



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

(21) PI 0925083-2 A2



(22) Data do Depósito: 20/04/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 28/10/2010

(54) **Título:** DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DAS FASES DE FLUIDO EM UMA CORRENTE DE MULTIFASES, E, USO PARA A SEPARAÇÃO DE UMA FASE LÍQUIDO-LÍQUIDO E/OU DE UMA FASE LÍQUIDO/GÁS

(51) **Int. Cl.:** B04C 5/00; B04C 5/181.

(71) **Depositante(es):** SORBWATER TECHNOLOGY AS.

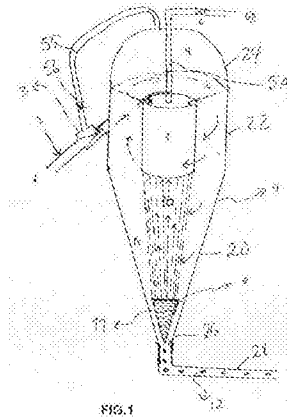
(72) **Inventor(es):** ATLE MUNDHEIM YLIKANGAS.

(86) **Pedido PCT:** PCT NO2009000150 de 20/04/2009

(87) **Publicação PCT:** WO 2010/123373 de 28/10/2010

(85) **Data da Fase Nacional:** 20/10/2011

(57) **Resumo:** "DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DAS FASES DE FLUIDO EM UMA CORRENTE DE MULTIFASES, MÉTODO PARA A SEPARAÇÃO DE FASES E COALESCÊNCIA DE HIDROCARBONETOS DE ÓLEO E/OU BOLHAS DE GÁS E/OU PARTÍCULAS LEVES, E, USO PARA A SEPARAÇÃO DE UMA FASE LÍQUIDO-LÍQUIDO E/OU DE UMA FASE LÍQUIDO/GÁS" É apresentado um dispositivo para a separação de fase líquido-líquido e/ou uma fase líquido-gás, onde uma ou mais das fases fica suspensa em água e tem um tamanho de bolha/gota/partícula na faixa de submicron a micro, e/ou material orgânico ou inorgânico particulado fino está presente em uma ou mais das fases. É apresentado, também um método e um uso para o dispositivo.



“DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DAS FASES DE FLUIDO EM UMA  
CORRENTE DE MULTIFASES, MÉTODO PARA A SEPARAÇÃO DE FASES  
E COALESCÊNCIA DE HIDROCARBONETOS DE ÓLEO E/OU BOLHAS  
DE GÁS E/OU PARTÍCULAS LEVES, E, USO PARA A SEPARAÇÃO DE  
5 UMA FASE LÍQUIDO-LÍQUIDO E/OU DE UMA FASE LÍQUIDO/GÁS”

A presente invenção refere-se a um dispositivo para separação  
melhorada de fases diferentes em correntes multifásicas, como esta aparece na  
introdução de acordo com a reivindicação 1 a seguir.

Mais especificamente, a invenção se refere à separação de  
10 fases diferentes em uma corrente de líquido-líquido, uma corrente de líquido-  
gás, ou nas mencionadas correntes onde também matéria sólida particulada  
fina pode ser uma parte da corrente, onde esta deve ser separada. Mais  
especificamente, a invenção se refere a um dispositivo integrado para coletar  
pequenas gotas de óleo e bolhas de gás na saída de um ciclone de flotação, de  
15 modo que estas possam ser liberadas com a corrente de líquido na saída do  
lado de água limpa do ciclone de flotação como bolhas de gás grandes e gotas  
de óleo grandes, que podem ser separadas muito facilmente em outro ciclone  
de flotação conectado em série na corrente de líquido ou em outro dispositivo  
de separação adequado.

20 Além disso, a invenção se refere à adição de um agente de  
sorção no ciclone de flotação, onde o dispositivo é integrado.

A invenção também se refere ao uso do dispositivo integrado  
em processos de formação de ciclone ou de flotação regulares, ou soluções de  
combinação dos mesmos, tal como aparece nas reivindicações seguintes,  
25 independentes e dependentes.

A invenção refere-se a tecnologia relacionada à separação de  
correntes multifásicas, onde as diferentes correntes têm pesos líquidos  
diferentes. Ela se refere, especialmente, à separação de óleo, água, e gás de  
água produzida pela indústria petrolífera, mas também se refere à separação

de poluição orgânica e inorgânica, da mesma maneira, de águas residuais em geral, bem como de água potável, onde o peso líquido do material separado desejado pode ser levado a um peso líquido menor do que a fase líquida principal.

5                   Em hidrocarbonetos (óleo/gás) provenientes de uma formação para uma planta de produção, também há água e partículas sólidas. A fase de água, que é separada inicialmente na planta de processo, é chamada de água produzida, e é lançada ao mar. No entanto, ela contém um pouco de óleo de forma finamente dividida, e, por conseguinte, representa uma poluição para o  
10                   mar. Consequentemente, a água produzida deve ser purificada destes hidrocarbonetos antes de ser liberada.

A invenção também se refere à coalescência de pequenas gotas de líquido da mesma fase em uma corrente multifásica líquido-líquido em grandes gotas de fases diferentes.

15                   A invenção também se refere à coalescência de bolhas de gás na faixa de micro a submicron em uma fase líquida em bolhas de gás maiores, onde estas foram acopladas como bolhas nesta faixa de submicron a micron, a poluição particulada e/ou hidrofóbica, e/ou oleofílica na fase líquida. Micron se refere a tamanhos de  $\mu\text{m}$ , e submicron se refere a tamanhos menores do  
20                   que  $1\mu\text{m}$ .

A invenção também se refere à adição de um agente de sorção muito leve em um ciclone de flotação, de modo a colocá-lo em contato com a poluição na fase líquida, de modo que o peso líquido de poluição absorvida na fase líquida seja significativamente mais leve, de modo que a separação  
25                   aconteça significativamente mais fácil no ciclone de flotação.

