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

(21) **PI0708257-6 A2**

* B R P I 0 7 0 8 2 5 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 19/02/2007
(43) Data da Publicação: 24/05/2011
(RPI 2107)

(51) Int.Cl.:
E21B 43/24 2006.01

(54) Título: **MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE HIDROCARBONETO VISCOSO USANDO VAPOR E DIÓXIDO DE CARBONO**

(30) Prioridade Unionista: 21/02/2006 US 11/358/390

(73) Titular(es): Worldenergy Systems Incorporated

(72) Inventor(es): Charles, H. Ware, Myron I. Kuhlman

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2007004263 de 19/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/098100300de 30/08/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE HIDROCARBONETO VISCOSO USANDO VAPOR E DIÓXIDO DE CARBONO. A presente invenção refere-se a um queimador para fundo do poço que é usado para produzir formações de óleos pesados. Hidrogênio, oxigênio e vapor são bombeados através de canais separados para o queimador, o qual queima pelo menos parte do hidrogênio e força os produtos da combustão para dentro da formação de terra. O vapor resfria o queimador e torna-se vapor superaquecido, o qual é injetado junto com os produtos de combustão dentro da formação de terra. Dióxido de carbono também é bombeado para o fundo do poço e injetado dentro da formação.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE HIDROCARBONETO VISCOSO USANDO VAPOR E DIÓXIDO DE CARBONO**".

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se, em geral, a métodos para a produção de hidrocarbonetos altamente viscosos e em particular ao bombeamento de vapor d'água parcialmente saturado para um queimador no fundo do poço para superaquecer o vapor d'água e injetar o vapor d'água e o dióxido de carbono em uma zona horizontal ou verticalmente fraturada.

Antecedentes da Invenção

Há extensivos reservatórios de hidrocarboneto viscoso no mundo todo. Estes reservatórios contêm um hidrocarboneto muito viscoso, freqüentemente denominado "alcatrão", "óleo pesado " ou "óleo ultrapesado ", que tipicamente tem viscosidades na faixa de desde 3.000 até 1.000.000 centipoise quando medida a 38 ºC (100 º F). A alta viscosidade torna difícil e onerosa a recuperação do hidrocarboneto. É empregada mineração a céu aberto para areias de alcatrão superficiais. Para reservatórios mais profundos, tem sido empregado o aquecimento do óleo pesado in situ para diminuir a viscosidade.

Em uma técnica, vapor d'água parcialmente saturado é injetado em um poço proveniente de um gerador de vapor d'água na superfície. O óleo pesado pode ser produzido pelo mesmo poço no qual o vapor d'água é injetado permitindo que o reservatório fique imerso durante um período de tempo selecionado depois da injeção de vapor d'água, então produzindo o poço. Quando diminui a produção, o operador repete o processo. Pode ser necessária uma bomba no fundo do poço para bombear o óleo pesado aquecido até a superfície. Se for assim, a bomba precisa ser puxada do poço a cada vez antes de ser injetado o vapor d'água, então posta para funcionar novamente depois da injeção. O óleo pesado também pode ser produzido por meio de um segundo poço afastado do poço injetor.

Uma outra técnica usa dois poços horizontais, um alguns metros acima e paralelo ao outro. Cada poço tem um revestimento interno com fendas.

O vapor d'água é injetado continuamente para dentro do orifício do poço superior para aquecer o óleo pesado e fazer com que este escoe para o orifício do poço inferior. Outras propostas envolvem injetar vapor d'água continuamente para dentro dos poços de injeção verticais circundados por poços de produção vertical.

A patente U.S. 6.016.867 descreve o uso de um ou mais poços de exploração de produção. Uma mistura de gases redutores, gases oxidantes e vapor d'água é alimentada a dispositivos de combustão no fundo do poço localizados nos poços de exploração de injeção. A combustão da mistura de gás redutor, gás oxidante é realizada para produzir o vapor d'água superaquecido e gases quente para injeção na formação para beneficiar o bruto pesado ou o betume para fornecer hidrocarbonetos mais leves. A temperatura do vapor d'água superaquecido é suficientemente alta para causar pirólise e/ou para romper a viscosidade quando o hidrogênio estiver presente, o que aumenta a gravidade API e diminui a viscosidade do hidrocarboneto in situ. A patente '867 declara que um gás redutor alternativo pode ser compreendido principalmente de hidrogênio com menores quantidades de monóxido de carbono, dióxido de carbono, e gases hidrocarboneto.

A patente '867 também descreve a fratura da formação antes da injeção do vapor d'água. A patente '867divulga tanto um processo cíclico, em que a injeção e a produção ocorrem no mesmo poço e um processo de ação contínua que envolve o bombeamento do vapor d'água através dos queimadores no fundo do poço em poços que circundam os poços de produção. No processo de ação contínua, a patente '867 ensina estender as zonas fraturadas a poços adjacentes.

Sumário da Invenção

Um queimador no fundo do poço preso no poço. O operador bombeia um combustível, tal como hidrogênio, para o queimador e oxigênio para o queimador por um conduto separado do combustível. O operador queima o combustível no queimador e cria vapor d'água superaquecido no queimador, de preferência por bombeamento de vapor d'água para o queimador. O vapor d'água parcialmente saturado resfria o queimador e se torna

superaquecido. O operador também bombeia dióxido de carbono para dentro ou ao redor da câmara de combustão do queimador e injeta o dióxido de carbono e o vapor d'água superaquecido na formação de terra para ali aquecer o hidrocarboneto.

