



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

(21) **PI 0713290-5 A2**



(22) Data de Depósito: 15/06/2007  
(43) Data da Publicação: 08/01/2013  
(RPI 2192)

(51) *Int.Cl.:*

B01D 17/02  
B01D 21/00  
B01D 21/24  
B01D 21/26  
B04C 5/04  
B04C 5/13  
B04C 5/14  
B04C 5/15  
E21B 43/34  
E21B 43/36  
E21B 43/40

(54) **Título:** SEPARADOR E MÉTODO DE SEPARAÇÃO

(30) **Prioridade Unionista:** 16/06/2006 GB 06 11941.6

(73) **Titular(es):** Cameron International Corporation

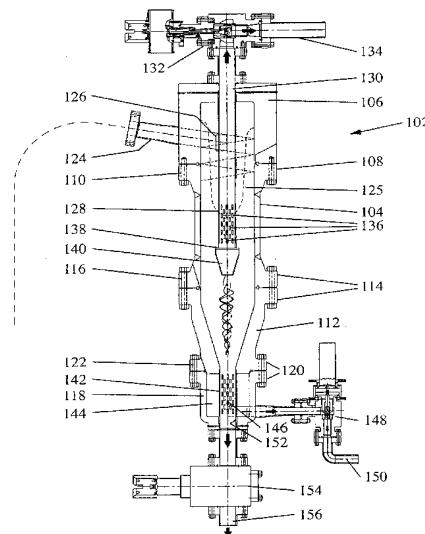
(72) **Inventor(es):** Hans Paul Hopper

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

(86) **Pedido Internacional:** PCT GB2007002220 de 15/06/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/144631 de 21/12/2007

(57) **Resumo:** SEPARADOR E MÉTODO DE SEPARAÇÃO. A presente invenção refere-se a um método de separar um fluido de múltiplas fases, o qual compreende um componente de densidade relativamente alta e um componente de densidade relativamente baixa. O método compreende introduzir o fluido em uma região de separação; conferir um movimento giratório no fluido de múltiplas fases; formar uma região anular externa de rotação de fluido com espessura pré-determinada na região de separação; e formar e manter um núcleo de fluido em uma região interna; sendo que o fluido que entra no tanque de separação é direcionado na região anular externa; e a espessura da região anular externa é tal que o componente de alta densidade está concentrado e substancialmente contido nessa região, o componente de baixa densidade é concentrado no núcleo giratório. Um sistema de separação que emprega o método é também fornecido. O método e o sistema são particularmente adequados para a separação de detritos sólidos dos fluidos produzidos por um poço de óleo ou gás subterrâneo em pressão de fluxo de cabeça do poço.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SEPARADOR E MÉTODO DE SEPARAÇÃO**".

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um separador e a um método de separação. O separador e o método encontram uso particular na separação de misturas de múltiplas fases, especialmente aquelas que contêm gases, líquidos e sólidos. A presente invenção é particularmente adequada, mas não limitada à aplicação na separação dos produtos de poços de óleo e gás em terra, em uma plataforma, ou especialmente em localizações subma-  
10 rinas.

A abordagem convencional para o desenvolvimento de campos submarinos de produção de hidrocarbonetos é estabelecer uma pluralidade de poços submarinos conectados através de uma infraestrutura submarina, tubulações e dutos elevatórios para uma instalação de processamento em  
15 superfície. Como um resultado, os sólidos no fluxo do poço são atualmente carregados no fluido na instalação de processamento em superfície, a qual pode ser um tanque ou uma plataforma de produção flutuante. A instalação de processamento em superfície inclui tipicamente o equipamento de separação para separar areia, gás e água do óleo produzido nos poços. O gás e  
20 a água recuperados desta forma são frequentemente reinjetados no fundo do mar em poços. Isso necessariamente faz com que o bombeamento do gás e da água recue a partir de uma série de tubulações e dutos elevatórios ao fundo do mar.

Uma nova abordagem deste problema tem sido dispensar com  
25 muitas das instalações de processamento na superfície e localizar as instalações relevantes no fundo do mar em uma localização adjacente ou conveniente aos poços de produção. O objetivo é remover a infra-estrutura extensiva necessária para trazer todos os fluxos produzidos à superfície e retornar partes significativas ao fundo do mar para re-injeção. Enquanto tal arranjo  
30 realmente reduz o gasto de capital e os custos operacionais das instalações, ele é acompanhado por problemas significativos.

Com o equipamento de processamento, tal como separadores

de água, gás e sólidos, situados em tanques ou plataformas na superfície, o reparo e a manutenção dos componentes são relativamente diretos, com acesso prontamente disponível ao equipamento. Entretanto, essa não é a situação com instalações submarinas, em particular aquelas além da profundidade de mergulho seguro. De preferência, o acesso ao equipamento localizado no fundo do mar pode ser por equipamento controlado remotamente ou roboticamente ou devolvendo o equipamento à superfície para reparo e/ou serviço. Então, a intervenção é muito limitada, com a capacidade de acessar o equipamento diminuindo à medida que a profundidade da instalação abaixo da superfície aumenta. Aprecia-se assim que a falha do equipamento localizado no fundo do mar representa um problema operacional maior e um alto custo de intervenção. Conseqüentemente, a frequência de falha do componente pode ser minimizada, em particular, se a opção de uma instalação submarina for economicamente viável.

Um problema particular aparece como um resultado de sólidos produzidos a partir dos poços submarinos. Esse é frequentemente o caso dos poços submarinos que produzem uma quantidade significativa de material de formação sólida, junto com as várias fases de fluido. Os materiais de formação sólida incluem partículas sólidas finas, médias e grossas, tais como brita e areia, junto com partículas muito finas, tais como calcário e silte. Em alguns casos, os sólidos produzidos podem incluir pedras, cascalho, e pequenas rochas, dependendo da operação a ser executada ao descer no poço e da natureza de formação subterrânea. Os sólidos arrastados que deixam a cabeça do poço são responsáveis por uma alta taxa de erosão e destruição do equipamento. É conhecido o fornecimento de instalações de superfície com equipamentos para remover os sólidos produzidos. Tipicamente, o equipamento empregado é um ou mais tanques de decantação. A natureza da decantação dos sólidos necessariamente exige que tais tanques sejam bem grandes. Seria vantajoso se um dispositivo eficaz de separação de sólidos produzidos a partir da fase de fluido pudesse ser descoberto, o qual não contasse com tal equipamento grande.

As instalações de separação são instaladas no curso descen-

dente da cabeça do poço e operam em pressões significativamente abaixo da pressão do fluido produzida na cabeça do poço. Essa necessita empregar um ou mais bloqueadores imediatamente a jusante da cabeça do poço, de modo a reduzir a pressão de fluido até a pressão operacional do equipamento de decantação. Entretanto, os componentes de bloqueio são particularmente propensos a danificar os sólidos arrastados. Ademais, a falha do bloqueador na cabeça do poço representa um problema operacional maior, em particular, quando o bloqueador precisa ser substituído, uma operação exige que o sistema de separação seja desligado até que reparo ou substituição possa ser executada, resultando em perda de produção.

Conseqüentemente, há uma necessidade por um sistema e um método eficazes para separar sólidos arrastados a partir de fluidos produzidos a montante do bloqueador da cabeça do poço, que está sobre pressões da cabeça do poço.

Sabe-se que as instalações em superfície são fornecidas com desareadores. Os desareadores conhecidos compreendem um único elemento de inserção de ciclone alojado dentro do tanque. Os desareadores desse tipo podem ser empregados ou a montante ou a jusante do bloqueador da cabeça do poço e podem assim operar em pressões da cabeça do poço. Enquanto este arranjo representa uma melhora sobre os arranjos discutidos acima, uma série de problemas significativos permanece. Primeiro, os desareadores conhecidos contam com a tecnologia a ciclone convencional. A eficiência de separação dos separadores a ciclone convencionais é, na melhor das hipóteses, somente moderada, como discutido mais detalhadamente a seguir. Em particular, os separadores a ciclone convencionais geralmente têm uma faixa estreita de taxas de fluxo do fluido operacional. Enquanto aceitável em muitas aplicações, essa representa uma restrição principal em sua adequabilidade ao uso em instalações submarinas. Deseja-se que uma instalação submarina tenha uma ampla faixa operacional para manipular as mudanças diárias nas condições operacionais, e também que seja capaz de obedecer ao perfil de produção do poço por uma vida útil operacional de 5 a 10 anos. Durante este período, a composição e a taxa de

fluxo do fluido produzido a partir de um dado poço submarino variará, às vezes muito. É inaceitável instalar em tal situação um sistema que tem uma janela estreita de operação. Conseqüentemente, há uma necessidade por um sistema que possa operar por um período estendido de tempo em uma  
5 ampla faixa de taxas de fluxo e composições de fluido.

Segundo, os separadores da cabeça do poço conhecidos são projetados para a separação da areia, como sugerido por seu nome. Entretanto, é frequentemente o caso em que um poço produzirá uma ampla faixa de material sólido, muito do qual é significativamente maior do que areia. Um  
10 desareador, por projeto, é otimizado para separar areia dos fluidos produzidos. Entretanto, devido às limitações das técnicas convencionais de separação a ciclone, este sistema será ineficaz na separação de sólidos maiores ou mais grossos, permitindo que as partículas sólidas maiores passem pelo se-  
parador e entrem no equipamento a jusante, com os resultados discutidos  
15 acima. Conseqüentemente, há uma necessidade por um sistema de separação que pode manipular uma ampla faixa de tamanhos de partículas sólidas e podem manter uma alta eficiência de separação.

Finalmente, tão logo o fluido seja produzido em um poço, as várias fases, incluindo fases líquidas e gasosas, começam a se separar. Essa  
20 separação natural das várias fases no fluxo de fluido produzido é vantajosa e auxilia as operações de separação a jusante. Seria mais desejável se um sistema pudesse ser fornecido para, de forma eficaz, separar uma ampla faixa de partículas sólidas em uma ampla faixa de pressões operacionais e taxas de fluxo, mas sem submeter o fluido a uma alta taxa de cisalhamento  
25 levando as fases já separadas a se misturarem e emulsificarem.

A Patente US 2004/0217050 descreve um sistema de separação de sólidos para retorno de fluxo de poço para uso em uma instalação de cabeça de poço submarina. O sistema usa um hidrociclone para separar intermitentemente a fase pesada contendo sólidos do fluido de produção. As fa-  
30 ses mais leves são transportadas para a superfície para separação usando técnicas convencionais. A fase pesada coleta na base do hidrociclone, de onde ela é periodicamente removida através de um conjunto de bloqueado-

res padrão, para reduzir sua pressão. O sistema de US 2004/0217050 não aborda completamente os problemas mencionados anteriormente nem os resolve. Conseqüentemente, há uma necessidade por um sistema de separação aperfeiçoado, adequado para uso em um ambiente submarino, que aborde os problemas mencionados acima.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, um método é fornecido para separar sólidos de um fluido com múltiplas fases, o fluido compreendendo um componente de densidade relativamente alta e um componente de densidade relativamente baixa. O método compreende:

- 10           introduzir o fluido em uma região de separação;
- conferir um movimento giratório no fluido de múltiplas fases;
- formar uma região anular externa de fluido giratório com espessura predeterminada na região de separação; e
- formar e manter um núcleo de fluido em uma região interna;
- 15       sendo que o fluido que entra no tanque de separação é direcionado na região anular externa; e
- a espessura da região anular externa é tal que o componente de alta densidade e os sólidos estão concentrados e substancialmente contidos nessa região, o componente de baixa densidade está concentrado no núcleo giratório.
- 20

Referências aqui a um 'fluido de múltiplas fases' são para incluir misturas líquido/líquido, misturas líquido/gás. Em adição, o termo inclui misturas de componentes que compreendem materiais sólidos, desde que o volume da mistura seja uma ou mais fases de fluido. Um exemplo de tal fluido de múltiplas fases é uma pasta fluida ou suspensão de partículas sólidas e material sólido em um fluxo de líquido e/ou gás.

Referências aqui a 'a jusante' são a uma direção que se estende a partir da entrada do fluido de múltiplas fases a uma saída através da qual um fluxo rico em sólidos é removido e recuperado.

30           Em um separador a ciclone convencional, um fluido de múltiplas fases é direcionado a um tanque, onde um padrão de fluido giratório ou circulante é induzido. As fases ou componentes mais pesados, que são aque-

les com densidades relativamente mais altas, são concentrados nas regiões externas da massa giratória, enquanto os componentes de menor densidade tendem a se concentrarem nas regiões circulantes internas. O fluido que entra no tanque a partir da entrada forma uma banda de alta pressão giratória de onde ele pode se dividir e seguir um dos três caminhos possíveis, à medida que o fluido de chegada alcança o fluido já circulando dentro do tanque. Em particular, o fluido pode deixar o caminho de fluxo principal e passar em direção a uma região giratória interna. Alternativamente, o fluido pode deixar o caminho de fluxo principal e sobe, sendo parcialmente capturado. Finalmente, o fluido pode deixar o caminho de fluxo principal e se mover para baixo, em relação o fluxo de fluido principal. Enquanto a tendência geral em um ciclone é por fluido e material mais pesados que se concentram nas regiões externas do tanque e que o fluido e componentes mais leves sejam coletados na região central, a tendência do fluido em se dividir em vários caminhos causa a contaminação cruzada do material já separado. Isso leva a uma redução na eficácia do ciclone. Os diferentes caminhos de fluxo competirão por prioridade, que será determinada pelos parâmetros de fluxo hidráulico do fluido, ou seja, a taxa de fluxo, pressão, e densidades relativas das diferentes fases ou frações. Consequentemente, o projeto de um ciclone é muito dependente da taxa de fluxo particular e parâmetros de fluido. A operação de um separador a ciclone fora desses parâmetros de projeto reduzirá a eficiência da separação total e o desempenho do separador cairá significativamente. Como notado acima, tal separador é inadequado para uso em situações onde uma longa vida útil operacional é exigida com uma ampla faixa de taxa de fluxo e parâmetros hidráulicos a serem acomodados, tal como a separação de material sólido dos fluidos produzidos em um poço submarino.