#### Métodos conhecidos

Existem atualmente diversas variantes diferentes de hidrociclones para a separação de componentes do peso líquido diferente.

A característica mais comum é que o líquido multifásico é

processado tangencialmente na câmara circular do ciclone, onde um cilindro aberto centralizado contribui para uma alta velocidade de rotação do líquido multifásico. Forças centrífugas separam partículas ou líquido com maior densidade específica em direção à parede externa da câmara, enquanto líquido/gás mais leve é arrastado para o centro do cilindro.

É formado um vórtice sob o cilindro, onde as fases de peso líquido baixo são reunidas e puxadas para cima no cilindro, e as fases mais pesadas seguem a parede externa e são processadas para fora através da saída no fundo do ciclone.

A fase leve, reunida em um vórtice sob o cilindro centralizado subirá pelo interior do cilindro e sairá através da saída como rejeito caso esta fase tiver que ser separada. Se, por exemplo, partículas ou líquidos com peso líquido maior do que o que deve ser mantido for contaminação (poluição), o rejeito permanecerá na saída do fundo do ciclone, e uma fase limpa subirá pelo cilindro centralizado na câmara de entrada do ciclone.

Separação adequada em correntes multifásicas como consequência da diferença no peso líquido,  $\Delta SG$  (delta de peso específico) sob a influência de forças centrífugas é conhecida como sendo aproximadamente proporcional, logaritmicamente, ao tamanho de gota de uma das fases a ser separada. Quanto menor a  $\Delta SG$ , maior o tamanho necessário da gota para separação igualmente eficiente. No caso oposto, com  $\Delta SG$  grande nas diferentes fases em um corrente, partículas/gotas menores podem ser separadas com a mesma força centrífuga.

Por conseguinte, para flotação, são desejadas bolhas de ar/gás na faixa do submicron de modo a acoplá-las à poluição no líquido, de modo que a poluição possa alcançar um peso líquido baixo.

É conhecido que, pela saturação de ar/gás no líquido (água) sob pressão, o oxigênio/gás se expandirá com a redução da pressão como bolhas de oxigênio/gás na faixa do submicron. Além disso, é conhecido que a

água produzida na indústria petrolífera é processada a partir de reservatórios sob pressão relativamente alta. Durante a separação posterior de óleo/água/gás na superfície, a pressão é liberada nas diferentes etapas de separação antes do lançamento no mar ou re-injeção de água. É conhecido que as bolhas de gás, em seguida, serão liberadas com um tamanho de até poucos microns, e também bolhas de gás menores do que 1 micron. Sabe-se também que parte do óleo na água, que é mais difícil de separar, é da ordem de tamanho de 5 a abaixo de 1 micron.

Sabe-se também que gás pode ser adicionado antes a um ciclone de flotação, bem como, ser reciclado em um ciclone de flotação para a purificação de óleo da água produzida.

É conhecido que os critérios de sucesso, para a separação eficiente em um ciclone de flotação onde bolhas de gás são acopladas à poluição de modo a alcançar a diferença de peso líquido, são dependentes do tamanho da bolha. Uma quantidade maior de bolhas menores tem uma chance melhor de se conectar com a poluição com o subsequente acoplamento. Bolhas pequenas são mais lentas para separar, e têm uma chance melhor de se encontrar com a poluição, caso o processo proveja tempo suficiente para isto.

Sabe-se que uma bolha de gás pode se ligar a uma gota de óleo por aderência, com uma ligação relativamente fraca à gota de óleo, ou pela gota de óleo encapsulando a bolha de gás, onde essa ligação é formidavelmente mais forte.

É conhecido que a aderência é o mais proeminente dos processos conhecidos de flotação, e que bolhas de gás, neste caso, removem gotas de óleo de seu próprio tamanho ou maiores.

É bem conhecido, também, que a utilização de flotação de micro bolhas em técnicas de flotação conhecidas significa a necessidade três vezes mais de um tempo de residência no tanque de flotação para que as bolhas acopladas à poluição tenham tempo para subir até a área de

raspagem/separação. Sabe-se também que um tamanho de bolha de 30-200 microns no ar/gás requer um tanque com uma superfície de  $10\text{m}^2$  e uma altura de mais de 2,6m por  $100\text{m}^3/\text{t}$  de água processada com técnicas de flotação regular. A razão para isto é evitar que uma corrente de curto-circuito de ar/gás/poluição seja puxada para fora, para o lado de água limpa, no fundo do tanque de flotação.

Sabe-se também que têm sido feitas as, assim chamadas, soluções híbridas, onde princípios de flotação, formação de ciclone, e remoção de ar/gás foram combinados em uma unidade. Estas unidades têm uma velocidade de fluxo típico ideal de 40 segundos. Água poluída misturada com gás é trazida tangencialmente para um tanque cilíndrico. Um cilindro interno recobrimdo  $1/3$  da altura total do tanque é colocado tipicamente no centro, correspondendo ao cilindro localizador de vórtice de um ciclone padrão, de modo a aumentar a velocidade de rotação do líquido. A velocidade é, então, interrompida sob o cilindro e um vórtice é criado abaixo do cilindro interno. Material poluído com gás escoo ascendentemente para o cilindro interno e é levado embora, e água potável é levada para fora no fundo do tanque do cilindro.

Isso está descrito nos pedidos de patente US 6.749.757 B2, e WO 2005/079.946 A1, entre outros.