De preferência, o operador inicialmente fratura o poço para criar uma zona fraturada horizontal ou vertical de diâmetro limitado. A zona fraturada de preferência não intecepta nem zonas de drenagem nem zonas fraturadas de poços adjacentes. A formação não fraturada que circunda a zona fraturada impede o vazamento de produtos gasosos de uma zona fraturada durante um intervalo de imersão. Durante o intervalo de imersão, o operador pode bombear intermitentemente o combustível e o vapor d'água para o queimador para manter uma quantidade desejada de pressão na zona fraturada.

Depois do espaço de tempo de imersão no banho, o operador abre as válvulas do topo do poço para fazer com que o hidrocarboneto escoe para dentro do poço de exploração e para cima do poço. O hidrocarboneto viscoso que sofreu pirólise e/ou tratamento para romper a viscosidade durante este processo, escoa para a superfície para processamento adicional. De preferência, o escoamento ocorre como um resultado da solução de gás criada em uma zona fraturada proveniente do vapor d'água, dióxido de carbono e hidrogênio residual. Também podia ser empregada uma bomba no fundo do poço. O dióxido de carbono aumenta a produção porque ele é mais solúvel no hidrocarboneto pesado do que no vapor d'água ou no hidrogênio ou em uma mistura dos mesmos. Esta solubilidade reduz a viscosidade do hidrocarboneto e o dióxido de carbono adiciona mais gás em solução para melhorar a produção. De preferência, as porções do dióxido de carbono e do hidrogênio e da água morna que retornam para a superfície são separadas do hidrocarboneto recuperado e reciclado. Em alguns reservatórios, o vapor d'água reage com o carbonato na formação e libera o dióxido de carbono, embora a quantidade liberada seja apenas uma pequena percentagem da quantidade desejada de dióxido de carbono que entra no reservatório de óleo pesado.

Quando a produção diminui suficientemente, o operador pode repetir o procedimento de injeção de vapor d'água, dióxido de carbono e produtos da combustão provenientes do queimador em uma zona fraturada. O operador pode também fraturar a formação de novo para aumentar a zona fraturada.

Breve Descrição das Ilustrações:

A figura 1 é um esquema que ilustra um poço e um processo para a produção de óleo pesado de acordo com esta invenção.

A figura 2 é um esquema que ilustra o poço da figura 1 próximo a um poço adjacente, que também pode ser produzido de acordo com esta invenção.

A figura 3 é uma ilustração esquemática de um dispositivo para combustão empregado com o processo desta invenção.

Descrição Detalhada da Invenção:

Referindo-se à figura 1, o poço 11 se estende substancialmente verticalmente através de algumas formações de terra, das quais pelo menos uma inclui uma formação de óleo pesado ou de alcatrão 15. Uma formação de terra 13 sobrecarregada está localizada acima da formação de óleo 15. A formação de óleo pesado 15 está localizada sobre uma formação de terra 17 subcarregada. A formação de óleo pesado 15 é tipicamente uma areia de alcatrão que contém um hidrocarboneto muito viscoso, que pode ter uma viscosidade de desde 3.000 cp até 1.000.000 cp, por exemplo. A formação 13 sobrecarregada pode consistir em várias formações geológicas, por exemplo, um calcário espesso, denso que veda e confere uma pressão de fratura relativamente alta à formação de óleo pesado 15. A formação de terra 17 subcarregada também pode ser um calcário espesso, denso ou algum outro tipo de formação de terra.

Como apresentado na figura 1, o poço é protegido por um revestimento e o revestimento tem perfurações ou fendas 19 pelo menos em parte da formação de óleo pesado 15. Além disso, o poço é, de preferência, fraturado para criar uma zona fraturada 21. Durante a formação da fratura, o operador bombeia um fluido através das perfurações 19 e transmite uma pres-

são contra a formação de óleo pesado 15 que é maior do que a pressão de divisão da formação. A pressão cria rachaduras dentro da formação 15 que se estende geralmente radialmente do poço 11, permitindo o escoamento do fluido para a zona fraturada 21. O fluido injetado usado para provocar a fratura pode ser convencional, tipicamente incluindo água, vários aditivos e materiais de sustentação tal como areia ou esferas de cerâmica ou o próprio vapor d'água pode às vezes ser usado.

