



**INPI**  
INSTITUTO NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

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

## CARTA PATENTE Nº PI 0819604-4

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 0819604-4

**(22) Data do Depósito:** 28/11/2008

**(43) Data da Publicação do Pedido:** 04/06/2009

**(51) Classificação Internacional:** E21B 43/14; E21B 49/00; E21B 47/12.

**(30) Prioridade Unionista:** US 60/991.445 de 30/11/2007.

**(54) Título:** MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES EM ZONAS MÚLTIPLAS

**(73) Titular:** SCHLUMBERGER HOLDINGS LIMITED. Endereço: P.O. Box 71, Craigmuir Chambers, Road Town, Tortola, ILHAS VIRGENS (BRITÂNICAS)(VG)

**(72) Inventor:** PIERRE LE FOLL; JIM FILAS; CHRISTOPHER SARVARI.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 28/11/2008, observadas as condições legais

**Expedida em:** 21/11/2018

Assinado digitalmente por:

**Alexandre Gomes Ciancio**

Diretor Substituto de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE TESTES EM ZONAS MÚLTIPLAS**

## Fundamentos da Invenção

## Campo da Invenção

[001] A invenção está relacionada a realização de testes no interior de poços que é um termo amplo para designar métodos que permitam avaliar as camadas subterrâneas de rocha interceptadas por um poço quanto ao seu potencial para produção de hidrocarbonetos.

## Descrição da Técnica Relacionada

[002] A realização de testes em poços consiste em baixar um equipamento ou a combinação de equipamentos no poço para isolar hidraulicamente a camada de interesse do restante do poço e permitir a essa camada ou fluir para dentro de uma câmara que faz parte da combinação de equipamentos ou fluir para a superfície por meio de tubulação apropriada que está conectada aos equipamentos.

[003] Após um poço ter sido perfurado através da formação, as diversas camadas da formação são perfuradas utilizando canhões de perfuração. Em seguida das perfurações, testes, tais como os testes de formação são realizados. Os testes de formação (conhecido pelo termo 'Drill Stem Test' (DST)) é um procedimento para determinar a capacidade produtiva, pressão, permeabilidade e natureza dos fluidos do reservatório, ou a extensão (ou alguma combinação destas características) de um reservatório de

hidrocarbonetos em cada camada da formação.

[004] No contexto de testes em poços de petróleo e gás, é comum encontrar poços que atravessam mais que uma zona subterrânea portadora de hidrocarboneto as quais podem ter características similares ou diferentes.

[005] Neste caso, é atualmente necessário realizar o maior número possível de manobras para realizar os 'Drill Stem Test' (DST) nos poços na medida que existam camadas a serem testadas. Isso é uma fonte considerável de tempo não produtivo para uma operação de realização de testes de formação ao longo da extensão do poço.

[006] Atualmente, quando várias camadas que são atravessadas por um determinado poço são para serem testadas, um teste separado no interior do poço é realizado para cada camada, sequencialmente a partir do fundo do poço, usando uma ferramenta de teste de formação (ferramenta DST), também chamado de coluna de teste. No final de cada teste, a referida coluna de teste é removida do poço para permitir que a camada que foi testada seja hidráulicamente isolada do poço e as ferramentas de teste sejam reposicionadas para a próxima descida da coluna no interior do poço.

[007] Uma típica sequência implantada para testar duas zonas em um dado poço com um sistema para a realização de testes de acordo com a técnica já existente está ilustrada nas Figuras 1a a 1f.

[008] Como mostrado na Figura 1, a coluna de testes 3, incluindo um obturador 7, um sistema de canhão de perfuração 9 e uma válvula testadora 13 é baixada para dentro do poço 5 a fim de posicionar o sistema de canhão de perfuração 9 adjacente à camada mais baixa de interesse 1. O obturador 7 é posicionado para isolar a camada 1 do restante do poço 5. A camada 1 é então perfurada com um canhão de perfuração 9, como mostrado na Figura 1b. Assim, o material da camada 11 flui para o poço 5 e para dentro da coluna de testes 3 e é testada. Por exemplo, a pressão é medida e a amostragem do material da camada é feita através de medidores de pressão e de amostragem tipicamente posicionados abaixo da válvula testadora 13. A camada 1 é então anulada, o obturador 7 é desengastado e a coluna de testes 3 é puxada do poço 5. A camada 1 é isolada da parte superior do poço 5 mediante ajuste de um tampão 15 através dela ou acima dela (Figura 1c). A coluna de testes 3 é reposicionada e o canhão de perfuração 9 é preparado para o teste da camada seguinte 2. Como ilustrado na figura 1d, a coluna de testes 3 é descida novamente ao interior do poço 5 para testar a camada 2. O obturador 7 é configurado para isolar a camada 2 do restante do poço 5. A camada 2 é perfurada com o canhão de perfuração 9 (Figura 1e). O material da camada 17 flui para dentro do poço 5 e na coluna de testes 3 ele é testada. Mais uma vez, a pressão pode ser medida e a amostragem do material da camada pode

ser realizada através de manômetros e de amostragem posicionados abaixo da válvula testadora 13. A camada 2 é então anulada, o obturador 7 é desengastado e a coluna de testes 3 é puxada do poço 5. Na Figura 1f, a camada 2 está isolada da parte superior do poço 5 através do posicionamento de um tampão 19 através dela ou acima dela. Sucessivamente, todas as camadas adicionais do poço 5 podem ser testadas da mesma forma.

[009] No sistema como o descrito acima, a coluna de testes 3 precisa ser removida para cada camada a ser testada, para a coluna de testes 3 ser reposicionada e um tampão ser ajustado. Como um resultado, a realização de testes no interior de poços das múltiplas camadas em um poço pode ser um processo demorado e dispendioso. Eles podem demorar vários dias o que pode ser custoso em termos de custos associados ao trabalho propriamente e aos custos de equipamento, além do que atrasa a completação de um poço.

[0010] Um exemplo de um sistema para a realização de testes em zonas múltiplas é divulgado no Pedido de Patente norte americano U.S. No. 2006/0207764. Este pedido diz respeito a uma montagem que permite que uma pluralidade de camadas de interesse seja testada sequencialmente. A referida montagem compreende uma pluralidade de válvulas, cada uma sendo posta em funcionamento mediante soltar um objeto atuador da válvula dentro da válvula correspondente.

As válvulas são sucessivamente colocadas em um estado aberto em uma sequência predeterminada e as diferentes camadas são testadas ou estimuladas após atuação das correspondentes válvulas ao estado aberto.

[0011] O documento mencionado acima descreve um sistema para a realização de testes em poços, principalmente com relação à estimulação das camadas. Uma vez acionadas, as válvulas não podem ser fechadas. Assim, ele não fornece qualquer flexibilidade na realização dos testes das camadas.

[0012] O sistema da presente invenção soluciona os problemas acima mencionados através de um sistema para a realização de testes que pode ser usado para testar várias camadas dentro de uma única manobra da coluna de testes ao interior do poço e que proporciona no poço do poço e que proporciona flexibilidade na realização de testes das camadas.

