



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

(21) PI 0823150-8 A2



(22) Data do Depósito: 15/10/2008

(43) Data da Publicação Nacional: 22/04/2010

(54) **Título:** COMPOSIÇÕES QUE REDUZEM VISCOSIDADE DE ÓLEO QUE SE DESENVOLVE EM GÁS PARA ESTIMULAR A CAMADA PRODUTIVA DE UM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO

(51) **Int. Cl.:** E21B 43/243; E21B 36/00; C09K 8/92; E21B 43/24.

(71) **Depositante(es):** TCTM LIMITED.

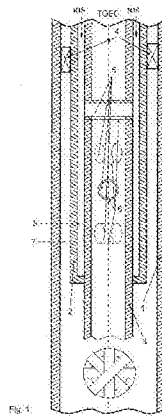
(72) **Inventor(es):** EUGENY NIKOLAEVICH ALEXANDROV; DMITRY ANATOLJEVICH LEMENOVSKI; ZDENEK KOLLER.

(86) **Pedido PCT:** PCT EP2008008725 de 15/10/2008

(87) **Publicação PCT:** WO 2010/043239 de 22/04/2010

(85) **Data da Fase Nacional:** 15/04/2011

(57) **Resumo:** COMPOSIÇÕES QUE REDUZEM VISCOSIDADE DE ÓLEO QUE SE DESENVOLVE EM GÁS PARA ESTIMULAR A CAMADA PRODUTIVA DE UM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO A presente invenção refere-se a um sistema de evolução química de composições que reduzem a viscosidade de óleo que se desenvolve em gás (GEOVDC) para estimular a camada produtiva de um reservatório de petróleo, isto é a composições químicas para um tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo, mais especificamente para iniciar uma reação química na zona de camada produtiva do reservatório de petróleo para produzir calor e liberar gases de modo que a extração de óleo (petróleo) seja melhorada. A invenção adicionalmente refere-se a um método de tratar termoquimicamente um reservatório de petróleo por meio deste sistema químico, e a um aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**COMPOSIÇÕES QUE REDUZEM VISCOSIDADE DE ÓLEO QUE SE DESENVOLVE EM GÁS PARA ESTIMULAR A CAMADA PRODUTIVA DE UM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO**".

5 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um sistema de químico de composições que reduzem a viscosidade do óleo que se desenvolve em gás (GEOVDC) para estimular a camada produtiva de um reservatório de petróleo, isto é a composição química para tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo, mais especificamente para o início de uma reação química na zona da camada produtiva do reservatório de petróleo para produzir calor e desenvolver gases de modo que a extração de óleo (petróleo) seja melhorada. A invenção refere-se adicionalmente a um método de tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo por meio deste sistema químico, e a um aparelho para realizar o tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo.

A extração de petróleo de um reservatório de petróleo geralmente começa com métodos de recuperação usando a pressão subterrânea no reservatório de petróleo que irá forçar o óleo para a superfície. Durante a vida útil do poço de petróleo a pressão diminui, e torna-se necessário o uso de outros métodos de extração, tais como o uso de bombas ou de injeção de água, gás natural ou outros gases no poço de petróleo para trazer com que o petróleo saia para a superfície. Depois que estes métodos de recuperação não são mais eficazes o reservatório de petróleo geralmente ainda contém quantidades consideráveis de petróleo estando confinadas em pequenas cavidades ou poros das formações de rocha ou areia.

Para recuperar também essas quantidades remanescentes de petróleo, métodos de recuperação de petróleo terciários são utilizados, os quais têm, sobretudo o objetivo de reduzir a viscosidade do petróleo. Um método comum é a injeção de vapor quente no poço de petróleo para aquecer o petróleo e, portanto, reduzir a viscosidade. Esse método, entretanto, é eficiente apenas até uma profundidade de cerca de 1 km, caso contrário o

vapor quente é resfriado antes de chegar à zona de petróleo. Além disso, com este método de até 3 a 5 meses de injeção de vapor quente são necessários para aquecer a zona de petróleo. Alternativamente, surfactantes ou solventes podem ser injetados no poço de petróleo para lixiviar o petróleo.

5 Esses métodos porém, têm as desvantagens de que o petróleo extraído será contaminado por esses produtos químicos, de modo que os esforços e custos adicionais sejam necessários para recuperar o petróleo.

Um método de recuperação de petróleo terciário adicional é caracterizado pelo fato de que uma reação química é iniciada na zona de petróleo do reservatório de petróleo para produzir gases quentes que aquecem o óleo na zona de petróleo para reduzir sua viscosidade e para suportar recuperação de petróleo, aumentando a pressão no poço de petróleo.

10

Nos pedidos de patente Russa RU 2 100 583 C1, RU 2 126 084 C1 e RU 2 153 065 C1 são divulgadas composições de combustível e oxidantes (FOC) sendo capazes de produzir gases quentes após o início de uma reação química. Estas composições são destinadas a ser introduzidas no poço de petróleo de um reservatório de petróleo para um tratamento termoquímico da zona de petróleo. Estes compostos químicos são soluções aquosas que contêm grandes quantidades de até 60% em massa ou mais de nitrato de amônio, NH_4NO_3 . Os outros componentes destas FOC são, por exemplo, glicerina, ácido nítrico, carbamida, permanganato de potássio, ácido acético, metacarborano de isopropila e acetilsalicato. Após a injeção das FOC no poço de petróleo ela é incendiada, iniciando uma explosão fundida. A decomposição de 1 kg de FOC resulta na emissão de uma quantidade de calor de cerca de 500 - 1000 kcal.

15

20

25

Estas FOC contem um excesso de oxigênio e, portanto, têm um caráter oxidante substancial, de modo que com a adição de petróleo uma composição explosiva é criada. Além disso, soluções aquosas que contêm grandes quantidades de nitrato de amônio são explosivas quando o conteúdo de água é inferior a uma quantidade crítica de cerca de 16 - 18% em massa. Assim, em vista de um manuseio seguro de tais composições o conteúdo de água é geralmente acima de 26 - 28% em massa. No entanto, com

30

o aumento do conteúdo de água torna-se mais e mais difícil de conseguir uma reação estável com uma alta produção de calor.

No RU 2 194 156 C1 as FOC contêm principalmente o produto da reação de ácido nítrico com uma alcanolamina, amino alquila ou poliamina alquila e até 2,0 a 35,0% em massa de um nitrato inorgânico, tal como nitrato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de sódio ou nitrato de cálcio. Com essa composição um manuseio mais seguro foi conseguido assim como a quantidade de nitrato de amônio pode ser substancialmente reduzida. No entanto, com a forma usual de se incendiar as FOC, por meio de uma explosão fundida, por razões de segurança somente uma massa de no máximo 1 a 2 toneladas pode ser acesa. Após a decomposição do produto inflamável das FOC com uma massa de 1 a 2 toneladas toda a operação de liberação de FOC e início da inserção de carga tem de ser repetida de modo que em um poço de petróleo com uma profundidade de 1 - 2 km não mais do que cerca de 10 toneladas de FOC possam ser reagidos por dia. Se a profundidade do poço de petróleo é de cerca de 3 - 4 km a quantidade de FOC a ser reagida por dia com esse método diminui para cerca de 5 toneladas. Assim, o grau de aquecimento da zona de petróleo e, portanto, a eficácia deste método, é limitado.

É, portanto, o objeto da presente invenção fornecer materiais melhorados e um método melhorado para superar as limitações da técnica anterior aumentando consideravelmente a quantidade de calor gerado na zona de petróleo de um poço de petróleo, permitindo assim uma exploração rentável de reservatórios de petróleo. Um objeto adicional da presente invenção é fornecer um aparelho para a realização do tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O objeto acima é resolvido através de um sistema químico para tratar termicamente um reservatório de petróleo, iniciando uma reação química em uma zona de petróleo do reservatório de petróleo, em que o sistema químico compreende pelo menos as duas seguintes composições:

uma composição de emissão de gás térmico (TGEC), sendo

uma solução aquosa ou suspensão compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em nitrato de hidrazina, nitratos de 1,1-di C₂₋₆ alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di C₂₋₆ alquil hidrazina, tais como nitrato de 1,1-dimetil hidrazina ou nitrato de 1,2-dimetil hidrazina, nitrato de guanidina, aduto de ácido nítrico de formamida, aduto de ácido nítrico de acetamida, aduto de ácido nítrico de acetonitrila, aduto de ácido nítrico de ureia, nitrato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de sódio, nitrato de cálcio, nitratos de mono, di e tri C₁₋₅ alquil amina, nitratos de mono, di e tri C₁₋₅ alcanol amina, Mono, dinitratos de C₂₋₆ alquilenos diamina e polinitratos de poli C₁₋₅ alquilenos poliamina e

um estabilizador de iniciador de reação (RIS), sendo um fluido e compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em:

- Borohidretos metal MBH₄, em que M é Li, Na ou K;
- Aminoboranos (R¹R²R³) • BH₃ N, em que R¹, R² e R³ são independentemente hidrogênio ou C₁₋₁₀ alquila, ou em que R¹ é uma arila ou piridina com até 10 átomos de carbono e R² e R³ são hidrogênio;
- Dialquilaluminatos MAIH₂R¹R², em que M é Li, Na ou K, e R¹ e R² são independentemente C₁₋₁₀ alquila;
- Aminoalanos (R¹R²R³) • N AlH₃, em que R¹, R² e R³ são independentemente hidrogênio ou C₁₋₁₀ alquila, e
- Alumínio ou ligas de alumínio com magnésio.

Na presente invenção duas diferentes composições são utilizadas para iniciar as reações químicas no reservatório de petróleo, especialmente na zona de petróleo do poço de petróleo. Estas duas composições são introduzidas separadamente no poço de petróleo de tal forma que elas entram em contato com o local, onde a reação química deve ser realizada. Essa ou essas reações são principalmente reações exotérmicas que produzem grandes quantidades de calor e gases que aumentam a temperatura do petróleo de modo que a viscosidade do petróleo é reduzida e sua extração é melhorada. Como um outro resultado das reações, a pressão na zona de petróleo aumenta de modo que a recuperação do petróleo é suportada. Além

disso, o aumento da pressão cria fissuras na formação de modo que a recuperação do petróleo é ainda suportada.

A primeira composição é designada como uma "composição de emissão de gás térmico (TGEC)" e contém a quantidade principal de compostos químicos, produzindo gases quentes depois de uma reação química ser iniciada. A segunda composição é designada como "estabilizador de iniciador de reação (RIS)" e tem a função de iniciar e manter o calor e a reação de produção de gás. A TGEC e o RIS são fluidos que podem ser introduzidos no reservatório de petróleo por meio de bombas. Se os compostos utilizados não são fluidos, como tal, são utilizados como soluções ou suspensões em um solvente adequado. Se a TGEC e o RIS são suspensões sua viscosidade é tal que eles ainda são bombeáveis e podem ser bombeados para dentro do poço de petróleo, com uma taxa de até 4 - 8 litros por segundo.

Exemplos específicos de compostos que podem ser utilizados para a TGEC são nitratos de mono-, di- e trietanolamina, nitratos de mono-, di- e trietilamina e polinitratos de polietileno poliamina, mononitrato de etileno diamina, dinitrato de etileno diamina, mono e dinitratos de alquilideno diamina.

Para a TGEC é preferível usar uma solução aquosa ou suspensão, compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em nitrato de hidrazina, nitratos de 1,1-di C_{2-6} alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di C_{2-6} alquil hidrazina, tais como nitrato de 1,1-dimetilhidrazina e nitrato de 1,2-dimetil hidrazina, nitrato de guanidina, aduto de ácido nítrico de formamida, aduto de ácido nítrico de acetamida, aduto de ácido nítrico de ureia e aduto de ácido nítrico de acetonitrila.

A TGEC é preferivelmente o produto da reação de ácido nítrico reagindo com os respectivos compostos de amino como reagindo a hidrazina com o ácido nítrico, tal que o nitrato de hidrazina é obtido. Ao reagir ácido nítrico com estes compostos amino os respectivos compostos de nitrato ou adutos de ácido nítrico são obtidos.

Se a TGEC contiver um ou mais de nitrato de amônio, nitrato de

potássio, nitrato de sódio ou nitrato de cálcio esses nitratos são contidos na TGEC com não mais de 50% em massa, de preferência não mais de 30% em massa.

5 O valor do pH da TGEC é, de preferência cerca de 3 a 14 dependendo das composições RIS e TGEC. Além disso, é preferível que a mistura de TGEC e RIS tenha um valor de $\text{pH} < 7$.