Em uma modalidade da invenção, o operador controla a taxa de injeção dos fluidos de formação de fratura e a duração do processo de formação da fratura para limitar a extensão ou a dimensão da zona fraturada 21 que circunda o poço 11. A zona fraturada 21 tem um diâmetro ou um perímetro inicial relativamente pequeno 21a. O perímetro 21a da zona fraturada 21 é limitado de tal forma que ele não irá interceptar quaisquer zonas fraturadas ou de drenagem existentes ou planejadas 25 (figura 2) de poços adjacentes 23 que se estendem para a mesma formação de óleo pesado 15. Também, no método preferido, o operador irá posteriormente aumentar o poço 11 da zona fraturada 21, assim o perímetro 21a inicial devia deixar espaço para uma expansão posterior da zona fraturada 21 sem interceptar a zona de drenagem 25 do poço adjacente 23. O poço adjacente 23 opcionalmente pode anteriormente ter sido submetido a um ou mais dos mesmos processos de formação de fratura que o poço 11 ou o operador pode planejar fraturar o poço adjacente 23 da mesma maneira que oo poço 11 no futuro. Conseqüentemente, o perímetro 21a da zona fraturada não intercepta a zona fraturada 25. De preferência, o perímetro 21a da zona fraturada se estende a menos da metade da distância entre os poços 11, 23. A zona fraturada 21 está ligada por partes não fraturadas de formação de óleo pesado 15 fora do perímetro 21a e tanto acima como abaixo da zona fraturada 21. O processo de formação da fratura para criar a zona fraturada 21 pode ser feito antes ou depois da instalação de um queimador 29 no fundo do poço, discutido a seguir. Se depois, o fluido de formação de fratura será bombeado através do queimador 29.

Uma árvore de produção ou topo do poço 27 está localizada na

superfície do poço 11 na figura 1. A árvore de produção 27 está ligada a um conduto ou a condutos para direcionar o combustível 37, o vapor d'água 38, o oxigênio 39 e o dióxido de carbono 40 para o fundo do poço 11 para o queimador 29. O combustível 37 pode ser hidrogênio, metano, gás de síntese ou algum outro combustível. O combustível 37 pode ser um gás ou um líquido. De preferência, o vapor d'água 38 é vapor d'água parcialmente saturado, que tem um teor de até aproximadamente 50 por cento. O teor de vapor d'água podia ser mais alto e até mesmo a água podia ser bombeada para o fundo do poço 11 em lugar de vapor d'água, embora isto fosse menos eficiente. O topo do poço 27 também está ligado a um conduto para liberação de oxigênio para o fundo do poço 11, como indicado pelo numeral 39. O combustível 37 e o vapor d'água 38 pode ser misturado e liberado para o fundo do mesmo conduto, porém o combustível 37 devia ser liberado separadamente do conduto que libera oxigênio 39.

Pelo fato de que o dióxido de carbono 40 se torna corrosivo se misturado com vapor d'água, de preferência ele escoa para baixo por um conduto separado do conduto para vapor d'água 38. O dióxido de carbono 40 podia ser misturado com o combustível 37 se o combustível for liberado por um conduto separado de vapor d'água 38. A percentagem de dióxido de carbono 40 misturado com o combustível 37 não devia ser tão alta de modo a impedir significativamente a queima do combustível. Se o combustível for gás de síntese, metano ou um outro hidrocarboneto, o processo de combustão no queimador 29 cria dióxido de carbono. Em alguns casos, a quantidade de dióxido de carbono criada pelo processo de combustão pode ser suficiente para eliminar a necessidade de se bombear o dióxido de carbono para o fundo do poço.

Os condutos para o combustível 37, o vapor d'água 38, o oxigênio 39 e o dióxido de carbono 40 podem compreender tubulação em serpentina ou juntas rosqueadas para a produção da tubulação. O conduto para o dióxido de carbono 40 podia compreender um anel no revestimento do poço 11.

O dispositivo para combustão ou o queimador 29 está preso no

poço 11 para receber o fluxo de combustível 37, vapor d'água 38, oxigênio 39 e dióxido de carbono 40. O queimador 29 tem um diâmetro selecionado de modo que ele possa ser instalado dentro do revestimento convencional do poço, tipicamente na faixa de desde em torno de 17,8 cm (sete polegadas) até 23 cm (9 polegadas), porém podia ser maior. Como ilustrado na figura 3, um dispositivo compactador e um dispositivo âncora 31 está localizado acima do queimador 29 para vedar o revestimento do poço 11 acima do compactador 31 do revestimento abaixo do compactador 31. Os condutos para o combustível 37, vapor d'água 38, oxigênio 39 e dióxido de carbono 40 estendem-se em uma modalidade de vedação do compactador 31. O compactador 31 isola assim a pressão que circunda o queimador 29 de qualquer pressão no poço 11 acima do compactador 31. O queimador 29 tem uma câmara de combustão 33 circundade por uma camisa 35, que pode ser considerada como sendo uma parte do queimador 29. O combustível 37 e o oxigênio 39 entram na câmara de combustão 33 para queima do combustível. O vapor d'água 38 pode escoar para dentro da câmara de combustão 33 para esfriar o queimador 29. De preferência, o dióxido de carbono 40 escoa através da camisa 35, o que ajuda no resfriamento da câmara de combustão 33, porém ele podia alternativamentey escoar através da câmara de combustão 33, que também esfria a câmara 33 porque o dióxido de carbono não tem valor comercial. Se o combustível 37 for hidrogênio, parte do hidrogênio pode ser desviada para escoar através da camisa 35. O vapor d'água 38 podia escoar através da camisa 35, porém de preferência não misturado com o dióxido de carbono 40 por causa do efeito corrosivo.