#### Sumário da Invenção

[0013] De acordo com um primeiro aspecto, a invenção se refere a um sistema para a realização de testes em zonas múltiplas, para a realização de testes das camadas subterrâneas, compreendendo um subsistema superior constituído por uma estação de controle e um obturador de isolamento principal para isolar o subsistema superior do subsistema inferior, um subsistema inferior compreendendo um arranjo de equipamentos individuais conectados em série,

cada equipamento estando adaptado para a realização de testes de uma camada e compreendendo uma série de ferramentas ativadas remotamente para o isolamento hidráulico e a realização dos testes da camada correspondente. Ele também compreende um sistema de comunicação compreendendo dispositivos de comunicação entre a estação de controle e a superfície e entre a estação de controle e cada um dos equipamentos individuais a fim de controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais para a realização sequencial dos testes das camadas. O sistema de comunicação também recupera dados coletados pelas diversas ferramentas para a superfície.

[0014] De acordo com um segundo aspecto, a invenção se refere a um método de realização de testes em zonas múltiplas, para a realização de testes de uma pluralidade de camadas subterrâneas interceptadas por um poço, utilizando um sistema de realização de testes em zonas múltiplas de acordo com o primeiro aspecto da presente invenção, compreendendo as etapas de baixar e posicionar o referido sistema dentro do poço tal que cada equipamento indivíduo fique adjacente a uma camada a ser testada e controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais para um teste seqüencial das camadas.

[0015] Outros aspectos e vantagens da invenção

serão evidentes a partir da descrição detalhada apresentada a seguir e das reivindicações anexas.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[0016] As Figuras 1a a 1f ilustram convencionais seqüências de realização de testes da técnica já existente (já descritas).

[0017] A Figura 2 mostra um sistema de acordo com uma modalidade da presente invenção posicionado no poço.

[0018] A Figura 3 mostra um sistema de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0019] As Figuras 4a a 4c ilustram a realização de testes de forma sequencial em zonas múltiplas utilizando o sistema de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0020] As Figuras 5A e 5B ilustram a realização de testes sequencial em zonas múltiplas utilizando o sistema de acordo com outra modalidade da presente invenção.

[0021] As Figuras 6a a 6c ilustram a realização de testes sequencial em zonas múltiplas utilizando o sistema de acordo com outra modalidade da presente invenção.

[0022] As Figuras 7a a 7d mostram um quadro que resume os estados das diferentes válvulas (estado aberto ou fechado) e as diferentes medições de pressão feitas durante realização de um teste sequencial em zonas múltiplas utilizando um sistema de acordo com uma modalidade da presente invenção.

## Descrição Detalhada da Invenção

[0023] As modalidades representativas da invenção serão agora descritas em detalhes com referência aos dados de acompanhamento, em que elementos semelhantes podem estar indicados por referências numéricas iguais por questões de consistência.

[0024] Na descrição a seguir, os termos "para cima" e "para baixo", "superior" e "inferior", "acima" e "abaixo" e outros termos semelhantes, indicando posições relativas acima ou abaixo de um determinado ponto ou elemento são usados para descrever com mais clareza algumas modalidades da invenção. No entanto, quando aplicado a equipamentos ou métodos para o uso em poços que estão desviados ou horizontais, tais termos podem se referir a uma relação da esquerda para a direita, da direita para a esquerda, ou a outra relação como apropriado.

[0025] Referindo-se agora às Figuras e mais particularmente, às Figuras 2 a 6, o sistema de realização de teste em zonas múltiplas, de manobra única, realizado no interior do poço, da presente invenção é mostrado e designado de modo geral pelo numeral 100.

[0026] O sistema 100 está indicado para uso em um poço 107 e está equipado com uma tubagem interna 104 onde o material das camadas podem fluir. Tipicamente, o poço 107 irá ter uma pluralidade de formações de poço ou camadas de interesse, tais como as designadas pelos numerais 101, 102

e 103 (Figuras 4 e 6). A configuração exata de poços pode variar, naturalmente, e formações ou camadas adicionais podem estar presentes. Para fins de descrição, apenas três camadas de interesse 101 a 103 são mostrados, mas compreende-se que a presente invenção tem aplicação para isolar e testar qualquer número de camadas em um poço.

[0027] Como mostrado na Figura 2, o sistema para a realização de testes no poço em zonas múltiplas 100 é composto por dois subsistemas, o subsistema superior 109 e um subsistema inferior 111.

[0028] Na modalidade representativa da Figura 2, o subsistema superior 109 inclui uma estação de controle 151 e um obturador de isolamento principal 113 para isolar o subsistema superior 109 do subsistema inferior 111. Além disso, compreende uma válvula 115 que serve para permitir ou impedir o fluxo do material de camada proveniente do subsistema inferior 111 para o subsistema superior 109. Esta válvula principal 115 pode ser, por exemplo, uma válvula dupla, feita de uma válvula de manga e uma válvula de esfera, como as válvulas IRIS da Schlumberger que são descritas e reivindicadas nas Patentes norte americanas U.S. Nos. 4971160, 5050675, 5691712, 4796669, 4856595, 4915168 e 4896722 atribuídas a Schlumberger e que são aqui incorporadas por referência para todos os efeitos. O sistema ainda inclui um analisador de fluido 143 remotamente controlável, para analisar a composição de cada

camada individual 101-103, um medidor de fluxo 145 remotamente controlável, para medir o fluxo das camadas 101-103, individualmente ou misturadas. De acordo com este exemplo, o subsistema superior 109 ainda inclui um medidor de contra-pressão remotamente controlável e um transportador de amostragem remotamente controlável (não mostrados nas Figuras).

[0029] O subsistema inferior 111, localizada abaixo do obturador principal 113, é composto por um conjunto 116 equipamentos individuais ligados em série, cada equipamento 116 sendo adaptado para o teste de uma camada e que compreende uma série de ferramentas ativadas remotamente para isolar hidraulicamente e testar a camada correspondente.

[0030] Em operação, o sistema para a realização de testes em poços em zonas múltiplas 100 é baixado e posicionado dentro do poço de modo que cada equipamento individual fique adjacente a uma camada a ser testada.

[0031] Nas modalidades representativas ilustradas nas Figuras 2 e 4 a 4C, as ferramentas ativadas remotamente de cada equipamento individual 116 compreendem um sistema de canhão de perfuração 129, 131, 133 usado para perfurar o poço 107, na zona adjacente a uma camada 101 - 103, uma porta de fluxo 135, 137 que permite à camada de material fluir desde a tubagem interna 104 do sistema 100 para dentro do revestimento do poço 107. As ferramentas ativadas

remotamente ainda compreendem uma válvula testadora 117, 119, 121 para isolar hidraulicamente a correspondente camada 101-103, um obturador de isolamento 139, 141 para isolar uma camada das outras adjacentes e dispositivos de realização de testes.

[0032] Os dispositivos de realização de testes compreendem um medidor de pressão 123, 125, 127, e um dispositivo de amostragem (não mostrado nas Figuras) para permitir a amostragem do material da camada testada.

[0033] As válvulas testadoras 117, 119, 121 podem ser remotamente controladas para um estado aberto ou fechado e são usadas para isolar hidraulicamente as correspondentes camadas 101-103. As válvulas 117, 119, 121 permitem à camada 101-103 fluir desde o poço 107 até a parte superior do sistema para a realização de testes 100, através tubagem interna 104 do sistema 100. Nas modalidades mostradas nas Figuras 2, 4 a 4C, e 5a e 5b, as válvulas testadoras 117, 119, 121 são válvulas de manga.

