



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

**(11) PI 1003977-5 B1**



**(22) Data do Depósito: 20/10/2010**

**(45) Data de Concessão: 31/12/2019**

**(54) Título:** TUBULAÇÃO INSTRUMENTADA, SISTEMA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO, MÉTODO PARA DETERMINAR UMA CONTRIBUIÇÃO DE UMA DADA ZONA PARA A PRODUÇÃO DE UM FLUÍDO DE UM RESERVATÓRIO E APLICAÇÃO DO MÉTODO

**(51) Int.Cl.:** E21B 47/10.

**(52) CPC:** E21B 47/10.

**(30) Prioridade Unionista:** 29/10/2009 EP 09174404.5.

**(73) Titular(es):** PRAD RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED.

**(72) Inventor(es):** FABIEN CENS; YANN DUFOUR; CHRISTIAN CHOUZENOUX.

**(57) Resumo:** TUBULAÇÃO INSTRUMENTADA, SISTEMA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO, E MÉTODO PARA DETERMINAR UMA CONTRIBUIÇÃO DE UMA DADA ZONA PARA A PRODUÇÃO DE UM FLUÍDO DE UM RESERVATÓRIO. Uma tubulação instrumentada (10) para determinar uma contribuição de uma dada zona (7) para a produção de fluido (16) de um reservatório, a tubulação instrumentada compreendendo: um tubo (17) tendo uma extremidade aberta e uma abertura (50), a extremidade aberta recolhendo um fluido (19) escoando da zona dada (7) e a abertura acoplado o dito tubo (17) a uma tubulação de produção (11) para deixar o fluido recolhido escoar para a tubulação de produção; e um sensor (30) para medir um parâmetro do fluido recolhido, em que o sensor (30) é conectado a uma unidade eletrônica (25) para determinar a contribuição da zona dada (7) para a produção de fluido do reservatório com base no dito parâmetro medido

TUBULAÇÃO INSTRUMENTADA, SISTEMA DE CONTROLE DE  
PRODUÇÃO, MÉTODO PARA DETERMINAR UMA CONTRIBUIÇÃO DE UMA  
DADA ZONA PARA A PRODUÇÃO DE UM FLUÍDO DE UM RESERVATÓRIO E  
APLICAÇÃO DO MÉTODO

5 CAMPO DA INVENÇÃO

Um aspecto da invenção se refere a uma tubulação instrumentada e/ou um método para determinar uma contribuição de uma dada zona para a produção de fluido de um reservatório e, em particular, mas não exclusivamente,  
10 de uma mistura de fluidos de hidrocarbonetos escoando de uma dada zona de um reservatório em um furo de poço de um poço de hidrocarbonetos em produção.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Durante as operações de completação, os  
15 equipamentos de completação/produção como packers, tubulações de produção, válvulas, vários sensores ou aparelhos de medição, etc. são instalados dentro do poço. Posteriormente, as operações de produção podem começar. É conhecido o lançamento de sensores permanentes para medir  
20 vários parâmetros relativos ao reservatório, ao poço, ao fluido escoando para o poço, etc. Estes sensores são usados para monitorar as zonas do reservatório dentro do poço e controlar a produção de hidrocarboneto. Tal monitoramento da produção permite intensificar o fator de recuperação de

hidrocarboneto do reservatório tomando a atitude apropriada, por exemplo, isolando uma zona excessivamente produtora de água em comparação com fluidos de hidrocarbonetos.

5           Tipicamente, os sensores medem parâmetros do fluido circulando dentro do poço (revestido ou não revestido).

Tais sensores não permitem uma medição direta da contribuição de cada zona formando um reservatório. Pelo contrário, eles varrem o poço inteiro. Em consequência, tais sensores têm uma grande profundidade de investigação. Como outra consequência, não é possível medir diretamente a contribuição para o fluxo de uma dada zona. A contribuição de uma zona particular é determinada executando medições relativas ao fluido escoando dentro do volume/seção do poço inteiro e comparando as mesmas a medições executadas nas zonas adjacentes, por exemplo, as zonas a montante.

10

15

Além disso, calibrações dentro do poço in situ são difíceis de implementar e, assim, raramente aplicadas, pois, elas requereriam desligamento da produção do poço inteira.

20

Tais sensores não podem ser intrusivos, quer dizer se projetar para dentro do furo do poço, porque isto pode impedir ou tornar impossíveis intervenções no poço.

Tais sensores têm que ser adequados para movimentação lenta e fluidos segregados frequentemente encontrados em seções horizontais de poços.

25

Tais sensores não são adaptados para diversos tamanhos de furo de poço. De fato, não há um único projeto de sensor que se adapte a várias configurações encontradas dentro do poço.

5           Em consequência, estes sensores são caros. Como consequência, o número de zonas que podem ser instrumentadas é limitado.

Aparelhos e métodos de teste de formação são conhecidos da patente norte americana US 6.047.239. Os  
10 aparelhos e métodos permitem obter amostras de formação primitiva, ou fluido da formação, usando uma coluna de trabalho projetada para executar outros trabalhos dentro do poço, tais como operações de acondicionamento de perfuração ou operações de re-entrada. Um elemento  
15 extensível se estende contra a parede da formação para obter a amostra de formação primitiva, ou de fluido. Enquanto a ferramenta de teste está em condição de prontidão, o elemento extensível é retirado de dentro da coluna de trabalho protegido por outra estrutura contra  
20 danos durante a operação da coluna de trabalho. O aparelho é usado para detectar ou amostrar as condições dentro do poço durante o uso de uma coluna de trabalho e as medições ou amostras tomadas podem ser usadas para ajustar as propriedades do fluido de trabalho sem retirar a coluna de  
25 trabalho do poço. Quando o elemento extensível é um packer, o aparelho pode ser usado para prevenir que um kick atinja

a superfície, ajustar a densidade do fluido de perfuração e, após isso, continuar o uso da coluna de trabalho. Tal aparelho e método não são adaptados para aplicação de monitoramento permanente de poço de hidrocarbonetos de produção.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É um objeto da invenção propor uma tubulação instrumentada e/ou um método para determinar uma contribuição de uma dada zona de um fluido escoando de um reservatório que supere uma ou mais das limitações dos aparelhos e métodos de medição existentes.