O queimador 29 inflama-se e queima pelo menos em parte do combustível 37, que cria uma alta temperatura no queimador 29. Sem um agente de resfriamento, a temperatura provavelmente seria demasiadamente alta para que o queimador 29 aguente durante um longo período de tempo. O vapor d'água 38 que escoa para dentro da câmara de combustão 33 reduz aquela temperatura. Além disso, de preferência há um pequeno excesso de combustível 37 que escoa para dentro da câmara de combustão 33. O excesso de combustível não queima, o que dimimui a temperatura na

câmara de combustão 33 porque o combustível 37 não libera calor a não ser se ele se queime. O excesso de combustível se torna mais quente enquanto ele passa sem queimar através da câmara de combustão 33, que remove parte do calor proveniente da câmara de combustão 33. Além disso, o dióxido de carbono 40 que escoa através da camisa 35 e algum hidrogênio que possa estar escoando através da camisa 35 esfria a câmara de combustão 33. Um queimador no fundo do poço para queimar combustível e injetar vapor d'água e produtos de combustão em uma formação de terra é apresentado na Pat. US 5.163.511.

O vapor d'água 38, porções de combustível 37 em excesso e dióxido de carbono 40 diminuem a temperatura dentro da câmara de combustão 33, por exemplo, até em torno de 871 ºC (1.600 ºF), o que aumenta a temperatura do vapor d'água parcialmente saturado que escoa através do queimador 29 até um nível superaquecido. O vapor d'água superaquecido está a uma temperatura acima do seu ponto de orvalho, assim não contém vapor d'água. O produto gasoso 43, que compreende vapor d'água superaquecido, excesso de combustível, dióxido de carbono e outros produtos de combustão, sai do queimador 29 de preferência a uma temperatura de desde aproximadamente 550 ºC (288 ºF) até 371 ºC (700 ºF).

O produto gasoso 43 quente é injetado na zona fraturada 21 devido à pressão que é aplicada ao combustível 37, vapor d'água 38, oxigênio 39 e dióxido de carbono 40 na superfície. As fraturas dentro da zona fraturada 21 aumentam a área de contato da superfície com estes fluidos para aquecer a formação e se dissolver no óleo pesado para diminuir a viscosidade do óleo e criar uma solução de gás para ajudar a direcionar o óleo de volta para o poço durante o ciclo de produção. A parte circundante não fraturada da formação 15 pode ser substancalmente impenetrável pelo produto gasoso 43 porque o óleo pesado não aquecido ou alcatrão não é suficientemente fluido para ser deslocado. As partes circundantes de formação de óleo pesado 15 não aquecida podem criar assim um recipiente ao redor da zona fraturada 21 para impedir o vazamento de produto gasoso 43 quente durante tempo suficiente para que ocorram reações de beneficiamento significativas

ao óleo pesado dentro da zona fraturada 21.

Se o combustível 37 compreender hidrogênio, as partes que não sofreram combustão que são injetadas irão suprimir a formação de coque na zona fraturada 21, o que é desejável. O hidrogênio que é injetado podia provir inteiramente de excesso de hidrogênio fornecido à câmara de combustão 33, que não entra em combustão ou ele podia ser hidrogênio desviado para escoar através da camisa 35. No entanto, o hidrogênio não se dissolve tão bem em óleo como o dióxido de carbono. O dióxido de carbono, por outro lado, é muito solúvel em óleo e assim se dissolve no óleo pesado, reduzindo a viscosidade do hidrocarboneto e aumentando o gás da solução. A elevação da temperatura do dióxido de carbono 40 enquanto este passa através do queimador 29 libera calor para a formação, o que diminui a viscosidade do hidrocarboneto com o qual ele entra em contato. Além disso, o dióxido de carbono 40 injetado se associa à solução de gás dentro do reservatório. A manutenção de uma alta temperatura de injeção para produto gasoso quente 43, de preferência em torno de 371 ºC (700 ºF), melhora a pirólise e o tratamento do óleo para romper a viscosidade ("hydrovisbreaking") se o hidrogênio estiver presente, o que causa um aumento na gravidade API do óleo pesado in situ.

Simulações indicam que é vantajoso injetar o dióxido de carbono e o hidrogênio em um reservatório com óleo pesado que apresentou fratura. Em três situações, foram comparados entre si o dióxido de carbono a 1 %, 10 % e 25 % por moles do vapor d'água e hidrogênio que são injetados. A comparação empregou dois anos de operação cíclica com 21 dias de molho por ciclo. Os resultados são os seguintes:

Simulação	% de CO2	Óleo Cumulativo Produzido	Razão de Vapor d'água/Óleo
1 Sem fratura	0	3,030	14,3
2. Fratura	1	9,561	13,2
3. Fratura	10	20,893	8,99
4. Fratura	25	22,011	5,65

A tabela acima demonstra que 25 % de dióxido de carbono é melhor do que 10 % de dióxido de carbono para a produção e para a razão

de vapor d'água/óleo. De preferência, A percentagem de dióxido de carbono injetada no reservatório é de 10 % até 25 % ou mais, por moles do vapor d'água e do hidrogênio que são injetados, porém é pelo menos 5 %.

