, condutores e conexões. Além disso, a referência à "para cima" ou "para baixo" é feita para fins de facilidade de descrição com "para cima" significando no sentido da superfície do poço e "para baixo" significando no sentido do fundo ou extremidade distal do poço. Além disso na exposição e nas reivindicações que se seguem, pode ser às vezes declarado que determinados componentes ou elementos estão em comunicação fluídica. Com isto entende-se que os componentes são construídos e relacionados de tal modo que um fluido pode ser comunicado entre eles, por exemplo, através de uma passagem, tubo ou conduto. Também, a designação "MWD" ou "LWD" é usada para significar toda medição genérica durante a perfuração ou perfilagem com aparelhos e sistemas de perfuração.

[0013] Para entender a mecânica de teste da formação, é importante primeiramente entender como hidrocarbonetos são armazenados em formações subterrâneas. Os hidrocarbonetos não são tipicamente localizados em grandes jazidas subterrâneas, porém em vez disso são encontrados dentro de orifícios muito pequenos, ou espaços porosos, dentro de determinados tipos de rocha. Por conseguinte, é crítico o conhecimento de determinadas propriedades tanto da formação como do fluido nela contido. Em várias ocasiões durante a exposição que se segue, determinadas propriedades da formação e de fluido da formação serão mencionadas em um sentido genérico. Entre as ditas propriedades da formação se incluem, porém, sem estar limitadas a: pressão, permeabilidade, viscosidade, mobilidade, mobilidade esférica, porosidade, saturação, porosidade acoplada com

compressibilidade, dano de poço por efeito pelicular, e anisotropia. As ditas propriedades de fluido da formação incluem, porém, sem estar limitadas a viscosidade, compressibilidade, compressibilidade de fluido da linha de escoamento, densidade, resistividade, composição e ponto de bolha.

[0014] Permeabilidade é faculdade de uma formação rochosa permitir hidrocarbonetos a circularem entre seus poros, e consequentemente ao interior de um poço. A viscosidade de um fluido é uma medida da faculdade dos hidrocarbonetos a fluir, e a permeabilidade dividida pela viscosidade é designada de "mobilidade". Porosidade é a reação de espaço vazio para o volume em massa de formação rochosa contendo aquele espaço vazio. Saturação é a fração ou percentagem do volume de poros ocupado por um fluido especifico (e.g., petróleo, gás, água, etc.). O dano pelicular constitui uma indicação de como o filtrado de lama ou lama seca alterou a permeabilidade próximo ao poço. Anisotropia é a relação das permeabilidades vertical e horizontal da formação.

[0015] A resistividade de um fluido é a propriedade do fluido que resiste ao fluxo de corrente elétrica. O ponto de bolha ocorre quando a pressão de um fluido é reduzida a uma razão tão rápida, que o fluido, ou partes do mesmo, mudam de fase para um gás. Os gases dissolvidos no fluido são extraídos do fluido de forma que o gás está presente no fluido em um estado não dissolvido. Tipicamente, este tipo de mudança de fase nos hidrocarbonetos da formação sendo testada e medida é indesejável, salvo se o teste de ponto de bolha está sendo administrado para determinar qual é a pressão do ponto de bolha.

[0016] Nos desenhos e descrição que se segue, partes idênticas são marcadas através da totalidade do relatório descritivo e dos desenhos com os mesmos numerais de referência, respectivamente. As figuras do desenho não são indispensavelmente representadas em escala. Determinados aspectos característicos da invenção podem ser mostrados exagerados em escala em

forma algo esquemática e alguns detalhes de elementos convencionais podem deixar de ser mostrados no interesse de clareza e concisão. A presente invenção é suscetível a modalidades de realização de formas diferentes. Modalidades específicas são descritas em detalhe e são mostradas nos desenhos, com a compreensão de que a presente exposição deve ser considerada uma exemplificação dos princípios da invenção, e não é proposta para limitar a invenção ao que é ilustrado e descrito aqui. É plenamente reconhecido que diferentes ensinamentos das modalidades expostas abaixo podem ser empregados separadamente ou em qualquer combinação para produzir os resultados desejados. As várias características mencionadas acima, assim como outros aspectos e características descritos abaixo em maior detalhe, serão facilmente aparentes aqueles versados na técnica da leitura da descrição detalhada que se segue das modalidades, e da consulta aos desenhos apensos.

[0017] Reportando-se à figura 1, uma ferramenta testadora de formação 10 é mostrada como parte de coluna sub-superfície 6 que inclui um MWD sub 13 e um trépano 7 na extremidade extrema inferior. O conjunto de coluna sub-superfície 6 é baixado de um convés de perfuração 2, tal como navio ou outra plataforma convencional, através da coluna de perfuração 5. A coluna de perfuração 5 é disposta através do condutor submarino 3 e cabeça de poço 4. Equipamento de perfuração convencional (não mostrado) é suportado no interior da torre 1 e gira a coluna de perfuração 5 e trépano 7, causando o trépano 7 a formar um poço 8 através do material da formação 9. O poço 8 penetra zonas subterrâneas ou reservatórios, tal com o reservatório 11, que se acredita conter hidrocarbonetos em uma quantidade comercialmente viável. Deve ser entendido que o testador de formação 10 pode ser empregado em outros conjuntos de fundo de poço e com outros aparelhos perfuradores na perfuração baseada em terra, assim como na perfuração marítima conforme mostrada na figura 1. Em todas as instâncias,

além do testador de formação 10, o conjunto de fundo de poço 6 contém vários aparelhos e sistemas convencionais, tal como um motor de perfuração de fundo de poço, sistema de telemetria de pulsos de lama, sensores e sistemas de medição durante a perfuração, e outros bem conhecidos da técnica.

[0018] Deve também ser entendido que, muito embora o testador de formação 10 seja mostrado como parte da coluna de perfuração 5, as modalidades da invenção descritas abaixo podem ser conduzidas no fundo do furo 8 através de qualquer coluna de perfuração ou tecnologia a cabo de aço, conforme parcialmente descrito abaixo e é bem conhecida daqueles versados na técnica.

[0019] Reportando-se a seguir às figuras 2A-2B, partes da ferramenta testadora de formação 10 são mostradas. A ferramenta testadora 10 inclui um conjunto de orifício de enchimento 24 para adicionar ou remover fluido hidráulico ou outros fluidos na ferramenta 10. Abaixo do orifício de enchimento 24 situa-se o conjunto de inserção hidráulico 30. A ferramenta 10 também incluindo uma válvula equalizadora 60, um conjunto de sonda de poço 50 e um conjunto de êmbolo de diferencial (entre a pressão estática e a pressão de surgência) 70. Também incluído é o conjunto de instrumento de pressão 80, incluindo os transdutores de pressão usados pelo conjunto de sonda 50.

[0020] Reportando-se a seguir às figuras 3A-3B, o conjunto de sonda da formação 50 é disposto no interior do colar de sonda 12, e coberto por uma placa de cobertura de sonda 51. Também disposto no interior do colar de sonda 12 existe a válvula equalizadora 60 e o conjunto de retirada 70. Adjacente ao conjunto de sonda de formação 50 e válvula equalizadora 60 existe uma parte plana 136 na superfície do colar de sonda 12.

[0021] Como mais bem mostrado na figura 3B, pode ser visto como conjunto de sonda da formação 50 e válvula equalizadora 60 e conjunto de

retirada 70 são posicionados no colar de sonda 12. O conjunto de sonda da formação 50 e válvula equalizadora 60 e conjunto de retirada 70 são montados no colar de sonda 12 imediatamente acima do orifício de fluxo 14. Conforme será adicionalmente exposto abaixo, o orifício de fluxo 14 inclui um trajeto longitudinal curvo à medida que avança longitudinalmente através do colar de sonda 12.

[0022] Maiores detalhes do conjunto de sonda da formação 50 são mostrados nas figuras 4 e 5. O conjunto de sonda da formação 50 genericamente inclui uma haste 92, uma câmara de êmbolo 94, um êmbolo 96 adaptado para ser animado de curso alternativo no interior da câmara de êmbolo 94, e um snorquel 98 adaptado para curso alternativo no interior do êmbolo 96. O snorquel 98 inclui uma parte base 125 e uma passagem central 127. A placa de cobertura 51 se ajusta sobre o topo do conjunto de sonda 50 e retém e protege o conjunto 50 no interior do colar de sonda 12. O conjunto de sonda de formação 50 é configurado de tal modo que o êmbolo 96 se estende e se retrai através da abertura 52 na placa de cobertura 51. A haste 92 inclui uma parte de base circular 105. Se estendendo da base 105 existe uma extensão tubular 107 tendo uma parte central 108. A passagem central 108 está em conexão fluídica com as passagens de fluido conduzindo a outras partes da ferramenta 10, incluindo a válvula equalizadora 60 e o conjunto de tiragem 70. Assim, uma passagem de fluido é formada a partir da formação através da passagem de snorquel 127 e passagem central 108 para as demais partes da ferramenta.