De acordo com um aspecto da invenção é prevista uma tubulação instrumentada para determinar uma contribuição de uma dada zona para a produção de fluido de um reservatório, a tubulação instrumentada compreendendo:

- um tubo tendo uma extremidade aberta e uma abertura, a extremidade aberta recolhendo um fluido escoando da zona dada e a abertura acoplando o dito tubo a uma tubulação de produção para deixar o fluido recolhido escoar para a tubulação de produção; e

- um sensor para medir um parâmetro do fluido recolhido, em que o sensor é conectado a uma unidade eletrônica para determinar a contribuição da zona dada para a produção de fluido do reservatório com base no dito parâmetro medido.

De acordo com um aspecto opcional, a tubulação instrumentada ainda compreende uma válvula de controle ou para abrir ou para fechar o fluido escoando através do tubo em direção à tubulação de produção.

5 O tubo tem um formato que cria um fluxo turbulento, de modo a misturar o fluido recolhido na tubulação instrumentada.

O tubo ainda compreende um elemento de filtragem e/ou um elemento de mistura.

10 O tubo pode ser feito de uma liga de metal ou um material plástico capaz de suportar uma alta temperatura e/ou um ambiente corrosivo.

O fluido pode ser uma mistura de fluidos de hidrocarbonetos.

15 A unidade eletrônica pode ainda compreender um módulo de transmissão para transferir medições para equipamentos na superfície.

De acordo com outro aspecto, é previsto um sistema de controle de produção de uma zona de produção de um poço  
20 compreendendo uma tubulação de produção acoplada a uma tubulação instrumentada, o sistema compreendendo um primeiro e um segundo packers de isolamento isolando a zona de produção de zonas adjacentes, uma válvula da tubulação instrumentada para controlar a zona de produção, a válvula  
25 sendo acoplada à unidade eletrônica, a unidade eletrônica operando a válvula em dependência de determinada

contribuição e de um valor ou uma faixa de parâmetro de limiar.

De acordo com outro aspecto, é previsto um método para determinar uma contribuição de uma dada zona para a produção de um fluido de um reservatório, compreendendo:

recolher um fluido escoando da zona dada por uma tubulação instrumentada;

deixar escoar o fluido recolhido da tubulação instrumentada para uma tubulação de produção; e

medir um parâmetro do fluido recolhido; e

determinar a contribuição da zona dada para o fluido produzido do reservatório com base no dito parâmetro medido.

Vantajosamente, o fluido recolhido pode ainda ser misturado antes de ser medido.

O dito método pode ser aplicado ao controle da produção de um reservatório:

seccionando o poço isolando uma dada zona de produção de zonas de produção adjacentes;

determinando a contribuição da zona dada para a produção de fluido do reservatório;

operando uma válvula da tubulação instrumentada para controlar a produção de fluido da zona dada do reservatório com base na contribuição determinada e em um valor ou uma faixa de parâmetro de limiar.

A tubulação instrumentada e o método permitem

varrer o fluido em um pequeno tubo ao invés de no poço inteiro, o que é simples, confiável ao longo do tempo e vantajoso financeiramente. Eles podem ser usados em aplicações permanentes enquanto permitem um impacto mínimo na 5  
completação do poço. Com efeito, a miniaturização da tubulação instrumentada e a posição dos sensores dentro da tubulação instrumentada tornam a tubulação instrumentada adequada para colocação no poço. A tubulação instrumentada permite a função de vida útil longa de acordo com 10  
especificações determinadas em ambientes dentro do poço severos (alta pressão e/ou temperatura, ambiente corrosivo). Além disso, esta solução permite monitorar um número maior de zonas de produção de um poço e aperfeiçoar os desempenhos metrológicos. Em particular, cada zona pode 15  
ser isolada e monitorada independentemente, o que permite determinar a contribuição de uma zona específica para o total de fluido produzido. Mais ainda, quando a tubulação instrumentada é combinada com dispositivos de controle de fluxo dentro do poço, zonas específicas podem ser 20  
estranguladas e/ou a calibragem in situ dos sensores pode ser executada sem desligar todas as zonas de produção.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A presente invenção é ilustrada como exemplo e não é limitada pelas Figuras em anexo, nas quais referências 25  
similares indicam elementos similares.

Figura 1 mostra esquematicamente uma locação de

poço de hidrocarbonetos em terra ilustrando exemplos de lançamento da tubulação instrumentada da invenção.

Figura 2 é uma vista em seção transversal frontal em uma formação geológica mostrando esquematicamente uma tubulação instrumentada de acordo com a invenção acoplada a uma tubulação de produção em um poço não revestido.

Figura 3 é uma vista em seção transversal superior mostrando esquematicamente em detalhes a tubulação instrumentada da invenção.

Figura 4 é uma vista em seção transversal superior mostrando esquematicamente em detalhes a tubulação instrumentada da invenção; e

Figura 5 é uma vista em seção transversal frontal em uma formação geológica mostrando esquematicamente duas tubulações instrumentadas associadas a duas diferentes zonas de produção em uma configuração misturada de poço revestido e não revestido.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A Figura 1 mostra esquematicamente uma locação de poço de hidrocarboneto em terra e equipamentos 1 acima de uma formação geológica de hidrocarbonetos 2 após a operação de perfuração ser conduzida, após um tubo de perfuração ser inserido e após as operações de cimentação, completação e perfuração serem conduzidas. O poço está começando a produzir hidrocarbonetos, por exemplo, óleo e/ou gás. Neste estágio, o poço compreende substancialmente a porção

vertical 3 e pode também compreender a porção horizontal ou desviada 4. O poço 3, 4 é ou um poço não revestido ou um poço revestido compreendendo um revestimento 5 e um anular 6, ou uma mistura de porções não revestidas e revestidas.

