



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

(11) PI 0603359-8 B1

(22) Data do Depósito: 15/08/2006

(45) Data de Concessão: 09/01/2018



* B R P I 0 6 0 3 3 5 9 B 1 *

(54) Título: EQUIPAMENTO PARA GERAÇÃO DE MICROESPUMAS

(51) Int.Cl.: E21B 43/22; B01F 3/08

(73) Titular(es): PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS

(72) Inventor(es): ROBERTO CARLOS GONÇALVES DE OLIVEIRA

EQUIPAMENTO PARA GERAÇÃO DE MICROESPUMAS

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção encontra seu campo de aplicação dentre os equipamentos para a geração de microespumas. Particularmente, dentre os
5 equipamentos para a geração de microespumas de modo contínuo e com diâmetro de bolha otimizado.

DESCRIÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA

É sabido que as características geológicas de um reservatório definem a qualidade, a capacidade de produção e as características físico-
10 químicas do petróleo produzido. Há uma tendência à redução da capacidade de produção de um reservatório de petróleo com o passar do tempo. Desta forma, técnicas avançadas de recuperação são comumente utilizadas à medida que o reservatório de petróleo tem sua capacidade de produção reduzida.

15 Uma das técnicas avançadas consiste na passagem de espumas através de um reservatório. Tal operação é bastante complexa, e depende das características da solução de tensoativo utilizada e da relação entre o diâmetro das bolhas e o diâmetro dos poros do reservatório. Na maioria dos casos, as bolhas presentes nas espumas convencionais apresentam
20 diâmetro superior ao diâmetro dos poros, de tal forma que necessitam sofrer deformação e até mesmo ruptura para que possam passar através dos poros. A fim de se atingir este objetivo, altos níveis de pressão são empregados.

De fato, um dos principais fatores que limitam o uso de espumas
25 convencionais na recuperação avançada de petróleo é a pressão mínima necessária para a sua injeção na matriz do reservatório. As espumas convencionais apresentam uma pressão mínima de escoamento que necessita ser superada para que se inicie o fluxo. A pressão mínima de

escoamento de uma espuma em um determinado meio poroso é inversamente proporcional ao tamanho das bolhas e diretamente proporcional à tensão superficial da solução de surfactante e a fatores geométricos que, por sua vez, dependem do tamanho e forma dos poros,
5 da compressibilidade do gás e da molhabilidade do meio poroso.

Desta forma, pensou-se na utilização de espumas com diâmetro pequeno, conhecidas no estado da técnica como microespumas. De uma forma geral, os processos de geração de microespumas conhecidos no estado da técnica são feitos em bateladas de pequenos volumes. Além
10 disso, as condições de repetibilidade, no tocante ao diâmetro médio e estabilidade, nem sempre são atingidas.

O principal mecanismo responsável pela desestabilização de espumas é a diferença de pressão interna entre as bolhas que as constituem. Esse diferencial de pressão está intimamente associado ao
15 tamanho das bolhas. De acordo com a equação de Laplace, a pressão interna das bolhas menores supera a das bolhas maiores. Assim, ocorre o colapso das bolhas menores quando estas entram em contato com as bolhas maiores.

Uma das mais conhecidas concepções de um equipamento para a
20 geração contínua de microespuma utiliza um tubo Venturi para impor ao sistema ar-solução surfactante, o cisalhamento necessário para a geração de uma microespuma. Apesar de esta concepção permitir a geração de microbolhas, as principais desvantagens do equipamento são: a necessidade de reciclagem de grande parte da microespuma produzida e
25 a geração de microbolhas com uma ampla distribuição de diâmetros.

Uma outra concepção de equipamento para a geração de microespumas, também bastante conhecida no estado da técnica, está baseada no cisalhamento imposto no seio da solução surfactante por um

disco rodando em alta velocidade de rotação. O princípio de geração de microespumas deste equipamento baseia-se na formação de filmes finos durante os choques sucessivos da solução de surfactante, inicialmente depositada sobre o disco, contra as barreiras mecânicas instaladas no interior do reator. Todavia, as microbolhas geradas neste tipo de equipamento não são significativamente menores do que aquelas produzidas em um equipamento que utiliza um tubo Venturi.

O uso de espumas na recuperação avançada de petróleo é um processo bastante conhecido no estado da técnica. A patente européia EP 0 184 433 protege um processo de preparação de emulsões onde uma espuma é formada e dispersa em óleo, de modo a formar gotículas de óleo com diâmetro compreendido em uma faixa de valores entre 2 e 50 μm .