[0023] Em uma modalidade, a câmara de êmbolo 94 é integral com o colar de sonda 12 da ferramenta 10 e inclui uma superfície interna 113 tendo partes de diâmetro reduzido 114, 115 para guiar o êmbolo 96 quando este se estende e se retrai. Uma vedação 116 é disposta na superfície 114. Em uma modalidade, a câmara de êmbolo 94 pode ser um alojamento separado montado no interior da ferramenta 10, por um engate roscado, por exemplo.

[0024] O êmbolo 96 é deslizantemente retido no interior da câmara de êmbolo 94 e genericamente inclui a superfície externa 141 tendo uma parte base de diâmetro aumentado 118. Uma vedação é disposta na parte de diâmetro aumentado 118. Imediatamente abaixo da parte de base 118, o êmbolo 96 repousa sobre a parte de base de haste 15 quando o conjunto de sonda 50 está na posição plenamente retraída com mostrado na figura 4. O êmbolo 96 também inclui um ressalto 172 e um diâmetro interno central 120.

[0025] O conjunto de sonda da formação 50 é montado de tal modo que a parte de base de êmbolo 118 é permitida a ser animada de curso alternativo ao longo da superfície 113 da câmara de êmbolo 94, e a superfície externa do êmbolo 141 é permitida a ter curso alternativo ao longo da superfície 114. De forma similar, a base de snorquel 125 é disposta no interior do êmbolo 96 e é adaptada para curso alternativo ao longo da superfície interna do êmbolo. A passagem central 127 de snorquel 98 é axialmente alinhada com a extensão tubular 107 da haste 92. O conjunto de sonda de formação 50 é animado de curso alternativo entre uma posição plenamente retraída, como mostrado na figura 4, e uma posição parcialmente estendida, como mostrada na figura 5. Em uso, o snorquel 98 adicionalmente se estende para o interior da parede da formação para se comunicar com o fluido de formação.

[0026] Sensores também podem ser dispostos no conjunto de sonda de formação 50. Por exemplo, um sensor de temperatura, conhecido daqueles versados na técnica, pode ser disposto sobre o conjunto de onda para tomada da temperatura do anel tubular ou da formação. Na posição retraída do conjunto de sonda, o sensor se situaria adjacente ao ambiente do espaço do anel tubular, e a temperatura do espaço anular poderia ser tomada. Na posição estendida do conjunto tubular, o sensor se situaria adjacente à formação, permitindo uma medição da temperatura da formação. As ditas medições de temperatura poderiam ser usadas por uma variedade de razões, tal como

computações de produção ou completação, ou cálculos de avaliação tais como permeabilidade e resistividade.

[0027] No topo do êmbolo 96 existe um coxim de vedação 180. O coxim de vedação 108 pode ser de forma toroidal com uma superfície vedante externa curvada e abertura central 186. A superfície de base do dito coxim de vedação 180 pode ser acoplada com uma saia 182. O coxim de vedação 180 pode ser ligado com a saia 182, ou de outro modo acoplado com a saia 182 tal como moldando o coxim de vedação 180 sobre a saia 182 de tal forma que o material de coxim preencha ranhuras ou orifícios na saia 182. A saia 182 é amovivelmente acoplada com o êmbolo 96 por intermédio de acoplamento roscado, ou outros meios de engate, tal como um encaixe sob pressão com a superfície do diâmetro interno central 120. Alternativamente, o coxim 180 pode ser acoplado diretamente no êmbolo 96 sem o uso de uma saia.

[0028] Em uma modalidade, o coxim de vedação 180 inclui um material elastomérico, tal como borracha ou plástico. Em outras modalidades, o coxim vedante 180 pode ser metálico ou de uma liga de metal. A utilização de um coxim metálico é vantajosa uma vez que o coxim metálico não se rompe sob as condições do fundo do furo conforme poderia ocorrer com coxins elastoméricos. O coxim de vedação 180 sela e previne que fluido de perfuração ou outros contaminantes ingressem no conjunto de sonda 50 durante o teste da formação. Mais especificamente, o coxim de vedação 180 sela contra o resíduo de formação que pode ser formar sobre a superfície de um furo de sonda. Tipicamente, a pressão do fluido de formação é inferior à pressão dos fluidos de perfuração que são injetados no interior do furo de sonda. Uma camada de resíduo proveniente do fluido de perfuração forma um resíduo de filtração sobre a superfície da parede do furo de sonda e separa as duas áreas de pressão. O coxim 180, quando estendido, contata a superfície da parede do furo e, juntamente com o resíduo de filtração, forma uma vedação através da qual fluidos da formação podem ser recolhidos.

[0029] Em uma modalidade alternativa do coxim de vedação, o coxim pode ter uma cavidade interna de tal forma que pode reter um volume de fluido. Um fluido pode ser bombeado para o interior do coxim de vedação a taxas variáveis de tal modo que a pressão na cavidade do coxim possa ser aumentada e decrescida. Entre os fluidos usados para encher o coxim podem se incluir fluido hidráulico, solução salina ou gel de silicone. A título de exemplo, o coxim pode não ser cheio ou pressurizado quando a sonda se estende para engatar-se com a parede do furo de sonda, então quando a sonda contata a parede o coxim pode ser cheio. Em outro exemplo, a sonda pode se enchida antes da sonda ser estendida. Dependendo do contorno da parede do furo de sonda, o coxim pode ser pressurizado carregando o coxim com fluido, desse modo amoldando a superfície do coxim ao contorno da parede do furo de sonda e proporcionando uma vedação mais perfeita.

[0030] Em ainda outra modalidade do coxim de vedação, o coxim pode ser cheio, quer antes quer após o engate com a parede do furo de sonda, com um fluido reológico eletro-viscoso. Após o coxim ter se engatado com a superfície de parede do furo de sonda e se amoldado à mesma, uma corrente elétrica pode ser aplicada ao fluido reológico eletro-viscoso de tal modo que a corrente altere o estado do fluido, de líquido para gel ou sólido e consolida a conformação do coxim, desse modo proporcionando uma melhor vedação.

[0031] Reportando-se as figuras 7,8A e 8B, em uma modalidade a superfície externa do coxim 180 define uma forma de superfície parcialmente cilíndrica, em contraste com a superfície plana ou esférica. A figura 7 mostra uma vista superior de uma seção transversal de coxim 180 e a figura 8A mostra a seção transversal vista de lado, ao passo que a figura 8B é uma vista em perspectiva do coxim 180. A superfície externa do coxim 180 é genericamente congruente com a superfície interna da parede cilíndrica do furo de sonda 16 (figura 5). Isto significa que o coxim exerce uma pressão genericamente igual contra a parede em todas as partes de sua superfície. Isto

assegura uma vedação superior. Em algumas modalidades, a saia 182 pode ter uma superfície externa definindo um perfil cilíndrico parcial e o coxim vedante 180 pode ter espessura igual através de sua totalidade. Naquele caso, a pressão através da totalidade do coxim seria mais igual.

[0032] Reportando-se às figuras 5 e 6, maiores detalhes do êmbolo 96 serão descritos. A figura 6 mostra uma seção transversal de êmbolo 96, pode ser visto que o êmbolo inclui uma forma não circular em torno da parede periférica 141. De modo similar a superfície 114 da câmara 94 é amoldada ao perfil do embolo 96.

[0033] Em algumas modalidades, o êmbolo 96 e a câmara 94 são mutuamente enchavetados de forma que o êmbolo não gire em relação à câmara 94 quando o êmbolo 96 é estendido. Neste exemplo, o êmbolo 96 define uma forma elíptica com um primeiro diâmetro D1 maior que um segundo diâmetro D2. A superfície 114 define uma forma similar. Por exemplo, a relação entre D1 e D2 pode ser de cerca de 1,03:1,00. Em outras opções, o êmbolo 96 pode incluir uma ou mais paredes retas ao longo de sua periferia 141 e a câmara 94 pode compreender um perfil similar. Outra opção é proporcionar uma ou mais saliências ao longo da superfície externa do êmbolo 96 e correspondentes ranhuras guias no topo da superfície 114.

[0034] Esta adaptação ou forma não circular enchavetada mantém o êmbolo orientado na posição correta quando é estendido de forma que o coxim 180, que conforme acima indicado inclui uma superfície cilíndrica externa, casa com a parede cilíndrica 16 na orientação correta para assegurar uma perfeita vedação. Isto pode ser vantajoso em uma ferramenta de pequeno diâmetro tal como uma ferramenta de 10,79 cm (4,5 polegadas) 10, onde a parede 16 pode estar relativamente afastada da ferramenta e se não orientado corretamente o êmbolo 96 poderia girar e a superfície externa cilíndrica do coxim 180 colidiria com a parede a uma orientação estranha.