Para os aminoboranos acima mencionados, dialquilaluminatos e aminoalanos é preferível que as porções alquila R^1 , R^2 e R^3 sejam metila ou etila.

10 Se o alumínio ou uma liga de alumínio com magnésio for utilizado para o RIS o alumínio ou a liga de alumínio pode ser usado como um material pirofórico fino disperso de preferência tendo um tamanho de partícula de cerca de 1 μm ou menos e / ou sob a forma de grânulos, preferencialmente tendo um tamanho de partícula de cerca de 0,1 a 5 mm, mais preferi-
15 velmente 1 a 2 mm.

Se a temperatura no poço de petróleo atingiu cerca de 250 - 300°C, uma suspensão de alumínio granular ou liga de alumínio com magnésio em um solvente orgânico pode ser introduzida no poço de petróleo.

O alumínio é oxidado em uma reação exotérmica para dar óxido
20 de alumínio em que 5 kg de Al produzem uma energia térmica de cerca de 50.000 Kcal. Por exemplo, para aumentar a temperatura de 1 kg da formação da camada produtiva em 100°C, uma energia térmica de cerca de 20 Kcal, deve ser fornecida, em que o aumento da temperatura de 1 kg de derivados de petróleo em 100°C requer uma energia térmica de cerca de 50
25 Kcal.

A oxidação de alumínio resulta na formação de partículas de óxido de alumínio cujos depósitos nas fissuras formadas na zona de petróleo as mantêm abertas para que a extração do petróleo seja ainda melhor.

30 Para preparar a solução ou a suspensão de RIS qualquer solvente adequado pode ser usado. Na dependência dos materiais utilizados, como o RIS tal solvente adequado pode ser água ou um solvente orgânico selecionado a partir do grupo consistindo em gasolina, ligroin, essência

branca, querosene e nafta. Se, por exemplo, borohidretos de metal ou aminoboranos forem utilizados para a água de RIS com um valor de $\text{pH} > 7$ pode ser usado como solvente. Para atingir esse valor de pH , amônia ou hidróxido de metal alcalino podem ser adicionados. Se um material é usado, o qual reage com a água um ou mais dos solventes orgânicos acima podem ser utilizados.

No início de um tratamento termoquímico de um poço de petróleo RIS é normalmente usado com cerca de 5 - 7% em massa em relação à massa de TGEC injetado no poço de petróleo. Após as reações químicas serem iniciadas basta usar cerca de 1% em massa de RIS com relação à massa de TGEC. Com o sistema de química da presente invenção é possível reagir até várias centenas de toneladas de material por dia na zona de petróleo de um reservatório de petróleo, sendo cerca de 50 - 100 vezes a quantidade de material que pode ser reagido por dia com os sistemas e os métodos conhecidos até agora. Isto pode ser conseguido bombeando continuamente a TGEC no poço de petróleo e bombeando separadamente o RIS no poço de petróleo, em que o RIS pode ser bombeado de forma contínua ou intermitente. No caso da temperatura no local de reação estar dentro ou acima da faixa de cerca de 200 - 300°C, a introdução do RIS pode ser interrompida assim como a tais temperaturas a TGEC irá reagir de forma estável e sem uma ignição adicional. Abaixo de cerca de 180 - 200°C, a injeção de RIS deve ser retomada.

Em contraste com as FOC utilizadas na técnica anterior, a TGEC da presente invenção não contém excesso de oxigênio e, portanto, não tem caráter oxidante de modo que nenhuma composição explosiva é criada com a mistura de petróleo. A decomposição de 1 kg de TGEC resulta na emissão de uma quantidade de calor de aproximadamente 1000 - 3200 kcal.

Com o sistema químico da presente invenção é possível produzir mais calor por unidade de tempo e, assim, melhorar a eficiência do processo de recuperação de petróleo assim como é a primeira vez que uma reação estável e contínua pode ser mantida bombeando continuamente materiais reativos em um poço de petróleo. Até agora era opinião geral que não

é possível iniciar e manter uma reação estável e contínua de tais enormes quantidades de materiais reativos em um poço de petróleo. Com GEOVDC da presente invenção, torna-se adicionalmente possível recuperar o petróleo também de reservatórios de petróleo contendo principalmente petróleo de alta viscosidade que não pôde ser recuperado de forma eficiente com os métodos conhecidos até agora.

Em uma modalidade preferida da presente invenção, o RIS ou a TGEC podem adicionalmente conter um ou mais sais metálicos solúveis de Mn, Fe, Cr, Co, Ni e V. Estes metais são capazes de catalisar a oxidação do petróleo, de modo que o calor adicional pode ser produzido. Esses sais metálicos estão contidos no RIS em uma quantidade de não mais que 10% em massa em relação à massa total do RIS.

Os sais de metais especialmente preferidos são $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, KMnO_4 , K_2MnO_4 , K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$, NH_4VO_3 , NaVO_3 e KVO_3 .

A seguir é dada uma visão geral de relações preferidas dos componentes contidos na GEOVDC compreendendo a TGEC e o RIS em que as relações são expressas em % em massa em relação à massa combinada de reagentes contidos na TGEC e RIS, mas sem os solventes utilizados para preparação das respectivas soluções ou suspensões.

Tabela

Os compostos TGEC:	30 – 70 % em massa
1. nitrato de hidrazina	
2. nitratos de 1,1-di C_{2-6} alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di C_{2-6} alquil hidrazina, tais como nitrato de 1,1-dimetil hidrazina ou nitrato de 1,2-dimetil hidrazina	
3. nitrato de guanidina	
4. aduto de ácido nítrico de formamida	
5. aduto de ácido nítrico de acetamida	
6. aduto de ácido nítrico acetonitrila	
7. aduto de ácido nítrico de ureia	
Os compostos TGEC:	Se presente pelo

1.	nitratos de mono-, di- e trietanolamina	menos 10% em massa
2.	nitratos de mono-, di- e tri C ₁₋₅ alquil amina, tais como nitratos de mono-, di- e trietilamina	
3.	polinitrato de polietileno-poliamina	
4.	mono e dinitrato de C ₁₋₅ alquilideno diamina, tais como Emononitrato de tilenodiamina ou dinitrato de etilenodiamina	
Os compostos RIS:		
1.	borohidretos de metal MBH ₄	1 – 10 % em massa
2.	aminoboranos (R ¹ R ² R ³)N·BH ₃	0.5 – 5 % em massa
3.	dialquilaluminatos MAIH ₂ R ¹ R ²	1.5 - 7 % em massa
4.	Aminoalanos (R ¹ R ² R ³)N·AlH ₃	3 - 10 % em massa
5.	alumínio ou ligas de alumínio com magnésio.	0.3 – 70 % em massa
Sais solúveis de Mn, Fe, Cr, Co, Ni ou V		1 – 4 % em massa
Nitrato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de sódio, nitrato de cálcio		0 – 50 % em massa

Método, de acordo com a presente invenção para aumentar a quantidade de calor gerado na zona de petróleo de um poço de petróleo, permitindo assim uma exploração rentável de reservatórios de petróleo é caracterizado pelo fato de que o sistema químico acima descrito é utilizado em que a composição de emissão de gás térmico (TGEC) e o estabilizador de iniciador de reação (RIS) são separadamente introduzidos no reservatório de petróleo e são contatados na zona de petróleo do reservatório de petróleo para iniciar uma reação química que produz calor e gases.

É preferível introduzir a TGEC continuamente para o reservatório de petróleo e introduzir o RIS simultaneamente com a TGEC e de forma contínua ou intermitente.

Com o método da presente invenção a TGEC e o RIS podem ser bombeados para o reservatório de petróleo com uma taxa de cerca de 4 - 8 litros por segundo.

Uma modalidade específica do método, de acordo com a presente invenção compreende as etapas de:

a) introduzir grânulos de alumínio ou uma liga de alumínio / magnésio como o RIS em um poço de petróleo do reservatório de petróleo e manter os grãos em uma câmara de reação localizada no poço de petróleo;

5 b) introduzir a TGEC no poço de petróleo de modo que ela entre em contato com os grânulos mantidos na câmara de reação para iniciar e manter uma reação termoquímica produzindo calor e gases;

c) passar os gases quentes produzidos para a zona de petróleo do reservatório de petróleo;

10 d) transferir a reação termoquímica para a zona de petróleo do reservatório de petróleo, permitindo que os grânulos entrem na zona de petróleo, e

e) entrar em contato com os grânulos na zona de petróleo com a TGEC introduzida no poço de petróleo.

15 No método acima, a câmara de reação é localizada dentro ou adjacente a zona de petróleo do reservatório de petróleo. O local exato da câmara de reação depende da construção do aparelho utilizado e da construção do poço de petróleo. Praticamente, a câmara de reação pode se estender até 500 - 600m acima da zona de petróleo e pode até se estender de

20 Um composto de TGEC preferido para reagir com os grânulos de alumínio ou liga de alumínio / magnésio é o aduto de ácido nítrico de ureia, o produto da reação de ureia com ácido nítrico.

25 O valor de pH na câmara de reação está na faixa de pH 3 - 14, em que um pH de cerca de 3 - 4 é preferível, em seguida, como o gás hidrogênio produzido pela reação termoquímica é oxidado para H₂O de modo que a quantidade de calor produzida é aumentada em cerca de 30%.

30 Na etapa de transferir a reação termoquímica para a zona de petróleo a reação termoquímica e, portanto, os grânulos são deslocados em fissuras que estão presentes na zona de petróleo. Isso permite um aquecimento direto do entorno das fissuras de modo que a fissura pode ser aumentada com relação ao seu comprimento e volume.

Essa etapa de transferir a reação termoquímica para a zona de

petróleo é feita preferencialmente quando a zona de petróleo é aquecida até cerca de 300 °C.

Método, de acordo com a presente invenção pode adicionalmente compreendendo uma etapa de contatar os grânulos na zona de petróleo com pelo menos um agente oxidante forte tal como o dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$. Esses agentes oxidantes fortes suportam a produção de grandes quantidades de energia e de óxidos de metais sólidos como Al_2O_3 que funcionam como escoramento (agentes de escoramento) para segurar a fissura exposta.

10 Quando na zona de petróleo alta temperatura e pressão suficientes são alcançados e hidrogênio está presente como resultado da reação do alumínio ou liga de alumínio / manganês com a TGEC o petróleo no reservatório de petróleo é submetido um processo de hidrocraqueamento.

15 Com tal processo de hidrocraqueamento a viscosidade do petróleo no reservatório de petróleo tratado é consideravelmente reduzida, além do aumento da temperatura na zona de petróleo as moléculas de hidrocarbonetos mais complexas são decompostas em moléculas de hidrocarbonetos mais simples.

20 Tal processo de hidrocraqueamento pode ser adicionalmente suportado pela adição de catalisadores metálicos adequados, tais como sais de metal de Mn, Fe, Cr, Co, Ni e V.

25 Um grande número de poços de petróleo, especialmente poços de petróleo mais antigos, está contaminado ou danificado por altos conteúdos de água. Com o método da presente invenção utilizando alumínio ou ligas de alumínio / magnésio a quantidade de água presente no poço de petróleo pode ser reduzida. Durante a reação do alumínio ou ligas de alumínio / magnésio em condições alcalinas água é consumida. Além disso, os hidróxidos de metal resultantes da reação de alumínio ou e ligas de alumínio / magnésio têm a característica de adsorção ou ligação de água, como na
30 forma de água de cristalização.

Também é possível obter um processo de fracionamento (cracking) do petróleo adicionalmente aumentando a temperatura na zona de pe-

tróleo. No entanto, o processo de hidrocraqueamento, como descrito acima é o preferido, pois é mais eficaz e reduz a quantidade de água presente na zona de petróleo.

5 Este processo de hidrocraqueamento na zona de petróleo de um poço de petróleo nunca foi descrito antes. É um método muito eficaz de tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo e, portanto, permite a exploração rentável de reservatórios de petróleo.

10 Em outra modalidade específica do método, de acordo com a presente invenção a TGEC e o RIS são introduzidos na forma de camadas de fluido separadas por camadas de um fluido espaçador. Com este método torna-se possível introduzir a TGEC e o RIS no poço de petróleo através de um tubo e ainda conseguir um fornecimento separado mas contínuo de TGEC e RIS.