No método preferido, a liberação de combustível 37, vapor d'água 38, oxigênio 39 e dióxido de carbono 40 para o queimador 29 e a injeção de produto gasoso quente 43 na zona fraturada 21 ocorrem simultaneamente durante um período de tempo selecionado, tais como sete dias. Embora o produto gasoso 43 seja injetado na zona fraturada 21, a temperatura e a pressão da zona fraturada 21 aumentam. No final do período de injeção, a zona fraturada 21 é deixada em imersão no banho durante um período de tempo selecionado, tais como 21 dias. Durante o intervalo de imersão no banho, o operador pode intermitentemente bombear o combustível 37, o vapor d'água 38, o oxigênio 39 e o dióxido de carbono 40 para o queimador 29 onde ele queima e os gases de combustão 43 quentes são injetados na formação 15 para manter um nível de pressão desejado na zona fraturada 21 e compensa a perda de calor para a formação circundante. Não ocorre outra injeção de fluido gasoso quente 43 durante o período de imersão no banho.

Então, o operador começa a produzir o óleo, que é acionado pela pressão para dentro do reservatório e de preferência pela pressão adicional do gás em solução. O óleo é de preferência produzido em direção vertical na tubulação de produção, que podia ser um dos condutos através dos quais o combustível 37, o vapor d'água 38 ou o dióxido de carbono 49 são bombeados. De preferência, o queimador 29 permanece no local e o óleo escoa através da peças do queimador 29. Alternativamente, o poço 11 podia incluir um segundo poço de exploração alguns metros adiante, de preferência não mais do que aproximadamente 15,2 metros (50 pés), com o óleo escoando em direção ascendente do poço de exploração separado em vez de um poço que contém o queimador 29. O segundo poço de exploração podia estar completamente separado e paralelo ao primeiro poço de exploração ou ele podia ser um poço de exploração desviado que intercepta e que se estende do poço de exploração principal.

A produção de óleo irá continuar enquanto o operador considere

a mesma possível, o que podia ser de até 35 dias ou mais. Quando a produção diminui suficientemente, o operador pode opcionalmente repetir a injeção e o ciclo de produção com ou sem formação de fratura adicional. Pode ser possível estender a fratura em ciclos subseqüentes de injeção e de produção para aumentar o perímetro 21a da zona fraturada 21, então repetir o ciclo de injeção e de produção descrito acima. De preferência, esta operação de formação de fratura adicional pode ocorrer sem a remoção do queimador 29, embora esta pudesse ser removida, se desejado. O processo pode ser repetido enquanto a zona fraturada 21 não interceptar as zonas fraturadas ou as áreas de drenagem 25 dos poços adjacentes 23 (Fig. 2).

Aumentando progressivamente o diâmetro da zona fraturada 21 desde um perímetro relativamente pequeno até a metade da distância ao poço adjacente 23 (figura 2), o operador pode eficazmente produzir a formação do hidrocarboneto viscoso 15. Com cada nova operação de formação de fratura, a parte fraturada anteriormente forneceria percursos de escoamento para a injeção de produto gasoso quente 43 e o escoamento do hidrocarboneto para dentro do poço. Além disso, a parte fraturada anteriormente retém calor da injeção anterior dos gases de combustão quente 43. O numeral 21b nas figuras 1 e 2 indica o perímetro da zona fraturada 21 depois de um segundo processo de formação de fratura. O operador podia estar realizando formação de fratura, injeção, imersão em banho e ciclos de produção similares no poço 23 ao mesmo tempo em que no poço 11, se desejado. Os ciclos de injeção e produção, sem ou com fratura adicional podem ser repetidos enquanto for possível.

Antes ou depois de alcançar o limite máximo de zona fraturada 21, que seria maior do que o perímetro 21b, o operador pode desejar converter o poço 11 em um sistema acionado continuamente. Esta conversão podia ocorrer depois de o poço 11 ter sido fraturado várias vezes diferentes, cada uma aumentando a dimensão do perímetro. Em um sistema acionado continuamente, o poço 11 seria um produtor contínuo ou um injetor contínuo. Se o poço 11 for um injetor contínuo, o queimador 29 no fundo do poço seria abastecido continuamente com combustível 37, vapor d'água 38, oxigênio 39

e dióxido de carbono 40, que queima o combustível e injeta produto gasoso 43 quente na zona fraturada 21. O produto gasoso 43 quente 43 forçaria o óleo para os poços de produção circundantes, tal como em um padrão em um padrão invertido de poço de cinco ou de sete pontos. Cada um dos poços de produção circundantes teria zonas fraturadas que interceptam a zona fraturada 21 do poço de injeção. Se o poço 11 for um produtor contínuo, o combustível 37, o vapor d'água 38, o oxigênio 39 e o dióxido de carbono 40 seria bombeado para os queimadores no fundo do poço 29 nos poços de injeção circundantes, como em um padrão normal de cinco ou de sete pontos. Os queimadores no fundo do poço 29 nos poços de injeção circundantes queimariam o combustível e injetariam o produto gasoso 43 quente nas zonas fraturadas, cada uma das quais associada a uma zona fraturada do poço de produção de modo a forçar o óleo para o poço de produção.