[0035] Reportando-se a seguir à figura 12, que ilustra um método

1200, de acordo com uma modalidade, de utilizar o conjunto de sonda de formação acima exposto. O método 1200 inclui o uso de uma ferramenta testadora de formação munida de um conjunto de sonda de formação 50, a colocação do conjunto de sonda no interior de um poço, o estender um êmbolo 96 de modo que um coxim de vedação 180 se estenda no sentido da superfície da parede do poço, e guiar o êmbolo 96 de tal modo que o êmbolo substancialmente não gire quando o êmbolo está sendo estendido.

[0036] Por conseguinte, quando o êmbolo 96 é estendido, a superfície de parede externa 141 do êmbolo é guiada pela superfície de parede interna 114 de câmara 94 de modo a manter o êmbolo 96 substancialmente orientado quando é estendido no sentido da parede da formação de tal modo que o êmbolo 96 não gire tanto que não confronte com a parede a um ângulo a um ângulo aceitável. Outrossim, mantendo o coxim 180 corretamente orientado, o presente sistema permite o uso de um coxim metálico em lugar de um coxim elastomérico, uma vez que um coxim metálico cilindriforme corretamente orientado pode prestar uma vedação correta.

[0037] A operação do conjunto de sonda de formação 50 passa a ser descrita a seguir. O conjunto de sonda 50 está normalmente na posição retraída (figura 4). O conjunto 50 permanece retraído quando não em uso, tal como quando a coluna de perfuração está girando enquanto perfurando se o conjunto 50 para uma aplicação MWD, ou quando a ferramenta de teste a cabo de aço está sendo baixada em um furo de sondagem 8 se o conjunto 50 é usado para uma aplicação de teste a cabo de aço.

[0038] Mediante um comando apropriado para o conjunto de sonda da formação 50, uma força é aplicada à parte de base de êmbolo 96, de preferência pelo uso de fluido hidráulico. O êmbolo 96 se eleva em relação às outras partes do conjunto de sonda 5 até a parte de base 118 entrar em contato com um rebordo 170 da câmara 94. Após o dito contato, o conjunto de sonda 50 continua a pressurizar um reservatório 54 até o reservatório 54 atingir uma

máxima pressão. Alternativamente, se o coxim 180 entrar em significativo contato com a superfície de parede do furo de sonda antes da parte de base 118 entrar em contato com o rebordo 170, o conjunto de sonda 50 continuará a aplicar pressão ao coxim 180 pressurizando o reservatório 54 até a máxima pressão previamente mencionada. A máxima pressão aplicada ao conjunto de sonda 50, por exemplo, pode ser de 1200 lb/pol² (5,76 kg/cm²).

[0039] A força continuada proveniente do fluido hidráulico no reservatório 54 faz o conjunto de snorquel 98 se estender de tal modo que a extremidade externa do snorquel se estende além da superfície do coxim de vedação através da abertura do coxim de vedação 186. O conjunto de snorquel 98 para de se estendem para fora quando um ressalto 123 entra em contato com um ressalto 172 do êmbolo 96.

[0040] Alternativamente, se o conjunto de snorquel entra em contato significante com uma parede do furo de sondagem antes do ressalto 123 entrar em contato com o ressalto 172 do êmbolo 96, uma força continuada proveniente da pressão do fluido hidráulico no reservatório 54 é aplicada até a pressão máxima previamente mencionada. A pressão máxima aplicada ao conjunto de snorquel 98, pode, por exemplo, ser de 1200 lb/pol² (5,76 kg/cm²). De preferência, o snorquel e o coxim de vedação entrarão em contato com a superfície da parede do furo de sondagem antes dos ressaltos de êmbolo 96 ou snorquel 98 sob plena extensão.

[0041] Se, por exemplo, o coxim de vedação tivesse estabelecido contato com a superfície da parede do furo de sonda antes de ser plenamente estendido e pressurizado, então o coxim de vedação 180 deve selar contra a lama seca sobre a superfície da parede de sonda 16 através de uma combinação de pressão e extrusão do coxim. A vedação separa as passagens de fluido 127 e 107 da crosta de lama, fluido de perfuração e outros contaminantes no exterior do coxim de vedação 180.

[0042] Para efetuar a retração do conjunto de sonda 50, forças, ou

diferenciais de pressão, podem ser aplicados ao snorquel 98 e êmbolo 96 em sentidos opostos em relação às forças de extensão. Simultaneamente, as forças de extensão podem ser reduzidas ou descontinuadas para auxiliar na retração da sonda.

[0043] Em outra modalidade, a sonda pode ser uma sonda telescópica incluindo um segundo êmbolo interno para estender adicionalmente o conjunto de sonda. Em outras modalidades, a ferramenta testadora de formação 10 pode adicionalmente incluir aletas ou estabilizadores hidráulicos ou um compensador de *heave* localizado próximo ao conjunto de sonda de formação 50 de ancorar a ferramenta e amortecer o movimento da ferramenta no furo de sonda.

[0044] Reportando-se mais uma vez à figura 4, pode ser visto que o colar de sonda 12 também aloja o conjunto de retirada 70. Reportando-se a seguir à figura 9, o conjunto de êmbolo de retirada 70 genericamente inclui uma vedação anular 502, um êmbolo 506, um êmbolo mergulhante 510 e um tampo extremo 508. O êmbolo 506 é deslizantemente recebido no cilindro 504 e êmbolo mergulhante 510, que é integrado com e se estende do êmbolo 506. Na figura 9, o êmbolo 56 é compelido para sua posição extrema superior ou de encontro com o rebordo 516. Por exemplo, uma mola propensora (não mostrada) compele o êmbolo 506 para a posição de encontro e pode ser disposta no cilindro 504 entre o êmbolo 506 e o tampo extremo 508. Linhas hidráulicas separadas (não mostradas) interligam-se com o cilindro 504 acima e abaixo do êmbolo 506 nas partes 504ª, 504B para mover o êmbolo 506 quer para cima quer para baixo no interior do cilindro 504 conforme descrito em maior detalhe abaixo. O êmbolo 510 é deslizantemente disposto no cilindro 514 coaxial com o cilindro 504. O cilindro 514A na parte superior do cilindro 514 que está em comunicação fluídica com a passagem de fluido que se interliga com o conjunto de sonda 50 e válvula equalizadora 60. O cilindro 514A é carregado de fluido através de sua interconexão com as passagens de

fluido da ferramenta 10. O cilindro 514 é carregado com fluido hidráulico através de suas interconexões com um circuito hidráulico. Válvulas de retenção transversalmente pilotadas podem ser usadas para deter o êmbolo 506 quando este tiver avançado suficientemente. Neste exemplo, o êmbolo 506 se desloca de uma maneira longitudinal em relação ao comprimento da ferramenta. Isto é necessário em uma ferramenta de pequeno diâmetro 10, por exemplo, em uma ferramenta de 12,06 cm (4,75 pol.). Em várias modalidades, a ferramenta 10 e o colar de sonda 12 podem ser de diferentes dimensões. Por exemplo, em qualquer uma das modalidades descritas aqui, o colar de sonda 12 pode incluir um diâmetro de cerca de 12,06 cm ou menor, ou um diâmetro de cerca de 17,14 cm ou menor, ou um diâmetro de 20,32 cm ou menor ou um diâmetro de cerca de 22,86 cm ou menor.

[0045] Em uma modalidade, a ferramenta 10 inclui conjuntos diferenciais intercambiáveis. Por exemplo, reportando-se à figura 10, um segundo conjunto de retirada 272 é ilustrado. O conjunto de retirada 272 é similar ao conjunto 70, com a diferença mais notável sendo que o volume de diferencial é menor uma vez que um êmbolo 510B e um cilindro 514B têm menores áreas em seção transversal que o correspondente êmbolo e cilindro do conjunto 70. Outros membros do conjunto 272 são idênticos aos mesmos acima para o conjunto 70.

[0046] Reportando-se à figura 11, um terceiro conjunto de retirada 372 é mostrado. O conjunto de retirada 372 é similar ao conjunto 70 e ao conjunto 272, com a diferença principal sendo que o volume de retirada é menor uma vez que um êmbolo 510C e um cilindro 514C têm menores áreas em seção transversal do que o correspondente conjunto de êmbolo e cilindro do conjunto 70, e menores áreas em seção transversal que o correspondente êmbolo e cilindro do conjunto 272. Outros membros do conjunto 372 são os mesmos acima para o conjunto 70 e conjunto 272.