Indústrias de óleo e gás criam grandes emissões de água produzida que requerem limpeza. Emissões ocorrem quando 30-80% de água misturada com óleo/gás são produzidos dos reservatórios. Água/óleo/gás são separados nos campos, e a fração de água que não é injetada no reservatório é liberada para o receptor depois de passar por processos de limpeza diferentes para reduzir o teor de hidrocarbonetos. É típico, para um campo, duas correntes de água. "Uma corrente de água limpa" do separador pressurizado tem, tipicamente, um volume de  $10.000-100.000\text{m}^3$  de água por dia, dependendo do tamanho do campo. Esta primeira etapa de separação pode

reduzir o teor de óleo para até 10-40mg/l. O tamanho da gota da fração de óleo remanescente que a tecnologia atual não captura é, tipicamente, a porção abaixo de 5-10 microns.

Na segunda e terceira etapas de separador da separação de óleo/gás/água, são gerados, tipicamente, de 1.000-5.000m<sup>3</sup> de água poluída por dia em um campo em mar aberto. Essa água, chamada de "corrente de água suja", tipicamente, tem um teor de óleo variando de 100-1.500mg/l. Esta é geralmente limpa usando-se flotação ou filtros de coalescência e flotação. Tecnologias conhecidas não extrairão gotas de óleo menor do que 5-10 microns e, portanto, as emissões variarão de 10-40mg de hidrocarbonetos de óleo/l.

As tecnologias conhecidas utilizadas para a limpeza compreendem o seguinte:

- Ciclones onde o óleo é separado mecanicamente da água.
- Alimentação combinada de condensado sob pressão para atualizar o tamanho da gota de óleo com a subsequente separação em um ciclone.
- Células de flotação, onde o óleo é flotado usando-se flotação de gás (hidrocarbonetos muito leves, os, assim chamados, gases combustíveis, ou nitrogênio, como o veículo de flotação).
- Remoção por flotação/ciclone/gás combinados onde a flotação ocorre em um tanque cilíndrico vertical reto com alimentação tangencial de líquido, e onde uma placa rompedora de vórtice é montada no fundo do tanque reto com um fundo e topo arredondados.
- Coalescência de gotas de óleo em uma corrente de líquido usando meios ou placas inseridas na corrente de líquido.

Adsorção em filtros de meios preparados.

Todos os processos conhecidos podem usar flocculantes ou agentes de extração para aumentar o efeito dos processos.

A limitação dos métodos conhecidos deve-se ao fato deles não serem bem adequados para o tratamento dos grandes volumes de águas residuais gerados, quando se trata de remover gotas de óleo menores do que 5-10 microns. Esta é, por exemplo, uma das principais razões pelas quais a emissão média de óleo em água produzida pela indústria de óleo e gás, hoje em dia, é de aproximadamente 16mg/l, no mar do Norte.

É um objetivo da presente invenção produzir um dispositivo novo e melhorado, colocado em uma corrente de água de processo contínua em um ciclone de flotação de separação multifásico que, quando da liberação de gás causada pela queda de pressão na entrada do ciclone de flotação ou através de gás de alimentação, micro bolha de gás ou líquido saturado de pressão de gás, torne possível a separação de óleo/água/partículas/gás, com um tamanho de gota/partícula/bolha também menor do que 5-10 microns, sem que esta alimentação de micro bolhas de gás, exija mais tempo de permanência na câmara de separação para separação eficiente.

Além disso, é um objetivo da presente invenção produzir um método novo e aperfeiçoado para a separação de hidrocarbonetos de óleo de água e, especialmente, gotas de óleo menor do que 5-10 microns, em um ciclone de flotação compacto utilizando uma alimentação de, ou a presença de líquido saturado de gás e micro bolhas de gás na corrente de água de processo na frente do dispositivo.

Além disso, é um objetivo da presente invenção produzir um método novo e aperfeiçoado para separar óleo de água de acordo com os objetivos acima mencionados, também, pela combinação do uso do dispositivo no qual a água de processo é processada com água saturada de gás e micro bolhas de gás sozinha, ou onde, adicionalmente, um floculante e/ou agente de extração finamente disperso é utilizado e/ou um agente de sorção leve e pulverizado é adicionado para aumentar a diferença de peso líquido de poluição absorvível e fase de água e, desse modo, aumentar o grau de

purificação no ciclone de flotação.

É um objetivo da presente invenção produzir usos para a separação de poluição orgânica e/ou inorgânica em uma corrente contínua de líquido.

5 O dispositivo, os métodos e os usos, de acordo com a presente invenção, são caracterizados pelos aspectos evidentes das características das reivindicações independentes a seguir.

Outras características da presente invenção são indicadas nas reivindicações dependentes.

10 A presente invenção revela um dispositivo que torna possível separar hidrocarbonetos de óleo, inclusive com um tamanho de gota abaixo de 5-10 microns, de água, onde há gás na fase líquida, ou onde a infusão de micro bolhas de gás ou água saturada com pressão de gás em uma corrente contínua de líquido pode ser adicionada com mistura vigorosa.

15 De acordo com a presente invenção, foi produzido um dispositivo que torna possível separar hidrocarbonetos de óleo, inclusive com um tamanho de gota abaixo de 5-10 microns, sem que isto resulte nas mencionadas bolhas e gotas de óleo pequenas que exigem um maior tempo de residência em um ciclone ou em um ciclone de flotação, de modo a serem  
20 separadas de hidrocarbonetos de óleo.

Além disso, foi produzido um dispositivo de separação de fase que usa a força centrífuga para aumentar o tamanho da bolha e gota de gotas de óleo e gás livre, de modo que o óleo/gás, quando a mistura deixa a câmara de separação, tradicional em ciclones ou tanques de flotação seja coalescida e  
25 separada como grandes gotas/bolhas que podem ser separadas em um novo ciclone de flotação conectado em série, sem a exigência conhecida de mais tempo de residência para separação de micro bolhas/gotas por flotação de micro bolhas regular.

Foi produzido um dispositivo para aumentar o tamanho da

bolha, gota e gás em uma corrente de água de processo multifásica, bem como, para melhor separação das fases para uso como rompedor de vórtice combinado e formar um segundo vórtice super poderoso em um ciclone ou um ciclone de flotação/tanque de flotação, de modo a melhorar, particularmente, a separação de gotas/bolhas/partículas na faixa do submicron na água de processo.