15 Uma modalidade adicional do método, de acordo com a presente invenção compreende as etapas de:

a) introduzir grânulos de alumínio ou uma liga de alumínio / magnésio como o RIS em um poço de petróleo do reservatório de petróleo e manter os grãos em uma primeira câmara de reação localizada no poço de petróleo;

20 b) introduzir uma primeira TGEC no poço de petróleo de modo que ela entre em contato com os grânulos mantidos na primeira câmara de reação para iniciar e manter uma reação termoquímica que produz energia térmica e aquece as paredes da primeira câmara de reação;

25 c) introduzir uma segunda TGEC no poço de petróleo de tal forma que ela entra em contato com as paredes aquecidas da primeira câmara de reação e é inflamada;

d) passar a TGEC inflamada para uma segunda câmara de reação onde a TGEC reage sob a produção de calor e gases, e

30 e) passar os gases quentes produzidos para a zona de petróleo do reservatório de petróleo.

Nesta modalidade específica um aparelho pode ser usado compreendendo um copo resistente ao calor com um fundo perfurado na extre-

midade inferior de um tubo é introduzido no poço de petróleo, de modo que os grânulos de RIS serão mantidos no recipiente e podem ser contactados com a primeira TGEC introduzida nesta tubulação. A seção da tubulação com o copo anexado forma a primeira câmara de reação e será aquecida pela reação termoquímica. A Segunda TGEC será passada para fora desta seção de tubulação e, portanto, será aquecida a uma temperatura sendo suficientemente elevada para induzir a inflamação da segunda TGEC.

Neste método, o copo deve ser de tal resistência que suporte as condições químicas e térmicas durante o tratamento termoquímico. Em contraste, se o método acima descrito adicionalmente compreende uma transferência da reação termoquímica para a zona de petróleo esse copo pode ser fabricado de um material que gradualmente se desintegra sob as condições químicas e térmicas. Esse material pode ser alumínio ou liga de alumínio / magnésio, por exemplo, que irá reagir com a TGEC provida ao copo ou que irá queimar em altas temperaturas.

O aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo de acordo com a presente invenção é caracterizado pelo fato de que ele permite uma introdução separada da composição de emissão de gás térmico (TGEC) e o estabilizador de iniciador de reação (RIS) acima descrito e o contato da TGEC e do RIS dentro ou adjacente a zona de petróleo do poço de petróleo a ser tratado. Tal aparelho compreende:

uma tubulação externa inserida em um revestimento do poço de petróleo de tal forma que um espaço anular entre o exterior da tubulação externa e o interior do revestimento seja fornecido, em que a extremidade inferior da tubulação externa está localizada dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo;

um vedador (packer) sendo posicionado acima da extremidade inferior da tubulação externa e vedando o espaço anular externo;

uma tubulação interna inserida na tubulação externa, de tal forma que um espaço anular interno entre o exterior da tubulação interna e o interior da tubulação externa é fornecido, em que a tubulação interna permite o fornecimento de um dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo e o

espaço anular interno permite o fornecimento do outro dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo, e em que a extremidade inferior da tubulação interna está localizada dentro ou acima da zona de petróleo;

em que pelo menos uma dentre a extremidade inferior da tubulação externa e a extremidade inferior da tubulação interna está localizada na zona de petróleo do poço de petróleo e

um dispositivo de mistura em contato com a TGEC e o RIS na zona de petróleo do poço de petróleo.

O dispositivo de mistura de tais aparelhos pode ser incorporado em uma extremidade inferior vedada da tubulação externa sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação interna, mas abaixo do vedador, e aberturas na tubulação interna que permitem uma troca de fluidos entre o espaço anular interno e a tubulação interna, em que as aberturas estão localizadas em uma seção distal da tubulação interna, mas acima da extremidade inferior da tubulação externa.

Estas aberturas são preferencialmente incorporadas como tubos a jato fendidos sendo passagens de conexão tubulares que se estendem diagonalmente através da tubulação interna e que compreendem uma fenda.

Essas fendas são preferencialmente formadas em uma metade inferior das passagens de conexão tubulares.

Em uma modalidade específica de tais aparelhos um copo é inserido na tubulação interna abaixo das aberturas nessa tubulação, em que este copo compreende aberturas em seu fundo, permitindo a passagem dos fluidos misturados, mas não de material granular fornecido com o RIS através da tubulação interna. Isto é, as aberturas no fundo têm um diâmetro menor do que os grânulos fornecidos com o RIS.

Tal copo pode ser feito de alumínio ou liga de alumínio / magnésio, se for pretendido que o copo tenha uma vida útil limitada durante o tratamento termoquímico de modo que após um tempo predeterminado os grânulos não são mantidos no poço de petróleo, mas são forçados para a zona de petróleo e para as fissuras formadas nele.

Em outra modalidade específica de um aparelho de acordo com

a invenção é disposto pelo menos um dispositivo de mistura de turbina na tubulação interna abaixo das aberturas na tubulação, em que o dispositivo de mistura de turbina compreende um eixo sendo suportado por meio de pelo menos um mancal liso e portando pás de turbina e pás de mistura. O

5 mancal liso compreende adicionalmente aberturas permitindo a passagem do fluido que flui através da tubulação interna. Além disso, as pás de turbina transmitem energia do fluido que flui para o eixo para girar o eixo com as pás de misturas anexadas e, assim, misturar os fluidos. Com tal dispositivo de mistura de turbina, a mistura pode ser melhorada em comparação com os

10 acima descritos tubos a jato fendidos.

No aparelho de acordo com a presente invenção o dispositivo de mistura pode adicionalmente ser incorporado pela extremidade inferior da tubulação interna sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação externa, e pelo menos um dispositivo de mistura de turbina sendo dis-

15 posto na tubulação externa abaixo da extremidade inferior da tubulação interna, em que o dispositivo de mistura de turbina compreende um eixo sendo suportado por meio de pelo menos um mancal liso e portando pás de turbina e pás de mistura. Além disso, o mancal liso compreende aberturas que permitem a passagem dos fluidos que fluem através da tubulação interna. As

20 pás de turbina transmitem a energia do fluido que flui para o eixo para girar o eixo com as pás de mistura anexadas de modo que os fluidos são misturados.

Para um suporte estável do eixo os dispositivos de mistura de turbina acima descritos compreendem preferencialmente dois mancais lisos.

25 No caso de mais de um dispositivo de mistura de turbina ser disposto no aparelho acima descrito, a mistura pode ser adicionalmente melhorada se dispositivos de mistura de turbina consecutivos estiverem em sentidos opostos de rotação.

O dispositivo de mistura para o aparelho de acordo com a presente invenção pode alternativamente ser incorporado na extremidade inferior da tubulação interna sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação externa, e por um copo inserido na extremidade inferior da tubula-

30

ção interna, em que o copo inclui aberturas em seu fundo, permitindo a passagem dos fluidos fornecidos através da tubulação interna, exceto o material granular fornecido com o RIS.

5 Como já mencionado acima, tal copo pode ser feito de alumínio ou uma liga de alumínio / magnésio.

Uma modalidade alternativa para um aparelho de acordo com a presente invenção compreende:

10 uma tubulação inserida em um revestimento de poço de petróleo de tal forma que um espaço anular entre o exterior da tubulação e o interior do revestimento é fornecido, em que uma extremidade inferior da tubulação está localizada dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo;

um vedador sendo posicionado acima da extremidade inferior da tubulação e vedando o espaço anular;

15 um copo inserido na extremidade inferior da tubulação, o copo inclui aberturas em seu fundo, permitindo a passagem da TGEC e RIS, mas não de material granular fornecido com o RIS através da tubulação.

Também este copo pode ser feito de alumínio ou liga de alumínio / magnésio.

20 Com tal aparelho um fornecimento separado de TGEC e RIS é conseguido através do bombeamento dos fluidos em forma de camadas de fluidos através da tubulação. Para evitar a mistura e a reação das camadas de TGEC e RIS antes de chegar a zona de petróleo uma camada de um fluido espaçador é colocada entre as camadas de TGEC e RIS.

25 Nos diferentes aparelhos descritos acima vedador pode incluir elementos de percepção para medir a temperatura do vedador e a pressão sob o vedador. Isso permite um melhor controle do processo de tratamento termoquímico.

Os diferentes aparelhos descritos acima podem ainda incluir pelo menos uma câmara de reação na qual a TGEC e o RIS são reagidos.

30 Com relação ao aparelho e métodos da presente invenção, modalidades preferidas são descritas a seguir, em que as referências aos às figuras anexas são feitas, em que:

a figura 1 mostra um aparelho de acordo com uma primeira modalidade preferida da invenção;

a figura 2 mostra um aparelho de acordo com uma segunda modalidade preferida da invenção;

5 a figura 3 mostra um aparelho de acordo com uma terceira modalidade preferida da invenção;

a figura 4 mostra um aparelho de acordo com uma quarta modalidade preferida da invenção;

10 a figura 5 mostra um aparelho de acordo com uma quinta modalidade preferida da invenção, e

a figura 6 mostra um aparelho de acordo com uma sexta modalidade preferida da invenção.

Aparelho de acordo com a invenção

15 A seguir são descritos os aparelhos para tratamento térmico de um reservatório de petróleo introduzindo separadamente composição de emissão de gás térmico (TGEC) e o estabilizador de iniciador de reação (RIS) do sistema químico acima descrito em um poço de petróleo do reservatório de petróleo.

20 Um aparelho de acordo com a presente invenção para realizar tal tratamento termoquímico compreende:

uma tubulação externa inserida em um revestimento de poço de petróleo de tal forma que um espaço anular entre o exterior da tubulação externa e o interior do revestimento é fornecido, em que a extremidade inferior da tubulação externa está localizada dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo;

25 um vedador sendo posicionado acima da extremidade inferior da tubulação externa e vedando o espaço anular externo;

30 uma tubulação interna inserida na tubulação externa, de tal forma que um espaço anular interno entre o exterior da tubulação interna e o interior da tubulação externa é fornecido, em que a tubulação interna permite o fornecimento de um dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo e o espaço anular interno permite o fornecimento de outro dentre a TGEC ou o

RIS para a zona de petróleo, e em que a extremidade inferior da tubulação interna está localizada dentro ou acima da zona de petróleo;

em que pelo menos uma das extremidade inferior da tubulação externa e extremidade inferior da tubulação interna está localizada na zona de petróleo do poço de petróleo e

um dispositivo de mistura em contato com a TGEC e o RIS na zona de petróleo do poço de petróleo.

Com estes aparelhos é possível fornecer a TGEC e o RIS separadamente através do poço de petróleo para a zona de petróleo, em que as duas composições são misturadas por meio de um dispositivo de mistura.

O dispositivo de mistura do aparelho adicionalmente compreendendo pelo menos uma câmara de reação na qual a TGEC e RIS são reagidos.

O dispositivo de mistura pode ser incorporado em uma extremidade inferior vedada da tubulação externa sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação interna e abaixo do vedador e em aberturas na tubulação interna que permitem uma troca de fluidos entre o espaço anular interno e a tubulação interna. Estas aberturas estão localizadas em uma parte distal da tubulação interna, mas acima da extremidade inferior da tubulação externa.

Um dos fatores que afetam a eficiência do método para tratar termicamente de um reservatório de petróleo é a velocidade da produção de calor, que depende da velocidade de mistura dos reagentes e do seu tempo de contato em uma câmara de reação. O tempo de contato pode ser prorrogado aumentando o comprimento da tubulação abaixo da abertura. A seção da tubulação abaixo da abertura é designada como uma câmara de reação ou reator.

Para modalidades, onde os grânulos de alumínio ou liga de alumínio / magnésio são mantidos em uma tubulação (por meio de um copo com um fundo perfurado, como será descrito mais tarde) a parte do tubo preenchido com os grânulos pode ser designada como a câmara de reação ou reator.

Além disso, em casos de tais grânulos de alumínio ou uma liga de alumínio / magnésio serem depositados em fissuras na camada produtiva também os volumes de tais fissuras pode ser designado como uma câmara de reação ou reator.

5 Diferentes fatores como a estrutura da camada produtiva a ser tratada, as composições de petróleo e gás natural nesta camada produtiva, o projeto do poço de petróleo, e, em particular, quão longe o vedador é colocado acima da camada produtiva têm uma influência sobre qual modalidade específica de um aparelho ou um método, de acordo com a invenção é a
10 melhor para um tratamento termoquímico eficaz da camada produtiva.

Por exemplo, o vedador não pode ser colocado muito longe da camada aquecida produtiva, mas o vedador, ao mesmo tempo não pode ser muito aquecido.

Assim, diferentes modalidades de um aparelho e um método para
15 tratamento térmico de um reservatório de petróleo serão descritas a seguir.