[0047] Cada conjunto de retirada 70, 272, 372 inclui a mesma

dimensão e formado alojamento externo 970. Reportando-se à figura 4, a ferramenta 10 inclui uma seção de montagem 981 para o conjunto de retirada 70. Cada alojamento 970 de cada conjunto de retirada 70, 272, e 372 é montado de maneira similar e intercambiável com a seção de montagem 981 da ferramenta 10. Por exemplo, os alojamentos externos 970 podem inclui orifícios ou outros recursos para fixar o conjunto no interior da seção de montagem da ferramenta. Isto permite que os conjuntos de retirada 70, 272, e 372 sejam intercambiavelmente trocados no interior da ferramenta. Isto permite diferentes taxas de retirada e/ou volumes de amostra, por exemplo. A seção de montagem de ferramenta 981 inclui interligações hidráulicas e elétricas que são as mesmas entre cada alojamento 970 de cada conjunto 79, 272, e 372. De forma similar, cada conjunto 70, 272, e 372 inclui interconexões hidráulicas, fluídicas e elétricas que casam com as interconexões dos outros conjuntos de retirada e casam com as interconexões previstas na seção de montagem 981.

[0048] Conforme indicado, cada conjunto de retirada diferente 70, 272 e 372 tem uma dimensão de êmbolo/volume diferente enquanto cada um inclui um alojamento externo 970 configurado para ser montado intercambiavelmente na seção de montagem 981. Em outras palavras, eles podem, cada um, ter um alojamento externo da mesma dimensão 970 com configurações internas de diferentes dimensões. Em uso, um conjunto de retirada (*draw down)* pode ser montado na seção 981 e usado. Quando a ferramenta é recuperada, o conjunto pode ser removido, um conjunto diferente montado na seção 981. Reportando-se a seguir também à figura 13, um método 1300 de acordo com uma modalidade será descrito. O método 1300 inclui seletivamente selecionar um conjunto de retirada dentre uma pluralidade de conjuntos de retirada 70, 272, 372, dispor um colar de sonda em um furo de sonda, estender o conjunto de sonda extensível, acionar o conjunto de retirada selecionado a partir de uma primeira posição para uma

segunda posição, e aspira o fluido para o interior do conjunto de sonda.

[0049] A Tabela 1 mostra diferentes valores que são o resultado da utilização de diferentes conjuntos de retirada expostos acima.

Conjunto de Retirada	Média (Fig. 10)	Baixa (fig. 11)	Alta (Fig. 9)
Máxima Retirada a 26,64 kg/cm²	48,33 kg/cm²	10,57 kg/cm²	7,68 kg/cm²
Taxa de Retirada 10,57 kg/cm	2,0 cm^3/segundo	1,1 cm^3/segundo	5,1 cm^3/segundo
Taxa de Retirada 150 RPM	0,2 cm^3/segundo	1,0 cm^3/segundo	5,1 cm^3/segundo

[0050] A capacitação a intercambiar entre diferentes conjuntos de retirada é especialmente vantajosa em uma aplicação MWD de baixa potência onde existe baixa energia disponível e a taxa de retirada necessita ser variável.

[0051] Em algumas modalidades, um indicador de posição também pode ser aplicado nos conjuntos de retirada expostos acima para saber onde no cilindro o êmbolo de depressão está localizado, e como o êmbolo está se deslocando. Parâmetros de volume e diâmetro do cilindro podem ser usados para calcular a distância percorrida pelo êmbolo. Com um raio r conhecido do cilindro e um volume V conhecido de fluido hidráulico bombeado para o interior do cilindro a partir de um ou de outro lado do êmbolo, a distância d percorrida pelo êmbolo pode ser calculada a partir da equação $V = (r^2)(d)$. Alternativamente, sensores tais como sensores ópticos, sensores acústicos, potenciômetros, ou outros dispositivos medidores de resistência podem ser usados. Outrossim, a estabilidade da retirada pode ser obtida a partir do indicador de posição. A taxa pode ser calculada a partir da distância medida através de um período de tempo dado, e a estabilidade da taxa pode ser usada para corrigir outras medições.

[0052] Por exemplo, para obter uma maior compreensão da permeabilidade da formação ou o ponto de bolha dos fluidos da formação, uma pressão de referência pode ser selecionada para a retirada, e então a distância percorrida pelo êmbolo antes daquela pressão de referência ser atingida pode ser medida pelo indicador da posição do êmbolo de retirada. Se

o ponto de bolha é atingido, a distância percorrida pelo êmbolo pode ser registrada e transmitida para a superfície, ou para o software na ferramenta, para que o êmbolo possa ser comandado para se deslocar menos e desse modo evitar o ponto de bolha.

[0053] Será compreendido que os conjuntos de retirada podem ter êmbolos que variam em dimensão de tal modo que seus volumes variem. Os conjuntos também podem ser configurados para efetuar a redução sob pressões variáveis. A modalidade recém descrita inclui três conjuntos retirada, porém o sistema da ferramenta testadora da formação pode incluir um número maior ou menor que três.

[0054] O uso dos conjuntos de retirada será exposto com referência às figuras 4, 5 e 9. Um circuito hidráulico pode ser usado para operar o conjunto sensor 50, válvula equalizadora 60 e conjunto de retirada 7. Conforme exposto acima, o conjunto sensor 50 se estende até o coxim 180 entrar em contato com a lama seca sobre a superfície de parede de poço. Com a pressão hidráulica continuando a ser aplicada ao lado de extensão do êmbolo 96 e snorquel 98 para o conjunto 50, o snorquel pode então penetrar a lama seca. O estendimento para o exterior dos êmbolos 96 e snorquel 98 continua até o coxim 180 se engatar com a superfície da parede do poço 16. Este movimento combinado prossegue até a pressão empurrando contra o lado de extensão do êmbolo 96 e snorquel 98 atingir uma grandeza predeterminada, por exemplo, 5,76 kg/cm² (1200 lbs/pol²), controlada por uma válvula de alívio, por exemplo, causar a compressão do coxim 180. Neste ponto, um segundo estágio de expansão ocorre cm o snorquel 98 então se deslocando no interior do diâmetro interno 120 do êmbolo 96 para penetrar a lama seca sobre a parede do poço 16 e receber fluidos da formação ou tomar outras medições.

[0055] Após a válvula equalizadora 60 se fechar, desse modo isolando a passagem de fluido do espaço anular, a passagem de fluido proveniente da formação, agora fechada para o espaço anular 15, está em comunicação

fluídica com o cilindro 514A na extremidade superior do cilindro 514 no conjunto de retirada 70.

[0056] Fluido pressurizado então ingressa na parte 504A do cilindro 504 causando a retração do êmbolo. Quando isto ocorre, o êmbolo mergulhante 510 se desloca no interior do cilindro 514 de tal forma que o volume da passagem de fluido aumenta pelo volume da área do êmbolo mergulhante 510 vezes a extensão de seu curso ao longo do cilindro 514. O volume de cilindro 514A é aumentado por este deslocamento, dessa forma aumentando o volume de fluido na passagem,

[0057] Um controlador pode ser usado para comandar o conjunto de retirada 70 a aspirar fluidos a diferentes taxas e volumes. Por exemplo, o conjunto de retirada 70 pode ser comandado para extrair fluidos a razão de 1 cm3 por segundo para 10 cm3 e seguir aguardar 5 minutos. Se os resultados deste teste forem insatisfatórios, um sinal de enlace descendente pode ser transmitido usando telemetria de pulsos de lama, ou outra forma de comunicação com o fundo do furo para comandar o conjunto 70 a agora extrair fluidos a 2 cm3 por segundo para 20 cm3 e então aguardar 10 minutos, por exemplo. O primeiro teste pode ser interrompido, parâmetros alterados e o teste podem ser reiniciados com os novos parâmetros que foram transmitidos da superfície para a ferramenta. Estas trocas de parâmetros podem ser efetuadas enquanto o conjunto de sonda 50 está estendido.

[0058] Com o conjunto de retirada 70 nas suas posições plenamente ou parcialmente retraídas e cerca de um a 90 cm3 de fluido de formação recolhido no interior do sistema fechado, a pressão se estabilizará habilitando transdutores de pressão a detectar e medir a pressão de fluido da formação. A pressão medida é transmitida para o controlador na seção eletrônica onde as informações são armazenadas na memória e, alternativamente ou adicionalmente, é comunicada a um controlador mestre na ferramenta MWD 13 (figura 1) abaixo do testador de formação 10 onde podem ser transmitidas

para a superfície via telemetrias de pulsos de lama ou por quaisquer outros recursos de telemetria convencionais.

[0059] Os comandos de enlace ascendente e de enlace descendente usados pela ferramenta 10 não estão limitados à telemetria por pulsos de lama. A título de exemplo e não a título de limitação, outros sistemas de telemetria podem incluir métodos manuais, inclusive ciclos de bombeio, bandas de fluxo/pressão, rotação de tubos, ou combinações dos mesmos. Outras possibilidades incluem métodos eletromagnéticos (EM), acústicos, e de telemetria via cabo de aço. Uma vantagem da utilização de métodos de telemetria alternativos (tanto de enlace ascendente como de enlace descendente) requer operação de bombeio, porém, outros sistemas de telemetria não a exigem.