A invenção tem vantagens significativas. A injeção de dióxido de carbono juntamente com o vapor d'água e o combustível que não queimou na formação aumenta a produção de óleo pesado resultante. O aquecimento do dióxido de carbono enquanto ele passa através do queimador aumenta a temperatura da formação fraturada de óleo pesado. O dióxido de carbono também se associa à solução de gás na formação. A formação de óleo pesado não fraturada que circunda surrounding a zona fraturada impede o vazamento de excesso de combustível, de vapor d'água e de outros produtos de combustão para formações adjacentes ou para a superfície durante tempo suficiente para que ocorram reações significativas de beneficiamento no óleo pesado na formação. O recipiente maximiza os efeitos do excesso de combustível e de outros gases quentes que escoam para a zona fraturada. As despesas do combustível, do oxigênio e do vapor d'água são reduzidas por redução do vazamento da zona fraturada. Além disso, o fato de conter o excesso de combustível aumenta a segurança do tratamento do poço. Pelo menos parte do combustível, do dióxido de carbono e do calor contido nos fluidos produzidos pode ser reciclada.

Embora a invenção tenha sido apresentada apenas em uma de suas formas, devia ser evidente para os peritos na técnica que esta não é

assim limitada porém é suscetível de várias mudanças sem sair do âmbito da invenção. Por exemplo, as fraturas podiam ser verticais em vez de horizontais. Além disso, embora o poço seja apresentado como sendo um poço vertical na figura 1, ele podia ser um poço horizontal ou inclinado. A zona fraturada podia ser uma ou mais fraturas verticais ou horizontais naquele caso. O queimador podia estar localizado dentro da parte vertical ou horizontal. O sistema podia incluir um poço de injeção horizontal e um poço de produção horizontal com um revestimento interno com fenda localizado alguns metros abaixo e paralelo à parte horizontal do poço de injeção. Em algumas formações, a fratura pode não ser necessária.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir um hidrocarboneto viscoso de um poço, compreendendo:

(a) manter o queimador no fundo do poço;

(b) bombear o combustível para dentro do poço e queimar o combustível no queimador;

(c) criar um vapor superaquecido no poço;

(d) injetar dióxido de carbono e o vapor superaquecido em uma formação de terra para aquecer o hidrocarboneto;

(e) passar o hidrocarboneto da formação da terra até o poço.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que somente uma porção de combustível é queimada pelo queimador, e em que a etapa (d) compreende ainda injetar porções não-queimadas de combustível na formação de terra junto com o dióxido de carbono e o vapor superaquecido.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, em que a porcentagem de dióxido de carbono injetada na formação de terra relativa ao vapor superaquecido e quaisquer produtos de combustão do queimador sendo injetado na formação de terra é de pelo menos 1 %.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos uma porção do dióxido de carbono sendo injetada na formação de terra é bombeada da superfície para o fundo do poço.

5 . Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda: permitir a formação da sature por um tempo selecionado depois da etapa (d) e antes da etapa (e) até o início da etapa (e).

6. Método de acordo com a reivindicação 1, em que: o dióxido de carbono injetado na etapa (d) torna-se uma solução gasosa na formação da terra e causa uma elevação da pressão com o aumento da formação de terra; e em que a etapa (e) compreende usar a solução gasosa como um meio para forçar o hidrocarboneto a subir no poço na etapa (e).

7. Método de acordo com a reivindicação 1, em que a etapa (c) compreende bombear um vapor parcialmente saturado ao queimador e passar uma porção do vapor parcialmente saturado através de uma camisa em

volta do queimador para resfriar o queimador e converter o vapor parcialmente saturado em vapor superaquecido.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda: fraturar a formação da terra antes ou durante a etapa (c) para criar uma zona fraturada cercada por uma porção não fraturada da formação, e quando o fluxo de hidrocarboneto diminui para um nível mínimo selecionado na etapa (e), fraturar a formação de terra novamente para aumentar as dimensões da zona fraturada.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos uma porção de dióxido de carbono sendo injetada dentro da formação de terra é bombeada da superfície até o fundo poço; e o combustível, oxigênio e dióxido de carbono são bombeados para o fundo do poço por canais separados.

10. Método para produção de hidrocarboneto viscoso a partir de um poço, compreendendo:

(a) fraturar uma formação do hidrocarboneto viscoso para criar uma zona fraturada cercada por uma zona não fraturada;

(b) manter o queimador no fundo do poço;

(c) fornecer hidrogênio e oxigênio ao queimador e queimar uma porção de hidrogênio no queimador;

(d) criar vapor no queimador;

(e) simultaneamente com as etapas (c) e (d), bombear dióxido de carbono para o fundo do poço e injetar o dióxido de carbono junto com o vapor e porções não queimadas de hidrogênio dentro da zona fraturada; e

(f) passar o hidrocarboneto a partir da zona fraturada até o topo do poço

11. Método de acordo com a reivindicação 10, em que a porcentagem de dióxido de carbono sendo injetada dentro da zona fraturada em relação ao vapor e quaisquer porções não queimadas de hidrogênio é de pelo menos cerca de 1%.

12. Método de acordo com a reivindicação 10, em que a etapa (d) compreende bombear vapor parcialmente saturado ao queimador e pas-

sar a porção de vapor parcialmente saturado através da camisa em torno do queimador para resfriar o queimador e converter o vapor parcialmente saturado em vapor superaquecido; e etapa (e) compreende bombear o dióxido de carbono através da camisa.