[0034] Os obturadores 139, 141, quando posicionados, são utilizados para isolar as diferentes camadas 101-103 do poço 107. Eles permitem que cada zona de interesse 101-103 seja independentemente e individualmente utilizando os sistemas de canhão de perfuração 129, 131, 133 e testadas quanto a, por exemplo, medições de pressão e amostragem do material das camadas.

[0035] A Figura 3 descreve em mais detalhes o

sistema de comunicação de um sistema para a realização de testes em zonas múltiplas, de acordo com uma modalidade preferida. Ele compreende dispositivos de comunicação entre a estação de controle 151 e a superfície 105, e entre a estação de controle 151 e cada um dos equipamentos individuais 116 a fim de controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais 116 para a realização de testes sequenciais das camadas 101-103. Ele pode também incluir dispositivos de comunicação entre os equipamentos individuais 116.

[0036] De acordo com um aspecto da presente invenção, a estação de controle 151 é uma estação de controle sem fio e está equipada com uma antena de estação de controle 157 (Figura 2) que permite que o sinal sem fio seja capturado e emitido.

[0037] Em uma outra modalidade preferida, os dispositivos de comunicação entre a estação de controle 151 e a superfície 105 compreendem um ou mais repetidores 155 para retransmitir a comunicação sem fio entre a estação de controle 151 e a superfície 105.

[0038] Em uma modalidade preferida, o dispositivo de comunicação compreende um enlace de longo alcance 147 que cuida da comunicação global entre a superfície 105 e a estação de controle 151. Dependendo das características do poço, o enlace de longo alcance 147 pode também incluir um ou mais repetidores 155 para retransmitir a comunicação. O

enlace de longo alcance 147 pode ser, por exemplo, um enlace eletromagnético.

[0039] Os dispositivos de comunicação entre os equipamentos individuais 116 e entre a estação de controle 151, e entre os equipamentos individuais 116 compreende um enlace de curto alcance 149, de modo vantajoso um enlace acústico.

[0040] De um modo geral, o sistema de comunicação permite que o status da ferramenta e os dados obtidos no interior do poço sejam conduzidos em tempo real ou próximo do tempo real para a superfície 105, bem como o envio, desde a superfície 105, comandos de ativação para as ferramentas e recebimento de volta de uma confirmação de que os comandos foram apropriadamente executados.

[0041] Na Figura 2, os diferentes sinais de comunicação, por exemplo, das ferramentas individuais 16, do medidor de fluxo 145, do analisador de fluido 143 a 151 e da estação 151 para a superfície 105 por meio dos repetidores 155 são representados por setas duplas descontínuas.

[0042] As Figuras 5A e 5B descrevem um sistema 100 substancialmente semelhante ao sistema descrito na referência às figuras 2 e 4 a 4C, mas no qual os canhões de perfuração 123, 131, 133 são posicionados ao longo da tubagem interna 104 ao invés de ser parte integrante da tubagem interna 104. Nesta modalidade, cada equipamento

individual 116 ainda dispõe de um "bloco-Y" 504 que divide a tubagem interna 104 em dois caminhos: um caminho principal no qual o material da camada irá fluir e um caminho derivado 505 em que os canhões de perfuração 129, 131, 133 estão posicionados. Os canhões de perfuração 129, 131, 133 são, portanto, posicionados em um caminho derivado 505 que é um ramal de uma tubagem interna 104 do sistema 100 em que o material das camadas podem fluir. Um sub cego 506, posicionado no caminho derivado, principalmente acima do canhão de perfuração 129, 131, 133 montados lateralmente, mantém a integridade de vedação da tubagem interna 104.

[0043] As Figuras 6a a 6c descrevem um sistema 100 substancialmente semelhante ao sistema descrito na referência às figuras 2 e 4 a 4C, mas em que as válvulas de manga testadoras 117, 119, 121 estão substituídas por válvulas de esfera testadoras 517, 519. Nesta modalidade da presente invenção, cada equipamento individual 116 compreende uma primeira porta de fluxo 135, 137 que permite ao material da camada fluir a partir da tubagem interna 104 do sistema 100 para dentro do revestimento do poço 107 e uma segunda porta de fluxo 134, 136, 138 que permite ao material da camada fluir do revestimento do poço 107 para dentro da tubagem interna 104 do sistema 100. Além disso, aquele usualmente versado na técnica pode notar que as válvulas de manga testadoras 117, 119, 121 do sistema

descrito nas Figuras 5a e 5b pode também ser substituídas por válvulas de esfera testadoras.

[0044] O sistema para a realização de testes em zonas múltiplas permitem que as diversas camadas sejam testadas individualmente e seqüencialmente, começando do fundo, bem como misturadas, como está sendo descrito agora.

[0045] De acordo com um segundo aspecto, a invenção refere-se apresentar um método de realização de testes em zonas múltiplas para a realização de testes de uma pluralidade de camadas subterrâneas 101-103 interceptadas por um poço 107, usando um sistema para a realização de testes em zonas múltiplas 100, como descrito acima. O método compreende as etapas de:

(a) descer e posicionar o referido sistema 100 no poço 107 tal que cada equipamento individual 116 fique adjacente a uma camada 101-103 a ser testada;

(b) controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais 116 para um teste seqüencial das camadas 101-103.

[0046] Em uma modalidade preferida, e em referência ao sistema para a realização de testes em zonas múltiplas 100 acima descrito, como mostrado nas Figuras 2-6, a etapa (b) compreende as seguintes etapas:

(b1) instalar os obturadores 113, 139, 141;

(b2) manter todas as válvulas 115, 117, 119, 121 abertas;

(b3) perfurar a primeira camada de interesse 101 utilizando o sistema de canhão de perfuração 129 da primeira ferramenta individual 116 adjacente à referida primeira camada 101;

(b4) testar o fluxo 159 da primeira camada 101;

(b5) fechar a válvula testadora 117 da primeira ferramenta individual 116;

(b6) manter todas as válvulas 115, 119, 121 abertas exceto aquelas válvulas de camadas já testadas 117;

e repetir as etapas (b3) a (b6) para a realização de testes de cada camada 102-103.

[0047] Em uma modalidade preferida, a etapa (b) pode incluir uma de todas as etapas a seguir:

- medir a pressão do fluxo 159 usando o medidor de pressão 123, 125, 127;

- coletar amostras do material da camada testada correspondente utilizando um transportador de amostra;

- analisar o material da camada testada correspondente 157 com o analisador de fluido 143 do subsistema superior 109;

- medir o fluxo do material da camada testada correspondente 159 com o medidor de fluxo 145 do subsistema superior 109.

[0048] De acordo com o método, a realização de testes do acúmulo de pressão para cada uma das camadas 101-103 é também possível. Por exemplo, após o fechamento da

válvula testadora 117 da primeira ferramenta individual 116, a referida realização de testes é conseguida utilizando um medidor de pressão 123 da primeira ferramenta individual 116 (etapa b4').

[0049] Em ainda uma outra modalidade preferida, o método também compreende a realização dos testes de fluxos misturados e de acúmulo de pressão misturados. A realização dos testes de fluxo misturados pode ser conseguida mediante, por exemplo:

(b8) reabrir todas as válvulas testadoras 117, 119, 121;

(b9) medir o fluxo misturado utilizando o medidor de fluxo 145 e/ou medir a pressão do referido fluxo misturado utilizando o medidor de contrapressão e/ou medidores de pressão 123, 125, 127 dos equipamentos individuais 116.