[0060] O receptor no fundo do furo para comandos de enlace descendente ou dados provenientes da superfície pode residir no interior da ferramenta de teste de formação no interior de uma ferramenta MWD 13 com a qual se comunica. De modo idêntico, o transmissor no fundo do poço para comandos ou dados de enlace ascendente provenientes do fundo do furo pode residir no interior da ferramenta de teste de formação 10 ou dentro de uma ferramenta MWD 13 com a qual se comunica. Na modalidade preferencial especificamente descrita, os receptores e transmissores são cada um posicionado na ferramenta MWD 13 e os sinais do receptor são processados, analisados e transmitidos para um controlador mestre na ferramenta MWD 13 antes de são retransmitidos para um controlador local na ferramenta de teste da formação 10.

[0061] Reportando-se a seguir às figuras 2B, 3B, e 4, em uma modalidade, o orifício de fluxo 14 inclui um trajeto longitudinal curvado através da totalidade da extensão da seção de colar de sonda 12 da ferramenta. Por exemplo, orifício de fluxo 14 inclui uma profundidade maior que a profundidade do conjunto de sonda 50 e é curvado através da totalidade de

uma parte substancial do alojamento do colar de perfuração. Mais uma vez isto é vantajoso para criar espaço no interior de uma ferramenta de 12,06 cm (4.75 pol.) de diâmetro para o conjunto de sonda 50. Para formar o orifício de fluxo continuamente curvado 14, o orifício de fluxo é formado de tal maneira que é substancialmente curvado ao longo da totalidade de sua extensão. Uma companhia que pode formar um orifício de fluxo completamente curvo se estendendo longitudinalmente é a Dearborn Precision Tubular Products, Inc. de Fyeburg, Maine, USA.

[0062] Em outras modalidades, trajeto do orifício de fluxo 14 pode ser substancialmente curvado ou parcialmente retilíneo e parcialmente curvado. Por exemplo, uma parte de trajeto 13 ao início do colar de perfuração 12 e uma parte de trajeto 15 no fim do colar de perfuração 12 pode ser substancialmente retilínea tendo ângulos de pelo menos 2 graus a partir de um eixo geométrico central 99 do colar de perfuração 12. Por conseguinte, o orifício de fluxo 14 pode se estender longitudinalmente através da totalidade do colar de perfuração longitudinal 12 e tem um trajeto longitudinal que é qualquer um de curvado e retilíneo, ou incluindo uma primeira parte de trajeto 13 e uma segunda parte de trajeto 15 tendo um ângulo de pelo menos 2 graus a partir de um eixo geométrico central do colar de perfuração.

[0063] Em uso, o fluido de perfuração se escoando pelo orifício de fluxo 14 forma uma curva quando passa em torno da sonda 50. Como observado, em algumas modalidades, a curva do orifício de fluxo 14 não é substancialmente afetado pelas variações em direção. O orifício de fluxo 14 na parte de trajeto 13 é dirigido no sentido da parede externa e a seguir com um raio contínuo ou outra curvatura contínua retorna no sentido do centro para a parte de trajeto 15.

[0064] Em algumas modalidades o orifício de fluxo 14 tem um raio de curvatura de cerca de 30,48 cm (120 polegadas) no seu ponto extremo inferior 17. Em alguns exemplos, o trajeto do orifício de fluxo 14 pode incluir cerca

de três ou mais curvaturas. Por exemplo, pode passar de uma curva quase em linha reta na sua parte de trajeto inicial 13 para a curva central de cerca de 30,48 cm para outra curva contínua quase retilínea da parte de trajeto 15.

[0065] Em outras modalidades, um orifício de fluxo 14 pode ser incorporado em outros colares de perfuração alojando outras ferramentas para fundo de furo, tais com outras ferramentas MWD e LWD.

[0066] A exposição acima é proposta para ser ilustrativa dos princípios e várias modalidades da presente invenção. Embora a modalidade preferencial da invenção e seu método de uso tenham sido ilustrados e descritos, modificações dos mesmos podem ser introduzidas por aqueles versados na técnica sem se afastar do espírito e dos ensinamentos da invenção. Muitas variações e modificações da invenção e dos aparelhos e métodos aqui expostos são possíveis e se enquadram dentro do âmbito da invenção. Por conseguinte, o âmbito de proteção não é limitado pela descrição apresentada acima, porém, somente é limitado pelas reivindicações que se seguem, aquele âmbito incluindo todos os equivalentes de matéria objeto das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta testadora de formação (10), compreendendo:

um colar de sonda de perfuração (12);

um conjunto de sonda de formação (50) localizado no interior do colar da sonda de perfuração (12);

uma seção de montagem de conjunto de retirada (981) em comunicação fluídica com o conjunto de sonda de formação (50); e,

uma pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372), caracterizada pelo fato de que cada um da pluralidade de conjuntos de retirada (70, 272, 372) tem um alojamento externo (970) similar com orifícios para fixar os conjuntos de retirada (70, 272, 372) no interior da seção de montagem de conjunto de retirada (981) de tal forma que cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) seja montado de forma intercambiável no interior da seção de montagem do conjunto de retirada (981); e, cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) possui um volume de retirada diferente.

2. Ferramenta testadora de formação (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato que cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) inclui um êmbolo mergulhante (510, 510B, 510C) localizado no interior de um cilindro (504); e, cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) é dotado de êmbolos mergulhantes (510, 510B, 510C) de diferentes diâmetros.

3. Ferramenta testadora de formação (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que cada um da pluralidade de conjuntos de retirada (70, 272, 372) é configurado de modo que cada um da pluralidade de conjuntos de retirada (70, 272, 372) tem uma taxa de retirada diferente sob condições de pressão similares.

4. Ferramenta testadora de formação (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que cada um da pluralidade de

alojamentos de conjunto de retirada intercambiáveis (70, 272, 372) inclui uma seção de montagem similar que combina com a seção de montagem de conjunto de retirada (981) no colar de sonda de perfuração (12).

5. Método de utilizar a ferramenta testadora de formação (10) definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que compreende:

seletivamente escolher um conjunto de retirada (70, 272, 372) dentre uma pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372), cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) tendo um alojamento externo (970) similar com orifícios para fixar o conjunto de retirada (70, 272, 372) no interior da seção de montagem de conjunto de retirada (981), de tal modo que cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) é intercambiavelmente montável no interior de uma seção de montagem de conjunto de retirada (981) de uma colar de sonda (12), em que cada um da pluralidade de diferentes conjuntos de retirada (70, 272, 372) possui um volume de retirada diferente;

dispor o colar de sonda (12) em um poço, o colar de sonda (12) tendo um conjunto de sonda extensível (50) em comunicação fluídica com o conjunto de retirada (70, 272, 372) selecionado, o conjunto de retirada (70, 272, 372) selecionado sendo acionável entre uma primeira posição e uma segunda posição;

estender um êmbolo (96) do conjunto de sonda extensível (50);

acionar o conjunto de retirada (70, 272, 372) selecionado da primeira posição para a segunda posição; e,

recolher um fluido no interior do conjunto de sonda (50) através do êmbolo (96).

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o conjunto de retirada (70, 272, 372) selecionado é orientado de uma maneira longitudinal no interior do colar de sonda (12).

7. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que cada um da pluralidade de conjuntos de retirada (70, 272, 372) é configurado de modo que cada um da pluralidade de conjuntos de retirada (70, 272, 372) tem uma taxa de retirada diferente sob condições de pressão similares.