5 O anular 6 pode ser preenchido com cimento ou um material de completação de poço aberto, por exemplo, vedação de cascalho. Dentro do poço, uma primeira 7 e uma segunda 8 seções de produção do poço tipicamente compreendem perfurações, packers de produção e tubulação de  
10 produção a uma profundidade correspondente a um reservatório, a saber, zonas contendo hidrocarbonetos da formação geológica de hidrocarbonetos 2. Em uma modalidade, uma ou mais tubulações instrumentadas 10 para medir os parâmetros da mistura de fluido 9 escoando para o poço  
15 revestido, por exemplo, na primeira 7 e na segunda 8 seções de produção do poço (como representadas na Figura 1) ou outras seções do poço (não representadas na Figura 1), podem ser acopladas às tubulações de produção 11, 12 da completação. No presente exemplo, a mistura de fluidos é  
20 uma mistura de fluidos hidrocarbonetos que pode compreender óleo, gás e/ou água.

Na superfície, as tubulações de produção são acopladas à disposição de produção na superfície apropriada 13, tipicamente compreendendo disposição de bombeamento,  
25 separador e tanque, etc. O equipamento de superfície 14 pode compreender um computador formando uma unidade de

controle e aquisição de dados acoplada às tubulações instrumentadas da invenção e/ou a outros sensores dentro do poço e/ou dispositivos de completação ativos, tais como válvulas. O equipamento de superfície 14 pode também  
5 compreender um enlace de satélite (não mostrado) para transmitir dados para o escritório de um cliente. O equipamento de superfície 14 pode ser gerenciado por um operador. O projeto preciso da seção de produção dentro do poço e o conjunto/equipamento de produção/controle na  
10 superfície não são pertinentes a presente invenção e, assim, não são descritos em detalhes a seguir.

A Figura 2 é uma vista em seção transversal frontal de uma formação geológica 2 mostrando esquematicamente uma tubulação instrumentada 10. O poço de hidrocarbonetos de  
15 produção 3 compreende um poço não revestido em uma formação geológica 2 compreendendo pelo menos uma camada portadora de óleo 40.

O poço 3 é um poço não revestido que pode ser coberto por um reboco 15. Alternativamente, o poço também é  
20 um poço revestido (mostrado na Figura 5) compreendendo um revestimento e um anular. O anular pode ser preenchido com cimento ou um material de completação de poço aberto, por exemplo, vedação de cascalho, ou areia da formação, ou fluidos da formação. A mistura de fluidos produzida pela  
25 zona de reservatório 7 escoar em direção à tubulação instrumentada 10 através do reboco 15 ou através de

perfurações apropriadas do revestimento. O poço 3 ainda compreende uma completação consistindo em uma tubulação de produção 11. Ele ainda pode compreender um packer e uma série de perfurações em uma porção revestida do poço (não mostrada). Uma mistura de fluidos de hidrocarbonetos produzida 16 escoam em direção à superfície através da tubulação de produção 11. Na zona de produção 7, a tubulação instrumentada 10 é acoplada à tubulação de produção 11. A mistura de fluidos de hidrocarbonetos escoando da zona de produção 7 escoam para a tubulação de produção 11 através da tubulação instrumentada 10.

A tubulação instrumentada 10 compreende um tubo 17 que pode ter um comprimento variando de algumas dezenas de centímetros a um metro (correspondendo a 0,5 pé a 3 pés de comprimento) e um diâmetro variando de alguns centímetros a uma dezena de centímetros (correspondendo a 1 a 5 polegadas de diâmetro). A tubulação instrumentada pode se encaixar na maioria das configurações de tubulação e/ou revestimento devido ao seu tamanho relativamente pequeno em comparação com o diâmetro do furo do poço. Em particular, um único tamanho de tubo pode se adequar a todas as configurações de tubulação/revestimento. Uma primeira extremidade da tubulação instrumentada é aberta, enquanto a segunda extremidade é fechada. A tubulação instrumentada ainda compreende um furo lateral 50. Por exemplo, a tubulação instrumentada e a tubulação de produção são acopladas em

paralelo e compreendem furos 50, 51 respectivamente voltados um para o outro, de modo a formar uma abertura de fluxo permitindo a comunicação entre ambas as tubulações. Dessa forma, a mistura de fluidos 19 escoando da zona de produção 7 pode escoar para a tubulação de produção 11 após ter escoado através da tubulação instrumentada 10. A tubulação instrumentada 10 pode ser feita de material condutor, por exemplo, aço inoxidável ou outra liga de metal capaz de suportar alta temperatura e ambientes corrosivos. A tubulação instrumentada 10 pode também ser feita de plástico. Em ambos os casos, vantajosamente, a tubulação instrumentada suporta a pressão absoluta resultante da coluna hidrostática de fluido acima da posição da tubulação instrumentada e a pressão diferencial correspondente à pressão de saque do reservatório máxima.

O pequeno diâmetro interno do tubo permite criar um fluxo turbulento adequado para atingir uma mistura de fluidos eficaz através de uma ampla faixa de taxas de fluxo. Essa boa qualidade de mistura permite atingir bons desempenhos metrológicos notadamente na presença de misturas de fluidos multifásicas que tendem a segregar em seções de poço horizontais ou ligeiramente desviadas. Como alternativa, o tubo pode ainda compreender um elemento de mistura (não mostrado), tal como uma restrição ou um elemento rotativo como um hélice.