A patente norte-americana US 3,599,715 protege um processo de recuperação de óleo por intermédio de uma espuma formada por óleo, surfactante e, preferencialmente, de 80% a 90% em volume de água.

A patente norte-americana US 5,042,583 revela um processo em que espuma e água são injetadas simultaneamente para otimizar a recuperação de petróleo. Da mesma forma, a patente norte-americana US 5,076,357 protege a injeção de espuma para um reservatório contendo óleo leve.

As patentes até aqui citadas, não levam em consideração alguns fatores que podem onerar o processo, bem como diminuir a eficiência global do mesmo. De fato, nos equipamentos e processos para geração de microespumas conhecidos no estado da técnica, não se consegue uma adequada dispersão de diâmetro das microbolhas produzidas, o que acarreta uma diminuição da estabilidade das microespumas produzidas.

Assim, o estado da técnica caminha para uma solução que possa gerar de forma contínua microespumas mais estáveis e com distribuição uniforme de diâmetros de bolha.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O equipamento para geração de microespumas, objeto da presente invenção, contempla uma solução que viabiliza a geração de microespumas com elevado grau de qualidade, com maior estabilidade e com distribuição uniforme de diâmetros de microbolhas.

Além disso, o referido equipamento é capaz de gerar uma microespuma de forma contínua com condições favoráveis de repetibilidade, de modo a manter os elevados padrões de qualidade quando da realização das operações.

Tais objetivos são alcançados por intermédio de um equipamento de geração de microespumas projetado para um elevado grau de cisalhamento da solução aquosa de surfactante. O referido equipamento compreende uma carcaça e um rotor com saliências e reentrâncias. O referido rotor forma, em conjunto com a carcaça, pequenas câmaras com volumes diferentes.

Quando posto em uma alta velocidade de rotação, o referido rotor promove um cisalhamento da solução aquosa de surfactante. Assim sendo, a passagem da solução aquosa por estas câmaras forma uma microespuma estável e com distribuição uniforme de diâmetro de bolha.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

O equipamento para geração de microespumas, objeto da presente invenção, será mais bem percebido a partir da descrição detalhada que se fará a seguir, a mero título de exemplo, associada aos desenhos abaixo referenciados, os quais são partes integrantes do presente relatório.

A Figura 1 mostra esquematicamente uma vista em corte de um equipamento para geração de microespumas, de acordo com a presente invenção.

A Figura 2 mostra esquematicamente uma vista em perspectiva de um equipamento de geração de microespumas, de acordo com a presente invenção.

A Figura 3 mostra esquematicamente uma vista em corte de um rotor de um equipamento para geração de microespumas, de modo a facilitar a visualização e o entendimento dos detalhes do objeto da invenção.

A Figura 4 mostra esquematicamente uma vista em corte de uma carcaça de um equipamento para geração de microespumas, de modo a facilitar a visualização e o entendimento dos detalhes do objeto da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O equipamento para geração de microespumas, objeto da presente invenção, será feita de acordo com a identificação dos respectivos componentes, com base nas figuras acima descritas.

As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram esquematicamente um equipamento para geração de microespumas (1), de acordo com a presente invenção. De acordo com as figuras, o equipamento para geração de microespumas (1) compreende:

- uma carcaça (2) cilíndrica, referenciada na figura 1, que apresenta:
 - uma pluralidade de saliências (4) e reentrâncias (5) em sua superfície interna, referenciadas na figura 2;
 - um conector (6), posicionado tangencialmente à carcaça (2) para a conexão de uma tubulação de admissão de solução aquosa de um surfactante, referenciado na figura 4;
 - um conector (7), posicionado segundo eixo longitudinal, para a conexão de uma tubulação de saída de microespuma formada, referenciado na figura 4; e
- um rotor (3) cilíndrico maciço (que pode ser observado na figura 1), concêntrico à carcaça (2) que possui uma pluralidade de saliências (8) e reentrâncias (9) em sua superfície externa, melhor vistas na figura 3.

As saliências (8) e reentrâncias (9) do rotor (3) formam com as saliências (4) e reentrâncias (5) da carcaça (2) uma pluralidade de câmaras

de cisalhamento (10). Algumas de grande volume (10a) intercaladas com câmaras de pequeno volume (10b). As câmaras de cisalhamento (10) estão referenciadas na figura 4.