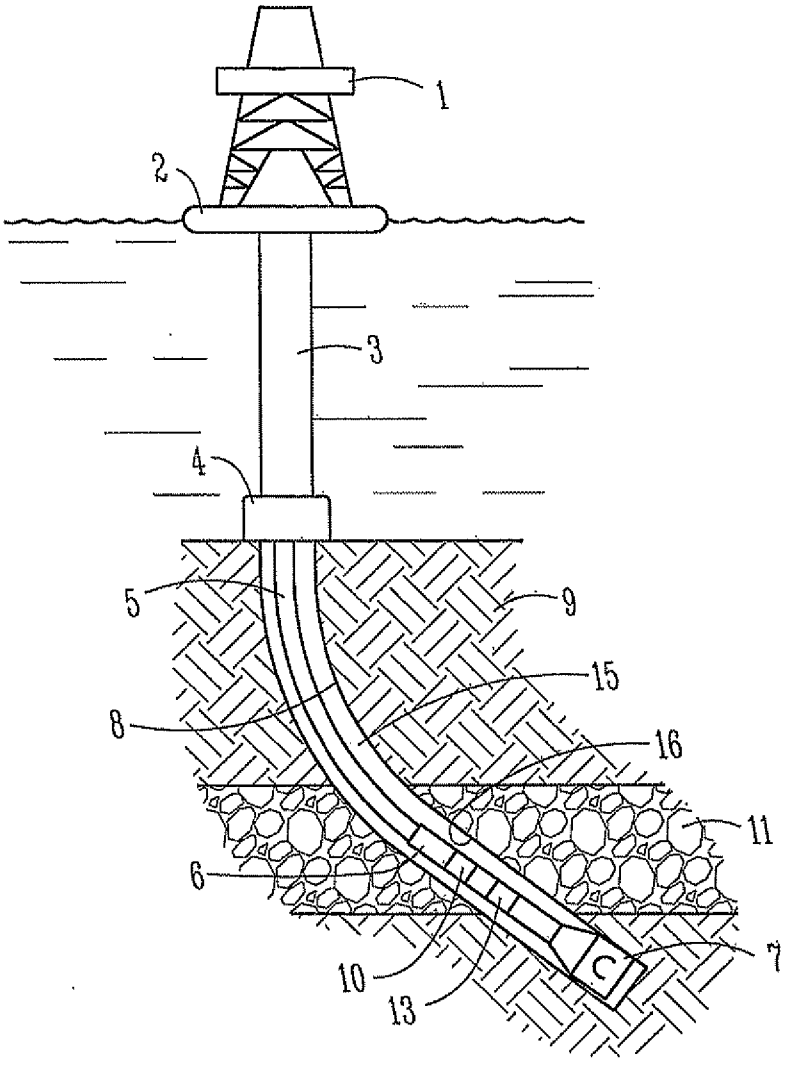

Fig. 1

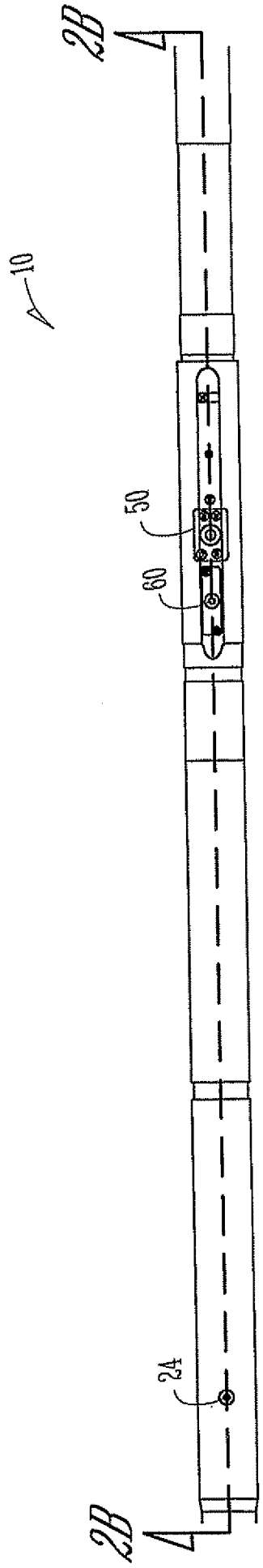

Fig.2A

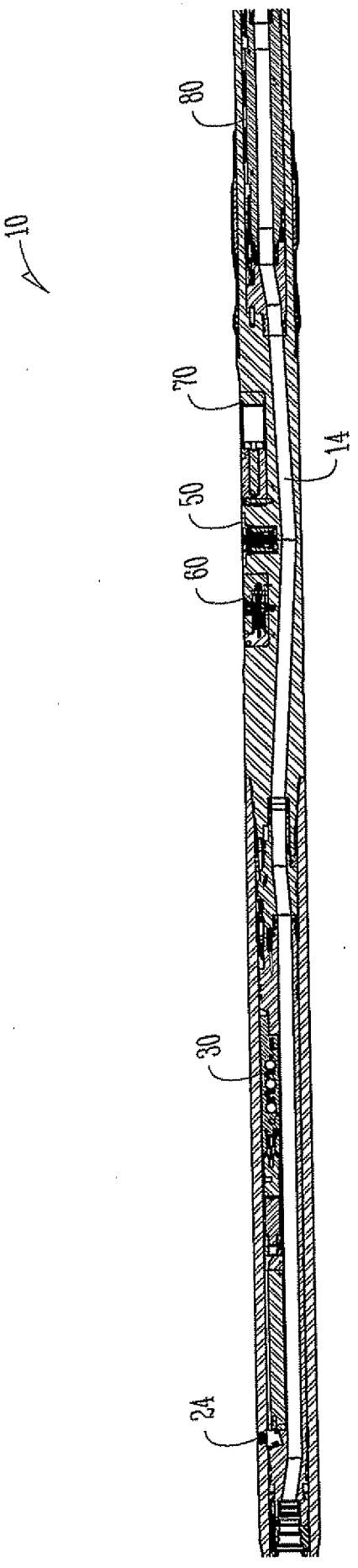

Fig.2B

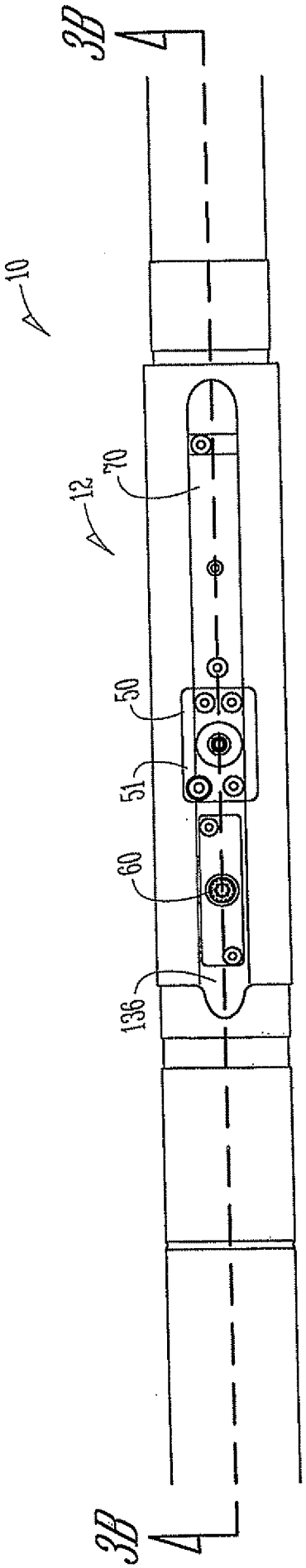

Fig. 3A