13. Método de acordo com a reivindicação 10, em que as etapas (c) e (e) compreendem bombear o hidrogênio, oxigênio e dióxido de carbono para dentro do poço através de canais separados.

14. Método de acordo com a reivindicação 10, em que quando o fluxo de hidrocarboneto diminui para um nível mínimo selecionado na etapa (f), a etapa (a) é repetida para aumentar as dimensões da zona fraturada.

15. Método de acordo com a reivindicação 10, em que a zona fraturada criada na etapa(a) tem um perímetro que é limitado de modo a evitar a interseção de quaisquer áreas de drenagem dos poços adjacentes.

16. Método para produzir um hidrocarboneto viscoso a partir de uma formação de hidrocarboneto ao redor do poço compreendendo:

(a) manter o queimador no fundo do poço, o queimador tendo uma camisa ao redor;

(b) bombear hidrogênio através de um primeiro canal para o queimador e oxigênio através de um segundo canal para o queimador, queimando uma porção de hidrogênio no queimador e injetando porções não-queimadas de hidrogênio na formação de hidrocarboneto;

(c) simultaneamente com a etapa (b), bombear o vapor através da camisa do queimador, com isso resfriando a camisa e aquecendo o vapor, e passar o vapor da camisa pela formação de hidrocarboneto;

(d) simultaneamente com as etapas (b) e (c) bombear dióxido de carbono através do queimador e injetar o dióxido de carbono na formação de hidrocarboneto; e

(e) parar as etapas (b), (c) e (d) após um intervalo selecionado, e então após o intervalo selecionado, passar o hidrocarboneto até o poço.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, em que a etapa (c) compreende bombear o vapor no primeiro canal junto com hidrogênio.

18. Método de acordo com a reivindicação 16, em que a etapa

(d) compreende bombear o dióxido de carbono através de um canal separado do vapor.

19. Método de acordo com a reivindicação 16, em que a porcentagem de dióxido de carbono em relação à porção não-queimada de hidrogênio e o vapor sendo injetado na formação de hidrocarboneto na etapa (d) é de pelo menos cerca de 1 %.

20. Método de acordo com a reivindicação 16, em que a etapa (d) compreende bombear o dióxido de carbono através da camisa.