Sendo assim, quando o rotor (3) de um equipamento para geração de microespumas (1) é posto em operação a uma velocidade de rotação compreendida em uma faixa de valores entre 11000 rpm e 24000 rpm, a solução aquosa de surfactante é submetida a um intenso cisalhamento que aliado a uma variação de volume das câmaras de cisalhamento (10), provoca a geração de forma contínua de uma microespuma estável com diâmetro de bolha otimizado.

A estabilidade da microespuma gerada pode ser medida por intermédio da porcentagem em volume de sua fase gasosa. A microespuma produzida por intermédio do equipamento objeto da presente invenção possui uma porcentagem em volume da fase gasosa compreendida em uma faixa de valores entre 40% e 60%.

Um processo de geração de microespumas compreende as seguintes etapas:

- mistura de uma solução aquosa de surfactante com uma corrente de gás;
- envio da mistura a um equipamento para geração de microespumas (1), de acordo com a presente invenção, onde a referida mistura é submetida a uma taxa de cisalhamento advinda da agitação que está compreendida em uma faixa de valores entre 5000 s^{-1} e 20000 s^{-1} , preferencialmente 10000 s^{-1} e 15000 s^{-1} ; e
- reciclagem de parte da microespuma obtida.

A descrição que se fez até aqui do equipamento para geração de microespumas (1), objeto da presente invenção, deve ser considerada apenas como uma possível ou possíveis concretizações, e quaisquer características particulares nelas introduzidas devem ser entendidas apenas como algo que foi descrito para facilitar a compreensão. Desta forma, não

podem de forma alguma ser consideradas como limitantes da invenção, a qual está limitada ao escopo das reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento para geração de microespumas (1), a partir de uma solução aquosa de surfactante, o qual é utilizado em um processo de geração de microespumas segundo as seguintes etapas:

- 5 - mistura de uma solução aquosa de surfactante com uma corrente de gás;
- envio da mistura a um equipamento para geração de microespumas (1), onde a referida mistura é submetida a uma taxa de cisalhamento advinda da agitação que está compreendida em uma faixa de valores
- 10 entre 5000 s^{-1} e 20000 s^{-1} , preferencialmente 10000 s^{-1} e 15000 s^{-1} ; e
- reciclagem de parte da microespuma obtida.

e caracterizado por compreender:

- uma carcaça (2) cilíndrica, que apresenta:
 - uma pluralidade de saliências (4) e reentrâncias (5) em sua
 - 15 superfície interna;
 - um conector (6), posicionado tangencialmente à carcaça (2) para a conexão de uma tubulação de admissão de solução aquosa de um surfactante;
 - um conector (7), posicionado segundo eixo longitudinal, para
 - 20 a conexão de uma tubulação de saída de microespuma formada; e
 - um rotor (3) cilíndrico maciço, concêntrico à carcaça (2) que possui uma pluralidade de saliências (8) e reentrâncias (9) em sua superfície externa.
- 25 2. Equipamento para geração de microespumas (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por as saliências (8) e reentrâncias (9) do rotor (3) formarem com as saliências (3) e reentrâncias (4) da carcaça (2) uma pluralidade de câmaras de cisalhamento (10).

3. Equipamento para geração de microespumas (1), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por as câmaras de cisalhamento serem de grande volume (10a) intercaladas com câmaras de pequeno volume (10b).
4. Equipamento para geração de microespumas (1), de acordo com a
- 5 reivindicação 1, caracterizado por produzir uma microespuma com uma porcentagem em volume da fase gasosa compreendida em uma faixa de valores entre 40% e 60%.
5. Equipamento para geração de microespumas (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o equipamento de geração de
- 10 microespumas (1) operar em uma velocidade de rotação compreendida em uma faixa de valores entre 11000 e 24000 rpm.