Concluiu-se que uma separação aperfeiçoada de um fluido de múltiplas fases pode ser alcançada quando o componente de densidade mais alta do fluido é confinado e levado a girar em uma região anular externa da região de separação, com a região interna ou núcleo sendo mantida e ocupada pelo componente de menor densidade. Concluiu-se que os compo-

nentes de densidade mais alta, em particular, partículas sólidas, são concentrados na região externa giratória, com uma boa separação do material de densidade mais alta ocorrendo a partir dos componentes de densidade relativamente mais baixa, que são coletados na região interna. Mantendo-se os componentes de densidade mais alta na região anular externa giratória, eles são submetidos a forças giratórias máximas, que servem para aperfeiçoar a separação. A região interna é separada da região anular externa por uma interface, através da qual os componentes migram. Em particular, os componentes mais leves deixam a região anular externa e passam na região de núcleo. Em contraste, os componentes mais pesados, em particular os sólidos, são levados a deixar a região de núcleo e são coletados na região anular externa. No caso de um fluido de múltiplas fases compreendendo componentes com densidades acentuadamente diferentes, em particular líquidos e gases, a interface entre a região de núcleo interna e a região anular externa formará uma zona de transição.

O método da presente invenção é aplicado na separação de materiais sólidos de fluxos de fluido de múltiplas fases. O método pode ser aplicado na separação de líquidos imiscíveis de diferentes densidades. O método pode ser aplicado para separar um fluxo de líquido e gás combinado em suas fases separadas. O método da presente invenção é particularmente adequado na separação de fluxos de fluido de múltiplas fases compreendendo partículas sólidas, líquido e gás. O método é especialmente adequado para a remoção de partículas sólidas do fluxo de fluido produzido a partir de um poço subterrâneo, em particular um poço produzindo óleo e gás. O método é também adequado para a separação de tal fluxo que contém água. Em tal caso, o método opera para remover as partículas sólidas das fases de fluido e iniciar ou começar a separação de fases líquidas e gasosas individuais.

O método da presente invenção é particularmente adequado para a separação de material sólido de um fluxo de fluido compreendendo ambos líquido e gás. Essa é tipicamente a composição de um fluxo produzido por um poço de óleo ou gás subterrâneo. Quando o fluxo contém uma

quantidade significativa de gás, a região interna consiste quase inteiramente de gás, a ação da qual é impedir que os componentes líquidos e sólidos deixem a região anular externa, resultando em uma eficácia muito alta na remoção de sólidos. Isso leva a um aspecto adicional da presente invenção, que fornece um método para separar partículas sólidas de um fluxo de fluido de múltiplas fases, o fluxo de fluido compreendendo um componente líquido e um componente gasoso, o método compreende:

- 5                   introduzir o fluxo de fluido em um tanque de separação;
- conferir um movimento giratório ao fluido;
- 10                formar uma região anular externa de fluido giratório de espessura pré-determinada; e
- formar e manter um núcleo de fluido de baixa densidade em uma região interna; onde
- as partículas sólidas e líquidas entrando no tanque de separação
- 15                são direcionadas à região anular externa; e
- a espessura da região anular externa é tal que as partículas sólidas estão concentradas e substancialmente contidas nessa região.

O material sólido é removido da região anular giratória por técnicas descritas a seguir. A região anular externa é mantida com uma espessura suficiente para capturar e reter as partículas sólidas.

A espessura da região anular externa é determinada pelas dimensões e formas gerais da abertura ou entrada através da qual o fluido é levado a entrar na região de separação. Em particular, a espessura da região anular externa é dependente da altura e largura da entrada. O ângulo da entrada determina o ângulo no qual o fluxo de fluido entrada na região de separação, por sua vez, determinando a inclinação do caminho de fluxo helicoidal seguido pelo fluxo de fluido nessa região. Nesse aspecto, as referências a um ângulo são ao ângulo com o eixo geométrico longitudinal da região de separação. Essas são selecionadas para levar o fluido a entrar e formar a região anular externa. À medida que as dimensões da entrada são fixas, a taxa de fluxo volumétrica do fluxo de alimentação de fluido entrando através da entrada determina a velocidade do fluxo de fluido e, por sua vez, determi-

na a velocidade giratória inicial do fluido na região anular externa.

Preferencialmente, a entrada é disposta para introduzir o fluxo de fluido a alguma distância a partir da extremidade a montante da região de separação. Dessa forma, um espaço é deixado entre o limite a montante da  
5 região anular externa e a extremidade do tanque contendo a região de separação. Isso permite que qualquer fluido de alta densidade que respingue a partir da região anular externa possa retornar, tipicamente por gravidade, ao fluxo de fluido giratório e ser aprisionado. Dessa forma, a erosão da parede de extremidade do tanque contendo a região de separação por fluidos de  
10 alta densidade e sólidos arrastados é minimizada.

Como se observa acima, é frequentemente o caso em que poços submarinos produzem uma quantidade significativa de material de formação sólida, junto com as várias fases de fluido. Os materiais de formação sólida incluem partículas sólidas grossas, médias e finas, tais como brita e  
15 areia, junto com partículas muito finas, tais como calcário e silte. Em alguns casos, os sólidos produzidos podem incluir pedras, cascalho, e pequenas rochas, dependendo da operação a ser executada ao descer no poço e da natureza de formação subterrânea.

O método da presente invenção é eficaz em remover material  
20 sólido, tal como brita, areia e seus similares em todas as faixas de tamanhos, do fluido de produção. Entretanto, a eficácia da separação do método é tal que também operará para remover partículas sólidas maiores que podem ser produzidas por um poço. Tais partículas incluem detritos de poço, por exemplo, partículas de metal, resultantes de operações de perfuração ou  
25 acabamento, bem como detritos resultantes de danos ou falha de equipamento. No caso de falha de equipamento que desce no poço, partículas sólidas substanciais, tipicamente partículas de metal, podem ser produzidas com o fluido do poço. Aprecia-se que tais detritos podem causar significativo dano ao equipamento que desce no poço, tal como bloqueadores e seus  
30 similares, se esses detritos não forem removidos.

As partículas sólidas removidas dos fluxos de fluido pelo método da presente invenção podem estar na faixa de alguns milímetros de diâmetro

a vários centímetros. As partículas de areia e cascalho estão na faixa de 1 mm a 5 a 10 mm. Os detritos maiores podem incluir objetos na faixa de 1 a 5 cm ou mais. É uma vantagem do método da presente invenção que tal grande faixa de partículas sólidas possa ser separada do fluxo de fluido.

5                   Uma vantagem particular do método da presente invenção é que ele pode ser operado em uma ampla faixa de taxas de fluxo, que ele tem uma grande relação de rejeição. O método pode ser aplicado em um único aparelho de separação e pode operar em taxas de fluxo na faixa de até 25.000 barris por dia (BPD), em particular, de zero, mais particularmente de 10 5.000 até 25.000 BPD. Ou seja, o método pode ser operado com flutuações de taxa de fluxo até 500%, sem reduções significativas no desempenho da separação do sistema. O método preferencialmente opera em taxas de fluxo até 25.000 BPD. As taxas de fluxo mais altas são possíveis, por exemplo, de 1.000 a 100.000 BPD, com o aparelho de separação sendo dimensionado 15 consequentemente. Entretanto, o desempenho do método para remover as menores partículas sólidas pode ser reduzido. As taxas de fluxo operacionais preferenciais estão na faixa de 2.000 a 25.000 BPD, com taxas de a jusante de zero sendo operáveis. Em taxas de fluxo menores, a separação dos componentes pode ocorrer como um resultado dos efeitos de separação 20 por gravidade como o mecanismo de separação dominante. Em taxas de fluxo mais altas, o mecanismo de separação dominante será devido ao movimento giratório dos componentes de fluido.

O único aparelho de separação pode ser dimensionado para taxa de rendimento de volume, de modo a fornecer uma taxa de fluxo de fluido 25 particular. Alternativamente, o aparelho pode ser dimensionado de acordo com uma qualidade desejada de separação. Portanto, para alcançar ambos um desempenho de separação desejado e uma faixa de taxas de fluxo volumétrico de fluido, uma pluralidade de aparelhos de diferentes tamanhos pode ser aplicada. Dessa forma, unidades de diferentes tamanhos podem 30 ser operadas em diferentes combinações, por meio de um dispositivo de comutação de fluxo seletivo adequado, para acomodar uma faixa de taxas de fluxo e tarefas de separação.

Com a finalidade de conferir o padrão de fluxo giratório ao fluxo e criar a região anular giratória, prefere-se usar uma entrada tangencial do fluxo de fluido na região de separação. Tais técnicas são conhecidas na técnica de separação a ciclone. Entretanto, de modo a assegurar que a região anular seja de profundidade suficiente e possua um padrão de fluxo regular, prefere-se que a entrada tangencial seja em um ângulo agudo ao eixo geométrico longitudinal da região de separação. Dessa forma, o fluxo de fluido entrando na região é levado a rotacionar em torno da parede interna da região e não colidir com o fluxo de chegada. O efeito geral é criar um padrão de fluxo helicoidal na região anular giratória, com os componentes nessa região girando em torno do núcleo central de componentes de baixa densidade. O ângulo no qual o fluido é introduzido no tanque é preferencialmente selecionado tal que o fluí gire em um caminho helicoidal que permite que o fluido depois de uma revolução clareie o jato de entrada e não impacte com o fluido de chegada. Tipicamente, o ângulo está na faixa de  $45^\circ$  a  $85^\circ$ , mais preferencialmente, de  $60^\circ$  a  $85^\circ$ , com o eixo geométrico longitudinal da região de separação. As dimensões da entrada são selecionadas de acordo com a especificação geral do fluido do poço e com o tempo de retenção de fluido exigido na região anular externa de modo a permitir que os sólidos migrem para a parede externa do tanque.

Em um arranjo preferencial, a parte da região de separação adjacente à entrada de fluido é dotada de uma superfície guia, tal como em um conjunto de paredes, formado para induzir o fluxo de fluido de chegada em um padrão de fluxo espiral ou helicoidal. Esse conjunto de paredes pode ser disposto entre a entrada e a extremidade a montante da região de separação, de modo a impedir que o fluido entrando na região de separação flua em direção à extremidade a montante. O conjunto de paredes preferencialmente tem uma forma que induz um padrão de fluxo helicoidal no fluxo de fluido de chegada, tal que o fluido que entrou na região de separação é levado a se mover em uma direção de fluxo geralmente a jusante suficiente tal que o fluido que está completando sua primeira rotação na região de separação não é contatado pelo fluxo de fluido de chegada. O conjunto de pare-

des é preferencialmente dotado de uma ou mais superfícies de estendendo de forma helicoidal, as superfícies se estendendo geralmente no mesmo padrão helicoidal como o padrão de fluxo helicoidal desejado a ser induzido no fluxo de fluido de chegada. Um conjunto de paredes adequado é conhecido na técnica e é descrito na Patente GB 2.353.236.

Concluiu-se que o uso de um guia tendo uma ou mais superfícies guia se estendendo de forma helicoidal como aqui anteriormente descrito permite que o ângulo do duto de entrada seja orientado mais próximo à perpendicular ao eixo geométrico longitudinal da região de separação.

A entrada para o fluido pode ser qualquer forma adequada. As entradas circulares são bem conhecidas e podem ser usadas no método da presente invenção. Entretanto, preferência é dada às entradas tendo uma seção transversal retangular e abertura para o fluxo de fluido de chegada. A entrada retangular auxilia a gerar um padrão de fluxo helicoidal uniforme na região anular externa. Em adição, a entrada retangular fornece uma melhor interface entre o fluido de chegada e a parede interna da região de separação, resultando em um regime de fluxo mais estável na região anular externa.

A entrada retangular preferencialmente tem sua lateral mais longa paralela ao eixo geométrico longitudinal da região de separação. A altura da abertura retangular da entrada, que é a dimensão na direção paralela ao eixo geométrico longitudinal da região de separação, em combinação com o ângulo da entrada determina a inclinação do padrão de fluxo helicoidal na região anular externa. A largura da abertura retangular da entrada, ou seja, a dimensão perpendicular ao eixo geométrico longitudinal da região de separação determinará a espessura da região anular externa.

À medida que o fluxo de fluido se move de forma helicoidal na região anular externa (tipicamente para baixo em um tanque de separação geralmente verticalmente disposto), as partículas sólidas serão coletadas na parede da região de separação na parte mais externa da região anular. As fases de fluido, sendo menos densas do que os sólidos, migrarão para a parte mais interna da região anular, na qual parte das fases de fluido se separa-

rá na fase mais densa, que permanecerá na região anular, e a fase menos densa, que migrará no núcleo central. Esse efeito é particularmente marcado quando o fluxo de fluido contém uma fase gasosa, caso no qual o gás rapidamente deixa o fluido giratório na região anular externa.

5           À medida que o fluxo de fluido na região anular externa progride, se perderá momento, o efeito do qual levará a região anular externa a se tornar mais espessa. Como o caminho de fluxo do fluxo de fluido é seguido, a região anular aumenta em espessura, até que ela alcança o centro do tanque de separação. Esse efeito leva a interface do fluido menos denso do  
10 núcleo interno e o fluido mais denso retido na região anular externa a adotarem um perfil convexo na direção a jusante. A forma precisa desse perfil e a forma total da interface entre fluidos no núcleo e fluidos na região anular externa dependerão de tais fatores à medida que a densidade do fluxo de fluido e a velocidade de entrada do fluxo à medida que ele entra no tanque de  
15 separação. Aprecia-se assim que o perfil da interface e a forma e dimensões gerais da região de núcleo variarão à medida que os parâmetros do fluxo de fluido mudam, tal como acontecerá durante o tempo para um fluxo de fluido produzido por um poço subterrâneo. Como se observa acima, é uma vantagem significativa do método da presente invenção que mudanças na forma e  
20 nas dimensões da região de núcleo, e, portanto, nas propriedades do fluxo de entrada, podem ser prontamente acomodadas sem qualquer mudança no aparelho de separação sendo exigido.

Os separadores a ciclone convencionais dotados de uma saída para que o fluido deixe o tanque de separação. A saída é tipicamente situa-  
25 da coaxialmente no tanque como um tubo de saída ou tubo imerso, através do qual o fluido pode deixar a região mais central do tanque. Entretanto, tal arranjo não pode ser aplicado no caso da presente invenção. Em particular, não é possível remover fluido diretamente da região de núcleo dessa forma, à medida que se permite que essa região seja formada e mantida. De preferência, é necessário que a remoção de fluido da região de núcleo seja exe-  
30 cutada de uma maneira controlada tal como para manter a região de núcleo intacta. Uma série de projetos alternativos de remoção de fluido pode ser

empregada, como segue.

Em uma primeira modalidade, uma região de coleta de fluido é fornecida a jusante da região de núcleo, tendo uma saída de fluido. Algum fluido deixará a região de núcleo por meio de deslocamento. Entretanto, por projeto apropriado da saída de fluido, é possível estabelecer uma condição de regime permanente sob a qual a região de núcleo é mantida e o fluido da região de núcleo sai via a abertura de saída a jusante da própria região de núcleo. Com tal arranjo, o fluido saindo através da saída será uma mistura de fluido de alta densidade e o fluido de baixa densidade. Esse fluxo de fluido combinado pode ser passado por um processo de separação adicional de modo a separar as várias fases de fluido. Um exemplo de tal processo de separação é um separador gás/líquido.