Foi produzido um dispositivo para aumentar o tamanho da bolha, gota e gás em uma corrente de água de processo multifásica, bem como, para separação melhorada das fases, para ser usado como uma segunda etapa de tratamento imediatamente integrada em um ciclone/tanque de flotação para melhorar, particularmente, a separação gotas de óleo/bolhas/partículas na faixa do submicron na água de processo que, de outra maneira, seriam arrastadas durante a etapa de separação devido ao seu estado de micron/submicron.

A presente invenção caracteriza-se por colocar o dispositivo em um ciclone de flotação/tanque de flotação com entrada tangencial, localizador de vórtice, e saída para corrente de rejeito e corrente principal, através do qual a corrente principal é processada a uma velocidade apropriada para provocar separação multifásica como consequência da atração gravitacional sobre as fases de peso líquido diferente.

A invenção é caracterizada, adicionalmente, pelo processamento de líquido poluído com fases de gás/poluição com pesos líquidos diferentes através de ciclone de flotação/tanque de flotação onde a porção principal das fases coalesce e algumas micro bolhas de gás encapsuladas por óleo e óleo coalescido/outra poluição são levadas para a saída em um ciclone de flotação tradicional ou flotação, onde o dispositivo colocado em uma parte de saída cônica da câmara principal no ciclone de flotação/tanque de flotação forma um segundo vórtice super forte, que puxa para dentro gás residual/gotas que, de outra maneira, seguiriam a corrente de

saída como poluição não purificada.

A presente invenção é caracterizada, adicionalmente, pelo fato de o dispositivo colocado na saída do ciclone de flotação/tanque de flotação manter a coluna de vórtice super forte uniformemente para liberar grandes bolhas de gás/óleo/matéria leve pulsando quando bolhas/gotas de óleo/matéria leve na faixa do submicron, provenientes da corrente de líquido, são arrastadas para a coluna de vórtice saturado e, desse modo, supersaturando a coluna de vórtice uniforme, após o que esta libera bolhas grandes e frações coalescidas/aglomeradas grandes na saída do cone.

A presente invenção é caracterizada, adicionalmente, pela opção de usar o dispositivo em combinação com o uso de adição de fluidos de extração leves, agente de sorção leve pulverizado, ou flocculantes.

De acordo com um modo de realização preferido da presente invenção, um rompedor de vórtice indutor de separação e coalescência é colocado no interior de um ciclone de flotação/tanque de flotação cônico, contribuindo para uma etapa de separação adicional na faixa de submicron a micron. O rompedor de vórtice é uma placa redonda centralizada no cone, e funciona como um rompedor de vórtice comum, e estabiliza uma coluna de vórtice tradicional em relação a um localizador de vórtice, enquanto simultaneamente, fora da placa, libera fase líquida para a saída. Ao mesmo tempo, a placa bloqueia o segundo vórtice formado abaixo do rompedor, na continuação do cone, de modo que uma coluna de vórtice de gás saturado seja formada, a qual não migra ascendentemente pelo ciclone além do rompedor.

Em um modo de realização preferido da presente invenção, a placa redonda é colocada a uma distância adequada da saída do cone, de modo que um vórtice uniforme se forme sob o rompedor, e após saturação de gás/óleo se situe na parte de baixo do rompedor de vórtice como um cone uniforme de gás/óleo onde a água gira a grande velocidade além do cone de vórtice.

Em um modo de realização preferido da presente invenção, o giro de água é acelerado descendentemente no cone, e a distância do cone para o rompedor de vórtice é de modo que a velocidade de rotação/velocidade de movimentação descendente no cone impeça que o segundo vórtice de gás escape além do rompedor de vórtice, para cima, no tanque.

Em um modo de realização preferido da presente invenção, a distância do rompedor de vórtice para a saída do cone é grande o suficiente para que um vórtice constante de gás/líquido leve/matéria leve se forme sob o rompedor de vórtice, de modo que isto acelere significativamente o girar da água entre o lado de baixo do rompedor de vórtice e a saída de cone, de modo que o vórtice, como uma consequência de uma alimentação constante de bolhas de gás leves na faixa do submicron/óleo/matéria leve, seja saturado em um cone de gás uniforme com poluição leve/óleo coalescido, onde o óleo é reunido, principalmente, no fundo do cone de gás.

A presente invenção é caracterizada, adicionalmente, pela possibilidade da colocação do dispositivo em um ciclone de flotação fechado e com pressão manométrica aplicada que modo que, em forma de pulsação, purgue rejeito e gás/ar, de modo que o segundo vórtice saturado libere, assim, ponto por ponto, grandes gotas coalescidas em uma corrente uniforme por supersaturação como uma consequência de pequenas variações de pressão no tanque provocadas pela purga pulsada do rejeito.

A presente invenção é caracterizada pela opção de usar um floculante e/ou um agente de sorção leve adicionado antes, depois ou no ciclone de flotação, onde o dispositivo, de acordo com a invenção, é integrado.

A presente invenção é produzida para ser usada em um ciclone, um ciclone/tanque de flotação, onde separação de fases tradicional com pesos líquidos diferentes ocorre sobre o rompedor de vórtice, por meio do qual a invenção é usada como uma segunda etapa de separação, onde

matéria separada nesta etapa pode ser enviada para uma nova separação, um ciclone, um ciclone de flotação/tanque, para facilitar a separação, ou para uma câmara de separação integrada separada.

A presente invenção também pode ser produzida para ser usada em um ciclone ou tanque de flotação cilíndrico tradicional, com uma entrada tangencial, onde o rompedor de vórtice é colocado sobre uma saída cônica, de modo que, giro como descrito, seja induzido, e de modo que uma coluna de gás saturado com as características descritas surja sob o rompedor de vórtice.