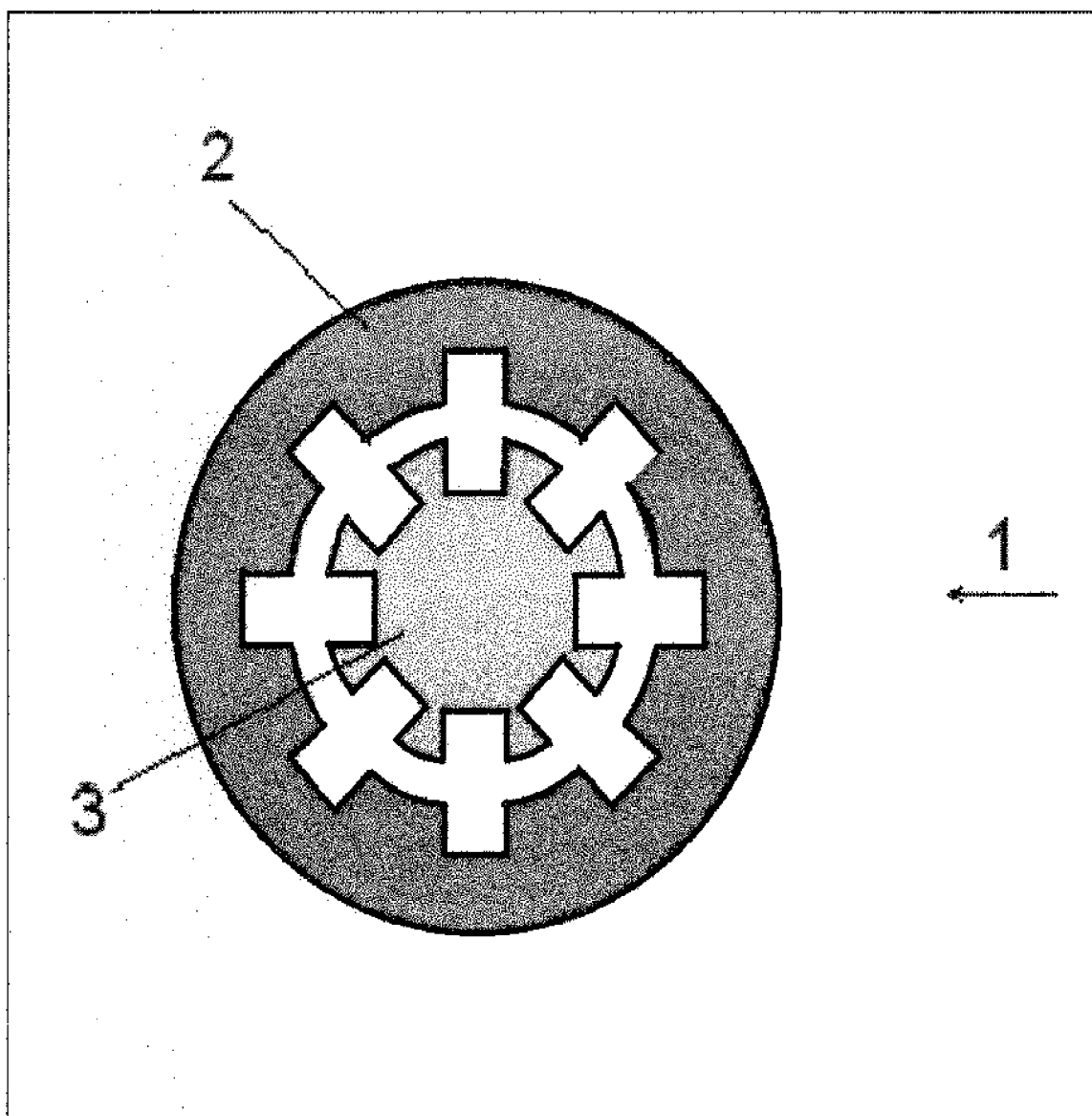


Figura 1

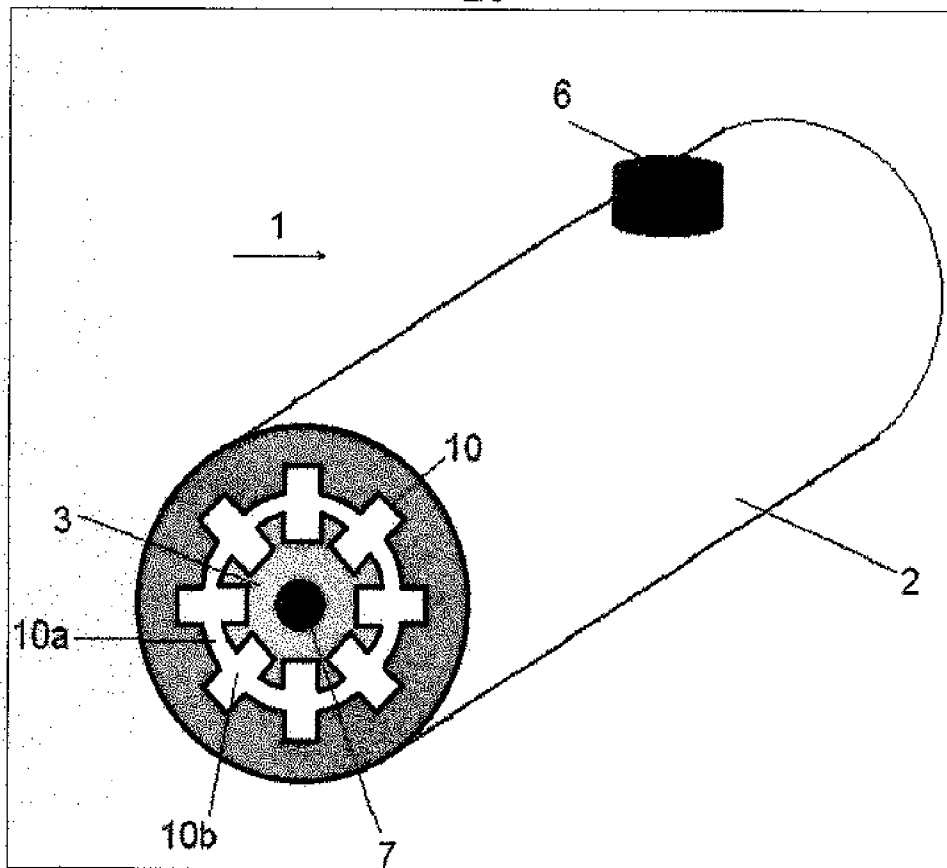


Figura 2