A tubulação instrumentada 10 compreende vários sensores 30 medindo vários parâmetros do fluido. A boa qualidade de mistura, combinada com o pequeno diâmetro interno, permite o uso de sensores tendo uma pequena profundidade de investigação, tais como sensores locais. Por exemplo, o sensor 30 pode ser um medidor de fluxo 31, um sensor de fração de água 32, um sensor de viscosidade 33. Ele ainda pode compreender qualquer tipo de sensor, por exemplo, sensores elétricos, resistivos, capacitivos, acústicos e/ou óticos, etc. Os sensores podem ser sensores intrusivos se projetando para dentro do tubo 17. Os sensores permitem analisar o fluido escoando na tubulação instrumentada a fim de determinar as propriedades do fluido. Por exemplo, parâmetros como a pressão, a temperatura, a taxa de fluxo total, as retenções e os cortes de fluido diferentes, a salinidade e/ou a viscosidade, etc. do fluido podem ser determinados. Vários furos ou várias janelas são usinados(as) no tubo 7 a fim de criar aberturas para receber os sensores. Os sensores 30 são encaixados dentro destes furos ou destas janelas do tubo 7. Os sensores 30 são conectados a uma unidade eletrônica 25. A pressão diferencial entre o interior do tubo 17 e o furo de poço 3 é esperada ser baixa porque a tubulação instrumentada está localizada no furo de poço. Dessa forma, mecanismos de vedação de pressão para os sensores não são requeridos. Em consequência, os sensores

podem ser aparafusados, ou encaixados por pressão, ou colados, ou soldados, etc.

O volume inteiro da mistura de fluido 19 produzida pela dada zona de reservatório 7 escoando em direção à tubulação de produção 11 pode ser medido pelos sensores 30. Além disso, como os sensores somente se projetam para dentro do tubo 17 e medem os parâmetros do fluido escoando para dentro do tubo 17, as intervenções no poço podem ser facilmente implementadas.

A unidade eletrônica 25 acoplada aos sensores 30 compreende componentes típicos, tais como um conversor A/D, um processador, uma memória, que não serão descritos em detalhes. A unidade eletrônica 25 calcula as propriedades do fluido com base nos parâmetros medidos pelos sensores. A unidade eletrônica 25 pode também compreender um módulo de transmissão para transferir as medições para a superfície. As medições podem ser transferidas por comunicação sem fio (por exemplo, acústica ou eletromagnética) ou por fio entre o módulo de transmissão e o equipamento de superfície 14 (mostrado na Figura 1). A unidade eletrônica 25 pode também ser acoplada a uma válvula de controle que será descrita em detalhes a seguir.

Antes do lançamento da tubulação instrumentada 10, os sensores 30 junto com a unidade eletrônica 25 podem ser calibrados.

A tubulação instrumentada pode ser acoplada na extremidade aberta a um elemento filtrante 52, por exemplo, uma peneira de areia. O elemento filtrante 52 evita a obstrução do tubo 17 e/ou dos furos 50, 51. Ele também pode evitar erosão excessiva do próprio tubo, mas também dos sensores 30 se projetando para dentro do tubo 17.

A tubulação instrumentada 10 pode ainda compreender uma válvula de controle 18 para estrangular a produção de mistura de fluido de hidrocarboneto da zona de produção 7 dada. Quando a válvula de controle 18 está fechada, a produção da zona de produção 7 dada é interrompida (não mostrada). Quando a válvula de controle 18 está aberta a produção da zona de produção 7 dada é reassumida (como mostrado). Quando a válvula de controle 18 está em uma posição intermediária, a taxa de fluxo do fluido produzido pode ser controlada, de modo a otimizar o saque e intensificar a eficiência de varredura de óleo da zona de produção 7 dada. A válvula de controle 18 pode operar em resposta a comandos específicos recebidos do equipamento de superfície 14. Além disso, ela também pode operar em resposta a comandos específicos, enviados pelo sensor local 30, por exemplo, um sensor de fração de água detectando a razão de água ou óleo na mistura de fluido produzida pela zona de produção específica. Mais ainda, ela também pode operar em resposta a comandos específicos enviados pela unidade eletrônica 25.

Vantajosamente, a válvula de controle de fluxo pode ser usada para fechar a produção de uma dada zona. A produção de uma dada zona poder ser paralisada quando uma contribuição da dita zona determinada pela tubulação instrumentada está acima ou abaixo de um valor de parâmetro de limiar ou fora de uma faixa determinada de valores de parâmetros. Como exemplo, a produção de uma dada zona pode ser paralisada quando a razão água/óleo está acima de um dado limiar, a saber, quando a dita zona produz água em

5  
10

excesso.

Vantajosamente, a válvula de controle de fluxo pode também ser usada para executar calibragem in situ dentro do poço dos sensores, em particular, sensor de taxa de fluxo. Com a tubulação instrumentada somente a zona requerendo

15

calibragem tem que ser fechada. Isto não requer o fechamento da produção do poço inteira. De fato, quando a válvula de controle está fechada a taxa de fluxo do fluido escoando através da tubulação instrumentada é zero. A válvula de controle pode fechar o fluxo na tubulação

20

instrumentada em intervalos periódicos a fim de determinar o desvio diferencial e o deslocamento de alguns sensores. Então, correlação pode ser aplicada às medições correspondentes pela unidade eletrônica. Esta correlação pode ser atualizada a cada fechamento de válvula de

25

controle subsequente. Este é um procedimento prático para

limitar o desvio do sensor e atingir melhores desempenhos metrológicos a longo prazo.

A tubulação instrumentada 10 pode ser fixada à tubulação de produção 11 por meio de uma carcaça da válvula de controle 18, ou solda, ou um flange, etc.

A Figura 2 mostra uma modalidade em que a tubulação instrumentada 10 e a tubulação de produção 11 são soldadas juntas.

A Figura 3 mostra outra modalidade em que a tubulação instrumentada 10 é acoplada à tubulação de produção 11 por meio de um grampo 53 fixado por parafusos 54. A unidade eletrônica 25 é posicionada e fixada em uma cavidade apropriada no grampo 53.

A Figura 4 mostra outra modalidade em que a tubulação de produção ainda compreende um mandril sólido 56 compreendendo uma ranhura longitudinal 57 recebendo a tubulação instrumentada 10 enquanto permite que o fluido seja coletado pela extremidade aberta do tubo. A tubulação instrumentada 10 é fixada na ranhura 57 por meio de uma placa 58 aparafusada no mandril. Alternativamente, a tubulação instrumentada 10 pode ser diretamente aparafusada no mandril. O mandril sólido 56 tem pelo menos o comprimento da tubulação instrumentada. A unidade eletrônica 25 é posicionada e fixada em uma cavidade apropriada no mandril sólido 56.