#### 10 Vantagens da presente invenção

A presente invenção se distingue dos processos/invenções existentes por um separador de vórtice em um tanque de flotação/ciclone de flotação/ciclone, com uma saída cônica, pela colocação de um separador de vórtice a uma distância suficiente da saída de modo a produzir um segundo vórtice abaixo do rompedor, onde gás e/ou líquido multifásico com peso líquido diferente, ou outro líquido facilmente absorvido/extraído na fase fluida processada forma uma coluna uniforme de vórtice muito poderoso de fase de gás e/ou de líquido leve, e/ou agente de sorção em uma coluna de vórtice saturado. Esta coluna é saturada pela coalescência de gás particulado/óleo/agente de extração/agente de sorção, na faixa de submicron a micron, que normalmente escaparia do tanque em sua forma original.

A invenção se distingue, adicionalmente, de tecnologias conhecidas pela surpreendente descoberta de que o vórtice cônico saturado capturado sob o rompedor de vórtice libera, periodicamente, grandes bolhas de gás e/ou grandes gotas de óleo/agentes de extração/agentes de sorção coagulados que, em uma etapa de separação seguinte, são facilmente removidos. Esta liberação decorre de supersaturação de gás no segundo vórtice e/ou pressão manométrica de pulsação no ciclone de flotação provocada pela purga pulsada de poluição de rejeito/gás.

A presente invenção se distingue dos processos/invenções existentes, tornando possível o uso de água saturada de pressão de gás e injeção de micro bolha em correntes de água de processo para conseguir separação de fases melhorada entre fases diferentes em corrente de líquido sem que isto resulte em tempo de residência no equipamento de separação, e sem que as dimensões do equipamento de separação tenham que ser aumentadas como consequência de bolhas na faixa do submicron a micro que necessitam maior volume de separação na câmara de separação.

A presente invenção se distingue de invenções existentes pelo fato de água/gás/óleo muito mais finamente dispersos serem separados sob o próprio rompedor de vórtice em um segundo vórtice em um hidrociclone/ciclone de flotação ou em um tanque de flotação em grandes gotas/conglomerados coalescidos, que são facilmente separados em uma câmara de separação integrada ou em uma nova etapa de separação.

A presente invenção se distingue dos processos/invenções existentes pelo fato de gás, naturalmente presente em um corrente de líquido pressurizado pelo alívio de pressão, poder ser removido pela separação de bolhas de gás de 5-10 microns e também com menos de 1 micron, em uma gravidade extrema aplicada pelo segundo vórtice em um rompedor de vórtice em uma saída cônica de um ciclone de flotação pressurizado, e pelo fato de uma destas remoções também conseguir a remoção significativamente melhor de gotas de óleo do mesmo tamanho.

O dispositivo de acordo com a invenção é explicado em mais detalhes na descrição a seguir com referência às figuras correspondentes:

A Figura 1 mostra o dispositivo colocado em um ciclone de flotação fechado onde

(1) Entrada tangencial de água de processo (misturada alternativamente com floculante ou hidrocolóide).

(2) Injeção água saturada de gás de pressão/micro bolha de

gás/matéria de sorção leve.

(3) Ejetor para gás de reciclagem/aceleração de giro no ciclone.

(4) Bolsa de gás contida acima do localizador de vórtice.

5 (5) Rejeito de óleo/gás.

(6) Válvula de rejeito para obtenção de pressão manométrica no tanque.

(7) Localizador de vórtice tradicional.

(8) Placa rompedora de vórtice.

10 (9) Tanque de ciclone de flotação de forma cônica.

(10) Primeiro vórtice tradicional entre o localizador de vórtice e o rompedor de vórtice.

(11) Segundo vórtice saturado abaixo do rompedor de vórtice.

15 (12) Liberação [/emissão] de grandes bolhas de gás/gotas de óleo coalescidas provenientes do segundo vórtice na saída do ciclone de flotação.

A Figura 1 mostra um dispositivo, de acordo com a presente invenção, para a execução do método de acordo com a invenção. O dispositivo compreende um tanque de tratamento 9 (tanque de ciclone de flotação) com uma parte basal formada conicamente 20 (como uma corneta), e uma parte superior do tanque formada cilíndricamente 22, bem como, uma parte superior de topo 24 que pode ser em forma de domo. Este é apenas um exemplo de uma forma. Na ponta inferior da seção cônica 20 há uma saída 26 onde um tubo de desvio 28 é montado.

25 Na parte superior e no meio do tanque 9 é colocado um localizador de vórtice comum 7, que é um corpo cilíndrico para influenciar as correntes e a separação, no tanque 9, de maneira favorável.

Na metade superior do tanque 9 é localizado um tubo 1 para adições, arranjado de forma tangencial, para entrada tangencial dos fluidos a

serem tratados. A partir do topo do localizador de vórtice 7 é arranjado um tubo 5A que se estende para cima e para fora através da parte superior de topo 24. Este tubo continua como o tubo 5B, onde uma válvula é montada para regular a saída de óleo/gás, como ficará evidente a seguir.

5 Além do tubo de saída 5, um segundo tubo 55 corre para fora do topo da parte de topo 24, e é acoplado ao tubo de entrada 1. Este tubo 55 também compreende uma válvula 56 usada para regular correntes de uma bolsa de gás 4, localizada acima do localizador de vórtice 7 quando o dispositivo está em uso. Um ejetor 3 acoplado ao tubo 55 é usado para  
10 reciclar gás da bolsa 4.