Por exemplo, o aparelho de acordo com uma primeira e segunda modalidade não compreende nenhuma parte móvel e é, portanto, mais confiável. O aparelho de acordo com uma primeira modalidade, no entanto, só
20 pode ser aplicado em combinação com uma câmara de reação tendo um comprimento de não menos de 8 - 10 metros. Com um comprimento de apenas 10 - 15 m, o índice de eficiência de tais aparelhos é pequeno.

Se for necessário limitar o comprimento da câmara de reação para cerca de 10 - 15 m o aparelho de acordo com a segunda, terceira e
25 quarta modalidade pode ser usado assim como dispositivos de mistura utilizados aqui têm uma maior eficiência. Nessas modalidades uma parte de não mais de 10% da energia química fornecida com a TGEC e o RIS é usada para girar um dispositivo de mistura de turbina e, assim, misturar os fluidos.

Primeira modalidade de um aparelho

30 A figura 1 mostra uma primeira modalidade de um aparelho para realizar um tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo. Uma tubulação externa (2) com um diâmetro de cerca de 7,30 cm (2 7/8 de pole-

gada) é inserida em um revestimento (1) de um poço de petróleo de tal forma que um espaço anelar (7) entre o exterior da tubulação externa e o interior do revestimento é fornecido. Uma tubulação interna (3) tendo um diâmetro de aproximadamente 3,81 cm (1 1/2 polegada) é inserida na tubulação externa (2), de modo que um espaço anular interno (8) entre o exterior da tubulação interna e o interior da tubulação externa é fornecido. A extremidade inferior da tubulação interna (não mostrada) está localizada na zona de petróleo e a extremidade inferior da tubulação externa está localizada a uma certa distância acima da extremidade inferior da tubulação interna e, portanto, dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo. A extremidade inferior da tubulação externa é vedada anexando-a para fora da tubulação interna. Além disso, um vedador (4) está posicionado acima da extremidade inferior da tubulação externa e veda o espaço anular de forma que nenhum fluido pode fluir para o espaço anelar externo (7). Para evitar uma sobrecarga térmica do vedador é preferível que o vedador esteja localizado a uma distância suficiente no sentido do fluxo dos fluidos fornecidos antes da primeira abertura na tubulação interna. O vedador pode adicionalmente compreender elementos de percepção para medir a temperatura do vedador e a pressão sob o vedador.

A tubulação interna permite que o fornecimento de um dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo e o espaço anular interno e permite o fornecimento do outro dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo. Em uma seção distal da tubulação interna, mas acima da extremidade inferior da tubulação externa são fornecidos quatro tubos a jato fendidos. Esses tubos a jato fendidos são incorporados em passagens de conexão tubulares (5) que se estendem diagonalmente através da tubulação interna e que compreendem uma fenda (6). Por meio desses tubos a jato fendidos o fluido fornecido através do espaço anular interno flui para as passagens de conexão tubulares e através da fenda (6) para que ele seja distribuído e, assim, misturado com o fluido fornecido pela tubulação interna. É claro que é possível prover mais de quatro tubos a jato fendidos. Para um melhor efeito de mistura os tubos a jato fendidos podem ser dispostos de tal forma que dois

tubos a jato fendidos são axialmente adjacentes deslocados por um determinado ângulo. Além disso, é preferível que as fendas sejam formadas em uma metade inferior das passagens de conexão tubulares. Na modalidade preferida da figura 1 os tubos a jato fendidos são axialmente deslocados em 5 45 graus e as fendas são formadas no ponto mais baixo das passagens de conexão tubulares, isto é, na direção de fluxo do fluido fornecido pela tubulação interna. A disposição escalonada resultante dos tubos a jato fendidos como uma vista a partir da extremidade inferior da tubulação interna é mostrada na parte inferior da figura 1.

10 Neste aparelho é preferível fornecer a TGEC através da tubulação interna e fornecer o RIS através do espaço anular interno.

O comprimento da tubulação interna abaixo da menor abertura (tubo a jato fendido) forma uma câmara de reação na qual a TGEC misturada e o RIS reagem sob a produção de calor e gases. A câmara de reação 15 pode ter um comprimento de até 100 metros ou mais e permitir a reação de até 15 toneladas de reagentes por hora com uma alta eficiência de reação de cerca de 90%. Isto é, aproximadamente 90% da energia obtida pela reação de todos os materiais fornecidos para a câmara de reação estarão disponíveis para o tratamento de termoquímico do reservatório de petróleo. Os 20 produtos de reação aquecidos entram no reservatório de petróleo e aumentam a pressão sob o vedador de modo que novas rachaduras ou fissuras são formadas na camada produtiva.

O aparelho mostrado na figura 1 é preferencialmente usado em poços de petróleo em que o vedador é localizado a uma distância não superior a 100 m da camada produtiva e é caracterizado pelo fato de que ele tem 25 uma estrutura simples, sem quaisquer partes móveis e que, como resultado da longa câmara de reação uma alta eficiência de reação é fornecida.

Segunda modalidade de um aparelho

No caso do vedador estar localizado não mais de 10 - 15 m acima da camada produtiva é preferível utilizar um aparelho de acordo com 30 uma segunda modalidade mostrada na figura 2. Em vez da longa câmara de reação do aparelho de acordo com a primeira modalidade o aparelho de a-

cordo com a segunda modalidade compreende um copo (10) sendo inserido na tubulação interna abaixo da menor abertura na tubulação interna. O copo inclui aberturas em seu fundo, permitindo a passagem dos fluidos misturados e tem um comprimento de até 4 m, de preferência entre 3 - 4 m.

5 As aberturas no fundo do copo (10) têm dimensões tais que o material granular não pode passar e, assim, é mantido no copo, de modo que por exemplo, os grânulos de alumínio ou de liga de alumínio / magnésio sendo fornecidos como uma suspensão através da tubulação interna são retidos no copo assim como seu diâmetro é maior que o diâmetro das aberturas no fundo do copo.

10 O copo pode ainda ser feito de um material tendo uma vida útil limitada nas condições normais de uso. Isto é, o copo é construído de tal forma que depois de um tempo calculado de passagem de fluidos através do copo seu fundo quebra de modo que o material granular nele é liberado na
15 camada produtiva. O copo é de preferência feito de alumínio ou de liga de alumínio / magnésio que se dissolve quando em contato com fluidos ácidos ou alcalinos ou queima no caso de altas temperaturas de aproximadamente 700°C ou superior.

Terceira modalidade de um aparelho

20 A seguir é descrita uma modalidade adicional de um aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo. Além das modalidades acima descritas tendo aberturas na tubulação interna, a presente modalidade compreende pelo menos um dispositivo de mistura de turbina sendo disposto na tubulação interna abaixo da abertura. O dispositi-
25 vo de mistura de turbina compreende um eixo sendo suportado por meio de pelo menos um mancal liso e portando pás de turbina e pás de mistura, em que o mancal liso compreende aberturas que permitem a passagem dos fluidos que fluem e em que as pás de turbina transmitem a energia dos fluidos que fluem para o eixo para girar o eixo com as pás de mistura anexadas. A
30 seção da tubulação interna com um diâmetro de aproximadamente 3,81 cm (1 1/2 polegada) abaixo do dispositivo de mistura de turbina forma a câmara de reação deste aparelho. A seção da tubulação interna entre as primeiras

aberturas e o primeiro dispositivo de mistura de turbina pode ser designada como uma pré-câmara. Cerca de 1/10 dos reagentes reagem a esta pré-câmara e a energia produzida é pelo menos parcialmente utilizada para acionar o dispositivo de mistura de turbina disposto a jusante da pré-câmara.

5 Na figura 3 uma modalidade específica de um aparelho de acordo com uma terceira modalidade é mostrada. Nesta modalidade específica o eixo (11) é suportado por meio de dois mancais lisos (12) compreendendo aberturas (15) que permitem a passagem dos fluidos que fluem. O eixo (12) porta as pás de turbina (13) e pás de mistura (14), em que as pás de turbina
10 estão dispostas antes das pás de mistura em relação à direção de fluxo dos fluidos. As pás de turbina transmitem a energia do fluido que flui para o eixo para girar o eixo com as pás de mistura anexadas e as pás de misturadas giratórias melhoram a mistura da TGE e do RIS. Na presente modalidade as pás de mistura (13) são placas perfuradas.

15 **Quarta modalidade de um aparelho**

A seguir é descrito um aparelho para realizar tratamento termo-químico de um reservatório de petróleo de acordo com uma quarta modalidade preferida. Em contraste com as modalidades descritas antes do dispositivo de mistura do aparelho ser incorporado na extremidade inferior da tubulação interna (3) sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação externa (2) e pelo menos um dispositivo de mistura de turbina sendo
20 disposto na tubulação externa abaixo da extremidade inferior da tubulação interna. Como o dispositivo de mistura de turbina, o mesmo descrito acima para a terceira modalidade pode ser utilizado.

25 Se dois ou mais dispositivos de mistura de turbina são dispostos é preferível que dispositivos de mistura de turbina consecutivos tenham sentidos opostos de rotação.

Uma modalidade específica de tais aparelhos é mostrada na figura 4. Ela compreende dois dispositivos de turbina de mistura, com sentidos opostos de rotação. Além disso, nesta modalidade, a tubulação externa (2) é afunilada entre a extremidade inferior da tubulação interna (3) e o primeiro dispositivo de mistura de turbina.

30

Como na modalidade anterior, a seção da tubulação interna com um diâmetro de aproximadamente 1 1/2 polegada (3,81 cm) abaixo dos dispositivos de mistura de turbina forma a câmara de reação do presente aparelho. A seção em forma de cone da tubulação externa (2) pode ser designada como um pré-câmara.

Quinta modalidade de um aparelho

Na figura 5 é mostrada uma quinta modalidade de um aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo, de acordo com a presente invenção. Em contraste com o aparelho de acordo com a primeira modalidade o aparelho de acordo com a quinta modalidade não compreende nenhuma abertura na tubulação interna, que permitem uma troca de fluido com o espaço interno anelar (8). No aparelho de acordo com a quinta modalidade o dispositivo de mistura é incorporado na extremidade inferior da tubulação interna (3) sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação externa (2) e em um copo (10) inserido na extremidade inferior da tubulação interna. Este copo inclui aberturas em seu fundo, permitindo a passagem dos fluidos fornecidos através da tubulação interna, exceto o material de alumínio granular (16) fornecido com o RIS. Isto é, quando os grânulos de alumínio ou liga de alumínio / magnésio são fornecidos como uma suspensão através da tubulação interna os grânulos são retidos no copo assim como seu diâmetro de partícula é maior do que o diâmetro das aberturas no fundo do copo.

A seção da tubulação interna preenchida com os grânulos pode ser considerada como uma primeira câmara de reação. O calor produzido nesta câmara de reação aquece o fluido (TGEC) bombeado através do espaço interno anelar (8) para que a TGEC seja incendiada sem o uso de qualquer RIS adicional. A seção da tubulação externa abaixo da extremidade inferior da tubulação interna pode ser considerada como uma segunda câmara de reação.

Se o aparelho de acordo com a quinta modalidade é usado com o método da terceira modalidade altas temperaturas de até cerca de 600 - 700°C são alcançadas na primeira câmara de reação de modo que o copo

deve ser feito de material resistente ao calor.

No entanto, se este aparelho for utilizado para o método de hidrocraqueamento (quarta modalidade de um método) um copo (10) do mesmo tipo, como descrito acima para a modalidade 2 pode ser usado. Por
5 isso, é preferível que este copo seja feito de alumínio ou liga de alumínio / magnésio.

Sexta modalidade de um aparelho

Uma sexta modalidade de um aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo, de acordo com a presente invenção é mostrada na figura 6. O aparelho é composto por apenas uma tubulação (22) com um diâmetro de cerca de 7,30 cm (2 7/8 de polegada) inserida no poço de petróleo. Esta tubulação (22) é inserida no revestimento (21) do poço de petróleo de tal forma que um espaço anular (25) entre o exterior da tubulação (22) e o interior do revestimento (21) é fornecido, em que
10 uma extremidade inferior da tubulação (22) está localizada dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo. Um vedador (24) vedando o espaço anular (25) é posicionado acima da extremidade inferior da tubulação (22). Um copo (23) é inserido na extremidade inferior da tubulação, em que o copo inclui aberturas em seu fundo, permitindo a passagem da TGEC e RIS,
15 mas não de material granular fornecido com o RIS através da tubulação.
20

Para o copo (23) o mesmo tipo de copo como descrito acima para a modalidade 2 pode ser usado. Nesse caso, é preferível que este copo seja feito de alumínio ou liga de alumínio / magnésio. No caso, pretende-se que o copo não se desintegre durante a utilização do aparelho, o copo é feito
25 de um material com resistência suficiente sob condições térmicas e químicas presentes no poço óleo durante um método de tratamento termoquímico.