A tubulação instrumentada 10 e a tubulação de produção 11 podem ser vedadas juntas na zona dos furos 50, 51. A vedação 55 pode ser atingida por vedação metal/metal, O-ring, C-ring, etc.

5 Assim, a tubulação instrumentada 10 permite coletar, misturar e medir propriedades de fluidos escoando de uma zona de reservatório antes deles serem produzidos para a tubulação de produção.

A tubulação instrumentada permite varrer um tubo de  
10 pequena seção com sensores intrusivos locais. Esta é uma solução eficaz com respeito a custo em comparação com a medição de propriedades de fluido na seção do poço inteira. Assim, ela permite estender tais medições dentro do poço para numerosas zonas, por exemplo, quinze a cinquenta  
15 zonas, o que ultrapassa em muito o que é comumente monitorado hoje, por exemplo, quatro a cinco zonas, por pelo menos o mesmo custo ou um custo mais baixo.

A Figura 5 é uma vista em seção transversal frontal de uma formação geológica formando um reservatório 2  
20 ilustrando esquematicamente como o poço 3 pode ser seccionado em múltiplos compartimentos. Cada compartimento é isolado do outro por meio do packer de isolamento 20. Cada compartimento pode ser equipado com uma tubulação instrumentada 10A, 10B que recolhe o fluido 19A, 19B  
25 escoando das camadas contendo óleo 40A, 40B antes dele escoar para a tubulação de produção 11.

A Figura 5 mostra duas tubulações instrumentadas 10A, 10B associadas a duas diferentes zonas de produção 7A, 7B em um poço não revestido e em um poço revestido, respectivamente. O furo de poço 3 compreende uma primeira porção compreendendo o poço não revestido 60 coberto por um reboco 15 e uma segunda porção compreendendo um poço revestido 61 compreendendo um revestimento 62 e um anular 63 preenchido com cimento ou um material de completação. A porção revestida compreende ainda perfurações 64 para permitir fluxo de fluido de hidrocarboneto das camadas contendo óleo 40B para o poço 3.

As duas zonas de produção 7A, 7B são separadas entre si pelo packer de isolamento 20. Embora a Figura 5 represente duas tubulações instrumentadas 10A, 10B, uma associada a uma primeira zona de produção 7A e uma associada a uma segunda zona de produção 7B, tubulações instrumentadas adicionais podem ser lançadas a fim de separar uma pluralidade de zonas de produção. Os outros elementos das tubulações instrumentadas 10A, 10B, a saber, os sensores 30A, 31A, 32A, 33A, 30B, 31B, 32B, 33B, as válvulas 18A, 18B e o acoplamento com a tubulação de produção 11, são idênticos aqueles descritos em relação à modalidade da Figura 2 e não serão descritos em detalhes.

Quando a válvula 18A está em um estado aberto, deixa o fluido escoar através da tubulação instrumentada 10A. O fluido 19A escoando da primeira zona de produção 7A

é recolhido pela tubulação instrumentada 10A e escoada através dela em direção à tubulação de produção 11. De maneira contínua, vários parâmetros ou valores característicos relativos ao fluido coletado 19A podem ser medidos pelos vários sensores 30A. A contribuição para o fluido produzido 16 da primeira zona 7A dada do reservatório pode ser determinada com base no dito parâmetro medido. A posição da válvula 18A pode ser ajustada em uma posição variando do estado aberto até um estado fechado. Quando a válvula 18A está em uma posição intermediária, a taxa de fluxo do fluido produzido pode ser controlada. Vantajosamente, a válvula 18A é operada de modo que a contribuição determinada da produção de fluido da primeira zona 7A dada fica dentro de uma faixa determinada, ou não desvia excessivamente de um valor de parâmetro de limiar. Um método similar também é implementado para a segunda zona B dada e outras zonas (não representadas).

Assim, o seccionamento do poço permite medições diretas da contribuição de uma dada zona forçando o fluido a ser produzido através da tubulação instrumentada correspondente localizada no poço. A tubulação instrumentada pode recolher medições em tempo real relativas a uma zona dada permitindo analisar a contribuição de cada zona. O estado da válvula de controle de fluxo 18A ou 18B pode ser ajustado a fim de otimizar o saque e intensificar a eficiência de varredura de óleo

retardando tanto quanto possível o momento em que a água irá romper em uma dada zona.

Deve-se apreciar que as modalidades da invenção não são limitadas a poços de hidrocarbonetos em terra e também podem ser usadas offshore. Além disso, embora algumas modalidades tenham desenhos mostrando um furo de poço vertical, as ditas modalidades também podem se aplicar a furo de poço horizontal ou desviado. Todas as modalidades da invenção são igualmente aplicáveis a poços revestidos e não revestidos.

As modalidades da invenção também podem se aplicar a injeção de fluido. A tubulação instrumentada pode ser usada como uma unidade de controle de fluxo para monitorar e otimizar a injeção de fluidos dentro de um reservatório, da superfície para baixo até uma zona específica onde uma válvula de controle está posicionada.

As modalidades da invenção podem ainda se aplicar para detectar e medir a recirculação de fluidos entre zonas ou compartimentos diferentes do poço. A recirculação do fluido do reservatório pode ocorrer no caso de pressão diferencial entre zonas. A invenção permite detectar uma situação indesejável em que uma zona do reservatório produz dentro de outra zona.

Embora aplicações particulares da invenção se refiram à indústria do petróleo, outras aplicações em

outras indústrias, por exemplo, a indústria de água ou similares, também se aplicam.

Os desenhos e a sua descrição anterior ilustram, ao invés de limitar, a invenção.

5           Qualquer sinal de referência em uma reivindicação não deve ser interpretado como limitando a reivindicação. A palavra "compreendendo" não exclui a presença de outros elementos diferentes daqueles listados em uma reivindicação. A palavra "um" ou "uma" precedendo um  
10 elemento não exclui a presença de uma pluralidade desse elemento.