A Figura 1 mostra, mais detalhadamente, para o processo executado pela presente invenção, como água com gás contendo óleo ou com gás/agente de sorção/floculante/agente de extração adicionado, é conduzida tangencialmente para um ciclone de flotação fechado tradicional (1), onde  
15 gás, com o auxílio de um ejetor (3), é reciclado a partir da bolsa de gás (4), que é mantida acima do localizador de vórtice (7), contribuindo para maior giro e coalescência de gotas/bolhas menores, bem como, para a remoção de óleo/gás, ascendentemente no tanque. A bolsa de gás (4) acima do localizador de vórtice (7) é mantida com uma pressão manométrica tipicamente menor do  
20 que 100kPa por ter o tubo de rejeito submetido à contrapressão acima da válvula (6), e, desse modo, óleo que flutuou até o nível superior de líquido pelo topo do localizador de vórtice (7) é expelido para fora do tubo de rejeito como uma consequência da pressão manométrica, e quando o tubo de rejeito (5) receber gás, a pressão manométrica cairá um pouco, de modo que o nível  
25 de óleo/nível do líquido atinge novamente nível acima da entrada do tubo de rejeito. O ciclo é repetido continuamente, e desta maneira óleo separado é esvaziado por pulsação do tanque através do tubo de rejeito (5). O ejetor (3) que recicla gás para remoção de gotas de óleo/pequenas bolhas de gás, principalmente na parte superior do ciclone de flotação, também funciona

como um gatilho para a liberação de bolhas de gás menores/bolhas na faixa do submicron com a pressão sendo liberada sobre o mesmo. A  $\Delta P$  sobre o ejetor (3) pode ser, tipicamente, de 50kPa, mas também um diferencial de pressão de até 1.500kPa pode ser carregado no ejetor (3), e isto libera uma grande fração de bolhas de gás muito pequenas que não são removidas em um curto tempo residência no ciclone de flotação de forma cônica (9), onde o tempo de residência típica do líquido fica entre 25-60 segundos. Além disso, o ejetor (3), com a sua função de construção proverá velocidade extra para a água que é trazida tangencialmente para o ciclone de flotação, de modo que a velocidade do giro seja maior ao redor de um localizador de vórtice tradicional (7). A velocidade do giro é ainda maior para baixo no ciclone de flotação como uma consequência da forma cônica do tanque (9). Uma coluna de vórtice de gás e líquido leve/partículas leves é arrastada para o centro do tanque de ciclone (9) e para na placa rompedora de vórtice (8) e, desse modo, um número de vórtice 1 é formado entre o rompedor de vórtice (8) e o localizador de vórtice (7). Neste, óleo, bolhas de gás e partículas leves são levadas para cima pelo tanque através do localizador de vórtice (7) para a superfície de líquido contra a bolsa de gás (4) onde componentes separados são levados para rejeição (5). Sob a placa rompedora de vórtice (8) há giro acelerado forte como consequência da forma cônica da saída do ciclone e do tanque de ciclone (9). Este giro, combinado com uma pressão negativa que se forma sob a placa rompedora de vórtice (8) como resultado da energia cinética do líquido fora da saída do tanque de ciclone, resulta nas gotas de óleo e bolhas de gás muito pequenas e difíceis de separar, separando e formando um cone de gás uniforme (11) com óleo coalescido no fundo, sob a placa rompedora de vórtice (8). Pela saturação deste cone de gás com óleo coalescido (11), este libera grandes gotas de óleo/bolhas de gás coalescidas (12) para fora através da saída do ciclone de flotação, e estas são facilmente separadas em uma nova etapa de separação. Essa liberação também é

reforçada pela pressão manométrica pulsando no tanque, como resultado da emissão de rejeito de pulsação através de (5) sobre (6).

#### Teste 1:

5 5.000 l de água foram misturados com óleo bruto a 240mg/l. A mistura foi executada em uma bomba de mistura de cisalhamento do tipo bomba multifásica EDUR EB4u sem mistura em gás. Medições do tamanho de partícula das gotas de óleo mostraram que 24 ppm de óleo bruto misturados tinham um tamanho de partícula abaixo de 5 microns.

10 Foi feita uma tentativa de remover o óleo usando-se uma injeção de bolhas de ar na frente de um ciclone/tanque de flotação cilíndrico compacto com uma injeção de bolhas de gás adicionada em um misturador de injeção padrão. O tanque tinha um localizador de vórtice cilíndrico e uma placa rompedora de vórtice colocada 8cm sobre o fundo curvo com saída no centro da curva. O tamanho típico da bolha de gás foi de 50-150 microns. Ela  
15 foi processada com água de poluída por óleo com uma taxa de entrada de  $1,6\text{m}^3/\text{t}$ .

Até 45ppm de hidrocarbonetos de óleo foram removidos da água purificada. 20 ppm da poluição residual medida tinham um tamanho de gota abaixo de 10 microns. O teste utilizou um ciclone/tanque de flotação compacto, com tempo de residência para a corrente de água de processo de 40  
20 segundos.

#### Teste 2:

O tanque do teste 1 foi, então, aberto e um cone frouxo proveniente do fundo do localizador de vórtice foi colocado contra a saída do  
25 tanque, de modo que o tanque de tratamento real ficou com a aparência como mostrada na Figura 1. O volume reduzido resultou em uma redução do tempo de residência para 22 segundos, mas o líquido recebeu um giro poderosamente acelerado. A mesma água poluída foi processada, com o resultado de apenas 12ppm de óleo chegando ao fim. O tamanho da gota do que passou foi de várias

centenas de microns, e apenas 1-2ppm tinham um tamanho de gota abaixo de 10 microns. Os testes foram executados em tanques de Plexiglas e com tubulação de Plexiglas. Foi observado que a água estava livre de pequenas bolhas de gás, após a saída, quando o segundo vórtice abaixo da placa rompedora vórtice se estabilizou. Além disso, foi observado que o cone de vórtice uniforme sob a placa rompedora de vórtice liberou gotas grandes de gás/óleo que pareceram pérolas em um colar no tubo de saída. O teste mostrou claramente que as pequenas gotas que passaram sem ser purificadas no teste estavam agora coalescidas na coluna de vórtice e foram liberadas como grandes gotas, e que a mesma coisa aconteceu com as gotas menores.