Alternativamente, uma região de coleta de fluido de baixa densidade, tendo uma saída de fluido, é fornecida na região de extremidade a jusante da região de núcleo, através da qual o fluido, que é predominantemente fluido de baixa densidade, é removido do processo. Com tal arranjo, o fluido deixando a região de núcleo consiste principalmente do fluido de baixa densidade, talvez com algum fluido de alta densidade arrastado e ainda uma menor quantidade de pequenas partículas sólidas arrastadas. Como esse fluxo de fluido tem o fluido de baixa densidade em uma alta concentração, é preferencial manter separado de outros fluxos de fluido removidos do processo. Esse fluxo pode ser submetido a uma separação adicional na qual líquidos de alta densidade arrastados e sólidos arrastados são removidos.

Em modalidades tendo uma região de coleta de fluido de baixa densidade, uma região de coleta de fluido de alta densidade, tendo uma segunda saída de fluido, é fornecida a jusante da região de núcleo para a remoção do líquido de alta densidade. Com tal arranjo, o fluxo de fluido saindo através da segunda saída de fluido compreende como uma parte principal fluido de alta densidade, com algum fluido de baixa densidade e/ou sólidos arrastados. Como esse fluxo de fluido tem o fluido de alta densidade em uma alta concentração, é preferencialmente mantido separado dos outros fluxos de fluido removidos do processo. Esse fluxo pode ser submetido a

uma separação adicional na qual líquidos de alta densidade e sólidos arrastados são removidos.

Em uma modalidade, os sólidos e/ou líquidos separados dos fluxos de fluido deixando as primeira e/ou segunda saídas de fluido são reciclados para a região de separação para processamento adicional.

A saída de fluido ou cada saída de fluido pode estar na forma de um tubo convencional ou abertura tubular localizada centralmente na região de separação. Entretanto, tais aberturas quando presentes em um fluxo de fluido giratório côncavo tendem a gerar uma região de baixa pressão, o efeito do qual pode perturbar a separação de sólidos e fluidos já estabelecida na região anular. A saída de fluido ou cada saída de fluido é convenientemente formada como um tubo de saída, tendo uma extremidade fechada e com aberturas de saída de fluido formadas ao longo de seu comprimento se estendendo na região de coleta de fluido. Entretanto, em tal caso, é preferencial que a área combinada das aberturas de saída de fluido seja maior do que a área transversal do tubo de saída. Com a finalidade de alcançar uma retirada de fluido gradualmente distribuída, as aberturas são dispostas pelo comprimento do tubo de saída. Em adição, para reduzir a turbulência na região de coleta de fluido, as aberturas são preferencialmente dispostas tangencialmente ao fluxo giratório de fluido na região de coleta. Isso auxilia em reduzir o cisalhamento aplicado ao fluido, que auxilia em manter a separação de fases de fluido já alcançada nas regiões anteriores. Isso abrange um problema com separados conhecidos, os coletores dos quais podem levar as fases a re-dispersarem ou, em particular, sistemas ineficazes, resultam na emulsificação das fases.

Em modalidades tendo ambas uma região de coleta de baixa densidade e uma região de coleta de alta densidade, e, portanto, as primeira e segunda saídas de fluido, um arranjo é fornecer as saídas como aberturas no mesmo duto. O duto pode ser disposto coaxialmente na região de separação. As aberturas são preferencialmente formadas como aqui descrito anteriormente. Em tal arranjo, o duto se estende de dentro de ambas a região de coleta de fluido de baixa densidade e a região de coleta de fluido de alta

densidade. O duto pode ter uma única saída, resultando nos fluxos de fluido coletados a partir das duas regiões de coleta sendo misturadas. Preferencialmente, o duto é dotado de uma saída de fluido de baixa densidade e uma saída de fluido de alta densidade, assim mantendo a separação de fluido já alcançada no processo.

Em um arranjo preferencial, um duto separado é fornecido para coleta e transporte de fluido a partir de cada uma das regiões de coleta de baixa densidade e região de coleta de alta densidade. Cada duto se estende em sua respectiva região e é dotado de uma ou mais aberturas para a coleta de fluido. As aberturas podem ser formadas como aqui descrito anteriormente.

É preferencial fornecer o duto começando a partir da região de coleta de fluido de baixa densidade com um tubo imerso ou seu similar, de modo a manter o nível de fluido apropriado no conjunto. Similarmente, é preferencial fornecer o duto começando a partir da região de coleta de fluido de alta densidade com um tubo de suporte, novamente para manter um nível de fluido no conjunto.

A jusante da região ou regiões de coleta de fluido, a taxa de fluxo do fluxo de fluido restante será significativamente menor. O fluxo nesse ponto contém uma alta proporção de partículas sólidas arrastadas no fluido, predominantemente fluido de alta densidade, com uma parte menor de fluido de baixa densidade arrastado nesse. Com a finalidade de impedir que vórtices de fluido se estendendo nas regiões a jusante da região de coleta de fluido, é preferencial fornecer um dispositivo para controlar quaisquer vórtices que podem se formar, tal como um quebrador de vórtice.

A jusante do quebrador de vórtice, o fluxo é rico em sólidos e tipicamente está na forma de uma pasta fluida sólida, na qual as partículas sólidas são suspensas e arrastadas no fluido restante. Tipicamente, esse fluido será rico na mais densa das fases de fluido entrando no tanque de separação. É uma vantagem do método da presente invenção que a separação adicional dos componentes do fluxo possa ainda ser alcançada. O fluido restante pode se tornar mais concentrado nas partículas sólidas fornecendo-

se uma região de concentração sólida, na qual a área transversal do caminho de fluido diminui na direção do fluxo. A redução na área transversal do caminho de fluxo pode ser alcançada fornecendo-se uma seção de tanque geralmente cilíndrica com um cone disposto longitudinalmente central. Alternativamente, o tanque pode ser de forma cônica.

É importante que o fluxo de fluido na região de concentração de sólido seja giratório, de modo a impedir que as partículas sólidas no fluxo de fluido decantem e formem uma massa sólida na região a jusante da região de concentração de sólidos. Tal decantação torna os sólidos coletados difíceis de remover. Contudo, é também importante que o fluxo de fluido não gire tão rápido, à medida que isso pode reduzir a eficácia da região de concentração de sólidos e exigir que altos volumes de fluido sejam removidos de modo a efetuar remoção suficiente de sólidos do aparelho. De modo a reduzir o padrão de fluxo helicoidal ou giratório do fluido na região de concentração de sólidos, a região pode ser dotada de um ou mais defletores de tamanho e forma apropriados para gerar o padrão de fluxo de fluido ótimo.

Preferencialmente, o método da presente invenção fornece uma região de separação e remoção de sólidos final, que tem a função de separar as partículas sólidas maiores, tal como detritos de poço, das partículas sólidas menores, tal como areia e brita. Em uma modalidade, as partículas sólidas menores são removidas na forma de uma pasta fluida da região central da região de separação e remoção. Isso é convenientemente alcançado por meio de um tubo de saída se estendendo na região de separação e remoção e dotado de uma pluralidade de aberturas de saída de pasta fluida. Para minimizar a mudança na direção do fluido, as aberturas são preferencialmente arranjadas tangencialmente ao fluxo de fluido giratório. As partículas sólidas maiores permanecem na região externa da região de separação e remoção e podem ser removidas através de uma ou mais saídas. Essas saídas podem convenientemente ser uma ou mais portas na parede do tanque de separação. Novamente, para estar alinhado com a direção de fluxo de fluido e para minimizar o risco de que bloqueios ocorram, as saídas são preferencialmente orientadas tangencialmente ao fluxo de fluido giratório.

Em uma modalidade alternativa, a região de separação e remoção de sólidos é dotada de um duto interno tendo uma pluralidade de aberturas de saída de pasta fluida formando uma peneira de sólidos. O fluxo de fluido flui através do duto interno. A rotação do fluxo de fluido leva as partículas sólidas a serem coletadas na parede do duto interno, com as menores partículas sólidas passando para fora através da peneira de sólidos. Partículas sólidas maiores, tal como detritos de poço, permanecem no duto e são coletadas na saída do duto. A distribuição de tamanho entre partículas sólidas retidas no duto interno e aquelas saindo através da peneira é determinada pelo diâmetro das aberturas na peneira de sólidos.

A remoção das partículas sólidas de maior diâmetro pode ser em uma base contínua, ou operada em lotes, de acordo com a necessidade. Isso dependerá, em parte, das quantidades relativas de sólido e componentes de fluido presentes no fluxo de alimentação, bem como da distribuição de tamanho de partícula do material sólido.

Os fluxos contendo as partículas sólidas, ambas grandes e pequenas, podem ser passados por um processo de separação adicional, para concentração e remoção adicionais do material sólido. Os componentes de fluido removidos desses processos de separação podem ser reciclados à posição apropriada na região de separação.

Em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um sistema de separação para um fluido de múltiplas fases contendo um componente de alta densidade e um componente de baixa densidade compreendendo um separador tendo:

uma região de separação,  
uma entrada para o fluido de múltiplas fases entrar na região de separação,

dispositivo para conferir um movimento giratório ao fluido de múltiplas fases mediante a entrada na região de separação, tal como a formar uma região anular externa de fluido giratório da espessura pré-determinada e uma região de núcleo,

em operação, a espessura da região anular externa é tal que o

componente de alta densidade está concentrado e substancialmente contido na região anular externa, e

o componente de baixa densidade está concentrado na região do núcleo.

5 O sistema de separação compreende uma região de separação. Essa é mais convenientemente disposta como um tanque geralmente cilíndrico. Com o tanque disposto substancialmente verticalmente, a entrada para o fluido de múltiplas fases é arranjada na parte superior do tanque.

O sistema pode compreender uma única entrada para que o fluido de múltiplas fases entre na região de separação e uma única entrada será suficiente em muitas aplicações. Contudo, se exigidas, duas ou mais entradas de fluido podem ser fornecidas, por exemplo, dispostas em torno da região de separação para formar uma região de entrada de fluido.

O sistema compreende um dispositivo para conferir um movimento giratório ao fluido de múltiplas fases entrando na região de separação. A rotação é mais convenientemente, e mais preferencialmente, por projeto apropriado da entrada de fluido. Em particular, o movimento giratório pode ser alcançado dispondo a entrada de fluido em uma tangente à região de separação. A entrada é preferencialmente disposta em um ângulo agudo com o eixo geométrico longitudinal da região de separação. Dessa forma, a entrada confere um padrão de fluxo helicoidal ao fluxo entrando no sistema, desse modo estabelecendo a região anular de fluido ao longo de uma parte do comprimento da região de separação. A entrada pode estar em um ângulo de  $45^\circ$  a  $85^\circ$ , mais preferencialmente de  $50^\circ$  a  $80^\circ$ , com o eixo geométrico longitudinal da região de separação. A entrada pode ter qualquer forma transversal adequada. Contudo, preferência é dada a uma entrada tendo uma seção transversal retangular. Dessa forma, uma transição mais suave do fluxo de fluido da entrada à parede da região de separação será alcançada. As dimensões da entrada são selecionadas para fornecer o padrão de

15  
20  
25  
30

O sistema separador adicionalmente compreende um arranjo de saídas de fluido para remover fluido de vários pontos no processo de sepa-

ração. Um de uma série de arranjos alternativos para a saída de fluido pode ser empregado. No primeiro arranjo, ambos o fluido de baixa densidade e o fluido de alta densidade são removidos através da mesma saída. Esse arranjo tem a vantagem de ser simples. Entretanto, ele tende a negar os efeitos do processo de separar as fases de fluido. Um arranjo alternativo é para fornecer duas saídas de fluido separadas, localizadas dentro da região de separação tal como para seletivamente remover fluido de alta densidade e fluido de baixa densidade de suas respectivas regiões de mais alta concentração. Dessa forma, a separação de fluido alcançada pelo processo pode ser retida. Os detalhes dos arranjos alternativos para a saída de fluido são descritos abaixo.

Em uma primeira modalidade preferencial, o sistema compreende uma saída de fluido disposta na região de separação em uma posição que, em uso, corresponde a uma posição a jusante da extremidade da região de núcleo. A saída é preferencialmente formada em um duto se estendendo na região de separação. A saída pode simplesmente ser a extremidade aberta do duto. Entretanto, concluiu-se gerar turbulência e cisalhamento no fluido passando a abertura, a tendência da qual é misturar as fases de fluido que já começaram a separar. Conseqüentemente, a saída é preferencialmente na forma de um duto tendo uma extremidade fechada e dotado de uma pluralidade de aberturas em sua parte de extremidade. Com o duto arranjado longitudinal e centralmente na região de separação, as aberturas se estendem radialmente para fora. Em um arranjo preferencial, as aberturas são arranjadas tangencialmente ao fluxo de fluido ocorrendo em torno do duto durante o uso. Dessa forma, um perfil de fluxo de fluido intensificado é criado no padrão de fluxo de fluido.

Em um arranjo alternativo, uma primeira saída de fluido para fluido de baixa densidade é fornecida na região de separação em uma posição correspondente à região na extremidade a jusante da região de núcleo. Dessa forma, o fluido de baixa densidade que foi coletado na região de núcleo é removido em um fluxo que contém o fluido de baixa densidade em uma concentração relativamente alta. A primeira saída de fluido é preferen-

cialmente formada em um duto se estendendo na região de separação, os detalhes da qual são como descrito acima.

5 Preferencialmente, no caso de uma primeira saída de fluido dis-  
posta na região de núcleo, uma segunda saída de fluido é fornecida na regi-  
ão de separação em uma posição correspondente a uma posição a jusante  
da região de núcleo, quando o sistema está em uso. Dessa forma, o fluido  
pode ser removido diretamente da região tendo o fluido de alta densidade  
em uma alta concentração. A segunda saída de fluido é preferencialmente  
10 formada em um duto se estendendo na região de separação, os detalhes da  
qual são como descrito acima.

Um arranjo compreende um único duto se estendendo na região de separa-  
ção e tendo aberturas dispostas para fornecer a primeira saída de fluido e a  
segunda saída de fluido. O duto pode ter uma única saída para o fluido cole-  
tado a partir da região de separação. Contudo, mais preferencialmente, o  
15 duto tem uma saída para cada um do fluido de baixa densidade e do fluido  
de alta densidade. Dessa forma, a separação das fases de fluido alcançadas  
na região de separação é mantida.