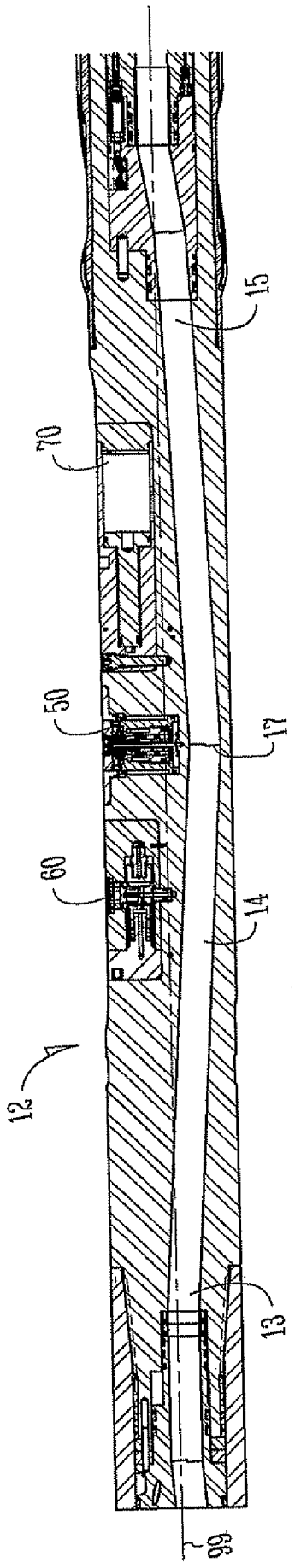

Fig. 3B

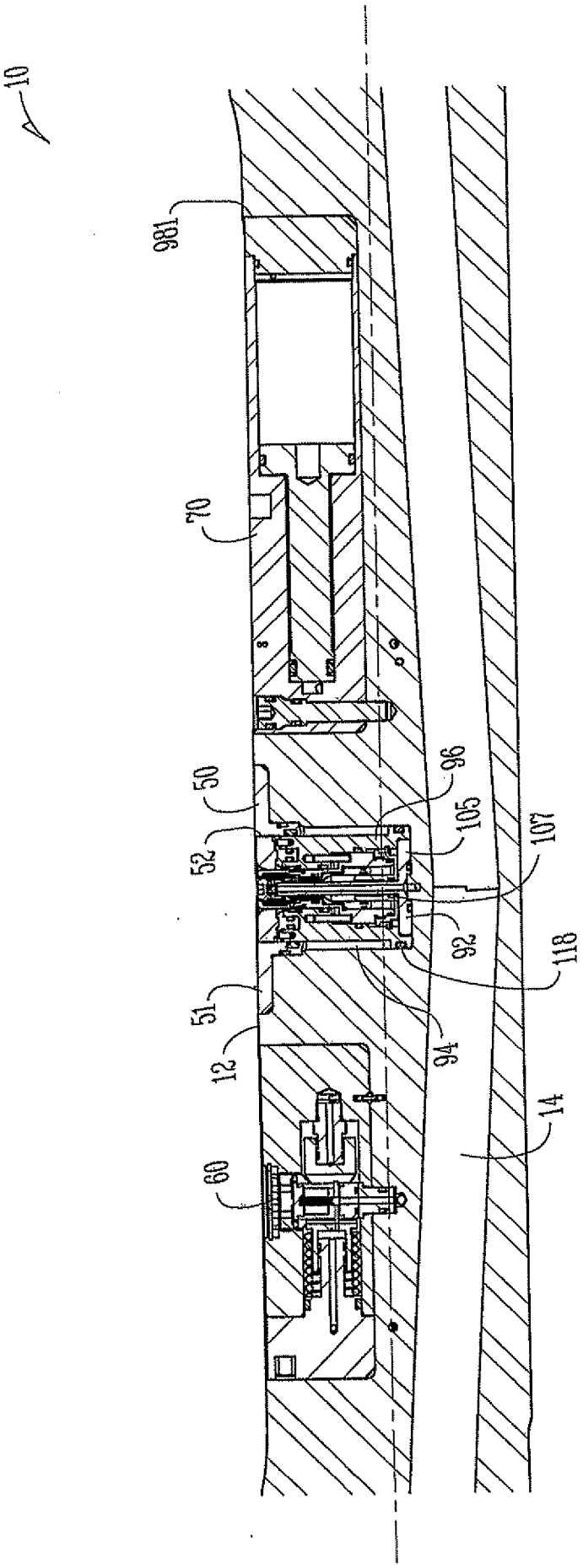

Fig. 4

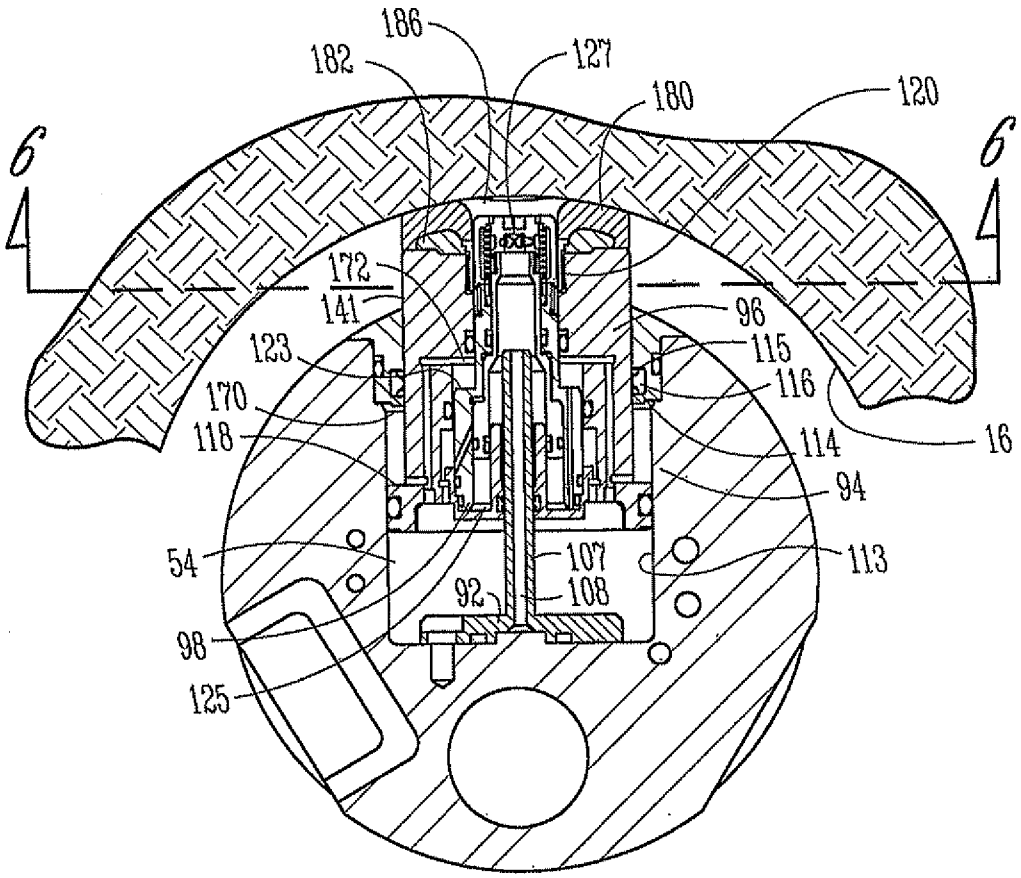
186
182
127
180
120
6
6
172
141
96
123
115
170
116
118
114
16
94
54
107
113
92
108
98
125