O aparelho de acordo com a sexta modalidade é usado bombeando TGEC (26) e RIS (27) em formas de camadas sendo separadas por uma camada de um fluido inerte ou fluido espaçador (28).

30 A seção da tubulação preenchida com o material granular forma a câmara de reação do presente aparelho.

Deve ser notado que, em geral, o aparelho acima descrito de

acordo com a presente invenção compreende um copo para manter grânulos de RIS, este copo pode ser projetado de maneira diferente para cumprir as exigências do método de tratamento termoquímico para o qual o aparelho é utilizado. Por exemplo, a vida útil do copo sob condições químicas e térmicas no poço de petróleo pode ser ajustada usando um material mais ou menos resistente ou pela adaptação da espessura do fundo do copo. Se é pretendido que o copo não se desintegre durante o tratamento termoquímico ele é preparado de um material resistente, respectivamente.

Métodos de acordo com a invenção

10 **Primeira modalidade de um método**

Em uma primeira modalidade de um método de tratar termicamente um reservatório de petróleo o aparelho mostrado nas figuras 1, 3 ou 4 pode ser usado em que ele é preferido para fornecer a TGEC através da tubulação interna e para fornecer a RIS através do espaço anular interno em que as composições são fornecidas como soluções bombeáveis ou suspenções.

Segunda modalidade de um método

Em uma segunda modalidade de um método de tratar termicamente um reservatório de petróleo o aparelho de acordo com a segunda modalidade, conforme ilustrado na figura 2 é usado em que o RIS é fornecido através da tubulação interna (3) e TGEC é fornecida através do espaço interno anelar (8). Para o alumínio ou liga de alumínio com magnésio de RIS granular é utilizado, e esse material granular é fornecido em forma de suspensão. As aberturas no fundo do copo (10) têm dimensões tais que o material granular não pode passar e, assim, é mantido no copo. Para esta modalidade, a quantidade de TGEC usada é de cerca de 2 - 3 vezes a quantidade de alumínio em que esta relação refere-se à massa dos reagentes, como tal, sem o (s) solvente (s) usado (s) para preparar as soluções bombeáveis ou suspensões. Como um composto de TGEC preferido o produto da reação da reação de ureia com ácido nítrico, isto é, aduto de ácido nítrico de ureia é usado. Com essa modalidade até 3 toneladas de reagentes podem ser reagidos por hora. Os produtos de reação a quente, resultantes da reação do

alumínio ou liga de alumínio / magnésio incluem hidrogênio gasoso. O valor do pH pode variar de 3 a 14, no entanto, um pH de 3 - 4 é o preferido assim como o hidrogênio produzido pode ser oxidado, aumentando assim a quantidade de calor produzida para cerca de 30%. Com este método de tratamento termoquímico uma alta pressão sob o vedador é alcançada de modo que as fissuras são novas criadas na camada produtiva.

Esta segunda modalidade de um método pode ser modificada, deslocando a reação para as fissuras da camada produtiva, conforme descrito abaixo, na quinta modalidade de um método.

10 **Terceira modalidade de um método**

Para este método, o aparelho de acordo com a quinta modalidade pode ser usado. Primeiro, uma suspensão de alumínio granular ou liga de alumínio / magnésio é bombeada como uma suspensão na tubulação interna (3) de modo que na extremidade inferior da tubulação interna, onde um copo resistente ao calor (10) é inserido o material granular é mantido para formar uma camada (16) de material granular, com uma altura de até cerca de 200 - 300 m. Em seguida, uma primeira TGEC é bombeada para a tubulação interna de modo que as reações são iniciadas e energia térmica é produzida na primeira câmara de reação. Neste método, gases quentes com uma temperatura de até 600 - 700 ° C podem ser produzidos. O calor produzido na primeira câmara de reação aquece as paredes da primeira câmara de reação, que é a extremidade distal da tubulação interna e, assim, o fluido (segunda TGEC) bombeado através do espaço interno anelar (8) de modo que a TGEC é inflamada, sem a utilização de qualquer RIS adicional. Os fluxos de TGEC inflamada através da segunda câmara de reação, isto é, a seção distal da tubulação externa (2) abaixo do copo, em que a TGEC reage sob a produção de calor e gases.

Quarta modalidade de um método

Um método específico de tratar termicamente um reservatório de petróleo utiliza o processo de hidrocrackeamento do petróleo no reservatório de petróleo. Sob pressão e alta temperatura e a presença de hidrogênio gasoso, moléculas de hidrocarbonetos complexas são decompostas em molé-

culas de hidrocarbonetos mais simples.

Para este método, modalidades específicas um aparelho de acordo com a invenção, conforme mostrado na figura 2 e figura 5 pode ser usado. Ambos os aparelhos são caracterizados pelo fato de que eles compreendem um copo na extremidade inferior da tubulação interna que pode reter e manter os grânulos de alumínio ou suas ligas com magnésio fornecidos com o RIS. Por este método, o copo é também feito de alumínio.

No início uma suspensão de grânulos de alumínio ou liga de alumínio / magnésio como parte do RIS é fornecida através da tubulação interna para o copo de alumínio. Lá ela entra em contato com a TGEC fornecida através do espaço anular interno (segunda modalidade mostrada na figura 2.) ou a tubulação interna (quinta modalidade mostrada na figura 5) em que a TGEC tem de preferência um valor de pH de cerca de 3 ou 14, para que hidrogênio seja desenvolvido. Os produtos de reação a quente entram no reservatório de petróleo, aquecem a camada produtiva e aumentam a pressão sob o vedador de modo que novas fissuras são formadas na camada produtiva. Como na segunda modalidade de um método, aduto de ácido nítrico de ureia é preferencialmente utilizado como um composto de TGEC e em uma quantidade de cerca de 2 - 3 vezes a quantidade de alumínio usada. Além disso, se um pH de 3 - 4 é usado o gás hidrogênio produzido pode ser oxidado, aumentando assim a quantidade de calor produzida.

Após o aumento de temperatura e pressão e formação de fissuras na camada produtiva a zona de reação é deslocada do poço de petróleo na camada produtiva. Isto é conseguido por uma desintegração permitida do copo de alumínio resultante das condições ácidas ou alcalinas. Isto é, após cerca de 10 - 30 minutos de bombeamento de uma solução com um pH de cerca de 3 ou 14 através do copo, o fundo do copo se quebra e os grânulos são forçados para a fissura da camada produtiva.

Esta transferência de zona de reação é realizada preferencialmente após a proximidade das fissuras alcançou uma temperatura de cerca de 300°C. Essa mudança reduz ainda mais a carga térmica do vedador e as tubulações assim como os combustíveis fornecidos agora podem arrefecer o

vedador e as tubulações.

Como resultado desta transferência, a temperatura da camada produtiva é adicionalmente aumentada assim como agora a reação de alumínio ou suas ligas de magnésio com soluções TGEC ácidas ou alcalinas ocorre nas fissuras. Isto resulta em temperaturas de até 400 - 500°C, a pressão adicionalmente aumentada e a presença de hidrogênio. Com temperaturas acima de 300 - 350°C, o processo de hidrocraqueamento que inicia o petróleo na camada produtiva agora se submete a hidrocraqueamento de moléculas menores, de modo que a viscosidade do petróleo é reduzida.

O processo de hidrocraqueamento pode ser adicionalmente melhorado através do fornecimento de compostos cataliticamente ativos para o local de reação. Tais como catalisadores acima mencionados, sais solúveis de Mn, Fe, Cr, Co, Ni e V podem ser utilizados, os quais podem ser adicionados ao RIS ou a TGEC. Com relação à massa total do RIS tais sais de metal podem ser contidos no RIS em uma quantidade não superior a 10% em massa.

Os sais de metal especialmente preferidos são $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mn}(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, KMnO_4 , K_2MnO_4 , K_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_3$, NH_4VO_3 , NaVO_3 e KVO_3 .

Durante o processo de hidrocraqueamento de petróleo, a injeção de compostos oxidantes na camada deve ser evitada para que o hidrogênio produzido seja desperdiçado apenas para o processo de hidrocraqueamento.

Depois que os grânulos de alumínio ou suas ligas de magnésio se esgotam a camada pode ser aquecida novamente fornecendo TGEC e RIS e o processo de hidrocraqueamento pode ser iniciado fornecendo a próxima parte de grânulos. Isto leva a um controle de reação cíclica para aumentar o calor e a pressão crescente na camada produtiva e para realizar o processo de hidrocraqueamento.

Este processo de hidrocraqueamento resulta em uma viscosidade consideravelmente reduzida do petróleo no reservatório de petróleo tratado como em adição ao aumento da temperatura na zona de petróleo as mo-

léculas de hidrocarbonetos mais complexas são quebradas em moléculas de hidrocarbonetos mais simples.

Um outro efeito benéfico do uso do alumínio ou de ligas de alumínio / magnésio neste processo é a redução da quantidade de água presente no poço de petróleo. Durante a reação do alumínio ou de ligas de alumínio / magnésio condições alcalina água é consumida. Além disso, os hidróxidos de metal resultantes da reação de alumínio ou ligas de alumínio / magnésio têm a característica de adsorção ou ligação de água, como na forma de água de cristalização. Estes efeitos podem ser usados para reduzir a quantidade de água em poços de petróleo sendo contaminados ou danificados por altos conteúdos de água.

Durante este tratamento termoquímico do reservatório de petróleo, os gases produzidos se dissolvem no petróleo e, assim adicionalmente reduzem a viscosidade do petróleo.

Deve ser notado, em geral, que as substâncias utilizadas para a TGEC começam a se decompor e desenvolvem calor e gases se elas forem aquecidas acima de cerca de 200 - 300°C. Assim, se for mencionado no presente pedido que TGEC e RIS são fornecidos para aquecer até uma determinada região, isso também inclui o fornecimento apenas de TGEC se esta região já tiver uma temperatura na qual a TGEC fornecida irá se decompor para emitir energia.

Neste método, um aparelho de acordo com a invenção, conforme mostrado na figura 2 e figura 5 pode ser usado em combinação com produtos químicos tais como o nitrato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de sódio e/ou nitrato de cálcio, aduto de ácido nítrico de ureia e compostos de RIS número 1 a 4 designado na tabela apresentada antes.

Quinta modalidade de um método

Um quinto método para tratar termicamente um reservatório de petróleo usando a TGEC e RIS mencionado acima é caracterizado pelo fato de que um aparelho pode ser usado compreendendo apenas uma tubulação inserida no poço de petróleo. Tal aparelho é exemplarmente ilustrado na fig. 6 e acima descrito como uma sexta modalidade de um aparelho para realizar

tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo.

Com tal método e aparelho fornecimento de TGEC e RIS separado, mas contínuo é conseguido através do bombeamento do fluido na forma de camadas de fluido através da tubulação. Para evitar a mistura e a reação das camadas TGEC e RIS antes de chegar à zona de petróleo, uma
5 camada de um fluido espaçador é colocada entre as camadas de TGEC e RIS. Como um fluido espaçador qualquer fluido pode ser utilizado sendo inerte em relação as reações da TGEC e RIS. Tal fluido espaçador pode ser clorofórmio, por exemplo. A espessura da camada de fluido espaçador é
10 cerca de 20 - 30 m.

Depois de fornecer grânulos de alumínio ou liga de alumínio / magnésio como uma suspensão para o copo onde o material granular é acumulado, uma camada de fluido espaçador e uma camada de TGEC (solução ácida ou alcalina) é bombeada para a tubulação. Um tempo de contato
15 entre a TGEC e o material RIS granular de cerca de 200 s é suficiente para iniciar e manter reações que produzem calor e gases para aquecer ao redor da camada produtiva e para produzir fissuras nela. Assim como no método descrito anteriormente, o copo, quando feito de alumínio será destruído depois de um tempo calculado e a zona de reação é transferida para a camada
20 produtiva de modo que a energia térmica pode ser ainda distribuída na camada produtiva.

Nesse método a câmara de reação é formada pela tubulação preenchida com o material granular, que pode formar uma camada de até 5 - 20 m. Devido a isso, este método só é adequado para poços de petróleo onde o vedador esteja localizado pelo menos 200 - 300 m acima da camada
25 produtiva a ser tratada.