#### Teste 3:

A configuração do teste 2 foi usada, só que, desta vez, um tanque adicional foi conectado ao primeiro tanque, em série. Isso foi feito para possibilitar a separação de grandes gotas coalescidas detectadas na saída do tanque 1 no teste 2.

O resultado foi que agora, depois de tanque 2, havia apenas 1-2ppm de óleo na água de descarga. Todo o óleo na descarga tinha um tamanho de partícula abaixo de 1 micron. O teste mostrou que o dispositivo utilizado em um ciclone de flotação coalesce gotas de óleo menores do que 1 micron, de modo que estas possam ser separadas em uma etapa de purificação 2. Estas gotas de óleo pequenas não podem ser separadas utilizando-se a tecnologia conhecida.

#### Teste 4:

A configuração do teste 3 foi utilizada, com a diferença que, desta vez, um pó de turfa ativado por calor foi adicionado entre os tanques 1 e 2 como um agente de sorção. Isto foi tentado para adicionado tanto úmido, como lama, quanto seco, como pó. Em ambos os casos, 3ppm de turfa ativada por calor foram adicionados, que foram completamente removidos no ciclone de flotação 2. Em ambos os casos, o teor de óleo na água de descarga ficou abaixo do limite de detecção para a análise de 0,3ppm.

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo para a separação das fases de fluido em uma corrente de multifases, em que uma parte de uma ou mais das fases ficar em suspensão na água com um tamanho de gota na faixa de submicron a micron, e/ou onde material orgânico ou inorgânico particulado fino está presente em uma ou mais das fases, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é localizado em uma saída cônica em um tanque de separação com uma entrada tangencial para água de processo, e ele compreender um rompedor de vórtice em forma de placa circular (8) cuja superfície de topo é arranjada para romper um vórtice (10) contra um localizador de vórtice (7) e, simultaneamente, sob o rompedor de vórtice em uma saída cônica, é arranjado para formar uma segunda coluna de vórtice uniforme (11) de bolhas e/ou gotas e/ou agentes de extração de tamanho de poucos microns e submicrons, e/ou partículas de peso líquido menor do que a fase fluida, em que o rejeito proveniente da poluição flotada e gás no primeiro vórtice são sangrados em um tubo onde a sangria é gerada por pressão manométrica no dispositivo de separação, e que a pulsação de sangria de rejeito e gás do primeiro vórtice gera uma liberação de pulsação de grandes gotas de material de óleo/gás/particulado coalescidas da segunda coluna de vórtice saturado (11) sob o rompedor de vórtice.

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o dispositivo ser colocado em uma saída cônica de um hidrociclone pressurizado ou em um ciclone de flotação ou em um tanque de flotação com entrada tangencial para água de processo, e o dispositivo consistir de uma placa circular rompedora de vórtice cuja superfície de topo rompe um vórtice contra um localizador de vórtice e, simultaneamente, sob o rompedor de vórtice, em uma saída cônica, poder formar uma segunda coluna de vórtice uniforme de bolhas de gás e/ou gotas de óleo e/ou agentes de extração e/ou partículas de poucos microns e submicrons de um peso líquido menor do que a fase de fluido, que deixa escapar forças aplicadas por um giro

na corrente de líquido acima do rompedor de vórtice e, desse modo, seguir a corrente de líquido para um giro acelerado abaixo do rompedor, para que uma coluna de vórtice estática seja formada sob o rompedor de vórtice, a qual, após a saturação como um resultado de nova infusão estacionária de bolhas de gás e/ou gotas de óleo e/ou agentes de extração e/ou partículas de poucos microns e submicrons ou de peso líquido menor do que a fase fluida, libera partículas aglomeradas, bolhas/gotas grandes coalescidas no escoamento de saída.

3. Dispositivo de acordo com as reivindicações 1 a 2, para coalescência e para pré-separação e/ou aumento da diferença de peso líquido das diferentes fases, caracterizado pelo fato de injetar material de sorção leve na corrente de líquido de processo no, antes, ou depois do ambiente anular entre o gás saturado no segundo vórtice (11) e a parede interna da saída afunilada.

4. Dispositivo de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de vários tanques serem conectados em série ou conectados em paralelo.

5. Dispositivo de acordo com as reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de um novo dispositivo de separação para grandes gotas de óleo/gás/material particulado coalescidas ficar localizado após a saída do segundo vórtice (11).

6. Método para a separação de fases e coalescência de hidrocarbonetos de óleo e/ou bolhas de gás e/ou partículas leves em uma corrente de água produzida, no, depois, ou antes, de um ciclone/ciclone de flotação/tanque de flotação, caracterizado pelo fato de gerar, na corrente contínua, na saída de um dispositivo de separação, um vórtice sob um rompedor de vórtice que não possa escapar contra a direção da corrente de líquido que passa pelo rompedor de vórtice, de modo que a saturação de vórtice surja do gás/poluição arrastado(a) para o vórtice, e por meio de um rompedor de vórtice em uma saída cônica, gerar um segundo vórtice saturado

onde uma pressão de pulsação no dispositivo de separação provoca uma saída de pulsação de grandes gotas de óleo coalescente/gás/matéria particulada da segunda coluna de vórtice saturado sob o rompedor de vórtice.

5 7. Método de acordo com a reivindicação 6, compreendendo a separação de fases e a coalescência de hidrocarbonetos de óleo e bolhas de gás e/ou partículas leves em uma corrente de água produzida, no, antes ou depois de um ciclone/ciclone de flotação/tanque de flotação, caracterizado pelo fato de ser pela injeção de uma sorção de um agente de sorção leve em, antes, ou depois do ambiente anular entre o gás saturado no segundo vórtice e  
10 a parede interna da saída cônica.