[0050] A realização dos testes de acúmulo de pressão misturados pode ser conseguida mediante, por exemplo:

(b10) fechar a válvula dupla principal 115 do subsistema superior 109;

(b11) medir o acúmulo de pressão misturada utilizando o medidor de contrapressão e/ou medidores de pressão 123, 125, 127 dos equipamentos individuais 116.

[0051] O mesmo método pode ser também aplicado utilizando um sistema 100 em que cada equipamento

individual 116 inclui ainda um "bloco-Y" 504 que divide a tubagem interna 104 em dois caminhos: um caminho principal no qual o material da camada irá fluir e um caminho derivado 505 em que os canhões de perfuração 129, 131, 133 estão posicionados.

[0052] O mesmo método pode ainda ser aplicado utilizando um sistema 100, onde as válvulas de manga testadoras 117, 119, 121 estão substituídas por válvulas de esfera testadoras 517, 519.

[0053] O método é agora descrito em mais detalhes de acordo com as modalidades representativas e com referências às Figuras 4, 5, 6 e 7.

[0054] Como mostrado nas Figuras 4a e 7a, a camada inferior de interesse 101 é primeiramente perfurada através do sistema de canhão de perfuração da primeira camada 129. O material da camada 157 é fluído (o fluxo está esquematicamente representado pela seta 159) através da válvula testadora da primeira camada 117 para dentro da tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100. Ela sobe através do obturador de isolamento da primeira camada 139 antes de sair, por meio da porta de fluxo da segunda camada 135, na zona do furo do poço 107 adjacente à segunda camada 102. O fluxo 159 então volta para dentro da tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100 por meio da válvula testadora aberta da segunda camada 119. Em seguida ele segue através

do obturador de isolamento da segunda camada 141 e volta para dentro da zona do furo do poço 107 adjacente à terceira camada 103 por meio da porta de fluxo da terceira camada 137. Ele finalmente volta novamente para dentro da tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100 por meio da válvula testadora aberta da terceira camada 121 e assim sucessivamente até a parte superior 109 do sistema para a realização de testes 100 acima do obturador principal 113.

[0055] Durante o período de fluxo (159), a primeira camada 101 é testada. Por exemplo, pressão, L1FI, é medida pelo medidor de pressão camada da primeira camada 123 e a camada de material 157 é amostrada pelo transportador de amostragem e/ou analisado pelo analisador de fluido 143.

[0056] Ao final do período de fluxo (159), a válvula testadora da primeira camada 117 é acionada a fechar por meio do sistema de comunicação sem fio para registrar o acúmulo de pressão no fundo do furo L1Bup, utilizando o medidor de pressão da primeira camada 123.

[0057] Depois que isso for concluído, e mantendo a válvula testadora da primeira camada 117 fechada, a próxima camada de interesse 102 para cima no poço 107 é perfurada o sistema de canhão de perfuração da segunda camada 131 e o material da camada 161 é fluído (163) para dentro da tubagem interna 104 do sistema de realização de testes 100 através da válvula testadora aberta da segunda camada 119,

como mostrado nas Figuras 4b e 7b. Em seguida, ele passa através do obturador de isolamento da segunda camada 141 antes de sair do poço 107, através da porta de fluxo da terceira camada 137. Ele finalmente volta para a tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100 por meio da válvula testadora aberta da terceira camada 121 e assim sucessivamente até a parte superior 109 da sequência de colunas 105 acima do obturador principal 113.

[0058] Durante o período de fluxo (163), a camada 102 é testada. Por exemplo, pressão, L2F1, é medida pelo medidor de pressão da segunda camada 127 e o material de camada 161 é amostrado pelo transportador de amostragem e/ou analisado pelo analisador de fluido 143.

[0059] Além disso, como a válvula testadora da primeira camada 117 é mantida fechada, a pressão acumulada da primeira camada 101 pode ser medida utilizando o medidor de pressão de primeira camada 123, que permite testar o efeito do fluxo 163 da segunda camada 102 sobre o acúmulo de pressão da primeira camada e detectar se existe comunicação ou vazamento entre as duas camadas 101 e 102 (teste de interferência).

[0060] No final do período de fluxo (163), a válvula testadora da segunda camada 119 é acionada a fechar por meio do sistema de comunicação sem fio para registrar o acúmulo de pressão no fundo do furo L2Bup, utilizando o medidor de pressão da segunda camada 127.

[0061] Finalmente, conforme mostrado nas Figuras 4c e 7c, embora mantendo as válvulas testadoras da primeira camada e da segunda camada 117, 119 fechadas, a terceira camada de interesse 103 é perfurada com o sistema de canhão de perfuração da terceira camada 133 e o material da camada 165 é fluído (167) para dentro da tubagem interna 104 do sistema de realização de testes 100 pro meio da válvula testadora aberta da terceira camada 121. Ele então sobe para a parte superior 109 do sistema para a realização de testes 100 acima do obturador principal 113.

[0062] Durante o período de fluxo (167), a camada 103 é testada da mesma forma que as camadas anteriores. Por exemplo, a pressão, L3F1, é medida pelo medidor de pressão da terceira camada 127 e o material da camada é amostrado pelo transportador de amostragem e/ou analisado pelo analisador de fluido 143.

[0063] Mais uma vez, os testes de interferência podem ser realizados para medir o efeito do fluxo da terceira camada sobre o acúmulo da primeira e segunda camada, usando os medidores de pressão 123, 125 e mantendo ao mesmo tempo as válvulas testadoras da primeira camada e segunda camada 117, 119 fechadas, a fim de detectar se há comunicação ou vazamento entre as camadas 101-103.

[0064] No final do terceiro período de fluxo 167, a válvula testadora da terceira camada 121 é acionada a fechar por meio do sistema de comunicação sem fio para

registrar o acúmulo de pressão no fundo do furo L3Bup, utilizando o medidor de pressão da terceira camada 127.

[0065] O mesmo método é repetido para qualquer camada adicional que precise ser testada no poço 107.

[0066] Depois que todas as camadas forem testadas individualmente (fluxo e acúmulo de pressão), todas as válvulas testadoras inferiores 117, 121, 123 podem ser reabertas para permitir a todas as camadas a fluírem de forma misturada. Um acúmulo da pressão global final pode ser registrado pelo fechamento da válvula dupla principal 115, como mostrado na Figura 7d. Por exemplo, a pressão de fluxo misturado, CF1, é medida por meio de qualquer dos medidores de pressão 123, 125, 127 e/ou pelo medidor de contrapressão. O acúmulo da pressão global final. CBup, pode ser registrado e ser registrado por qualquer um dos medidores de pressão 123, 125, 127.

[0067] É descrito agora um exemplo do método de acordo com a invenção, com referência às figuras 5a e 5b. O método é adaptado a um sistema 100, como descrito anteriormente, mas ainda compreende um "bloco-Y" 504 que divide a tubagem interna 104 em dois caminhos: um caminho principal no qual o material da camada irá fluir e um caminho derivado 505 em que os canhões de perfuração 129, 131, 133 estão posicionados. As Figuras 5a e 5b representam o método a ser aplicado apenas a uma camada de interesse 102. A mesma descrição pode ser aplicada a qualquer outra

camada de interesse.