- REIVINDICAÇÕES -

1. TUBULAÇÃO INSTRUMENTADA (10), para determinar uma contribuição de uma dada zona (7) para a produção de fluido (16) de um reservatório, a tubulação instrumentada  
5 (10) caracterizada por compreender:

um tubo (17) destinado a ser acoplado lateralmente a uma tubulação de produção (11) de maneira paralela em uma abertura que coloca em comunicação fluida o tubo (17) com a tubulação de produção (11), o tubo (17) tendo uma  
10 extremidade aberta recolhendo um fluido (19) escoando da zona dada (7) e a abertura deixando o fluido recolhido escoar para a tubulação de produção (11),

um sensor (30), disposto entre a extremidade aberta e a abertura, para medir um parâmetro do fluido recolhido,  
15 em que o sensor (30) é conectado a uma unidade eletrônica (25) para determinar a contribuição da zona dada (7) para a produção de fluido do reservatório com base no dito parâmetro medido, e

uma válvula de controle (18) disposta na abertura  
20 para ajustar o fluxo do fluido (19) escoando através do tubo (17) em direção à tubulação de produção (11).

2. Tubulação instrumentada (10), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o tubo (17) ter um formato criando um fluxo turbulento, de modo a misturar o  
25 fluido recolhido na tubulação instrumentada.

3. Tubulação instrumentada, de acordo com a

reivindicação 1 ou 2, caracterizada por o tubo (17) ainda compreender um elemento de filtragem (52).

4. Tubulação instrumentada (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada por o tubo (17) ainda compreender um elemento de mistura.

5. Tubulação instrumentada (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada por o tubo (17) ser feito de uma liga de metal ou um material plástico capaz de suportar uma alta temperatura e/ou um ambiente corrosivo.

6. Tubulação instrumentada (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada por o fluido (19) ser uma mistura de fluidos de hidrocarbonetos.

7. Tubulação instrumentada (10), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada por a unidade eletrônica (25) ainda compreender um módulo de transmissão para transferir medições para equipamentos na superfície (14).

8. SISTEMA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO, de uma zona de produção (7A, 7B) de um poço (3) compreendendo uma tubulação de produção (11) acoplada a uma tubulação instrumentada (10), conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, o sistema caracterizado por compreender um primeiro e um segundo packers de isolamento (20) isolando a zona de produção (7A, 7B) de zonas adjacentes, a válvula (18) sendo acoplada à unidade

eletrônica (25), a unidade eletrônica (25) operando a válvula (18) em dependência de determinada contribuição e de um valor ou uma faixa de parâmetro de limiar.

9. MÉTODO PARA DETERMINAR UMA CONTRIBUIÇÃO DE UMA  
5 DADA ZONA (7) PARA A PRODUÇÃO DE UM FLUIDO DE UM RESERVATÓRIO, caracterizado por compreender:

recolher um fluido (19) escoando da zona dada (7) por uma tubulação instrumentada (10) compreendendo um tubo (17) acoplado lateralmente a uma tubulação de produção (11)  
10 de maneira paralela em uma abertura que coloca em comunicação fluida o tubo (17) com a tubulação de produção (11);

deixar escoar o fluido recolhido da tubulação instrumentada (10) para uma tubulação de produção (11);

15 medir um parâmetro do fluido recolhido enquanto o fluido está na tubulação instrumentada (10);

determinar a contribuição da zona dada (7) para o fluido produzido (16) do reservatório com base no dito parâmetro medido; e

20 ajustar o fluxo do fluido (19) que escoa através do tubo (17) em direção à tubulação de produção (11), em que o ajuste do fluxo é realizado na abertura.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por o fluido recolhido (19) ainda ser  
25 misturado antes de ser medido.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9 ou 10,

caracterizado por o fluido (19) ser uma mistura de fluidos de hidrocarbonetos.

12. Aplicação do método, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 9 a 11, para o controle da  
5 produção de um reservatório, caracterizado por compreender as etapas de:

seccionar o poço isolando uma dada zona de produção (7A, 7B) de zonas de produção adjacentes;

determinar a contribuição da zona dada (7) para a  
10 produção de fluido do reservatório; e

operar uma válvula (18) da tubulação instrumentada (10) para controlar a produção de fluido da zona dada (7) do reservatório com base na contribuição determinada e em um valor ou uma faixa de parâmetro de limiar.