Em um arranjo preferencial, cada uma da primeira saída de flui-  
do e da segunda saída de fluido abertas em um duto separado, para coleta,  
20 transporte e remoção da respectiva fração de fluido do conjunto. Dessa for-  
ma, cada fração de fluido pode ser levada para longe do conjunto. O duto  
para a fração de fluido leve preferencialmente compreende um tubo imerso  
ou seu similar, de modo a manter um nível de fluido apropriado. Similarmen-  
te, o duto para a fração de fluido mais pesada pode compreender um tubo  
25 de suporte.

Na região a jusante da região de núcleo e da saída ou saídas de  
fluido, o sistema preferencialmente compreende um dispositivo para quebrar  
e/ou controlar vórtices que se formam na região de separação.

Então, na direção a jusante, o sistema preferencialmente com-  
30 preende uma região tendo a função de concentrar as fases mais densas no  
fluxo sendo processado. Essa característica é particularmente vantajosa  
quando o fluxo de fluido sendo separado contém partículas sólidas de tama-

nhos variáveis. A região de concentração é fornecida tendo área transversal da região de separação reduzida. Isso pode ser alcançado fornecendo o tanque separador com uma parede interna cônica ou estreitada.

Alternativamente, a redução necessária na área transversal pode ser alcançada em um tanque de seção transversal constante através do fornecimento de um elemento cônico ou estreitado disposto na região de separação. Se for empregado, o elemento cônico ou estreitado preferencialmente compreende um ou mais furos ou passagens longitudinais através dele, de modo a permitir que o fluido de baixa densidade ventile a partir da região abaixo do elemento à região acima do elemento. O elemento cônico ou estreitado se estenderá no ângulo exigido para obter a mudança apropriada na área de seção transversal do separador na direção do fluxo de fluido. Um ângulo típico de cone ou estreitamento está na faixa de  $5^\circ$  a  $30^\circ$  com o eixo geométrico longitudinal do separador.

Para o processamento e separação de partículas sólidas do fluxo de fluido de múltiplas fases, o sistema é preferencialmente dotado de uma região para separar partículas sólidas do fluido na parte de jusante da região de separação. Em uma primeira modalidade, o separador de sólidos compreende um duto que se estende coaxialmente na região de separação tendo uma pluralidade de aberturas na parede do duto. As aberturas preferencialmente se estendem radialmente através da parede do duto, mais preferencialmente em uma tangente ao fluxo de fluido ao redor. Dessa forma, o fluido e as partículas sólidas menores arrastadas no fluido passam através das aberturas no duto, aonde o fluido e os sólidos podem ser recuperados. O tamanho das aberturas pode ser selecionado para fornecer a distribuição de tamanho de partícula desejada nos sólidos separados. Dessa forma, o duto age como uma forma de filtro, retendo as partículas maiores dentro da região de separação, aonde elas podem ser recuperadas através de uma saída adequada disposta na parede dessa região.

Em um arranjo alternativo, a parede da região de separação é dotada de uma pluralidade de aberturas de tamanho apropriado, as aberturas conectam a região de separação com a zona de aprisionamento de sólidos.

dos disposta em torno da região de separação. Em um arranjo preferencial, a zona de aprisionamento de sólidos é uma região anular que se estende em torno da zona de separação e separada pela parede perfurada desta. Sob a ação do fluido giratório, as partículas menores passarão arrastadas no fluido através das aberturas, enquanto as partículas sólidas maiores serão retidas na região de separação. Novamente, o tamanho das aberturas pode ser selecionado para fornecer a distribuição de tamanho de partícula desejada entre as partículas sólidas e age como um filtro. As partículas menores e o fluido são removidos da zona de aprisionamento de sólidos através de uma saída adequada. As partículas maiores podem ser removidas da região de separação, novamente através de uma saída adequada.

A remoção de partículas sólidas maiores da região de separação pode ser operada em uma base contínua. Entretanto, pode ser preferencial em algumas situações a remoção de sólidos maiores intermitentemente ou por lotes. Isso pode ser particularmente útil quando processando um fluxo de fluido produzido a partir de um poço submarino, no qual podem ser arrastadas não somente partículas sólidas menores, tais como areia e brita, mas detritos maiores a partir do equipamento de descida em poços usado ou danificado e seus similares. Permite-se que os detritos maiores possam se acumular na extremidade a jusante da região de separação e removidos em intervalos regulares, por exemplo, por meio de um veículo operado remotamente (ROV).

Um problema particular aparece com os arranjos existentes de conjuntos de processamento submarino. No presente momento, é a prática instalar conjuntos de separação submarinos para operarem em pressões reduzidas. Exemplos de tais conjuntos tanques de decantação e seus similares. Esse arranjo necessita instalar as unidades de separação a jusante do equipamento de processamento, tal como bloqueadores. Um problema particular aparece quando o fluido que está sendo produzido no poço contém material sólido, tal como areia e detritos do poço. O equipamento de processamento localizado a montante das unidades separadoras é exposto ao fluxo dos fluidos e sólidos arrastados em pressão substancialmente da boca do

poço. Isso resulta em uma taxa muito rápida de desgaste do equipamento de processamento e frequentes falhas. Dada a posição de tal equipamento no processo em relação à cabeça do poço, reparar ou substituir itens quebrados ou com falhas é uma tarefa dispendiosa e que consome tempo. Verifica-se que desareadores são fornecidos imediatamente a jusante da cabeça do poço, de modo a remover areia dos fluidos produzidos. Tais desareadores são separadores a ciclone, eficazes na remoção de partículas de areia de um grau de partícula. Entretanto, tal equipamento não é eficaz na remoção de partículas sólidas maiores ou detritos, que podem ser carregados e encontram seu destino no equipamento de processamento a jusante causando os danos mencionados anteriormente. Tais detritos podem aparecer como um resultado de uma falha ou quebra de equipamento de descida no poço, resultando em grandes itens de detritos sendo produzidos no poço. É uma vantagem do método e do sistema da presente invenção que os detritos possam ser eficazmente removidos. Conseqüentemente, o sistema da presente invenção é particularmente adequado para estar situado imediatamente a jusante da cabeça do poço, sendo capaz de operar como o faz em pressões de cabeça do poço e remover ou conter até o maior dos detritos produzidos pelo poço.

Conseqüentemente, em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um conjunto de processamento submarino compreendendo:

um conjunto de cabeça de poço através do qual os fluidos são produzidos a partir de um poço subterrâneo,

um conjunto separador tendo uma entrada de fluido conectada ao conjunto de cabeça do poço para receber os fluidos produzidos pelo poço, o conjunto separador é operável em pressão de cabeça de poço para remover detritos arrastados nos fluidos de modo a produzir uma fase rica em sólidos e uma fase fluida, o conjunto separador compreende uma saída de fluido para a fase fluida, e

um conjunto bloqueador tendo uma entrada conectada à saída de fluido do conjunto separador.

O conjunto separador pode ser conectado diretamente ao con-

junto de cabeça de poço ou por meio de uma tubulação.

Similarmente, o conjunto de separação da presente invenção pode ser empregado em uma plataforma em alto-mar recebendo fluidos de produção diretamente ou de cabeças de poços de plataforma ou de uma  
5 cabeça de poço submarino através de um duto elevatório ou a montante similar ao bloqueador. Consequentemente, em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um conjunto de processamento de plataforma compreendendo:

um conjunto de recebimento de fluido para receber fluidos produ-  
10 zidos a partir de um poço subterrâneo,

um conjunto separador tendo uma entrada de fluido conectada ao conjunto de recebimento de fluido para receber os fluidos produzidos pelo poço, o conjunto separador sendo operável em pressão de cabeça de poço para remover detritos de poço arrastados nos fluidos de modo a produzir  
15 uma fase rica em sólidos e uma fase fluida, o conjunto separador compreendendo uma saída de fluido para a fase fluida, e

um conjunto bloqueador tendo uma entrada conectada à saída de fluido do conjunto separador.

Nesse caso, a pressão de cabeça de poço no conjunto de rece-  
20 bimento de fluido da plataforma será a pressão de cabeça de poço real menos qualquer queda de pressão devido à mudança na elevação ou como um resultado da passagem do fluido através do conjunto elevador.

Como se observa acima, o método da presente invenção é particularmente adequado para a separação de partículas sólidas a partir de um  
25 fluxo de fluido de múltiplas fases contendo gás e líquidos. Consequentemente, em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um método para separar partículas sólidas de um fluxo de fluido de múltiplas fases, o fluxo de fluido compreendendo um componente líquido e um componente gasoso, o método compreende:

30 introduzir o fluxo em uma região de separação,  
conferir um movimento giratório no fluido,  
formar uma região anular externa de fluido giratório de espessu-

ra predeterminada, e

formar e manter um núcleo de gás em uma região interna, onde partículas líquidas e sólidas entrando no tanque de separação são direcionadas à região anular externa, e

5 a espessura da região anular externa é tal que as partículas sólidas estão concentradas e substancialmente contidas nessa região.

Como foi descrito aqui anteriormente, um fluxo de fluido de múltiplas fases é introduzido em uma separação de tal forma a conferir um padrão de fluxo giratório helicoidal e formar uma região anular externa de componentes mais pesados. Convencionalmente, o equipamento que conta com a separação de componentes usando rotação de fluido e as forças resultantes, introduziu o fluxo combinado em um tanque adequado ou região através de uma ou mais aberturas. No desenvolvimento da presente invenção, concluiu-se que esse fluxo de chegada pode romper os padrões de fluxo estabelecidos na região de separação. Concluiu-se que esse rompimento pode ser reduzido, e a eficiência de separação aumentada, forçando-se o fluido de chegada a fluir ao longo de um caminho circular ou helicoidal antes de entrar na região de separação. Dessa forma, os componentes no fluxo de fluido podem ser ao menos parcialmente orientados de uma maneira correspondente à orientação exigida na região de separação.

Conseqüentemente, em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um método para separar um fluxo de fluido de múltiplas fases, compreendendo introduzir o fluxo em uma região de separação de uma maneira a induzir um padrão de fluxo giratório na região de separação, sendo que, antes de sua introdução na região de separação, o fluxo de fluido flui ao longo de um caminho curvo, o fluido fluindo ao longo do caminho curvo em uma orientação correspondente ao padrão de fluxo giratório na região de separação.

Concluiu-se que sob os regimes de fluxo apropriados no caminho de fluxo curvo, os componentes no fluxo de fluido podem se separar de acordo com suas densidades relativas. Essa separação inicial pode ser usada para intensificar a separação exigida na região de separação, desde que

a entrada de fluido é orientada para introduzir o fluxo de fluido na região de separação tal que os componentes do fluido de chegada são apropriadamente orientados. Assim, o caminho de fluxo curvo e a entrada de fluido são dispostos tal que os componentes mais pesados no fluxo de fluido são introduzidos radialmente para fora dos componentes mais leves.

O caminho de fluxo curvo pode ser circular ou helicoidal, como exigido pela função de separação particular a ser alcançadas e pelos aspectos físicos do conjunto sendo usado.

O fluxo de fluido no caminho de fluxo circular deveria estar em um regime que permite que a separação dos componentes se inicie. Consequentemente, prefere-se que o fluxo de fluido no caminho de fluxo curvo esteja em um regime de fluxo laminar ou transitório, que é menos do que turbulento. O comprimento e o raio de curvatura do caminho de fluxo curvo deveriam ser suficientes para ao menos inicializar a separação das frações mais pesadas e mais leves antes do fluxo entrar na região de separação.

Em um aspecto adicional, a presente invenção fornece um aparelho para separar um fluxo de fluido de múltiplas fases, o qual compreende:

- uma região de separação,
- uma entrada para introduzir um fluxo de fluido na região de separação,
- um duto curvo para conduzir um fluxo de fluido à entrada, sendo que o duto curvo e a entrada são dispostos para introduzir o fluxo de fluido na região de separação em uma orientação correspondente àquela do fluido na região de separação durante a operação.

A região de separação pode ser aquela de qualquer dispositivo giratório conhecido ou convencional, tal como um ciclone. Nesse caso, uma instalação ou conjunto de separação existente pode ser modificada para operar de acordo com esse aspecto da invenção por uma modificação adequada do duto que conduz o fluido à entrada do dispositivo de separação.

### 30 Breve Descrição dos Desenhos

As modalidades da presente invenção serão agora descritas a título de exemplo somente, tendo referência aos desenhos em anexo, nos

quais:

a Figura 1A é uma representação esquemática dos padrões de fluxo dos componentes de um fluxo de fluido de múltiplas fases no método da presente invenção,

5 a Figura 1B é uma representação esquemática de padrões de fluxo alternativos dos componentes de um fluxo de fluido de múltiplas fases no método da presente invenção,

a Figura 2 é uma vista transversal longitudinal através de um sistema separador de acordo com uma primeira modalidade da presente  
10 invenção,

a Figura 3A é uma vista transversal longitudinal através de um sistema separador de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção,

a Figura 3B é uma vista transversal longitudinal através de um sistema separador de acordo com uma terceira modalidade da presente in-  
15 venção,

a Figura 4 é uma vista transversal longitudinal através de um sistema separador de acordo com uma quarta modalidade da presente in-  
venção,

20 a Figura 5 é uma vista transversal longitudinal através de um separador de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção,

a Figura 6 é uma vista transversal longitudinal através de um separador de acordo com uma sexta modalidade da presente invenção,

a Figura 7 é uma vista transversal através das regiões de entra-  
25 da e de separação de um separador de acordo com uma sétima modalidade da presente invenção, e

a Figura 8 é uma vista transversal aumentada da região de entrada de fluido do separador da Figura 7.

30 Referências a 'para cima' e 'para baixo' como usados aqui se referem aos conjuntos com eixos geométricos longitudinais na orientação vertical como mostrado nas figuras em anexo. Entretanto, entende-se que orientações não verticais podem também ser aplicadas e os termos mencio-

nados acima são interpretados conseqüentemente.

Com relação à Figura 1A, é mostrada uma representação esquemática de um padrão de fluxo de fluido típico na região de separação do método da presente invenção. Um fluido de múltiplas fases 2 é introduzido em uma região de separação verticalmente orientada 4 através de uma única entrada tangencial retangular 6. A entrada 6 está em um ângulo com o eixo geométrico longitudinal da região de separação 4, tal que o fluido de chegada 2 é direcionado contra a parede da região de separação em um padrão helicoidalmente a jusante 8. A direção geral do fluxo de fluido é indicada pela seta na Figura 1. O padrão de fluxo helicoidal estabelece uma região anular externa 10 adjacente à parede da região de separação 4 na qual está disposta uma região de núcleo 12. Os componentes do fluido de múltiplas fases tendo uma densidade mais alta estão concentrados na região anular externa 10, enquanto os componentes de menor densidade migram e são coletados na região de núcleo 12. Uma interface 14 é estabelecida entre a região de núcleo e a região anular externa. Por exemplo, quando o fluido de múltiplas fases compreende sólidos, líquidos e gases, a região anular externa 10 é essencialmente uma parede giratória de líquido, com sólidos arrastados e algumas bolhas de gás arrastadas. Em contraste, a região de núcleo 12 é composta de gás, com algumas gotículas de líquido arrastadas. Uma rápida troca de líquido e gás ocorrerá através da interface 14 entre a região de núcleo e a região anular, à medida que o fluido desce na zona de separação. Como será visto a partir da Figura 1, a interface 14 tem forma convexa na direção a jusante.