Deve ser notado que, em geral, os métodos acima descritos, em que os grânulos de alumínio ou liga de alumínio / magnésio são distribuídos nas fissuras da camada produtiva, a fissura pode ser aumentada com relação ao seu comprimento e volume e a camada produtiva pode ser adicionalmente aquecida fornecendo um agente oxidante forte como o dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$ para os grânulos de alumínio depositados na camada
30

produtiva. Esses agentes oxidantes fortes suportam a produção de grandes quantidades de energia e de óxidos de metais sólidos tais como Al_2O_3 que funcionam como escoramento (agentes de escoramento) para manter a fissura aberta.

5 Com esses métodos, um método de fissuramento de camada quente é fornecido. Em contraste ao método de hidro-fracturing frio, em que em uma primeira etapa um líquido (fluido frac) é injetada no poço de petróleo sob pressão para criar fissuras na formação e em uma segunda etapa o material granuloso, tal como areia (propante) é bombeada para as fissuras for-
10 madas, o presente método de fissuramento de camada quente compreende três etapas. Em uma primeira etapa, a pressão para a formação de novas fissuras não é produzida pelas bombas que bombeiam o material para o poço de petróleo, mas pelas reações do poço de petróleo produzindo gases quentes. Em uma segunda etapa os grânulos de alumínio ou ligas de alumí-
15 nio / magnésio são bombeados para as fissuras. Então, em uma terceira etapa, TGEC é injetada no poço de petróleo e para as fissuras contendo grânulos de RIS de modo que gases quentes são produzidos nas fissuras. Isso resulta no aquecimento da zona envolvente e na formação de novas fissu-
20 ras. Nesta terceira etapa, um agente oxidante forte como o dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$ pode ainda ser provido aos grânulos de RIS depositados nas fissuras, como já mencionado acima.

25 Com o aparelho e os métodos descritos acima, torna-se possível a contínua produção de energia térmica e gases quentes que aquecem a camada produtiva e, portanto, permite uma extração eficiente mesmo de óleo pesado e betume.

Exemplos

Exemplo comparativo

30 Para este exemplo comparativo o poço de petróleo N° 24193 no campo petrolífero de "Irkenneft" (Rússia, Tartária) foi selecionado. 1,2 tonelada de nitrato de amônio em uma solução aquosa com uma concentração de cerca de 50% em massa foi injetada no poço de petróleo, em que sua decomposição foi iniciada misturando com uma solução aquosa de 0,3 t de

nitrito de sódio (NO_2). A temperatura no furo oposto à camada produtiva antes do tratamento foi de 66°C . A temperatura no furo (poço de petróleo Nº 24193) oposto a camada produtiva, após uma hora de tratamento foi de 126°C . A velocidade de extração de petróleo do poço de petróleo Nº 24193 antes do tratamento foi de 0,78 tonelada por dia e após o tratamento foi de 1,86 tonelada por dia.

Exemplo de acordo com a invenção

Uma solução aquosa de 1,3 tonelada de nitrato de amina de etanol mono foi injetada no poço de petróleo Nº 21 no campo de petróleo Razumovsky na região de Saratov. A solução injetada tinha uma concentração de cerca de 76% em massa de nitrato de amina de etanol mono e 2% em massa de ácido nítrico. Sua decomposição foi iniciada com a presença de 0.012 t de borohidreto de sódio (NaBH_4). A temperatura no furo oposto à camada produtiva antes do tratamento foi de 86°C . A temperatura no furo (poço de petróleo Nº 21) oposto à camada produtiva após duas horas de tratamento foi de 269°C . A velocidade de extração de petróleo do poço de petróleo Nº 21 antes do tratamento foi de 2,6 toneladas por dia e após o tratamento foi de 12,3 toneladas por dia.

O exemplo comparativo acima e exemplo de acordo com a invenção mostram claramente que com a presente invenção de um aumento maior de extração de petróleo pode ser obtido (cerca de 373% para o exemplo de acordo com a invenção), em comparação com os métodos utilizados até agora (cerca de 138% para o exemplo comparativo).

Finalmente, deve ser notado que a presente invenção não é restrita às modalidades preferidas descritas acima e que modalidades alternativas dentro da habilidade normal de uma pessoa versada na técnica são compreendidas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema químico para tratamento térmico em um reservatório de petróleo iniciando uma reação química em uma zona de petróleo do reservatório de petróleo, em que o sistema químico compreende pelo menos as seguintes composições:

uma composição de emissão de gás térmico (TGEC), sendo uma solução aquosa ou suspensão compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em nitrato de hidrazina, nitratos de 1,1-di C₂₋₆ alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di C₂₋₆ alquil hidrazina, tais como nitrato de 1,1-dimetil hidrazina ou nitrato de 1,2-dimetil hidrazina, nitrato de guanidina, aduto de ácido nítrico de formamida, aduto de ácido nítrico de acetamida, aduto de ácido nítrico de acetonitrila, aduto de ácido nítrico de ureia, nitrato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de sódio, nitrato de cálcio, nitratos de mono, di e tri C₁₋₅ alquil amina, nitratos de mono, di e tri C₁₋₅ álcool amina, mono, dinitratos de C₂₋₆ alquilenos diamina e polinitratos de poli C₁₋₅ alquilenos poliamina e

um estabilizador de iniciador de reação (RIS), sendo um fluido e compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em:

- Borohidretos metal MBH₄, em que M é Li, Na ou K;
- Aminoboranos (R¹R²R³) • BH₃ N, em que R¹, R² e R³ são independentemente hidrogênio ou C₁₋₁₀ alquila, ou em que R¹ é uma arila ou piridina com até 10 átomos de carbono e R² e R³ são hidrogênio;
- Dialquilaluminatos MAIH₂R¹R², em que M é Li, Na ou K, e R¹ e R² são independentemente C₁₋₁₀ alquila;
- Aminoalanos (R¹R²R³) • N AlH₃, em que R¹, R² e R³ são independentemente hidrogênio ou C₁₋₁₀ alquila, e
- Alumínio ou ligas de alumínio com magnésio.

2. Sistema químico de acordo com a reivindicação 1, em que a TGEC é uma solução aquosa ou suspensão, compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em nitrato de hidrazina, nitratos de 1,1-di C₂₋₆ alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di-C₂₋₆ alquil hi

drazina, tais como nitrato de 1,1-dimetil hidrazina ou nitrato de 1,2-dimetil hidrazina, nitrato de guanidina, aduto de ácido nítrico de formamida, aduto de ácido nítrico de acetamida, aduto de ácido nítrico de ureia e aduto de ácido nítrico de acetonitrila.

5 3. Sistema químico, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que a TGEC é o produto da reação de ácido nítrico que reage com um respectivo composto de amino.

4. Sistema químico de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que o pH da TGEC é de cerca de 3 a 14.

10 5. Sistema químico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, em que o RIS é uma solução ou suspensão em um solvente adequado.

15 6. O sistema químico acordo com a reivindicação 5, em que o solvente para o RIS é água ou um solvente orgânico selecionado a partir do grupo consistindo em gasolina, ligroin, essência branca, querosene e nafta.

7. Sistema químico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, em que o alumínio ou as ligas de alumínio com magnésio são finas, dispersas, pirofóricas ou granulares.

20 8. Método para tratar termicamente um reservatório de petróleo, iniciando uma reação química em uma zona de petróleo do reservatório de petróleo, utilizando o sistema químico compreendendo pelo menos as seguintes duas composições:

25 uma composição de emissão de gás térmico (TGEC), sendo uma solução aquosa ou suspensão compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em nitrato de hidrazina, nitratos de 1,1-di C_{2-6} alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di C_{2-6} alquil hidrazina, tais como nitrato de 1,1-dimetil hidrazina ou nitrato de 1,2-dimetil hidrazina, nitrato de guanidina, aduto de ácido nítrico de formamida, aduto de ácido nítrico de acetamida, aduto de ácido nítrico de acetonitrila, aduto de ácido nítrico de ureia, nitrato de amônio, nitrato de potássio, nitrato de sódio, nitrato de cálcio, nitratos de mono, di e tri C_{1-5} alquil amina, nitratos de mono, di e tri C_{1-5} alcanol amina, Mono, dinitratos de C_{2-6} alquilenos diamina e polinitratos de

30

poli C₁₋₅ alquilenos poliamina e

um estabilizador de iniciador de reação (RIS), sendo um fluido e compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em:

- 5 - Borohidretos metal MBH₄, em que M é Li, Na ou K;
- Aminoboranos (R¹R²R³) • BH₃ N, em que R¹, R² e R³ são independentemente hidrogênio ou C₁₋₁₀ alquila, ou em que R¹ é uma arila ou piridina com até 10 átomos de carbono e R² e R³ são hidrogênio;
- Dialquilaluminatos MAIH₂R¹R², em que M é Li, Na ou K, e R¹ e
- 10 R² são independentemente C₁₋₁₀ alquila;
- Aminoalanos (R¹R²R³) • N AlH₃, em que R¹, R² e R³ são independentemente hidrogênio ou C₁₋₁₀ alquila, e
- Alumínio ou ligas de alumínio com magnésio.

em que a composição de emissão de gás térmico (TGEC) e o
 15 estabilizador de iniciador de reação (RIS) são introduzidos separadamente no reservatório de petróleo e são colocados em contato com a zona de petróleo do reservatório de petróleo para iniciar uma reação química que produz calor e gases, e em que a TGEC é continuamente introduzida no reservatório de petróleo e o RIS é introduzido simultaneamente e de forma contínua ou intermitente no reservatório de petróleo.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, em que a introdução da TGEC e do RIS é continuada durante a reação química para manter uma reação contínua.

10. Método de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que a
 25 TGEC é uma solução aquosa ou suspensão compreendendo pelo menos um composto selecionado a partir do grupo consistindo em nitrato de hidrazina, nitratos de 1,1-di C₂₋₆ alquil hidrazina e nitratos de 1,2-di C₂₋₆ alquil hidrazina, tais como nitrato de 1,1-dimetil hidrazina ou nitrato de 1,2-dimetil hidrazina, nitrato de guanidina, aduto de ácido nítrico de formamida, aduto de ácido nítrico de acetamida, aduto de ácido nítrico de ureia e aduto de ácido nítrico
 30 de acetonitrila.

11. Método de acordo com as reivindicações 8 a 10, em que a

TGEC é o produto de reação de reagir ácido nítrico com um respectivo composto de amino.

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, em que o pH da TGEC é de cerca de 3 a 14.

5 13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, em que o RIS é uma solução ou suspensão em um solvente apropriado.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, em que o solvente para o RIS é água ou um solvente orgânico selecionado a partir do grupo consistindo em gasolina, ligroin, essência branca, querosene e nafta.

10 15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 14, em que o alumínio ou ligas de alumínio com magnésio são finos, dispersos, pirofóricos ou granulares.

15 16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 15, em que a TGEC ou o RIS adicionalmente contém um ou mais sais solúveis de Mn, Fe, Cr, Co, Ni e V.

17. Método de acordo com reivindicações de 9 ou 10, em que a TGEC e o RIS são bombeados para o reservatório de petróleo com uma taxa de cerca de 4 - 8 litros por segundo.

20 18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 17, compreendendo as etapas:

a) introduzir grânulos de alumínio ou uma liga de alumínio / magnésio como o RIS em um poço de petróleo do reservatório de petróleo e manter os grãos em uma câmara de reação localizada no poço de petróleo;

25 b) introduzir a TGEC no poço de petróleo de modo que ela entre em contato com os grânulos mantidos na câmara de reação para iniciar e manter uma reação termoquímica produzindo calor e gases;

c) passar os gases quentes produzidos para a zona de petróleo do reservatório de petróleo;

30 d) transferir a reação termoquímica para a zona de petróleo do reservatório de petróleo, permitindo que os grânulos entrem na zona de petróleo, e

e) entrar em contato com os grânulos na zona de petróleo com a

TGEC introduzida no poço de petróleo.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, em que a câmara de reação é localizada dentro ou adjacente a zona de petróleo do reservatório de petróleo.

5 20. Método de acordo com a reivindicação 18 ou 19, em que o aduto de ácido nítrico de ureia é usado como a TGEC.

21. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 20, em que o valor do pH na câmara de reação é de cerca de 3 - 4 e em que o gás hidrogênio produzido pela reação termoquímica é oxidado para
10 H₂O.

22. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 21, em que a reação termoquímica e, portanto, os grânulos são transferidos para fissuras presentes na zona de petróleo.

23. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 22, em que a reação termoquímica é transferida para a zona de petróleo após a zona de petróleo ser aquecida até cerca de 300°C.
-15

24. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 23, em que os grânulos na zona de petróleo adicionalmente são colocados em contato com pelo menos um agente oxidante forte tal como o dicromato de potássio K₂Cr₂O₇.
20

25. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 24, em que o petróleo no reservatório de petróleo é submetido um processo de hidrocraqueamento.

26. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 25, em que a TGEC e o RIS são introduzidos na forma de camadas de fluidos separadas por camadas de um fluido espaçador.
25

27. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 17, compreendendo as etapas:

a) introduzir grânulos de alumínio ou uma liga de alumínio / magnésio como o RIS em um poço de petróleo do reservatório de petróleo e manter os grãos em uma primeira câmara de reação localizada no poço de petróleo;
30

b) introduzir uma primeira TGEC no poço de petróleo de modo que ela entre em contato com os grânulos mantidos na primeira câmara de reação para iniciar e manter uma reação termoquímica que produz energia térmica e aquece as paredes da primeira câmara de reação;

5 c) introduzir uma segunda TGEC no poço de petróleo de tal forma que ela entra em contato com as paredes aquecidas da primeira câmara de reação e é inflamada;

d) passar a TGEC inflamada para uma segunda câmara de reação onde a TGEC reage sob a produção de calor e gases, e

10 e) passar os gases quentes produzidos para a zona de petróleo do reservatório de petróleo.

28. Aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo introduzindo separadamente uma composição de emissão de gás térmico (TGEC) e um estabilizador de iniciador de reação (RIS) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 8 em um poço de petróleo do reservatório de petróleo e colocar em contato a TGEC e o RIS em uma zona de petróleo do poço de petróleo para iniciar e manter uma reação química que produz calor e gases, em que o aparelho compreende:

15 uma tubulação externa inserida em um revestimento do poço de petróleo de tal forma que um espaço anular entre o exterior da tubulação externa e o interior do revestimento seja fornecido, em que a extremidade inferior da tubulação externa está localizada dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo;

20 um vedador sendo posicionado acima da extremidade inferior da tubulação externa e vedando o espaço anular externo;

uma tubulação interna inserida na tubulação externa, de tal forma que um espaço anular interno entre o exterior da tubulação interna e o interior da tubulação externa é fornecido, em que a tubulação interna permite o fornecimento de um dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo e o espaço anular interno permite o fornecimento do outro dentre a TGEC ou o RIS para a zona de petróleo, e em que a extremidade inferior da tubulação interna está localizada dentro ou acima da zona de petróleo;

30

em que pelo menos uma dentre a extremidade inferior da tubulação externa e a extremidade inferior da tubulação interna está localizada na zona de petróleo do poço de petróleo e

5 um dispositivo de mistura em contato com a TGEC e o RIS na zona de petróleo do poço de petróleo.

29. Aparelho de acordo com a reivindicação 28, em que o dispositivo de mistura é incorporado em uma extremidade inferior vedada da tubulação externa sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação interna, mas abaixo do vedador, e

10 aberturas na tubulação interna que permitem uma troca de fluidos entre o espaço anular interno e a tubulação interna, em que as aberturas estão localizadas em uma seção distal da tubulação interna, mas acima da extremidade inferior da tubulação externa.

30. Aparelho de acordo com a reivindicação 29, em que as aberturas são tubos a jato fendidos sendo incorporados em passagens de conexão tubulares que se estendem diagonalmente através da tubulação interna e que compreendem uma fenda.

31. Aparelho de acordo com a reivindicação 30, em que as fendas são formadas em uma metade inferior das passagens de conexão tubulares.

32. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 29 a 31, em que abaixo das aberturas da tubulação interna um copo é inserido na tubulação interna, o copo inclui aberturas em seu fundo, permitindo a passagem dos fluidos misturados, mas não de material granular fornecido com o RIS através da tubulação interna.

33. Aparelho de acordo com a reivindicação 32, em que o copo é feito de alumínio ou de ligas de alumínio / magnésio.

34. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 28 a 33, em que abaixo das aberturas da tubulação interna, pelo menos, um dispositivo de mistura de turbina é disposto na tubulação interna, o dispositivo de mistura de turbina compreende um eixo sendo suportado por meio de pelo menos um mancal liso e portando pás de turbina e pás de mistura, em

que o mancal liso compreende aberturas que permitem a passagem do fluido que flui através da tubulação interna e em que as pás de turbina transmitem a energia do fluido que flui para o eixo para girar o eixo com as pás de mistura anexadas.

5 35. Aparelho de acordo com a reivindicação 28, em que o dispositivo de mistura é incorporado na extremidade inferior da tubulação interna sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação externa, e

 pelo menos um dispositivo de mistura de turbina sendo disposto na tubulação externa abaixo da extremidade inferior da tubulação interna, o
10 dispositivo de mistura de turbina compreende um eixo sendo suportado por meio de pelo menos um mancal liso e portando pás de turbina e pás de mistura, em que o mancal liso compreende aberturas que permitem a passagem de fluidos que fluem através da tubulação interna e em que as pás de turbina transmitem a energia do fluido que flui para o eixo para girar o eixo com as
15 pás de mistura anexadas.

 36. Aparelho de acordo com reivindicações 33 ou 34, em que os dispositivos de mistura de turbina consecutivos têm sentidos opostos de rotação.

20 37. Aparelho de acordo com a reivindicação 28, em que o dispositivo de mistura é incorporado na extremidade inferior da tubulação interna sendo localizada acima da extremidade inferior da tubulação externa, e

 um copo inserido na extremidade inferior da tubulação interna, o copo compreende aberturas em seu fundo permitindo a passagem dos fluidos fornecidos através da tubulação interna, exceto o material granular fornecido com o RIS.
25

 38. Aparelho de acordo com a reivindicação 37, em que o copo é feito de alumínio ou de ligas de alumínio / magnésio.

30 39. Aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo introduzindo separadamente uma composição de emissão de gás térmico (TGEC) e um estabilizador de iniciador de reação (RIS) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9 em um poço de petróleo do reservatório de petróleo e colocando em contato a TGEC e o

RIS em uma zona de petróleo do poço de petróleo para iniciar e manter uma reação química que produz calor e gases, em que o aparelho compreende:

5 uma tubulação inserida em um revestimento de poço de petróleo de tal forma que um espaço anular entre o exterior do tubo e o interior do revestimento é fornecido, em que uma extremidade inferior da tubulação está localizada dentro ou acima da zona de petróleo do poço de petróleo;

um vedador sendo posicionado acima da extremidade inferior da tubulação e vedando o espaço anular;

10 um copo inserido na extremidade inferior da tubulação, o copo compreende aberturas em seu fundo, permitindo a passagem da TGEC e do RIS, mas não de material granular fornecido com o RIS através do tubo.

40. Aparelho de acordo com a reivindicação 39, em que o copo é feito de alumínio ou de ligas de alumínio / magnésio.

15 41. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 28 a 40, em que o vedador compreende elementos de percepção para medir a temperatura do vedador e a pressão sob o vedador.

42. Aparelho de acordo com qualquer uma das reivindicações 28 a 41, em que o dispositivo de mistura adicionalmente compreende pelo menos uma câmara de reação na qual a TGEC e o RIS são reagidos.