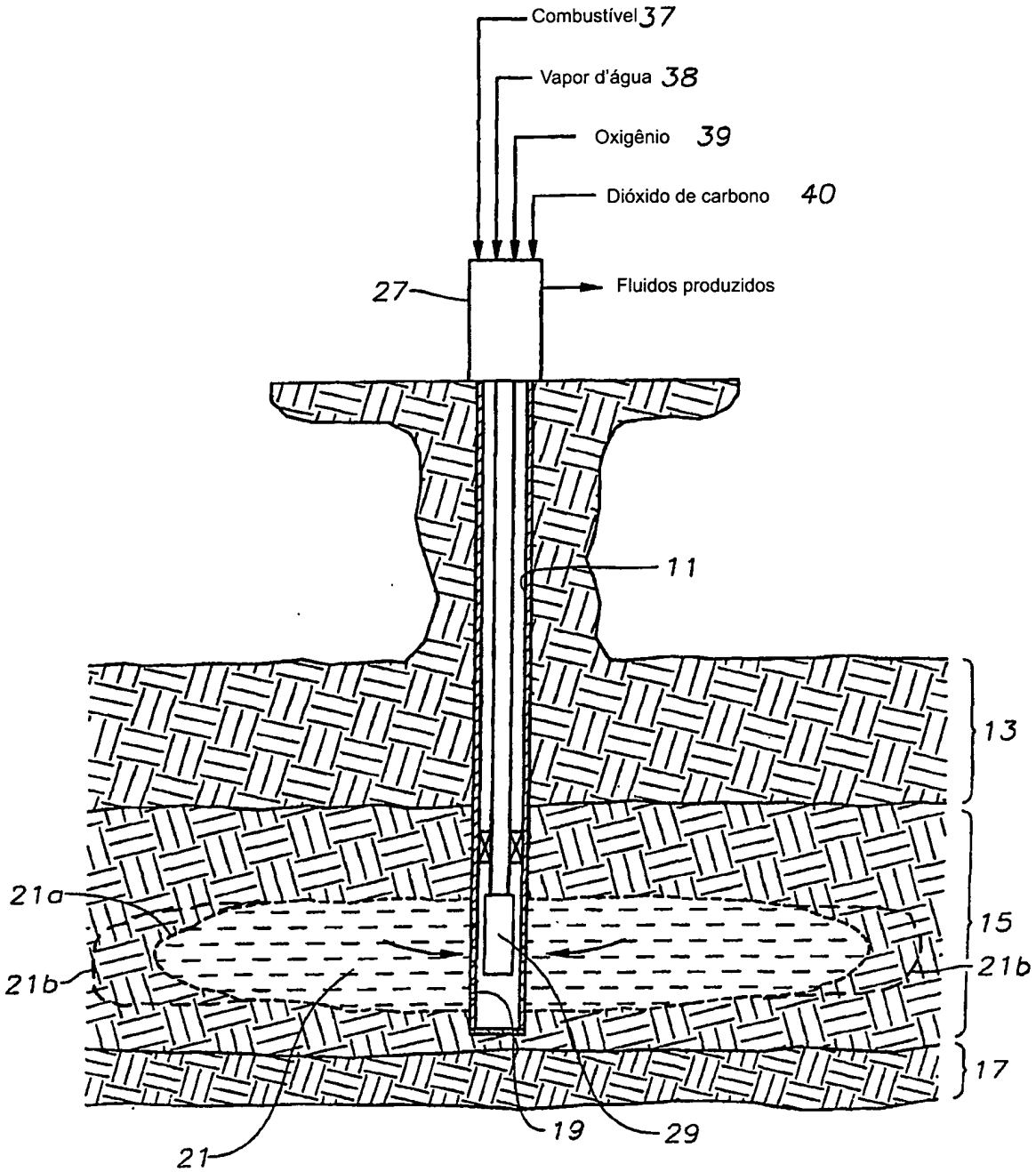

Combustível 37
Vapor d'água 38
Oxigênio 39
Dióxido de carbono 40
27
Fluidos produzidos
11
13
15
21a
21b
21b
17
19
29
21

Fig. 1

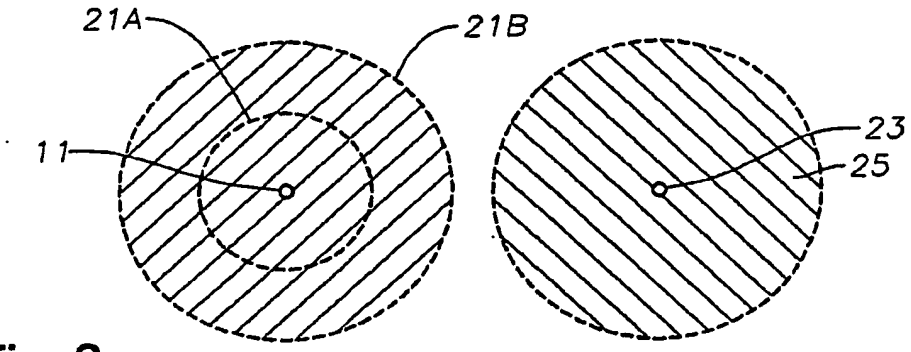


Fig. 2

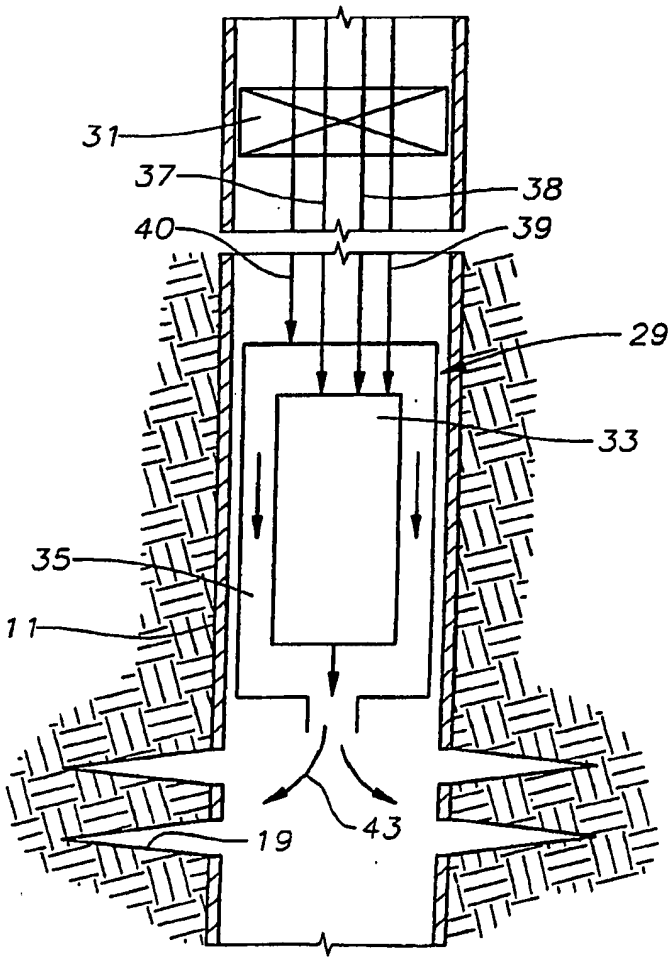


Fig. 3

PI0708257-6

RESUMO

Patente de Invenção: "**MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE HIDROCARBONETO VISCOSO USANDO VAPOR E DIÓXIDO DE CARBONO**".

A presente invenção refere-se a um queimador para fundo do poço que é usado para produzir formações de óleos pesados. Hidrogênio, oxigênio e vapor são bombeados através de canais separados para o queimador, o qual queima pelo menos parte do hidrogênio e força os produtos da combustão para dentro da formação de terra. O vapor resfria o queimador e torna-se vapor superaquecido, o qual é injetado junto com os produtos de combustão dentro da formação de terra. Dióxido de carbono também é bombeado para o fundo do poço e injetado dentro da formação.