Como mostrado na Figura 1A, o padrão de fluxo helicoidal seguido pelo fluido de chegada tem uma inclinação tal que o fluido completando sua primeira revolução passa abaixo do fluido de chegada entrando através da entrada 6. Dessa forma, o fluido de chegada evita a colisão com o fluido giratório já dentro da região de separação 4. Isso serve para rápida e eficazmente estabelecer a região anular externa na espessura predeterminada pelas dimensões da entrada 6.

Como também mostrado na Figura 1A, a entrada 6 é disposta a

alguma distância da extremidade superior da região de separação 4. Dessa forma, o fluido de alta densidade e os sólidos arrastados respingando a partir da região anular externa 10 são levados a cair de volta no fluxo de fluido e se tornam arrastados no fluido circulando na região anular externa 10. Dessa forma, a erosão do topo da parede do tanque contendo a região de separação 4 é minimizada.

A Figura 1B mostra uma representação similar dos padrões de fluxo de fluido àquela da Figura 1A. As características da Figura 1B compartilhadas com a Figura 1A são indicadas usando os mesmos números de referência. Na Figura 1B, o fluido de múltiplas fases é dividido em dois fluxos 2 e 3 e é levado a entrar na região de separação 4 através de duas entradas retangulares opostas 6 e 7. Cada entrada 6 e 7 é disposta tangencialmente à parede da região de separação 4. As entradas 6 e 7 são anguladas tal que o fluido de chegada a partir da entrada 7 fluem abaixo e sob o fluxo de fluido 2 entrando através da entrada 6, de modo a evitar colisão entre os fluxos de fluido 2 e 3. Aprecia-se que três ou mais entradas podem ser dispostas, aplicando uma abordagem similar àquela da Figura 1B, tal que múltiplos fluxos de fluido são introduzidos na região de separação 4 com mínima ou nenhuma colisão entre os fluxos de fluido de chegada.

Com relação à Figura 2, é mostrado um sistema separador de seção transversal vertical de acordo com uma modalidade da presente invenção. O sistema separador, geralmente indicado como 102, compreende um separador verticalmente orientado geralmente cilíndrico 104, tendo uma tampa 106 montada na extremidade superior do separador por meio de um flange 108 e parafusos 110. Um concentrador de sólidos estreitado 112 é fixado à extremidade inferior do separador 104 por meio de flanges 114 e parafusos 116. Como mostrado na Figura 2, o concentrador de sólidos 112 tem uma parte interna cônica. O ângulo da seção transversal será determinado pelas propriedades do fluido sendo processado. Os ângulos do cone na faixa de 5 a 20° a partir do eixo geométrico longitudinal do separador são típicos para a separação de um fluxo de fluido compreendendo óleo bruto, água e sólidos.

O separador 104 tem um furo geralmente cilíndrico através dele, se estendendo em sua parte superior na tampa 106 e, em sua parte inferior, parcialmente no concentrador de sólidos 112. A parte restante do concentrador de sólidos 112 é formada com um furo estreitado, diminuindo em área transversal na direção para baixo e abrindo em um tanque de pasta fluida 118 montado na extremidade inferior do concentrador de sólidos 112 por meio de flanges 120 e parafusos 122. Os furos combinados da tampa 106, separador 104, concentrador de sólidos 112 e tanque de pasta fluida 118 formam uma região de separação. Os componentes formando a região de separação são de material suficientemente resistente a desgaste para evitar erosão excessiva das paredes ou podem ser revestidos ou com bucha.

A tampa 106 é fornecida com um tubo de alimentação 124 se comunicando com uma entrada retangular 126 na tampa. O tubo de alimentação 124 e a entrada retangular 126 são dispostos em um ângulo agudo ao eixo geométrico longitudinal do separador e tangencialmente à parede da tampa 106. O ângulo do tubo de alimentação 124 e a entrada 126 serão determinados pelas propriedades do fluxo de fluido e a tarefa de separação a ser executada. Um ângulo típico para o tubo de alimentação 124 e a entrada é de  $5^\circ$  a  $20^\circ$ , medido a partir de uma linha perpendicular ao eixo geométrico longitudinal do separador 104.

As dimensões da abertura de entrada serão de terminadas pelo fluxo de fluido e a tarefa de separação. Para um fluxo de fluido compreendendo um óleo bruto viscoso, água e partículas de areia, a entrada 126 será dimensionada para fornecer uma velocidade de entrada de fluido de 1 a 5 m/s. As dimensões relativas da abertura de entrada, ou seja, relação de dimensões, são determinadas pelas propriedades de fluido e pela separação e pelo padrão de fluxo exigido no separador 106. Em particular, a relação de dimensões da entrada 126 afetará a espessura da região anular externa, na qual os componentes mais pesados se concentrarão.

Um tubo de saída de fluido 128 se estende coaxialmente a partir da extremidade fechada da tampa 106 para baixo no concentrador de sólidos 112. Em sua extremidade superior, o tubo de saída de fluido 128 se co-

munica com uma saída 130 na tampa 106, a qual está conectada à entrada de um bloqueador de fluido de produção 132 de projeto convencional, por exemplo, um bloqueador de plugue e recipiente. A saída do bloqueador de fluido de produção 132 é conectada a uma linha de fluido 134 levando ao equipamento de processamento a jusante. A extremidade inferior do tubo de saída de fluido 128 coincide geralmente com a junção entre o separador 104 e o concentrador de sólidos 112 e é fechada. A parte de extremidade inferior do tubo de saída de fluido 128 compreende uma pluralidade de portas de fluido 136 se estendendo em uma direção radialmente para fora em uma tangente à superfície externa do tubo de saída de fluido 128.

Um conjunto de controle de vórtice 138 é fornecido e montado na extremidade inferior do tubo de saída de fluido 128, e compreende um guia de fluido 140 na forma de um cone invertido para fornecer uma folha de fluxo de vórtice. O guia de fluido 140 age para disseminar o vórtice fluído para cima. Isso induz um caminho de fluxo curvo permitindo que o fluido circule e entre nas portas tangenciais 136 sem o aparecimento de sucção de fluido. O guia de fluido 140 também força os componentes mais pesados para fora, assim impedindo um alargamento prematuro da região anular externa e empurrando a interface 125 radialmente para fora. Isso adicionalmente intensifica a separação dos componentes do fluxo de fluido.

O tanque de pasta fluida 118 compreende um furo geralmente cilíndrico de diâmetro interno maior do que o diâmetro da extremidade inferior do furo estreitado no concentrador de sólidos 112. Um recipiente perfurado 142 tendo um diâmetro interno correspondente àquele da extremidade inferior do furo estreitado no concentrador de sólidos se estende coaxialmente através do tanque de pasta fluida 118 e forma uma região anular 144 no tanque de pasta fluida. As perfurações 146 no recipiente 142 são arranjadas tangencialmente e conectam o furo do recipiente 142 com a região anular 144. Uma saída de fluido tangencialmente disposta é fornecida na parte inferior da região anular 144 do tanque de pasta fluida 118 e conectada à entrada de um bloqueador de pasta fluida 148 de projeto convencional, por exemplo, um bloqueador de tubo e orifício. A saída do bloqueador de pasta

fluida 148 é conectada a uma linha de pasta fluida 150 levando ao equipamento de processamento de pasta fluida a jusante.

O recipiente perfurado 142 é conectado em sua extremidade inferior a uma saída 152 no recipiente de pasta fluida 118, que é, por sua vez, conectado por uma válvula hidráulica ou ROV manual 154 a uma linha de detritos 156, através da qual os detritos coletados no sistema podem ser coletados e removidos.

Em operação, um fluxo de fluido de múltiplas fases compreendendo gás, uma ou mais fases líquidas e partículas sólidas na faixa de areia a detritos de poço é alimentado através do tubo de alimentação 124 à entrada retangular 126 na tampa 106. Tal fluido de múltiplas fases é típico do fluxo produzido a partir de um poço subterrâneo. O fluxo de fluido entra na região de separação na tampa 106 e flui em um padrão helicoidal para baixo dentro da tampa 106 e do separador. As fases líquida e sólida presentes no fluxo de fluido são substancialmente confinadas para fluir em uma região anular adjacente à parede da tampa 106 e separador. Uma região de núcleo consistindo essencialmente de gás é mantida na região de separação, a interface entre a região de núcleo e a região anular sendo mostrada pela linha pontilhada 125 na Figura 2. À medida que o fluxo líquido giratório desce no separador 104, o gás arrastado passa no núcleo de gás. As gotículas de líquido e quaisquer partículas sólidas que podem ser arrastadas no núcleo de gás se movem na direção oposta e entram na região anular de líquido.

À medida que o fluxo líquido na região anular desce, ele perde momento angular, resultando na região anular se tornando maior em seção transversal à medida que o separador 104 é descido e a região de núcleo menor em seção transversal, até que o líquido na região anular se estende através do furo do separador. Essa ação forma a forma convexa da interface mostrada na Figura 2 e mais detalhadamente nas Figuras 1A e 1B. A rotação continuada do líquido leva as fases mais densas, incluindo as partículas sólidas, a serem coletadas na parede do separador, enquanto as fases de gás e líquido menos densas se moverão em direção ao eixo central do separador 104.

O fluido limpo é removido de dentro do separador 104 através das portas de fluido 136 na parte inferior do duto de saída de fluido 128. Esse fluido compreenderá ambos os líquidos menos densos da região anular, bem como o gás deslocado para baixo a partir da região de núcleo. Esse  
5 fluxo de fluido combinado sai do duto 128 através da saída 130 na tampa 106 e passa via o bloqueador de fluido de produção 132 à linha de fluido 134 para processamento adicional.

A ação giratória dos líquidos restantes no separador pode criar um vórtice, que terá o efeito de levar o fluxo de fluido a ser formado a partir  
10 do fluido de pasta fluida giratório e de reduzir a separação das fases, em particular a separação e gradação das partículas sólidas. O conjunto de controle de vórtice 138, em particular, a folha de fluxo de vórtice 140, na extremidade inferior do duto de saída de fluido 128 impede que o vórtice direcione a pasta fluida a partir da região de separação de pasta fluida e passe para  
15 cima na região em torno das portas 136 no duto de saída de fluido 128. A folha de fluxo de vórtice 140 age também para empurrar o fluxo de fluido para baixo e para fora em direção à parede da região de separação, intensificando adicionalmente a separação de sólidos.

A partir do separador 104, o fluido passa no concentrador de  
20 sólidos 112. A área transversal do caminho de fluxo do fluido é reduzida ao longo do comprimento do concentrador de sólidos 112 pelos efeitos combinados do furo estreitado do concentrador 112 e o guia de fluido cônico 140, levando o fluido a se tornar concentrado nas partículas sólidas e formam uma pasta fluida.

A pasta fluida passa para o recipiente perfurado central 142 do  
25 tanque de pasta fluida 118, onde o vórtice age para rotacionalmente agitar o fluido e sólidos arrastados. O fluido e as menores partículas sólidas passam para fora através das perfurações 146 no recipiente perfurado 142 à medida que a pasta fluida desce dentro do tanque de pasta fluida e são removidos  
30 da região anular 144 através da saída para passar para o bloqueador de pasta fluida 148. Os detritos sólidos permanecem no recipiente perfurado 142 e deixa o tanque de pasta fluida 118 através da saída inferior 152. De-

pendendo da quantidade de detritos no fluxo que está sendo processado, a válvula hidráulica ou ROV manual 154 pode ser deixada aberta, para fornecer um fluxo contínuo de detritos, ou pode ser aberta intermitentemente, por exemplo, por um veículo operado remotamente (ROV), para esvaziar o furo do tanque de pasta fluida quando suficientes detritos foram coletados. O ROV pode ser fornecido com um receptáculo para receber os detritos sólidos para remoção.

Com relação à Figura 3A, é mostrada uma modalidade alternativa do sistema separador da presente invenção. Os componentes do sistema da Figura 3A correspondendo àqueles do sistema da Figura 2 são indicados usando os mesmos números de referência. O modo geral de operação do sistema da Figura 3A é amplamente o mesmo do da Figura 2. Conseqüentemente, para evitar repetição, somente as diferenças em construção e operação detalhada entre os sistemas das Figuras 2 e 3A serão descritas.

O sistema da Figura 3A compreende um tanque de pasta fluida 118 montado diretamente na extremidade inferior do separador 104, a região de separação sendo formada pelos furos geralmente cilíndricos combinados da tampa 106, do separador 104 e do tanque de pasta fluida 118. A extremidade inferior do duto de saída de fluido 128 é fechada com uma tampa cônica 140. Um recipiente de coleta de pasta fluida 172 se estende coaxialmente para cima no tanque de pasta fluida 118. Uma pluralidade de perfurações tangenciais 176 é formada no tubo de coleta de pasta fluida 172. A extremidade inferior do recipiente de coleta de pasta fluida 172 se conecta com uma saída de pasta fluida 178 na extremidade inferior do tanque de pasta fluida 118, que, por sua vez, conecta com um bloqueador de pasta fluida 148 e linha de pasta fluida 150. Uma porta de saída de detritos tangencial 180 é disposta na parede do tanque de pasta fluida 118 adjacente a sua extremidade, que é conectada a uma válvula hidráulica e ROV manual 154 e a uma linha de detritos 156.

Em operação, o sistema separador da Figura 3B fornece um dispositivo alternativo de concentração de sólidos e coleta de sólidos. A área transversal da extremidade a jusante do furo no separador 104 disponível

para o fluxo de fluido é reduzida por meio da tampa cônica 174 no recipiente de coleta de pasta fluida 172, causando uma concentração anular de sólidos no fluido. Isso causa a concentração das partículas sólidas na fase fluida à medida que o fluxo desce a partir do separador 104 ao tanque de pasta fluida 118 formando uma região de fluido relativamente calmo, permitindo que as partículas sólidas decantem e formem uma pasta fluida concentrada. O fluido é removido do tanque de pasta fluida 118 passando através das perfurações tangenciais 176 no tubo de coleta de pasta fluida 172.