8. Método de acordo com as reivindicações 6 a 7, compreendendo a separação de fases e a coalescência de hidrocarbonetos de óleo e bolhas de gás e/ou partículas leves em uma corrente de água produzida, no, antes ou depois de um ciclone/ciclone de flotação/tanque de flotação,  
15 caracterizado pelo fato de, após o dispositivo, de acordo com a invenção, serem conectados em série vários dispositivos de separação ou outros dispositivos de separação, de acordo com a invenção.

9. Uso para a separação de uma fase líquido-líquido e/ou de uma fase líquido/gás, com ou sem material orgânico e/ou inorgânico  
20 particulado, de acordo com as reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de a fase ou material particulado ser, ou ser feito mais leve do que, pelo menos uma das fases em uma corrente de líquido contínua.

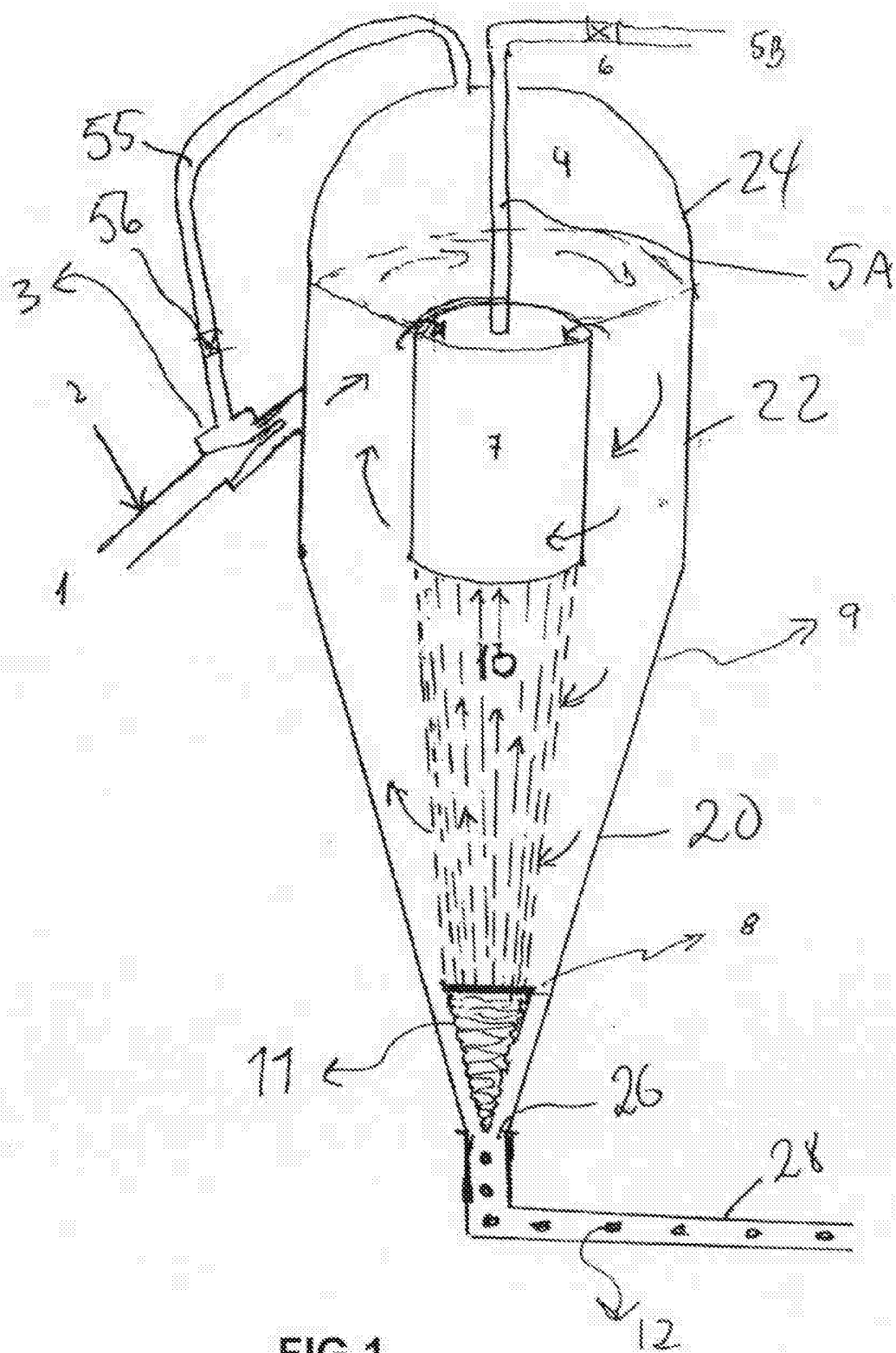


FIG.1

RESUMO

“DISPOSITIVO PARA A SEPARAÇÃO DAS FASES DE FLUIDO EM UMA  
CORRENTE DE MULTIFASES, MÉTODO PARA A SEPARAÇÃO DE FASES  
E COALESCÊNCIA DE HIDROCARBONETOS DE ÓLEO E/OU BOLHAS  
5 DE GÁS E/OU PARTÍCULAS LEVES, E, USO PARA A SEPARAÇÃO DE  
UMA FASE LÍQUIDO-LÍQUIDO E/OU DE UMA FASE LÍQUIDO/GÁS”

É apresentado um dispositivo para a separação de fase líquido-  
líquido e/ou uma fase líquido-gás, onde uma ou mais das fases fica suspensa  
em água e tem um tamanho de bolha/gota/partícula na faixa de submicron a  
10 micro, e/ou material orgânico ou inorgânico particulado fino está presente em  
uma ou mais das fases. É apresentado, também um método e um uso para o  
dispositivo.