Fig. 5

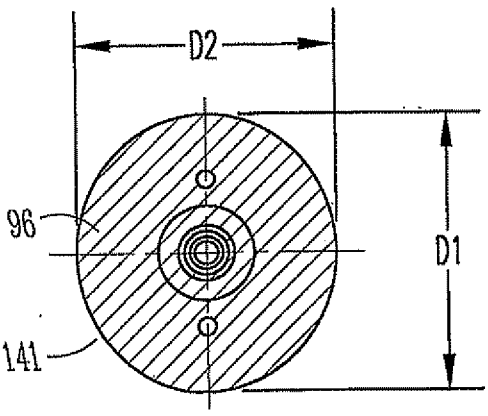
D2
D1
96
141

Fig. 6

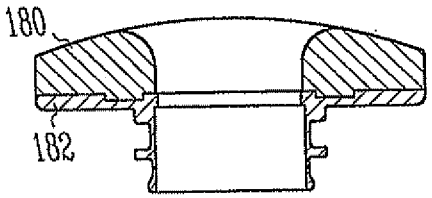

Fig. 7

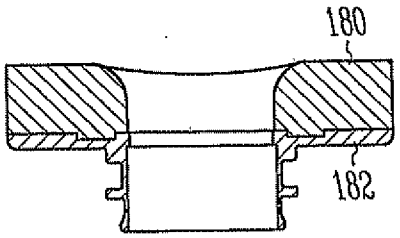

Fig. 8A

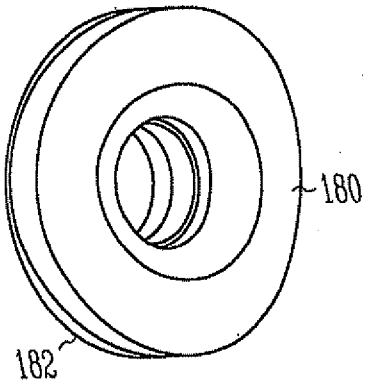

Fig. 8B

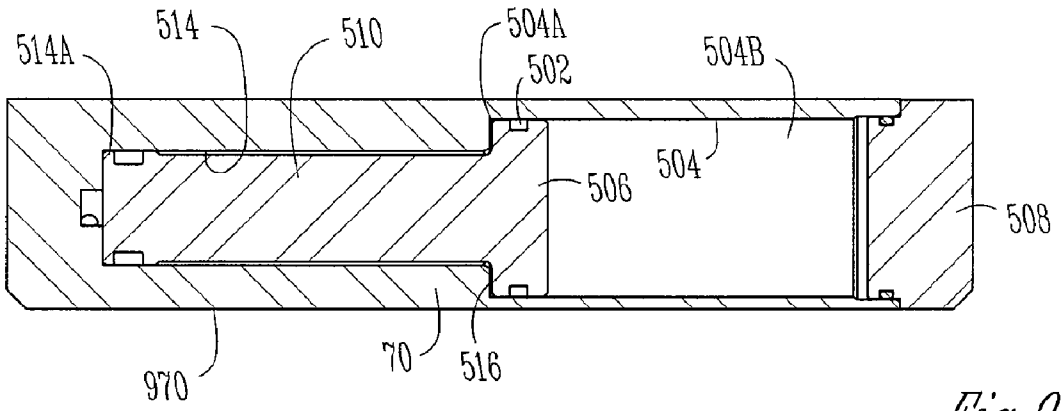

Fig. 9

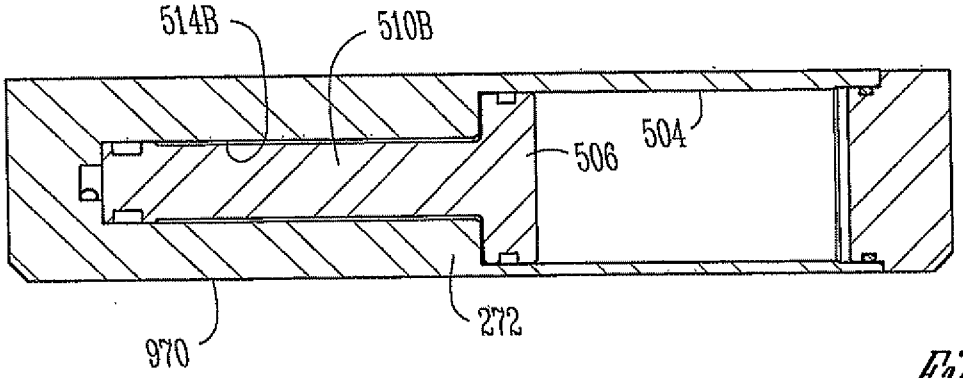

Fig. 10

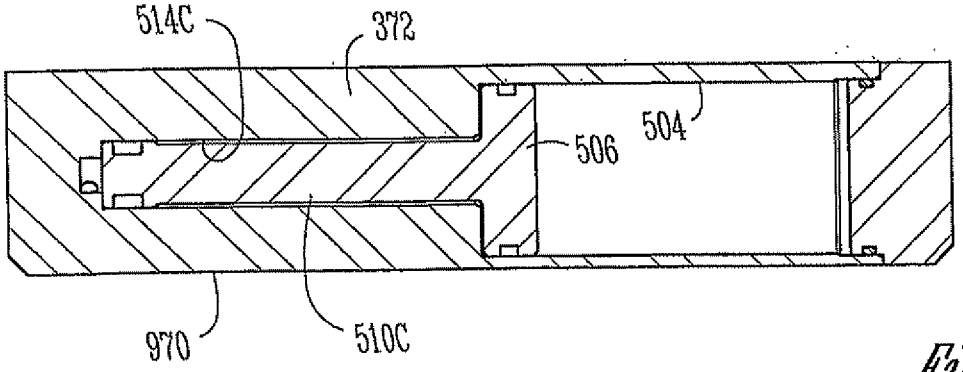

Fig. 11

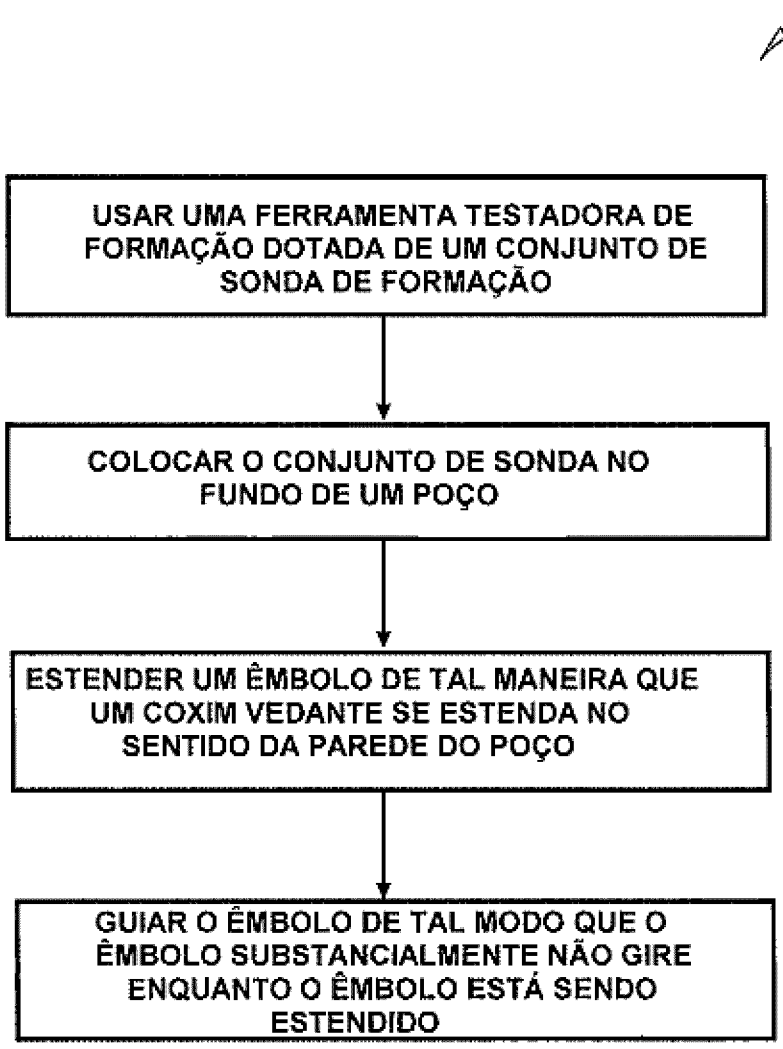
1200
USAR UMA FERRAMENTA TESTADORA DE FORMAÇÃO DOTADA DE UM CONJUNTO DE SONDA DE FORMAÇÃO
COLOCAR O CONJUNTO DE SONDA NO FUNDO DE UM POÇO
ESTENDER UM ÊMBOLO DE TAL MANEIRA QUE UM COXIM VEDANTE SE ESTENDA NO SENTIDO DA PAREDE DO POÇO
GUIAR O ÊMBOLO DE TAL MODO QUE O ÊMBOLO SUBSTANCIALMENTE NÃO GIRE ENQUANTO O ÊMBOLO ESTÁ SENDO ESTENDIDO

Fig. 12

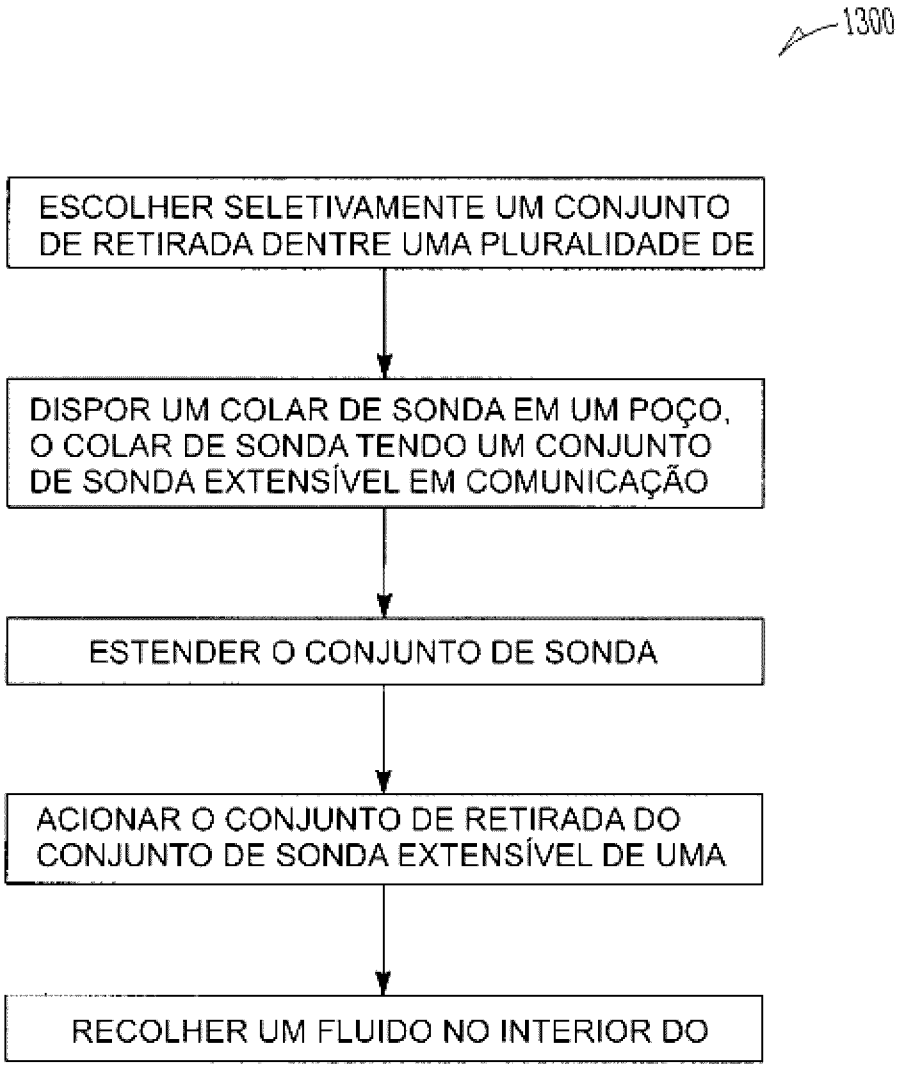
1300
ESCOLHER SELETIVAMENTE UM CONJUNTO DE RETIRADA DENTRE UMA PLURALIDADE DE
DISPOR UM COLAR DE SONDA EM UM POÇO, O COLAR DE SONDA TENDO UM CONJUNTO DE SONDA EXTENSÍVEL EM COMUNICAÇÃO
ESTENDER O CONJUNTO DE SONDA
ACIONAR O CONJUNTO DE RETIRADA DO CONJUNTO DE SONDA EXTENSÍVEL DE UMA
RECOLHER UM FLUIDO NO INTERIOR DO

Fig. 13