[0068] Uma camada abaixo da camada de interesse 102 já foi perfurada e o material de camada 157 está fluindo (159) na tubagem interna 104, como mostrado na Figura 5. A camada 102 é perfurada por meio do sistema de canhão de perfuração de camada 131. Em seguida, o material de camada 161 é fluído (163), na revestimento do poço 107 em torno do canhão de perfuração 131 e para dentro da tubagem interna 104 através da válvula de manga aberta 119 e, em seguida, até o próximo equipamento individual 116 ou até a superfície, como mostrado na Figura 5b.

[0069] É descrito agora um exemplo do método de acordo com a invenção com referência a figuras 6a a 6c. O método está adaptado para o uso de válvulas esféricas testadoras 517, 519.

[0070] A primeira camada 101 é perfurada do mesmo modo como anteriormente explanado. Em seguida, o material da camada 157 é fluído (159) através do porta de fluxo da primeira camada 134 na tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100. Ele passa através do obturador de isolamento de primeira camada 139 e através da válvula testadora aberta da primeira camada 117. Em seguida ele sai, por meio da porta inferior de fluxo da segunda camada 135, na zona do poço 107 adjacente da segunda camada 102. O fluxo 159 então volta para dentro da tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100 através da porta

superior de fluxo da segunda camada 136, passa através do obturador de isolamento da segunda camada 141 e através da válvula testadora aberta da segunda camada 119. Ele então volta para dentro da zona do poço 107 adjacente da terceira camada 103 por meio da porta inferior de fluxo da terceira camada 137. Ele finalmente retorna novamente para dentro da tubagem interna 104 do sistema para a realização de testes 100 através da porta superior de fluxo da terceira camada 138 e assim sucessivamente até a parte superior 109 do sistema para a realização de testes 100 acima do obturador principal 113.

[0071] Os fluxos 163, 167 do material de camada 161, 165 de todas as outras camadas 102, 103 a serem testadas seguem o mesmo trajeto como o do fluxo 159 da primeira camada 101 começando da zona do poço 107 adjacente à camada testada.

[0072] O sistema de acordo com a invenção permite ainda conduzir os dados provenientes dos dispositivos de realização de testes dos equipamentos individuais para a estação em tempo real utilizando meios de comunicação sem fio.

[0073] Embora a invenção seja descrita em relação às suas modalidades preferidas e exemplos, numerosas alterações e modificações podem ser feitas por aqueles hábeis na arte com respeito às partes do sistema de realização de testes em zonas múltiplas no interior de

poços e das etapas do método de realização de testes sem se afastar do escopo da invenção. As vantagens do sistema de realização de testes em zonas múltiplas no interior de poços e dos métodos como descritos acima incluem, entre outras:

[0074] Economia de tempo na medida em que diversas zonas podem ser testadas individualmente e em conjunto dentro de uma única manobra no poço do sistema de realização de testes.

[0075] Os dados podem ser acessados em tempo real a partir da superfície por meio do sistema de comunicação sem fio.

[0076] O status de qualquer dado equipamento fica acessível em tempo real a partir da superfície por meio do sistema de comunicação sem fio.

[0077] Os diversos equipamentos podem ser ativados à vontade a partir da superfície por meio do sistema de comunicação sem fio.

[0078] A acumulação nas zonas inferiores pode ser ampliado ao mesmo tempo em que se realizam testes das camadas situadas mais acima.

[0079] Testes seqüenciais de interferência podem ser realizados entre a camada ativa (que está fluindo) e qualquer camada fechada situada mais abaixo.

[0080] Sob condições ideais de isolamento zonal, ganho adicional de tempo pode ser obtido mediante começar

fluir uma camada tão logo a camada anterior tiver sido fechada.

[0081] Em uma modalidade alternativa, a comunicação entre a estação de controle e a superfície pode ser também conseguida através de um cabo elétrico. Muitas variações da presente invenção podem ser facilmente vislumbradas por aqueles usualmente versados na técnica sem se afastar do escopo da presente invenção, como será definido pelas reivindicações apresentadas adiante.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de realização de testes em zonas múltiplas para a realização de testes de uma pluralidade de camadas subterrâneas interceptadas por um poço (107) **caracterizado** por compreender as etapas de:

(a) descer um sistema de realização de testes DST ("Drill Stem Testing") em zonas múltiplas no poço, o sistema de realização de testes de zonas múltiplas compreendendo um subsistema superior, um subsistema inferior, e um sistema de comunicação, em que:

o subsistema superior (109) compreende:

uma estação de controle (151) sem fio, e

um obturador de isolamento principal (113) para isolar o subsistema superior do subsistema inferior;

o subsistema inferior (111) compreende:

um arranjo de equipamentos individuais (116) conectados em série, cada equipamento individual (116) estando adaptado para a realização de testes de uma camada (101, 102, 103) e compreendendo uma série de ferramentas ativadas remotamente para o isolamento hidráulico e a realização dos testes de uma camada correspondente; e

o sistema de comunicação compreende:

dispositivos de comunicação entre a estação de controle (151) e a superfície e entre a estação de controle (151) e cada um dos equipamentos individuais (116) a fim de controlar as ferramentas ativadas remotamente de cada um

dos equipamentos individuais para a realização sequencial dos testes das camadas;

(a') posicionar o sistema de realização de testes em zonas múltiplas no poço de tal modo que cada equipamento individual do subsistema inferior fique adjacente a uma camada a ser testada;

(b) testar sequencialmente as camadas subterrâneas, para a realização de um teste de poço, através do controle as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais; e

(c) controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais para um teste misturado de pelo menos duas camadas adjacentes testadas através da reabertura das válvulas testadoras de pelo menos duas camadas adjacentes já testadas e testar o fluxo misturado.

2. Método, de acordo a reivindicação 1, **caracterizado** por as ferramentas ativadas remotamente compreenderem as ferramentas ativadas remotamente de modo sem fio e a etapa (b) ainda compreender testar sequencialmente as camadas subterrâneas, para realização de um teste de poço, através do controle de modo sem fio das ferramentas ativadas remotamente de modo sem fio.

3. Método, de acordo a reivindicação 1, **caracterizado** por as ferramentas ativadas remotamente de modo sem fio compreenderem um medidor de pressão remotamente controlável (123, 125 e 127) de modo sem fio.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por as ferramentas ativadas remotamente de modo sem fio compreenderem um obturador ativado remotamente (139, 141) de modo sem fio para isolar uma camada de uma outra camada adjacente.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por as ferramentas ativadas remotamente de modo sem fio compreenderem um sistema de canhão de perfuração ativado remotamente de modo sem fio (129, 131, 133).