Com relação à Figura 3B, é mostrado um arranjo alternativo àquele da Figura 3A, mas empregando o mesmo princípio para a coleta e remoção de partículas sólidas usando um recipiente de coleta de pasta fluida 172. O conjunto da Figura 3B emprega um separador geralmente cilíndrico 104, o tanque de pasta fluida tendo um diâmetro substancialmente o mesmo daquele do separador 104. Para fornecer uma contração no caminho de fluxo de fluido para baixo, o recipiente de coleta de pasta fluida 172 tem sua extremidade superior fechada por uma tampa cônica 174. Uma porta de ventilação 175 se estende verticalmente através da tampa cônica 174. A porta de ventilação 175 na tampa cônica 174 fornece uma saída para fluido disposta a partir do tanque de pasta fluida 118.

No tanque de pasta fluida 118, o fluido e as partículas sólidas tentam e se concentram no eixo geométrico separador e fluem através das fendas tangenciais 176 e entram no recipiente de coleta de pasta fluida 172, de onde eles são descartados através da saída de pasta fluida 178, via o bloqueador de pasta fluida 148 na linha de pasta fluida 150. Os detritos e sólidos muito grossos em uma pasta fluida são removidos do tanque de pasta fluida através da saída de detritos 180 e via a válvula hidráulica ou ROV manual 154 na linha de detritos 156.

Os arranjos das Figuras 3A e 3B oferecem vantagens sobre aqueles da Figura 2 no caso em que o fluxo de fluido contém partículas sólidas que são facilmente arrastadas. Os arranjos das Figuras 3A e 3B fornecem um volume relativamente grande de fluido substancialmente estacionário no tanque de pasta fluida 118, circundando o recipiente de coleta de pas-

ta fluida. Esse arranjo fornece um tempo de residência de pasta fluida aumentado no tanque de pasta fluida 118 das Figuras 3A e 3B, comparado ao da Figura 2. Às partículas facilmente arrastadas é assim permitido um tempo maior para decantar no tanque de pasta fluida 118, por sua vez, aumentando a eficiência de separação do conjunto.

Com relação à Figura 4, é mostrada uma modalidade adicional do sistema separador da presente invenção. O sistema da Figura 4 compreende uma tampa, um separador e um tanque de pasta fluida substancialmente como descrito anteriormente e como mostrado na Figura 3 e opera do mesmo modo geral do sistema mostrado na Figura 3.

Conseqüentemente, os componentes comuns aos sistemas de ambas as Figuras 3 e 4 são indicados usando os mesmos números de referência. Entretanto, o arranjo mostrado na Figura 4 emprega um regime de coleta de fluido alternativo, os componentes e a operação do qual serão agora descritos mais detalhadamente.

O sistema de separação da Figura 4 emprega um duto de saída de fluido leve 200 e um duto de saída de fluido mais pesado 205. Este é disposto coaxialmente dentro da região de separação e se estende através do tanque de pasta fluida 118. O duto de saída de fluido mais pesado 205 se estende coaxialmente em sua parte de extremidade inferior no recipiente de coleta de pasta fluida 172, formando uma câmara anular para a coleta de pasta fluida através das fendas.

O duto de saída de fluido leve 200 tem um conjunto para paragem de vórtice 201 no nível de líquido/gás 203 para impedir a formação de um vórtice e impedir que o fluido mais pesado seja direcionado no duto de saída de fluido leve 200. Este é dotado de uma pluralidade de portas de fluido tangenciais 211 dispostas tal como para abrir na região de núcleo acima do aprisionador de vórtice 201. Como mostrado na Figura 4, a interface entre a região de núcleo e a região anular no separador 104 é indicada pela linha pontilhada 125. Prefere-se que o duto de saída de fluido leve 200 seja de um comprimento tal que, em operação, a extremidade inferior ou a jusante da região de núcleo intercepta o duto de saída de fluido leve 200 em sua extre-

midade mais inferior ou próximo a ela, acima do conjunto para paragem de vórtice 201.

A saída de fluido 130 na tampa 106 se conecta com um coletor de líquido 204 montado à extremidade superior da tampa 106 por um flange e parafusos. O coletor de líquido 204 compreende uma câmara central 206 e um tubo de alimentação de fluido 208 se estendendo coaxialmente para cima na câmara 206 a partir da saída de fluido 130 na tampa 106. O tubo de alimentação de fluido 208 tem sua extremidade superior vedada com uma tampa em cúpula 210 e uma pluralidade de portas de fluido tangenciais 212 abrindo na câmara 206. Uma saída de fluido disposta tangencialmente 214 é disposta na parte superior da parede do coletor de líquido 204, que conecta a câmara 206 com uma linha de fluido 216. Uma pluralidade de portas de dreno 218 se estende a partir da extremidade inferior da câmara 206 no coletor de líquido 204 às portas correspondentes 220 formadas na extremidade da tampa 106 abrindo na região de separação para capacitar que o líquido seja re-circulado como mostrado nas Figuras 1A e 1B.

O duto de saída de fluido mais pesado 205 é tampado em sua extremidade superior por uma tampa em cúpula 209 e é fornecido em sua parte superior com uma pluralidade de portas de fluido tangenciais 213. O duto de saída de fluido mais pesado 205 se conecta com uma porta de saída de fluido 222 no tanque de pasta 118, que por sua vez, é conectado a uma linha de fluido 224. A linha de fluido tem forma a formar um vertedouro 225 tendo um nível correspondente àquele da extremidade a jusante da região de núcleo, como indicado na Figura 4.

Um cone 226 se estende em torno do duto de saída de fluido mais pesado 205 em uma região abaixo das portas de fluido tangenciais 213. O cone 226 é dotado de uma passagem anular 228 adjacente à superfície externa do duto de saída de fluido mais pesado 205, para fornecer uma passagem para que o fluido passe para cima e para fora do tanque de pasta fluida 118 para coleta.

Em operação, o fluido é removido do separador de duas formas. Primeiro, o fluido menos denso coletado na região de núcleo, mais tipica-

mente gás, passa através das portas 211 no duto de saída de fluido 200 e flui em uma direção para cima através da tampa 106 e no tubo de alimentação de fluido 208 no coletor de líquido 204. O fluido deixa o tubo de alimentação de fluido 208 através das portas tangenciais 212, conferindo um padrão de fluxo giratório ao fluido na câmara 206. As fases densas, tal como líquido e quaisquer partículas sólidas arrastadas, se movem à parede da câmara 106 e fluem para baixo, retornando à região de separação na tampa 106 através das portas de dreno 218 e 220 e devido ao fluxo de entrada tangencial angulado, é arrastado e removido no fluxo de fluido principal, como mostrado nas Figuras 1A e 1B. O fluido restante, tipicamente gás, deixa a câmara 206 através da saída 214 e passa na linha de fluido 216. A linha de fluido 216 tem uma forma de modo a formar um vertedouro de gás 217.

O fluido mais denso deixa o separador a jusante da região de núcleo passando através das portas 213 no duto de saída de fluido mais pesado 205, e flui em uma direção a jusante no duto 205 através do recipiente de pasta fluida e na linha de fluido 224 via a saída de fluido 222 no tanque de pasta fluida 118.

Uma modalidade adicional da presente invenção é mostrada na Figura 5. O sistema da Figura 5 compreende uma tampa, um separador e um recipiente de pasta fluida substancialmente como descrito anteriormente e como mostrado na Figura 3 e opera do mesmo modo geral do sistema mostrado na Figura 3. Conseqüentemente, os componentes comuns aos sistemas de ambas as Figuras 3 e 5 são indicados usando os mesmos números de referência. Entretanto, o arranjo mostrado na Figura 5 emprega um regime de coleta de fluido alternativo adicional, os componentes e a operação do qual serão descritos mais detalhadamente.

Com relação à Figura 5, um conjunto de coleta de fluido 300 se estende coaxialmente na região de separação a partir da extremidade da tampa 106 à região da junção entre o separador 104 e o tanque de pasta fluida 118. O conjunto de coleta de fluido 300 compreende dutos interno e externo 302 e 304 dispostos de forma concêntrica tal como para formar um canal anular 306 entre os dois. A extremidade inferior do duto externo 304 é

fechada. Em operação, a extremidade inferior do duto externo 304 repousará no nível gás/líquido 203. Uma pluralidade de portas de fluido 310 é fornecida no duto externo 304 e corresponde em forma, disposição e função às portas 211 mostradas na Figura 4 e descritas acima.

5 O duto interno 302 se estende dentro do duto externo 304 e se projeta a partir da extremidade inferior do duto interno 302, tal que sua extremidade inferior é disposta abaixo da região de núcleo, quando o sistema separador está em operação. O duto interno 302 é fornecido em sua parte de extremidade inferior com as portas de fluido 213 do tipo descrito e mos-  
10 trado na Figura 4. Um conjunto para paragem de vórtice 308 é disposto na extremidade inferior do duto interno 302.

A tampa 106 é dotada de uma câmara anular extratora de líquido 312 conectada ao ânulo 306 do conjunto de coleta de fluido 300. O duto interno 302 se estende através da câmara anular extratora de líquido 312 a  
15 uma primeira saída de fluido 314 na extremidade da tampa 106, que, por sua vez, conecta a uma linha de fluido 316. A tampa compreende uma segunda saída de fluido 318 na parede da câmara extratora de líquido 312, que é conectada a uma linha de fluido 320.

A linha de fluido 316 se estende a partir da tampa 106 a um nível  
20 abaixo da extremidade eficaz do duto externo 304 do conjunto de saída de fluido 300. Dessa forma, o fluxo de fluido através da linha de fluido 316 fornece um sifão para auxiliar na remoção de fluido do separador.

A câmara extratora de líquido 312 é conectada à região de separação na tampa 106 por meio de uma pluralidade de portas de retorno de  
25 fluido 326.

Em operação, o fluido entra no conjunto de saída de fluido 300 através das portas 310 no duto externo 304 a partir de ambas a região de núcleo e a região anular externa do separador 104. O fluido de baixa densidade a partir da região de núcleo passa para cima através do ânulo 306 na  
30 câmara extratora de líquido 312 na tampa 106. No cenário descrito anteriormente, esse consistirá na maior parte de gás. Os componentes de densidade mais alta, tal como líquido, são removidos do fluido de baixa densidade

na câmara extratora de líquido 312 e retornam à região de separação na tampa por meio das portas de retorno 326. O fluido de baixa densidade deixa a tampa através da segunda saída de fluido 318 e entra na linha de fluido 320, que tem forma a formar um vertedouro de gás 217.

5 O fluido a partir da região anular do separador é direcionado no duto interno 302 e passa para cima através da tampa 106 e sai via a primeira porta de saída de fluido 314. No cenário traçado acima, esse fluido consistirá essencialmente de líquido, com algum gás arrastado. O fluido restante na linha de fluido 316 é passado para o equipamento luxu abaixo para pro-  
10 cessamento adicional.

Concluiu-se que um conjunto de acordo com a presente invenção como mostrado nas figuras pode separar um fluxo combinado de óleo bruto, água e detritos sólidos em taxas de fluxo até 25.000 BPD em eficácia muito alta. Em adição, o conjunto pode operar com um índice de rejeição  
15 muito alto, ou seja, um dado conjunto pode operar por uma ampla faixa de taxas de fluxo de fluido. Por exemplo, os conjuntos mostrados nas figuras em anexo podem operar caindo a 5.000 BPD para separar um fluxo de óleo bruto, água e sólidos combinado. Abaixo dessas taxas de fluxo, a separação dos componentes devido à rotação de fluido diminui e o conjunto operará  
20 sob princípios de separação por gravidade. Consequentemente, a separação em taxas de fluxo de zero para cima pode ser alcançada.

Com relação à Figura 6, é mostrado um conjunto de separação de acordo com a presente invenção incorporando um conjunto de entrada de acordo com o aspecto final da presente invenção. As características da Fig-  
25 ura 6 comuns a outras modalidades da presente invenção são indicadas usando os mesmos números de referência. O conjunto de entrada, geralmente indicado como 500, compreende um duto de alimentação 502 através do qual um fluido a ser separado é alimentado ao conjunto. O conjunto de entrada 500 adicionalmente compreende um duto curvo 504 através do qual o  
30 fluido pode ser conduzido ao tubo de alimentação 124 à entrada 126.

Como mostrado na Figura 6, o duto curvo 504 se estende em um padrão helicoidal, com o fluido completando duas voltas completas entre

o duto de alimentação 502 e a entrada 126. Aprecia-se que o duto curvo 504 pode ser disposto em uma configuração diferente, por exemplo, um padrão helicoidal com mais ou menos voltas, como pode ser exigido. Como mostrado na Figura 6, um duto curvo 504 é um tubo helicoidal. Aprecia-se que um  
5 caminho de fluxo curvo para o fluido pode ser obtido fornecendo um duto curvo de uma configuração diferente.

Em operação, um fluxo de fluido a ser separado no conjunto de separação primeiro flui ao longo do duto curvo 504, no qual os componentes do fluxo de fluido estão para serem separados de acordo com suas densidades  
10 relativas. Assim, os componentes mais pesados, por exemplo, líquidos, tal como água, e sólidos tenderão em direção às regiões radialmente externas do duto. Em contraste, os componentes mais leves, tal como líquidos leves, por exemplo, óleo e gases, tenderão à parte radialmente interna do duto. O duto 504 e a entrada 126 são dispostos tal que o fluxo de fluido é  
15 apropriadamente orientado com os padrões de fluxo prevalecendo na região de separação. Assim, os componentes mais pesados entram no separador 104 em uma posição radialmente externa e os componentes mais leves entram no separador 104 em uma posição radialmente interna. Assim, aprecia-se que a separação inicializada no duto curvo 504 suplementa a separação  
20 acontecendo no separador 104.

Com relação às Figuras 7 e 8, é mostrado um separador de acordo com uma modalidade adicional da presente invenção. O separador tem a mesma configuração geral daquele da Figura 4 e os componentes comuns à modalidade das Figuras 7 e 8 e da Figura 4 são identificados u-  
25 sando os mesmos números de referência. Referência à descrição detalhada anteriormente é feita com relação a essas características e componentes. A seguinte descrição refere-se às características particulares ao separador das Figuras 7 e 8. Com o propósito de esclarecimento, as Figuras 7 e 8 mostram somente os componentes internos do sistema de separação, com os com-  
30 ponentes externos, tal como o conjunto de entrada, e conjuntos de saída de fluido e sólidos sendo omitido.