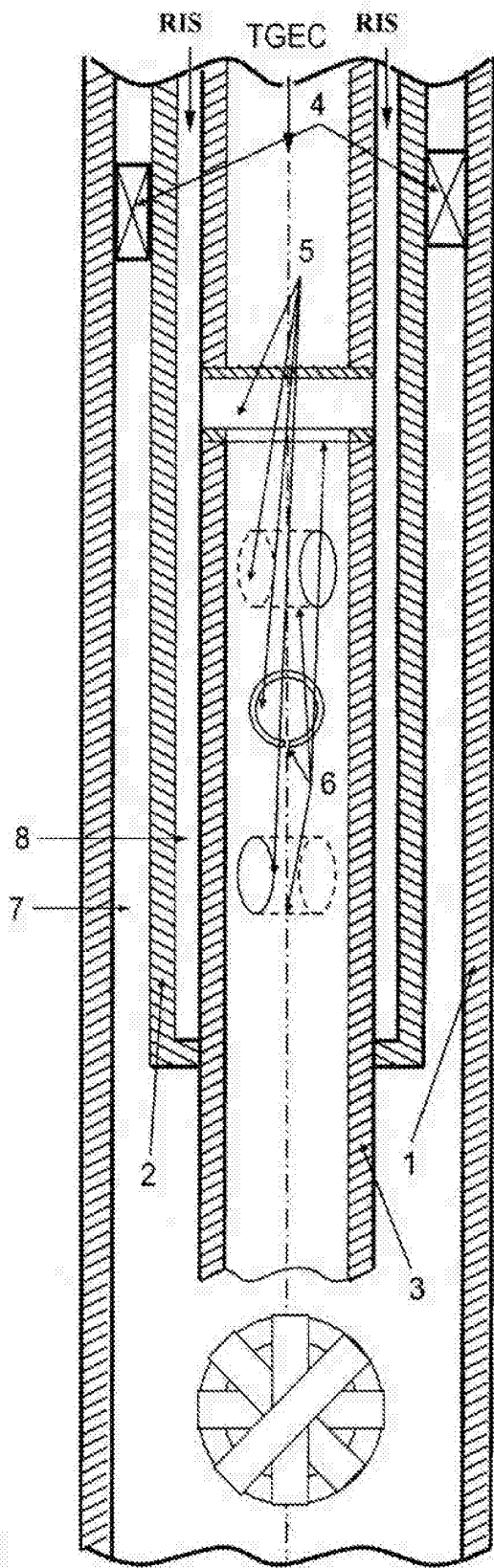


Fig. 1

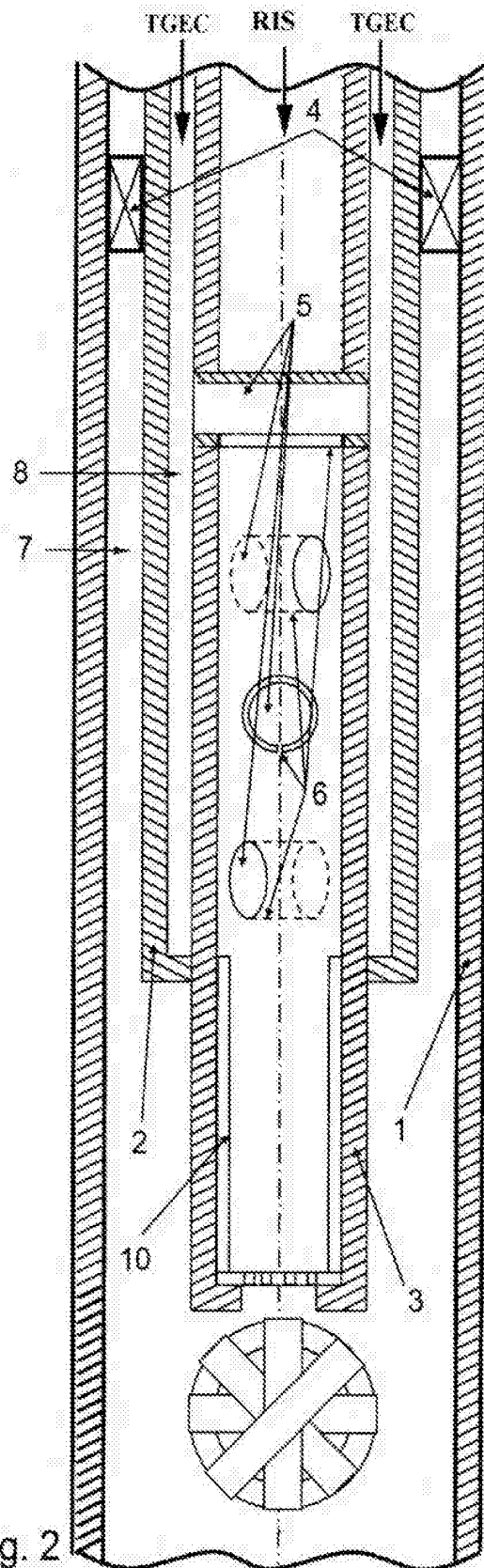


Fig. 2

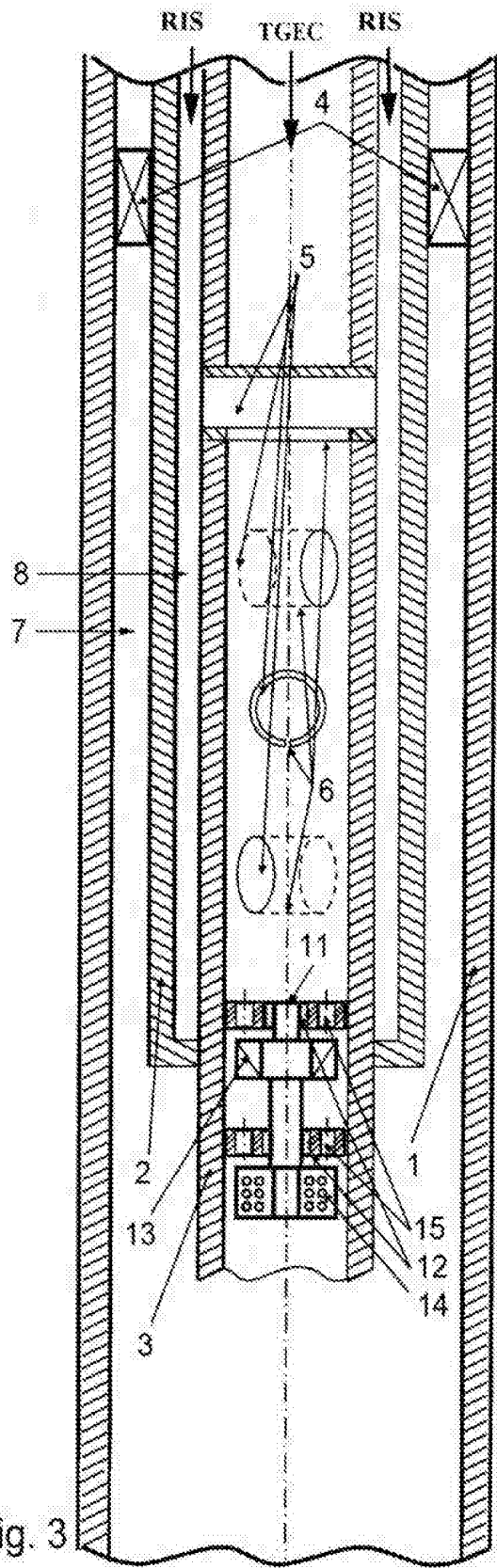


Fig. 3

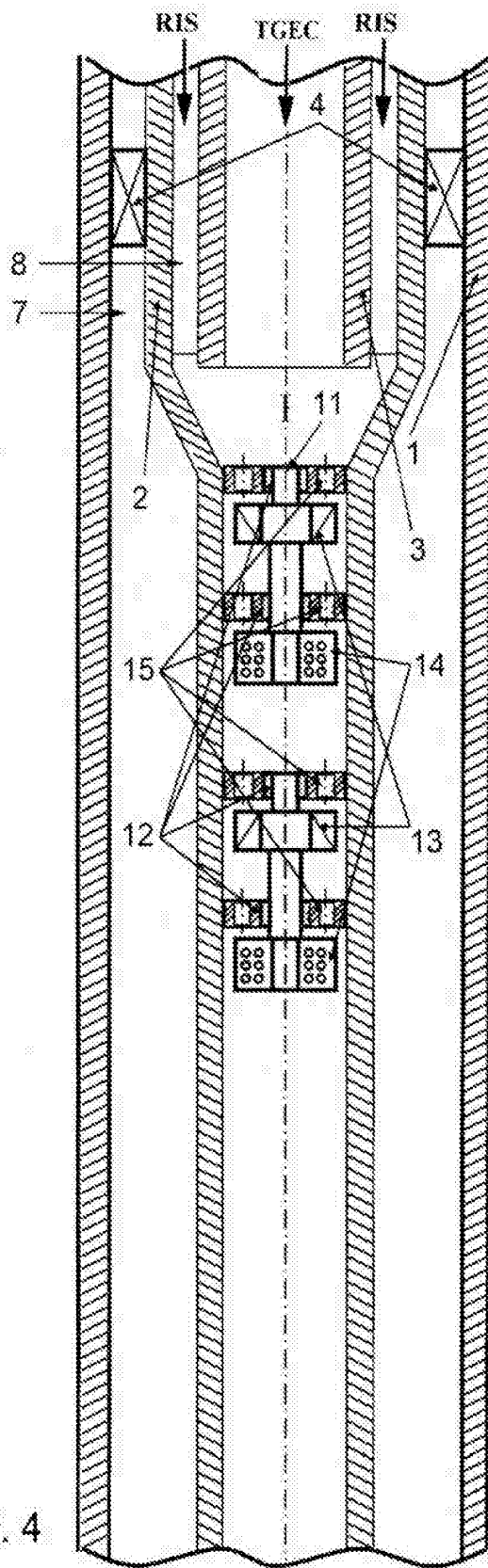
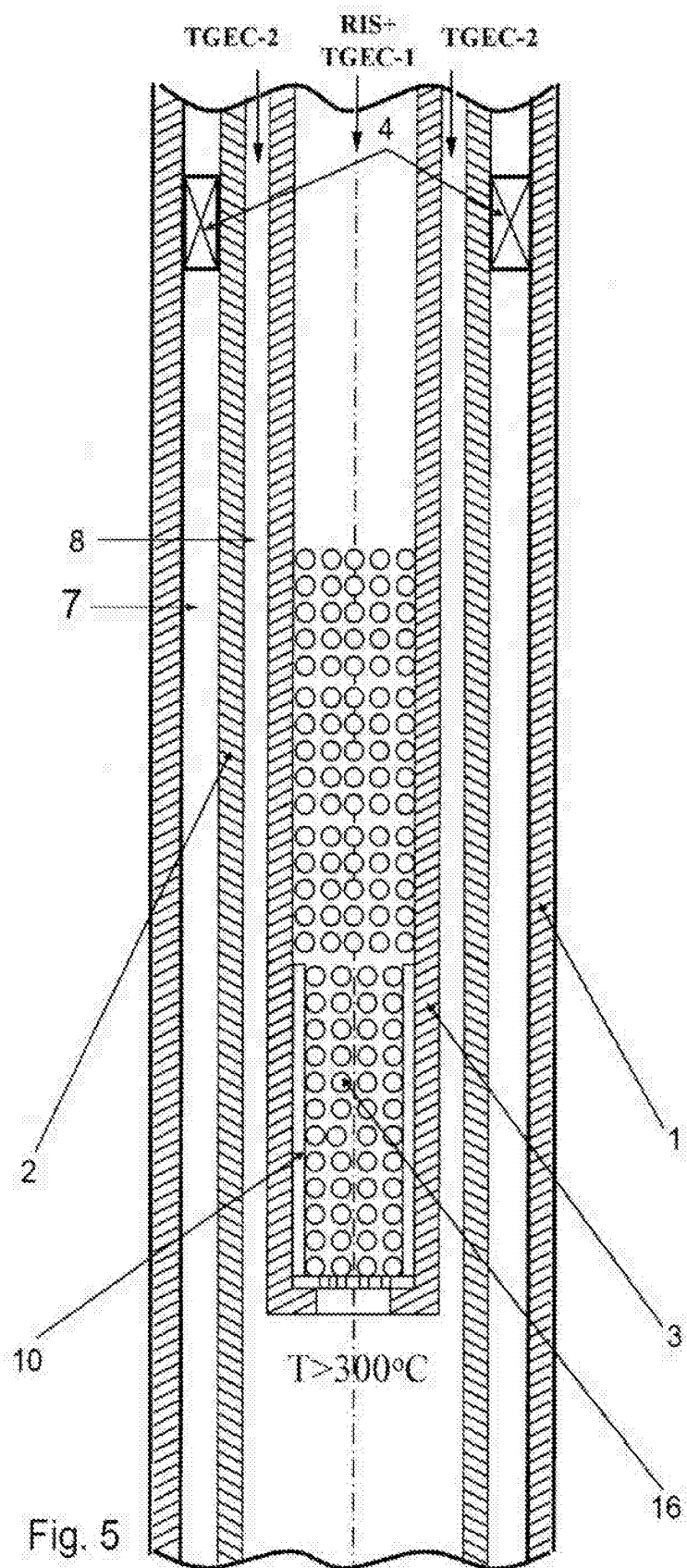


Fig. 4



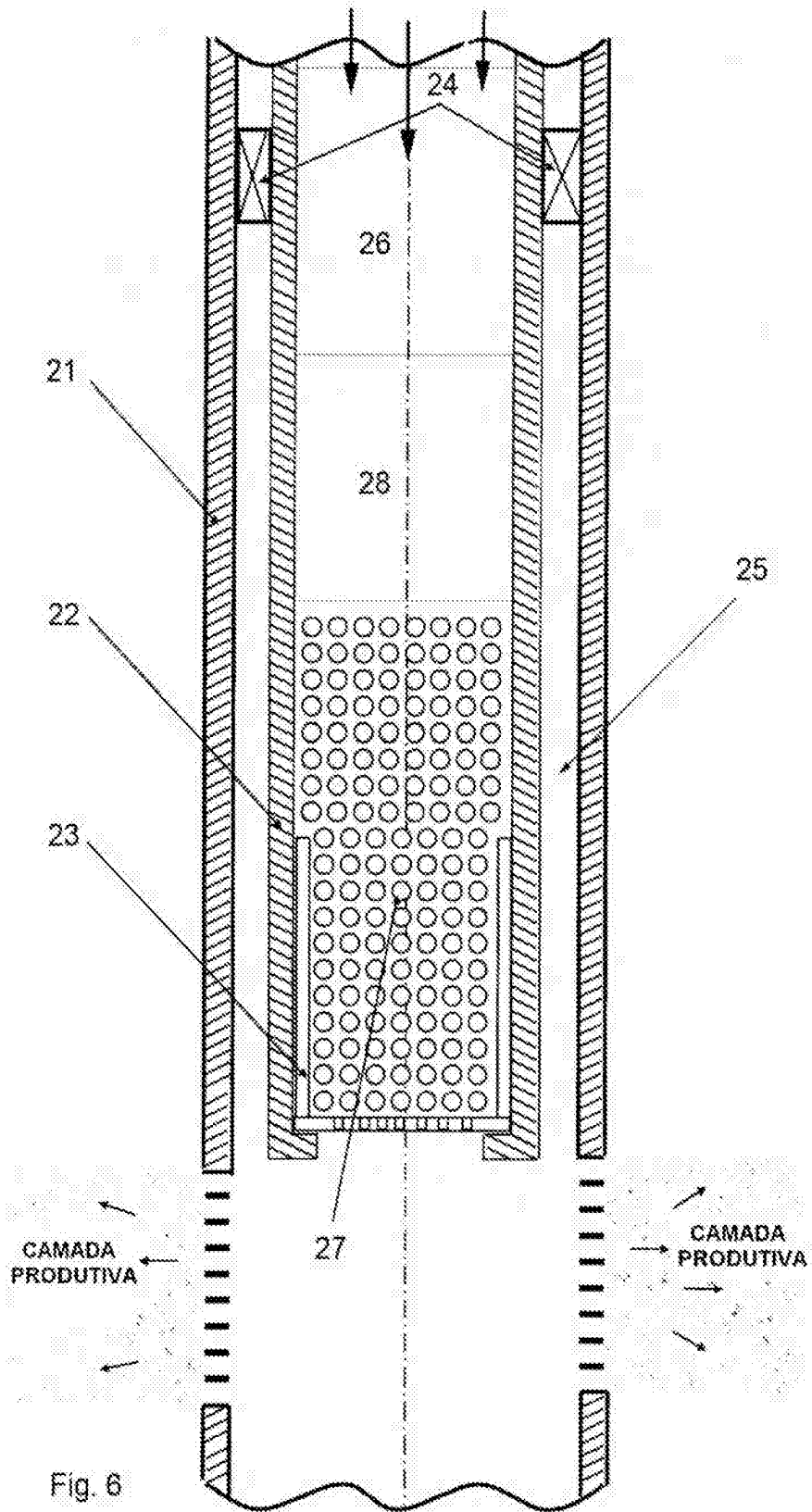


Fig. 6

RESUMO

Patente de Invenção: "COMPOSIÇÕES QUE REDUZEM VISCOSIDADE DE ÓLEO QUE SE DESENVOLVE EM GÁS PARA ESTIMULAR A CAMADA PRODUTIVA DE UM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO".

- 5 A presente invenção refere-se a um sistema de evolução química de composições que reduzem a viscosidade de óleo que se desenvolve em gás (GEOVDC) para estimular a camada produtiva de um reservatório de petróleo, isto é a composições químicas para um tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo, mais especificamente para iniciar uma reação química na zona de camada produtiva do reservatório de petróleo para
- 10 produzir calor e liberar gases de modo que a extração de óleo (petróleo) seja melhorada. A invenção adicionalmente refere-se a um método de tratar termoquimicamente um reservatório de petróleo por meio deste sistema químico, e a um aparelho para realizar tratamento termoquímico de um reservatório de petróleo.
- 15