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por adicionalmente compreender:

(d) controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais para realização de um teste de interferência entre a camada que está sendo testada no momento e uma ou uma pluralidade de camadas já testadas.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela etapa (b) compreender ainda:

testar sequencialmente as camadas subterrâneas para a realização de um teste de poço, através do controle de modo sem fio das ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por a etapa (c) compreender ainda o controle de modo sem fio das ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais para um teste misturado de pelo

menos duas camadas adjacentes testadas através da reabertura das válvulas testadoras de pelo menos duas camadas adjacentes já testadas e a realização de teste com o fluxo misturado.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por a etapa (c) adicionalmente compreender:

controlar as ferramentas ativadas remotamente dos equipamentos individuais para um teste misturado de todas as camadas testadas através da reabertura de todas as válvulas testadoras e testar o fluxo misturado.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** por o subsistema superior compreender uma válvula dupla principal, e a etapa (c) adicionalmente compreender o fechamento da válvula dupla principal e a realização de testes com o acúmulo misturado.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por adicionalmente compreender:

(d) conduzir os dados coletados para a superfície por meio de cada um dos dispositivos de realização de testes dos equipamentos individuais.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** por a condução dos dados ser feita em tempo real.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por as ferramentas ativadas remotamente de cada um dos equipamentos individuais compreenderem ainda um

obturador, uma válvula testadora e dispositivos de realização de testes, e em que a etapa (b) compreende ainda:

(b1) instalar cada um dos obturadores;

(b2) manter cada uma das válvulas testadoras em uma posição aberta;

(b3) perfurar a primeira camada de interesse utilizando o sistema de canhão de perfuração do primeiro equipamento individual adjacente a uma primeira camada;

(b4) testar um fluxo da primeira camada;

(b5) fechar a válvula testadora do primeiro equipamento individual;

(b6) manter cada uma das válvulas testadoras abertas exceto aquelas válvulas das camadas já testadas;

e repetir as etapas (b3) a (b6) para a realização de testes de cada camada.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por os dispositivos de realização de testes compreenderem um medidor de pressão, e a etapa (b) adicionalmente compreender, após o fechamento da válvula testadora do primeiro equipamento individual:

(b5') testar um acúmulo de material da primeira camada utilizando o referido medidor de pressão.

15. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por os dispositivos de realização de testes compreenderem um medidor de pressão, e a etapa (b4)

compreender ainda medir a pressão do fluxo da primeira camada utilizando o referido medidor de pressão.

16. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por o subsistema superior compreender um analisador de fluido, e a etapa (b4) ainda compreender a análise do material da camada testada correspondente com o referido analisador de fluido.

17. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por o subsistema superior compreender um medidor de fluxo, e a etapa (b4) ainda compreender a medição do fluxo do material da camada testada correspondente com o referido medidor de fluxo.