O conjunto de separação da Figura 7 tem um conjunto de entra-

da tangencial 602, como descrito anteriormente, através do qual um fluxo de fluido é introduzido na região a montante da região de separação. O conjunto de entrada 602 tem uma abertura de entrada 604 que abre na região de separação alguma distância da extremidade a montante da região de separação. Um conjunto de parede 606 é dotado de uma superfície guia helicoidalmente estendida 608 disposta tal que o fluido de chegada contata a superfície guia 608 e é levado a fluir em um padrão helicoidal para baixo na região de separação. A região de entrada é mostrada mais detalhadamente na Figura 8, com o conjunto de parede 606 e a superfície guia 608 sendo mostrados mais detalhadamente. A presença do conjunto de parede 606 permite que o conjunto de entrada 602 seja curvado mais intimamente com a perpendicular ao eixo geométrico longitudinal da região de separação, enquanto ainda permitindo que o fluxo de fluido de chegada desenvolva o padrão de fluxo helicoidal exigido na região de separação. Assim, o ângulo  $\alpha$  do duto de entrada como mostrado na Figura 8 é aproximadamente  $5^\circ$ . Um efeito adicional do conjunto de parede e o uso da superfície guia 608 é assegurar que o fluido de chegada não contate e impacte no fluido já girando na região de separação. Esse, por sua vez, reduz o cisalhamento ao qual o fluido é submetido, aperfeiçoando a eficácia de separação do sistema.

O separador da Figura 7 adicionalmente compreende um tanque de pasta fluida 618 e conjunto de coleta de pasta fluida, geralmente como anteriormente descrito, em particular como mostrado na Figura 3B. O separador compreende um recipiente de pasta fluida 620. Para fornecer uma contração no caminho de fluxo de fluido para baixo, o recipiente de coleta de pasta fluida 620 tem sua extremidade superior fechada por uma tampa cônica 622. Uma porta de ventilação 624 se estende verticalmente através da tampa cônica 622. A porta de ventilação 624 na tampa cônica 624 fornece uma saída para fluido deslocado do tanque de pasta fluida 618.

No tanque de pasta fluida 618, o fluido e as partículas sólidas tentam e se concentram no eixo geométrico do separador e fluem através das fendas tangenciais 630 e entram no recipiente de coleta de pasta fluida 620, de onde eles são descarregados através da saída de pasta fluida 632.

Os detritos e sólidos muito grossos em uma pasta fluida não entram no recipiente de coleta de pasta fluida 620 e são removidos deste através da saída de detritos 634. O recipiente de coleta de pasta fluida 620 do conjunto de separador da Figura 7 é estendido em comprimento, comparado ao mostrado na Figura 3B. Para reduzir a rotação do fluxo de fluido no tanque de pasta fluida 618 e intensificar a separação de sólidos e fluidos, o recipiente de coleta de pasta fluida 620 é dotado de uma pluralidade de defletores 640 se estendendo radialmente para fora através do tanque de pasta fluida. Os defletores 640 são de tal tamanho, número e inclinação como a assegurar que o fluxo de fluido é suficientemente retardado, mas ainda se movendo o suficiente para fornecer fácil purga da pasta fluida sólida através da saída de detritos 634.

Para intensificar a separação de sólidos das fases fluidas, a parede interna do tanque de pasta fluida 618 é dotada de uma parte cônica 650 adjacente à saída de detritos 634 de modo a reduzir a área transversal do tanque de pasta fluida na direção a jusante.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para separar um fluido de múltiplas fases, o fluido dotado de um componente de densidade relativamente alta e um componente de densidade relativamente baixa, compreendendo:
  - 5           introduzir o fluido em uma região de separação;
  - conferir um movimento giratório no fluido de múltiplas fases;
  - formar uma região anular externa de fluido giratório na região de separação; e
  - formar e manter um núcleo de fluido em uma região interna;
  - 10          sendo que o fluido que entra no tanque de separação é direcionado na região anular externa; e
  - a espessura da região anular externa é tal que o componente de alta densidade está concentrado e substancialmente contido nessa região, o componente de baixa densidade está concentrado no núcleo giratório.
- 15          2. Método, de acordo com a reivindicação 1, onde o fluido de múltiplas fases compreende uma fase líquida e uma fase gasosa.
3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, onde o fluido de múltiplas fases compreende uma fase líquida e uma fase sólida.
4. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde
- 20          o fluido de múltiplas fases compreende duas fases líquidas imiscíveis.
5. Método, de acordo com a reivindicação 4, onde as duas fases líquidas imiscíveis são óleo e água.
6. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde
- 25          o fluido de múltiplas fases é produzido a partir de um poço de óleo subterrâneo.
7. Método, de acordo com a reivindicação 6, onde o fluido de múltiplas fases compreende materiais de formação sólida e/ou detritos sólidos.
8. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde
- 30          o fluido de múltiplas fases é introduzido tangencialmente na região de separação, desse modo levando o fluido na região anular a rotacionar com a região de separação.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, onde o fluido de múltiplas fases é introduzido em um ângulo agudo ao eixo geométrico longitudinal da região de separação, tal que o fluido entrando na região de separação não é impactado pelo fluido girando na região anular externa.

5                   10. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde o fluido de múltiplas fases é introduzido na região de separação tal como para contatar uma superfície guia, esta incluindo um padrão de fluxo helicoidal no fluxo de fluido na região de separação.

10                   11. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde o fluido de múltiplas fases é introduzido na região de separação através de uma entrada tendo uma seção transversal.

12. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde o fluido de alta densidade e o fluido de baixa densidade são removidos de uma região de coleta de fluido estabelecida a jusante da região de núcleo.

15                   13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, onde a região de coleta de fluido de baixa densidade é estabelecida na região da extremidade a jusante da região de núcleo, o fluido de baixa densidade sendo removido da dita região de coleta.

20                   14. Método, de acordo com a reivindicação 13, onde a região de coleta de fluido de alta densidade é estabelecida a jusante da região de núcleo, o fluido de alta densidade sendo removido da dita região de coleta.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, onde o fluido de alta densidade e o fluido de baixa densidade são removidos de suas respectivas regiões de coleta de fluido por meio de dutos separados.

25                   16. Método, de acordo com a reivindicação 15, onde o duto tem uma saída de fluido de baixa densidade de uma saída de fluido de alta densidade.

30                   17. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 16, onde o fluido é removido através de uma pluralidade de aberturas de saída de fluido no respectivo duto.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, onde as aberturas de saída de fluido são dispostas tangencialmente ao fluxo de fluido na

região de coleta de fluido de alta densidade.

19. Método, de acordo com a reivindicação 14, onde o fluido de alta densidade é removido por meio de um sifão.

20. Método, de acordo com a reivindicação 15, onde, mediante a remoção a partir da região de separação, o fluido de baixa densidade flui em uma direção a montante e o fluido de alta densidade flui em uma direção a jusante.

21. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde os dispositivos são fornecidos para controlar uma formação de vórtice no fluido no tanque de separação a jusante da região de coleta de fluido.

22. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, adicionalmente compreendendo fornecer uma região de concentração de sólidos a jusante das regiões anular e de núcleo.

23. Método, de acordo com a reivindicação 21, onde a região de concentração de sólidos tem um caminho de fluxo de fluido que diminui em área transversal na direção do fluxo de fluido.

24. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, adicionalmente compreendendo fornecer uma região de separação e remoção de sólidos a jusante das regiões de núcleo e anular.

25. Método, de acordo com a reivindicação 24, onde as partículas sólidas menores deixam a região de separação e remoção de sólidos através de uma saída disposta centralmente dentro da região.

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, onde a saída compreende uma pluralidade de aberturas de saída de sólidos.

27. Método, de acordo com a reivindicação 26, onde as aberturas de saída são dispostas tangencialmente ao fluxo giratório do fluido na região de separação e remoção de sólidos.

28. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 25 a 27, onde as partículas sólidas de maior diâmetro são removidas da região externa da região de separação e remoção de sólidos.

29. Método, de acordo com a reivindicação 28, onde as partículas sólidas de maior diâmetro são removidas através de uma saída disposta

tangencialmente ao fluxo de fluido giratório.

30. Método, de acordo com a reivindicação 26, onde a região de separação e remoção de sólidos é fornecida com um duto interno, através do qual o fluxo de fluido flui.

5 31. Método, de acordo com a reivindicação 30, onde o duto interno é dotado de uma pluralidade de aberturas de saída formando uma pe-neira de sólidos.

32. Método, de acordo com a reivindicação 31, onde as abertu-ras de saída são dispostas tangencialmente ao fluxo de fluido giratório.

10 33. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde o fluido de baixa densidade removido da região de núcleo é passado para uma zona de separação, na qual o fluido de alta densidade é separado do fluido de baixa densidade e retornado à região anular na região de separa-ção.

15 34. Método, de acordo com qualquer reivindicação anterior, onde o fluido de baixa densidade é removido da região de núcleo a jusante da en-trada do fluido de múltiplas fases e uma parte do fluido então removida é reintroduzida na região de núcleo adjacente à entrada das múltiplas fases.

20 35. Sistema de separação para um fluido de múltiplas fases con-tendo um componente de alta densidade e um componente de baixa densi-dade compreendendo um separador tendo:

uma região de separação,

uma entrada para o fluido de múltiplas fases entrar na região de separação,

25 dispositivo para conferir um movimento giratório ao fluido de múltiplas fases mediante a entrada na região de separação, tal como a for-mar uma região anular externa de fluido giratório,

em operação, a espessura da região anular externa sendo tal que o componente de alta densidade está concentrado e substancialmente contido na região anular externa, e

30 o componente de baixa densidade está concentrado na região do núcleo.

36. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 35, onde o dispositivo para conferir um movimento giratório ao fluido de múltiplas fases é a entrada de fluido sendo tangencial ao eixo geométrico longitudinal da região de separação.

5 37. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 36, onde a entrada de fluido está a um ângulo agudo com o eixo geométrico longitudinal da região de separação.

38. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 36 ou 37, onde a entrada de fluido tem uma seção transversal retangular.

10 39. Sistema separador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 35 a 37, onde a região de separação é dotada de um guia adjacente à entrada de fluido, o guia tendo pelo menos uma superfície guia helicoidalmente estendida disposta para ser comprimida pelo fluido entrando na região de separação através da entrada de fluido.

15 40. Sistema separador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 35 a 39, adicionalmente compreendendo uma saída de fluido disposta na parte da região de separação correspondendo a jusante da região de núcleo, quando em operação.

20 41. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 40, onde a saída de fluido é formada na extremidade de um duto se estendendo na região de separação.

42. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 41, onde o duto se estende coaxialmente na região de separação.

25 43. Sistema separador, de acordo com qualquer das reivindicações 41 ou 42, onde a primeira saída de fluido compreende uma pluralidade de aberturas radiais formadas no duto.

44. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 43, onde as aberturas são tangenciais ao fluxo de fluido circundando o duto.

30 45. Sistema separador, de acordo com qualquer das reivindicações 35 a 39, adicionalmente compreendendo uma primeira saída de fluido disposta na parte da região de separação correspondendo à região adjacente à extremidade a jusante da região de núcleo, quando em operação.

46. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 45, onde a primeira saída de fluido é formada na extremidade de um duto se estendendo na região de separação.

5 47. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 46, onde o duto se estende coaxialmente dentro da região de separação.

48. Sistema separador, de acordo com qualquer das reivindicações 46 ou 47, onde a primeira saída de fluido compreende uma pluralidade de aberturas radiais formadas no duto.

10 49. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 48, onde as aberturas são tangenciais ao fluxo de fluido ao redor do duto.

50. Sistema separador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 45 a 49, adicionalmente compreendendo uma segunda saída de fluido disposta na parte da região de separação a jusante daquela parte ocupada pela região de núcleo, quando em operação.

15 51. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 50, onde a segunda saída de fluido é formada na extremidade de um duto se estendendo na região de separação.

52. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 51, onde o duto se estende coaxialmente na região separadora.

20 53. Sistema separador, de acordo com qualquer uma da reivindicação 51 ou 52, onde a segunda saída de fluido compreende uma pluralidade de aberturas radiais formadas no duto.

54. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 53, onde as aberturas são tangenciais ao fluxo de fluido ao redor do duto.

25 55. Sistema separador, de acordo com quaisquer das reivindicações 50 a 54, onde as primeira e segunda saídas de fluido se abrem no mesmo duto.

30 56. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 55, onde o duto tem uma saída para cada um do fluido de baixa densidade e do fluido de alta densidade.

57. Sistema separador, de acordo com quaisquer das reivindicações 35 a 56, adicionalmente compreendendo um controlador de vórtice si-

tuado na região de separação em uma posição correspondendo a jusante da região de núcleo, quando em uso.

58. Sistema separador, de acordo com quaisquer das reivindicações 35 a 57, adicionalmente compreendendo uma região de concentração de sólidos dentro da região de separação tendo uma área transversal inferior à área transversal da região de separação adjacente à entrada de fluido,

59. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 58, onde a área transversal reduzida é fornecida por uma parte estreitada da parede do separador.

60. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 58, onde a área transversal reduzida é fornecida por um cone se estendendo coaxialmente dentro da região de separação.

61. Sistema separador, de acordo com quaisquer das reivindicações 35 a 60, adicionalmente compreendendo um dispositivo para separar sólidos do fluido na região de separação.

62. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 61, onde o dispositivo de separação de sólidos compreende um duto que se estende coaxialmente na região de separação, o duto tendo uma pluralidade de aberturas radialmente estendidas.

63. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 62, onde as aberturas são tangenciais ao fluxo de fluido em torno do duto.

64. Sistema separador, de acordo com quaisquer das reivindicações 61 a 63, onde o dispositivo de separação de sólidos compreende uma zona de aprisionamento de sólidos por uma parede tendo uma pluralidade de aberturas radialmente estendidas.

65. Sistema separador, de acordo com a reivindicação 64, onde as aberturas são tangenciais ao fluxo de fluido na região de separação.

66. Sistema separador, de acordo com quaisquer das reivindicações 35 a 65, adicionalmente compreendendo dispositivos para remover material sólido da zona de separação operável em uma base intermitente.

67. Conjunto de processamento submarino, compreendendo:  
um conjunto de cabeça de poço através do qual os fluidos são

produzidos a partir de um poço subterrâneo,

um conjunto separador tendo uma entrada de fluido conectada ao conjunto de cabeça do poço para receber os fluidos produzidos pelo poço, o conjunto separador sendo operável em pressão de cabeça de poço para remover detritos de poço arrastados nos fluidos de modo de modo a produzir uma fase rica em sólidos e uma fase fluida, o conjunto separador compreendendo uma saída de fluido para a fase fluida, e

um conjunto bloqueador tendo uma entrada conectada à saída de fluido do conjunto separador.