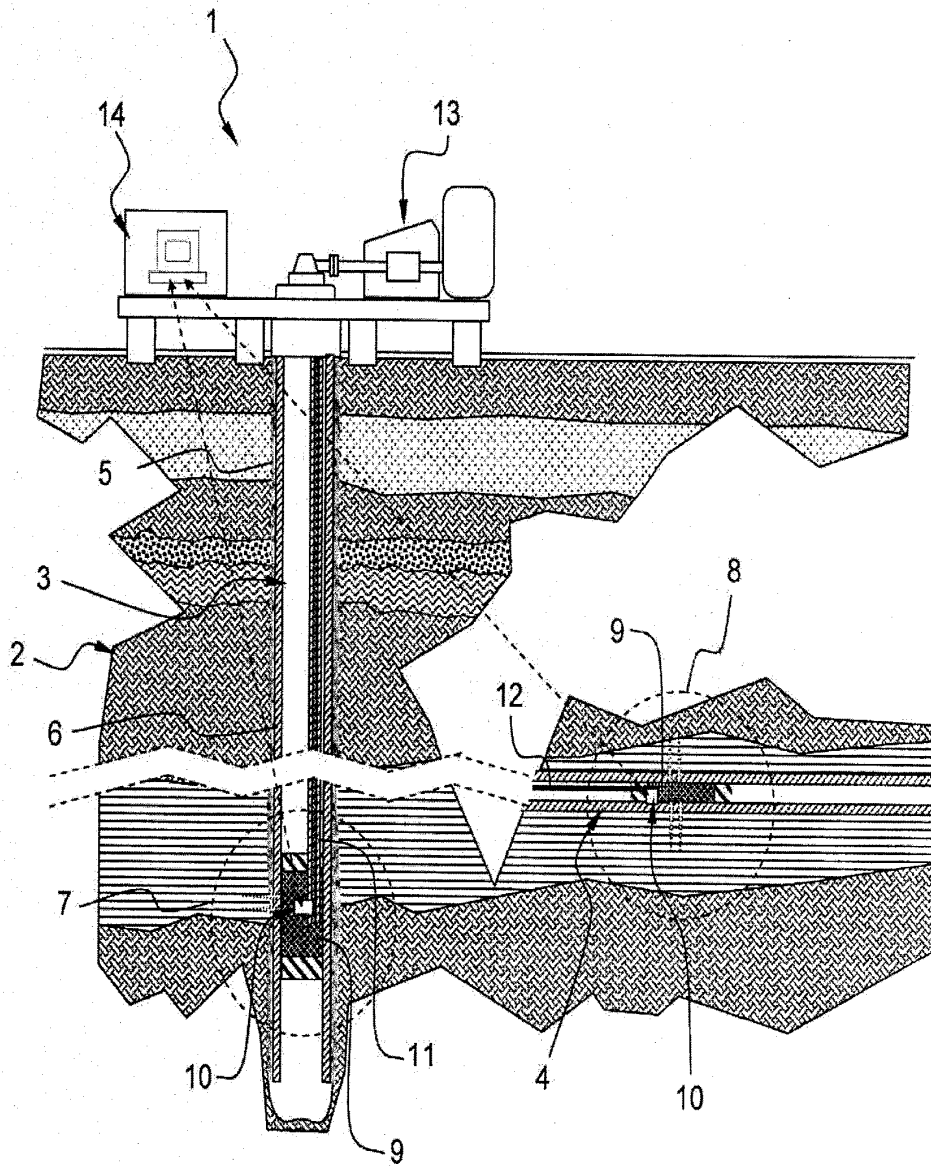


FIG. 1

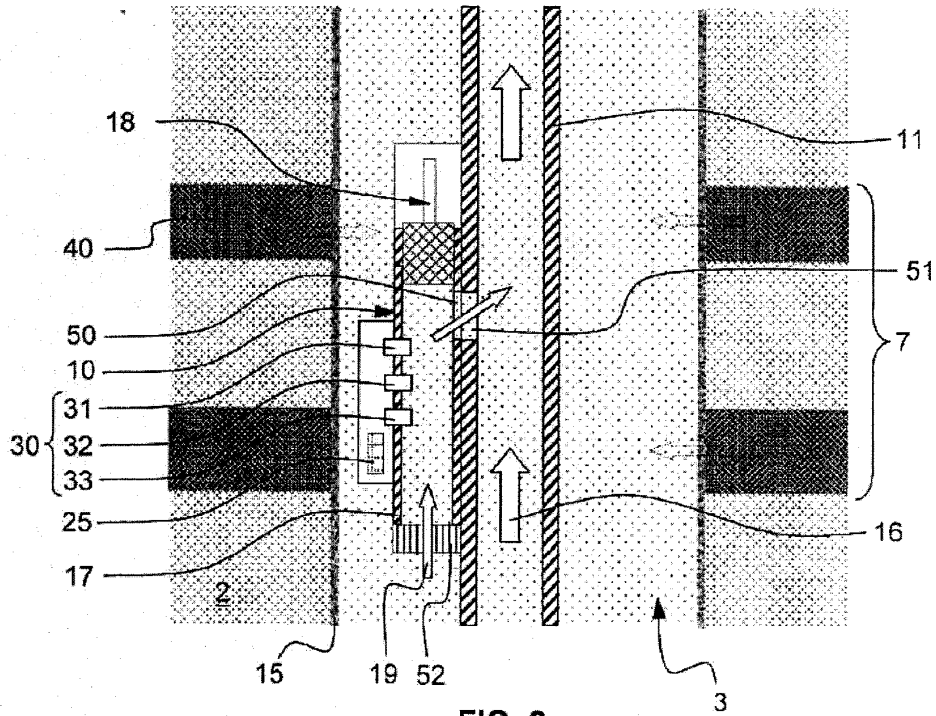


FIG. 2

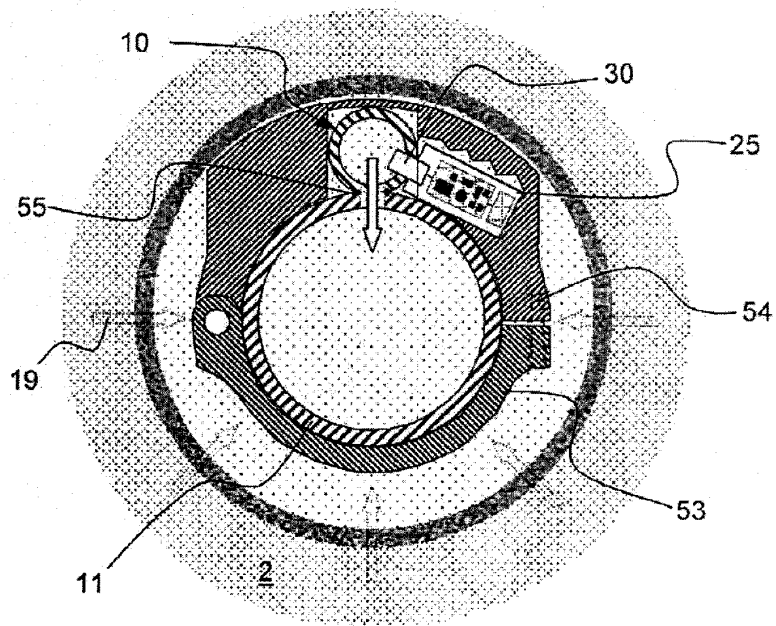