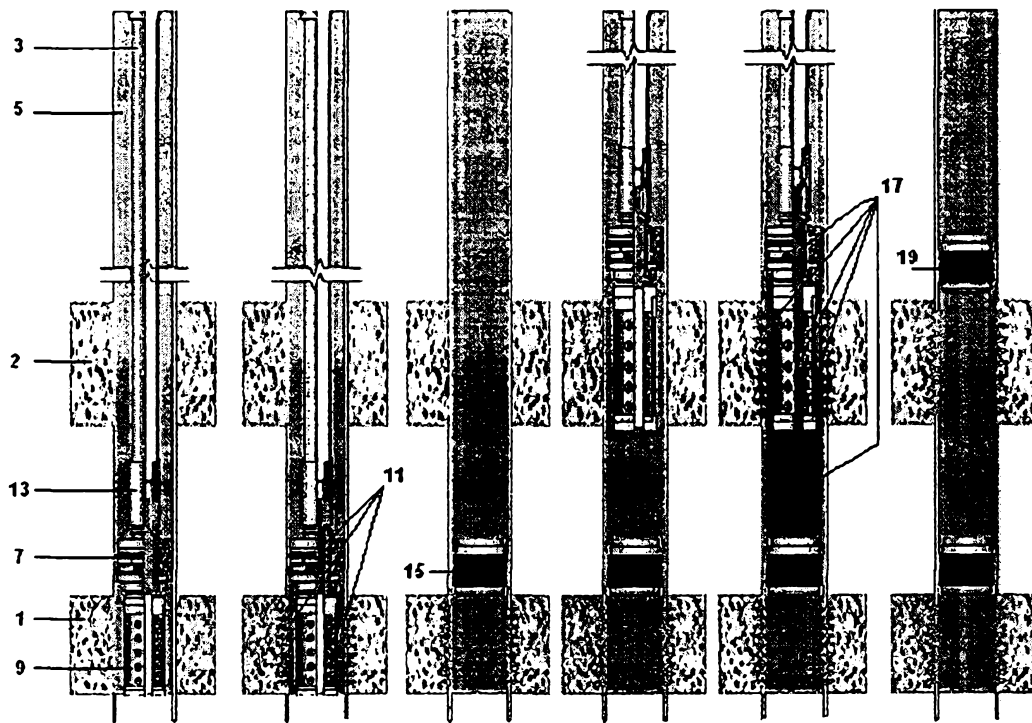


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1c

Fig. 1d

Fig. 1e

Fig. 1f

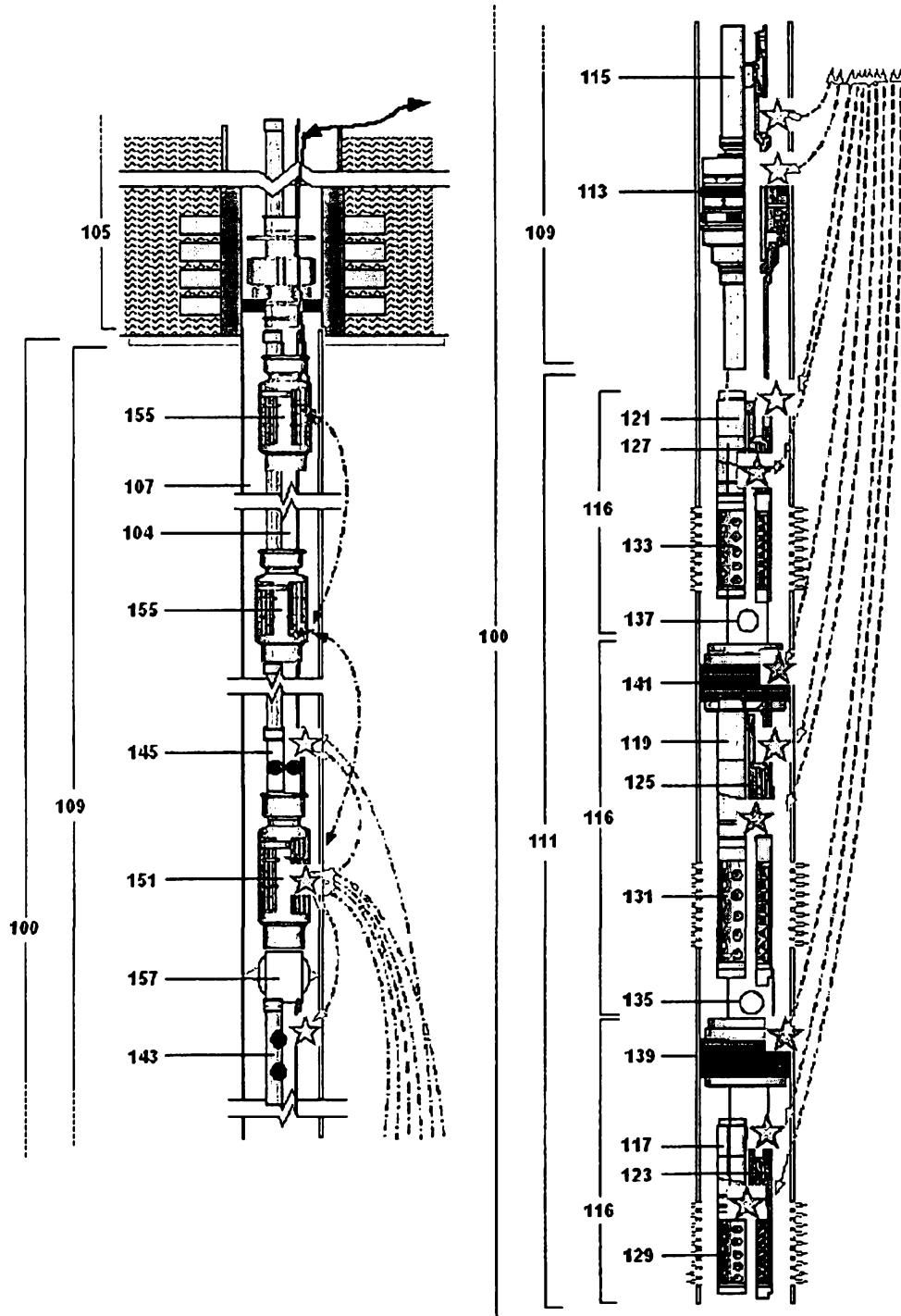


Fig. 2

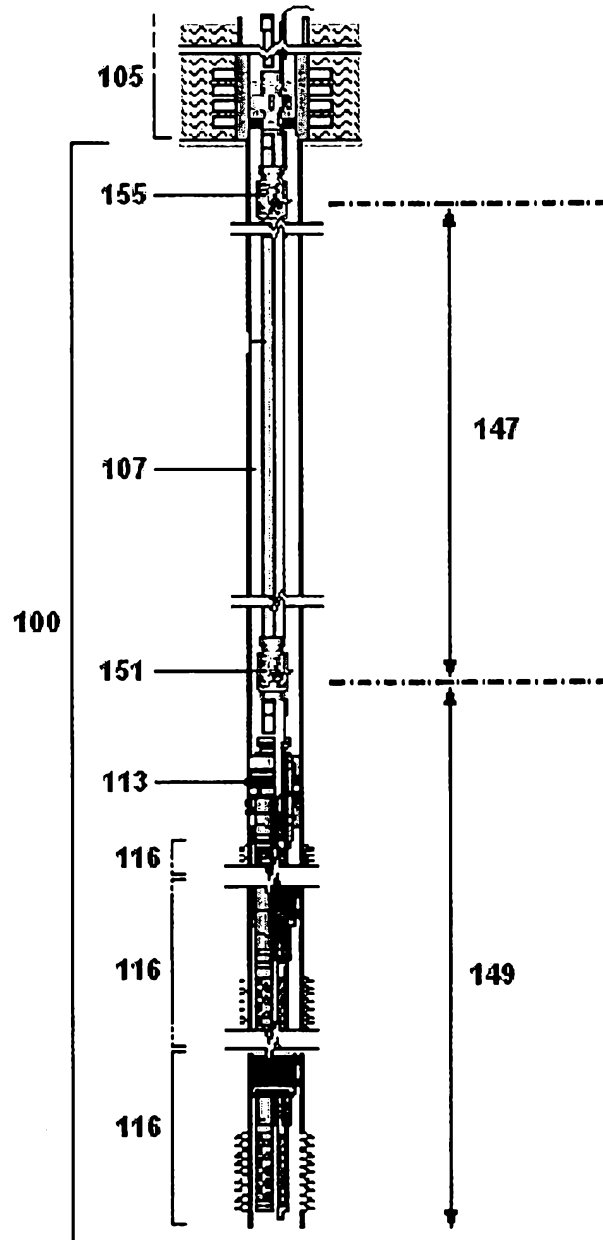


Fig. 3

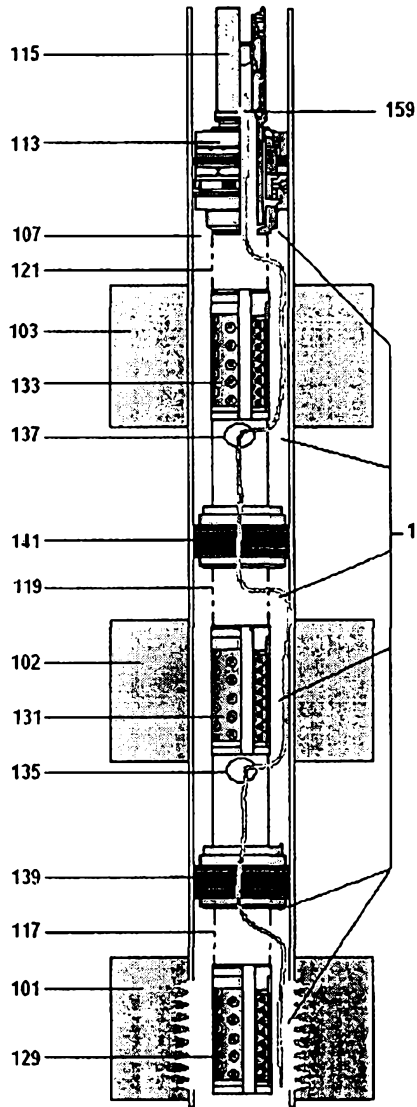


Fig. 4a

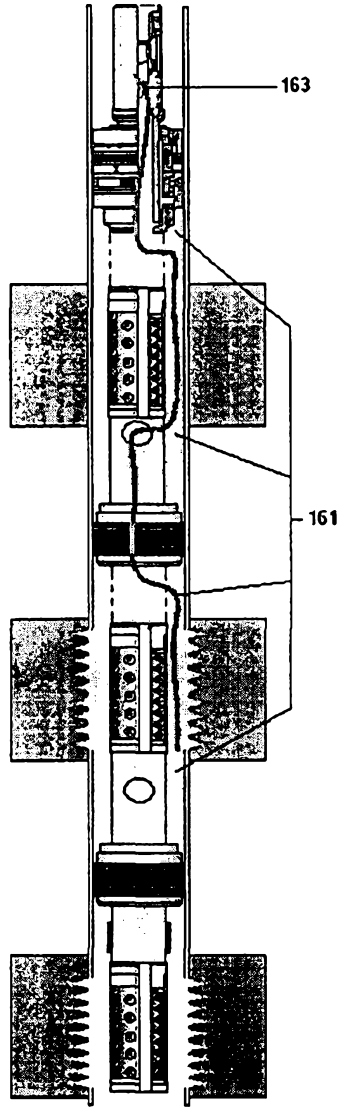


Fig. 4b

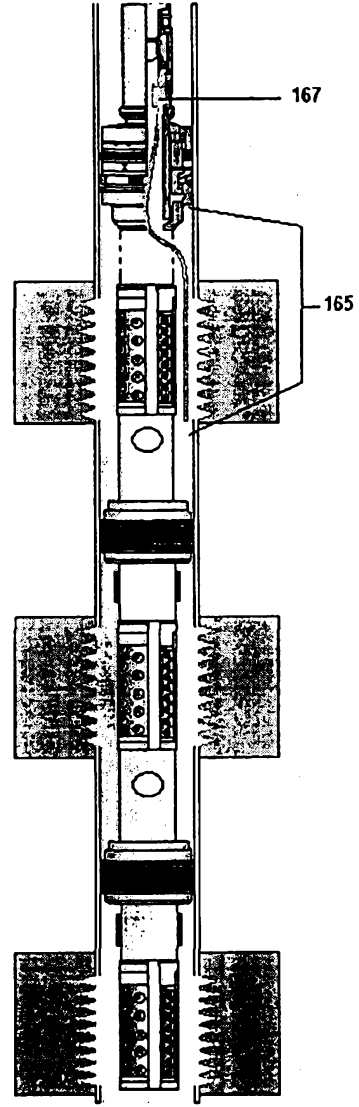


Fig. 4c

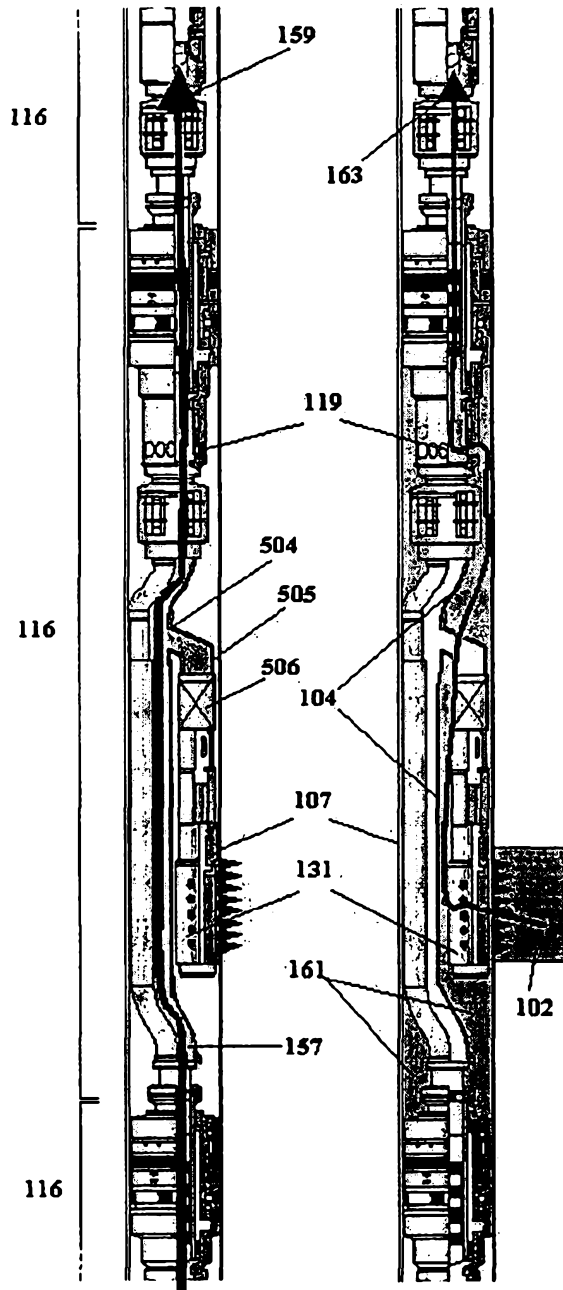


Fig. 5a

Fig. 5b

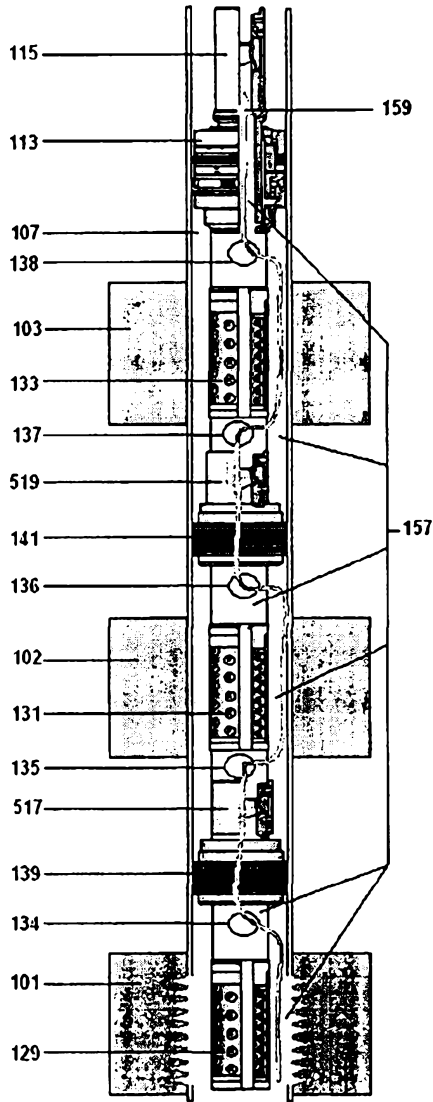


Fig. 6a

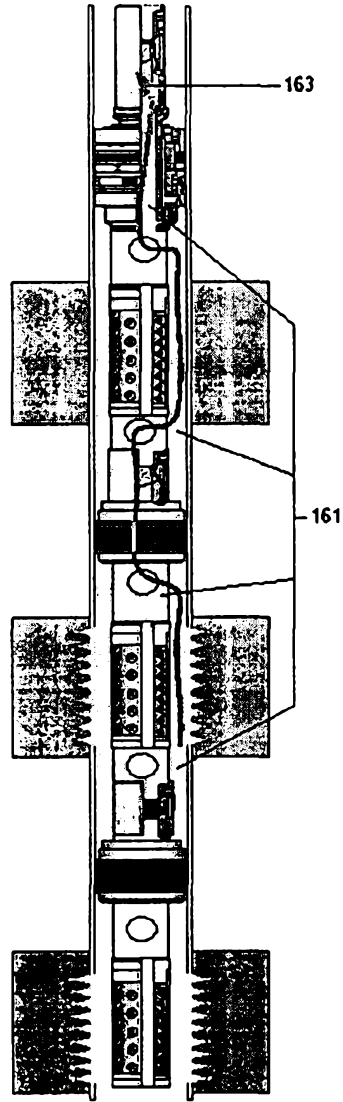