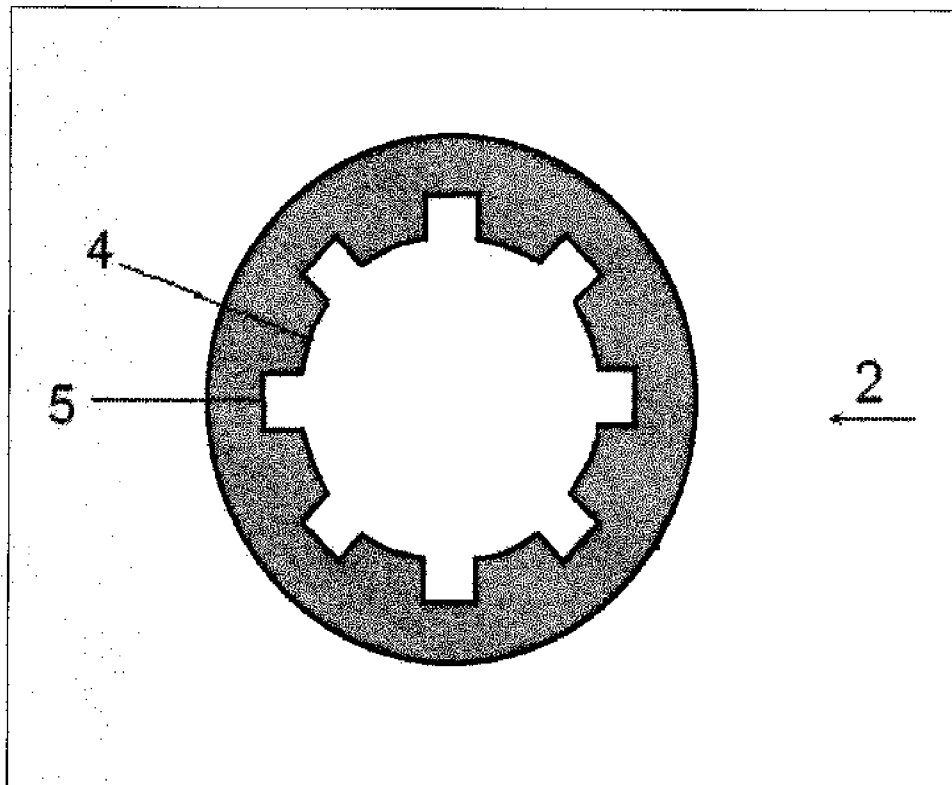


Figura 3

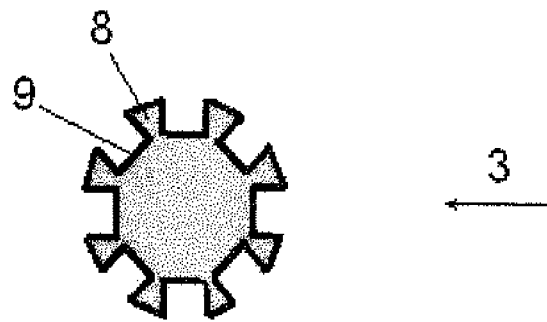


Figura 4