FIG. 3

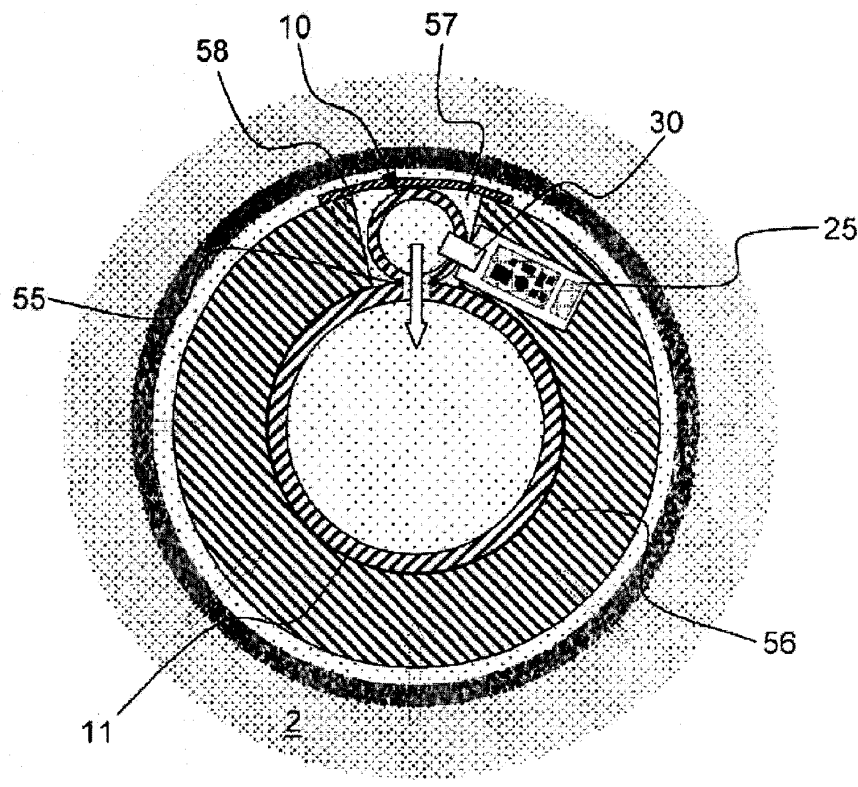


FIG. 4

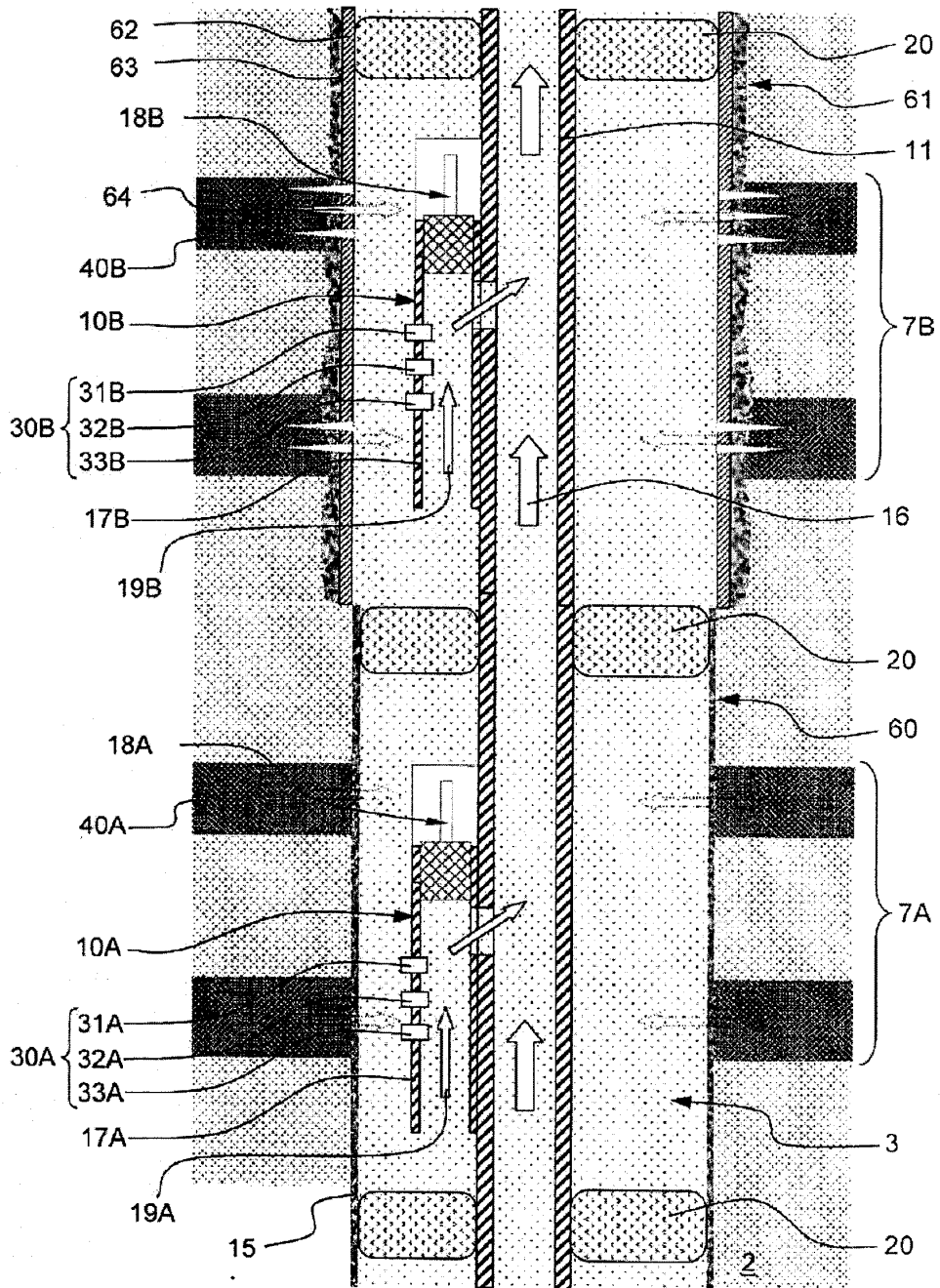


FIG. 5