Fig. 6b

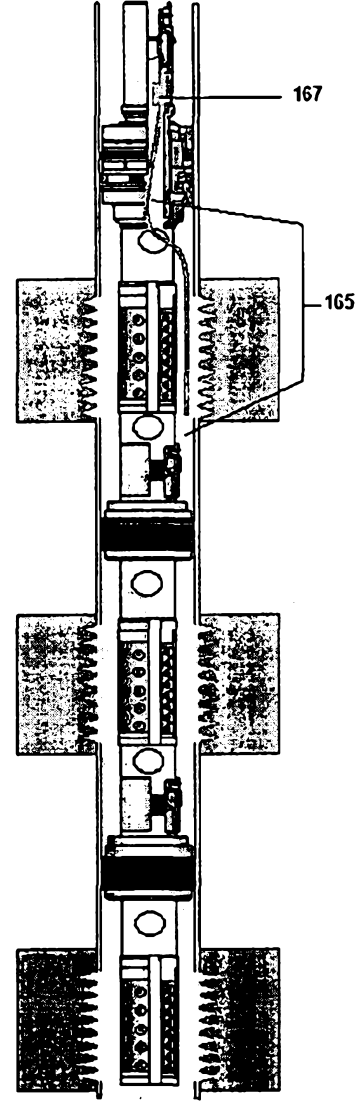


Fig. 6c

		Flow	Buid-up	Flow	Buid-up	Flow	Buid-up	Flow	Buid-up
V a l v e s	115	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSED
	121	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSED	OPEN	OPEN
	119	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSED	CLOSED	CLOSED	OPEN	OPEN
	117	OPEN	CLOSED	CLOSED	CLOSED	CLOSED	CLOSED	OPEN	OPEN
P r e s s u r e	127	L1FI		L2FI		L3FI	L2Bup	CFI	CBup
	125				L2Bup	L2Bup	L2Bup		
	123		L1Bup		L1Bup	L1Bup	L1Bup		

Fig. 7a

Fig. 7b

Fig. 7c

Fig. 7d