68. Conjunto de processamento de plataforma, compreendendo:

um conjunto de recebimento de fluido para receber fluidos produzidos a partir de um poço subterrâneo,

um conjunto separador tendo uma entrada de fluido conectada ao conjunto de recebimento de fluido para receber os fluidos produzidos pelo poço, o conjunto separador sendo operável em pressão de cabeça de poço para remover detritos do poço arrastados nos fluidos de modo de modo a produzir uma fase rica em sólidos e uma fase fluida, o conjunto separador compreendendo uma saída de fluido para a fase fluida, e

um conjunto bloqueador tendo uma entrada conectada à saída de fluido do conjunto separador.

69. Método para separar partículas sólidas de um fluxo de fluido de múltiplas fases, o fluxo de fluido dotado de um componente líquido e um componente gasoso, compreendendo:

introduzir o fluxo em uma região de separação,  
conferir um movimento giratório ao fluido,  
formar uma região anular externa de fluido giratório de espessura pré-determinada, e

formar e manter um núcleo de gás em uma região interna, onde partículas líquidas e sólidas entrando no tanque de separação são direcionadas à região anular externa, e

a espessura da região anular externa é tal que as partículas sólidas estão concentradas e substancialmente contidas nessa região.

70. Método para separar um fluxo de fluido de múltiplas fases, compreendendo introduzir o fluxo em uma região de separação de uma maneira a induzir um padrão de fluxo giratório na região de separação, sendo que, antes de sua introdução na região de separação, o fluxo de fluido flui ao longo de um caminho de fluxo curvo, o fluido fluindo ao longo do caminho de fluxo curvo em uma orientação correspondente ao padrão de fluxo giratório na região de separação.

71. Método, de acordo com a reivindicação 70, onde o caminho de fluxo curvo é helicoidal.

72. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 70 a 71, onde o fluxo de fluido no caminho de fluxo curvo está fluindo em um regime de fluxo laminar ou transitório.

73. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 70 a 72, onde o fluxo de múltiplas fases compreende ao menos uma fase fluida e uma fase sólida.

74. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 70 a 73, onde o fluxo de fluido é produzido a partir de um poço subterrâneo.

75. Aparelho para separar um fluxo de fluido de múltiplas fases, compreendendo:

uma região de separação,  
uma entrada para introduzir um fluxo de fluido na região de separação,  
um duto curvo para conduzir um fluxo de fluido à entrada,  
onde o duto curvo e a entrada são dispostos para introduzir o fluxo de fluido na região de separação em uma orientação correspondente àquela do fluido na região de separação durante a operação.

76. Aparelho, de acordo com a reivindicação 75, onde o duto curvo é helicoidal.

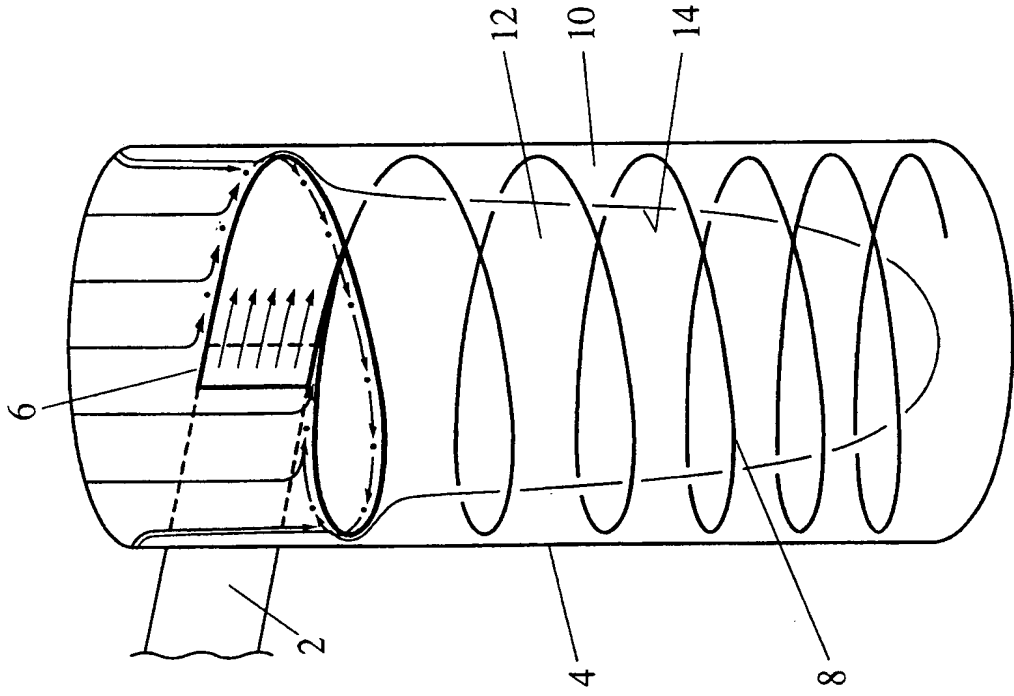


Fig 1A

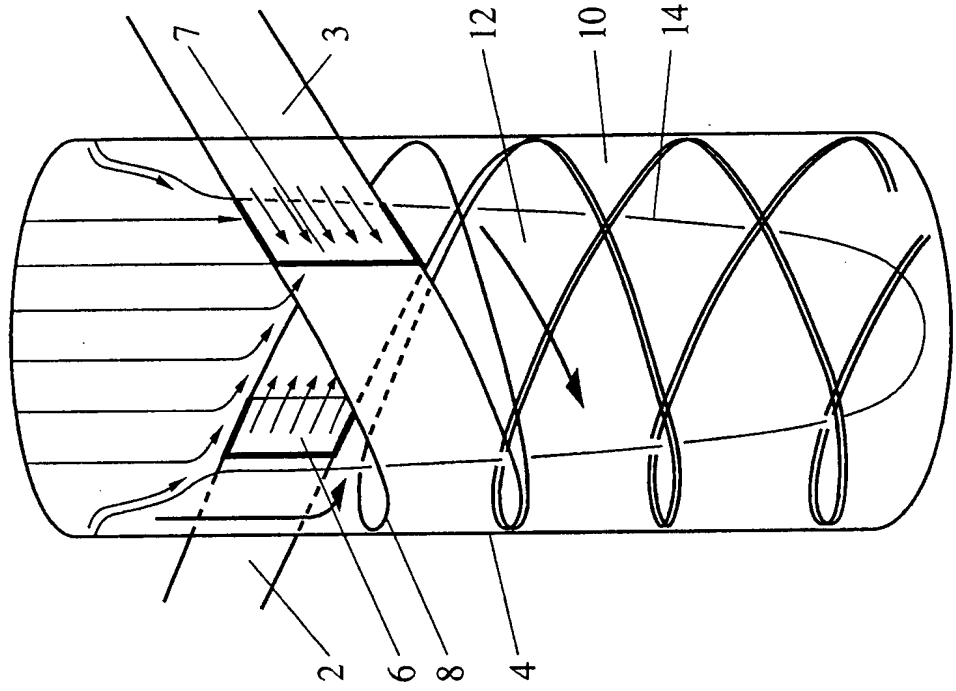


Fig 1B

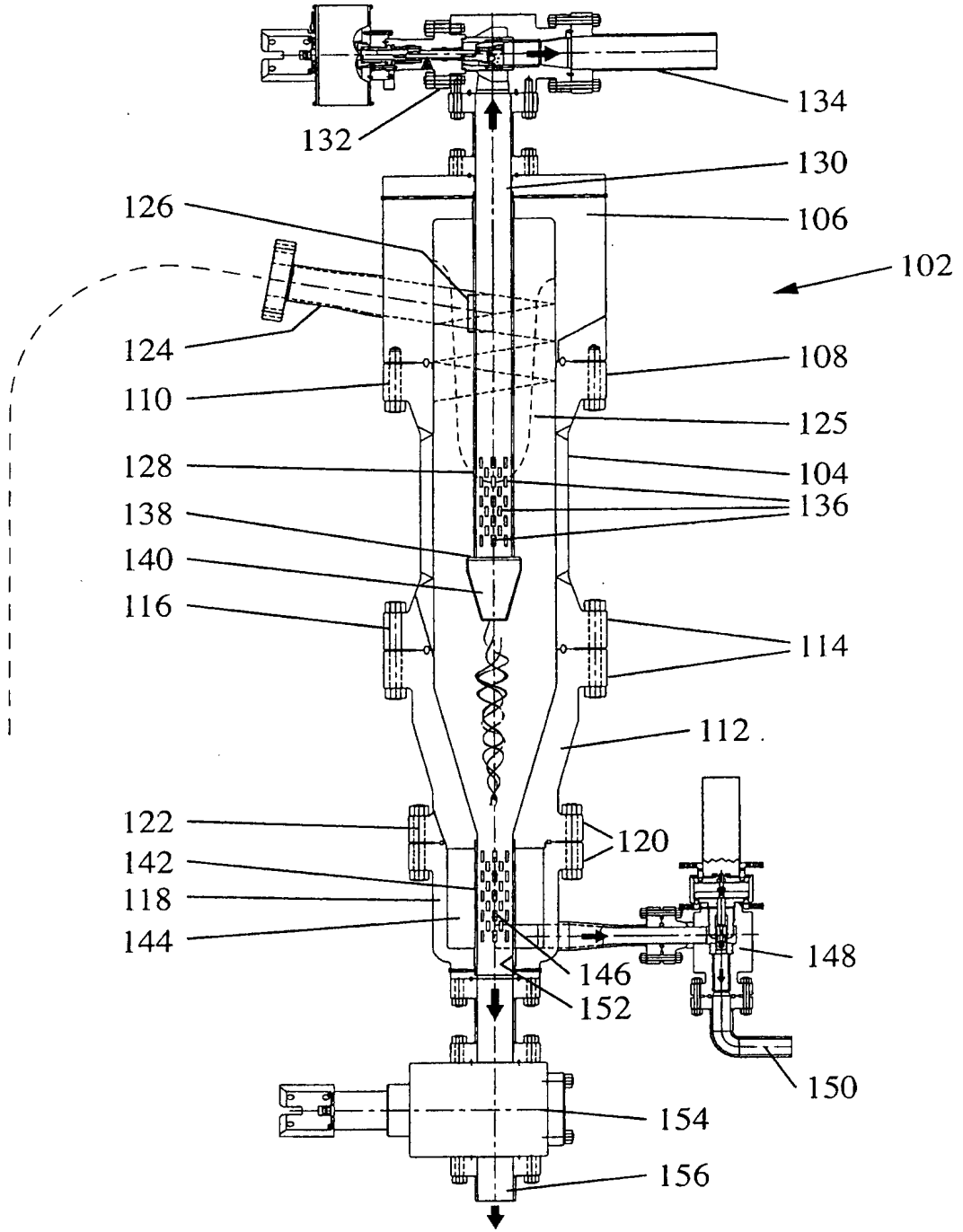


Fig 2

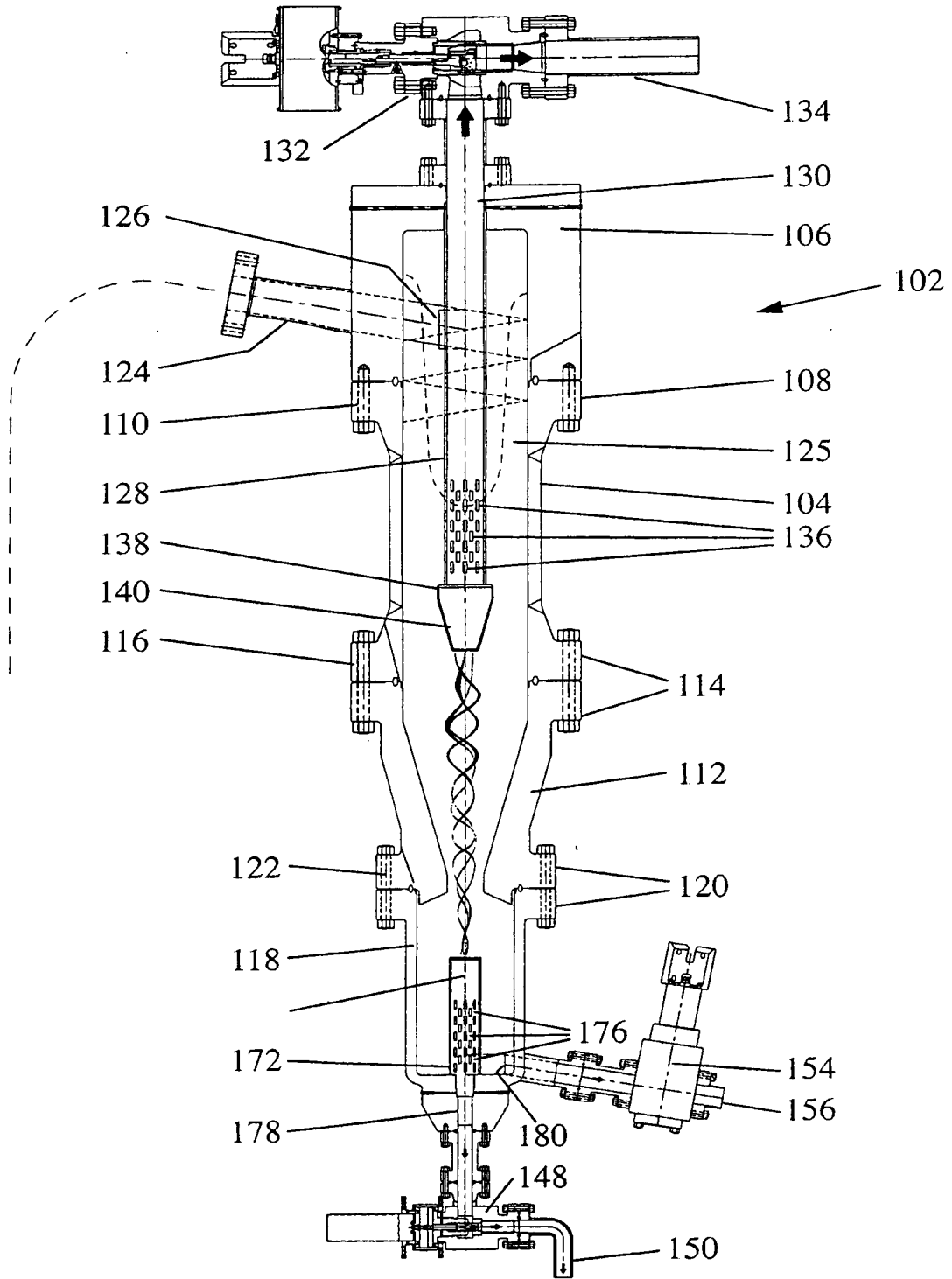


Fig 3A

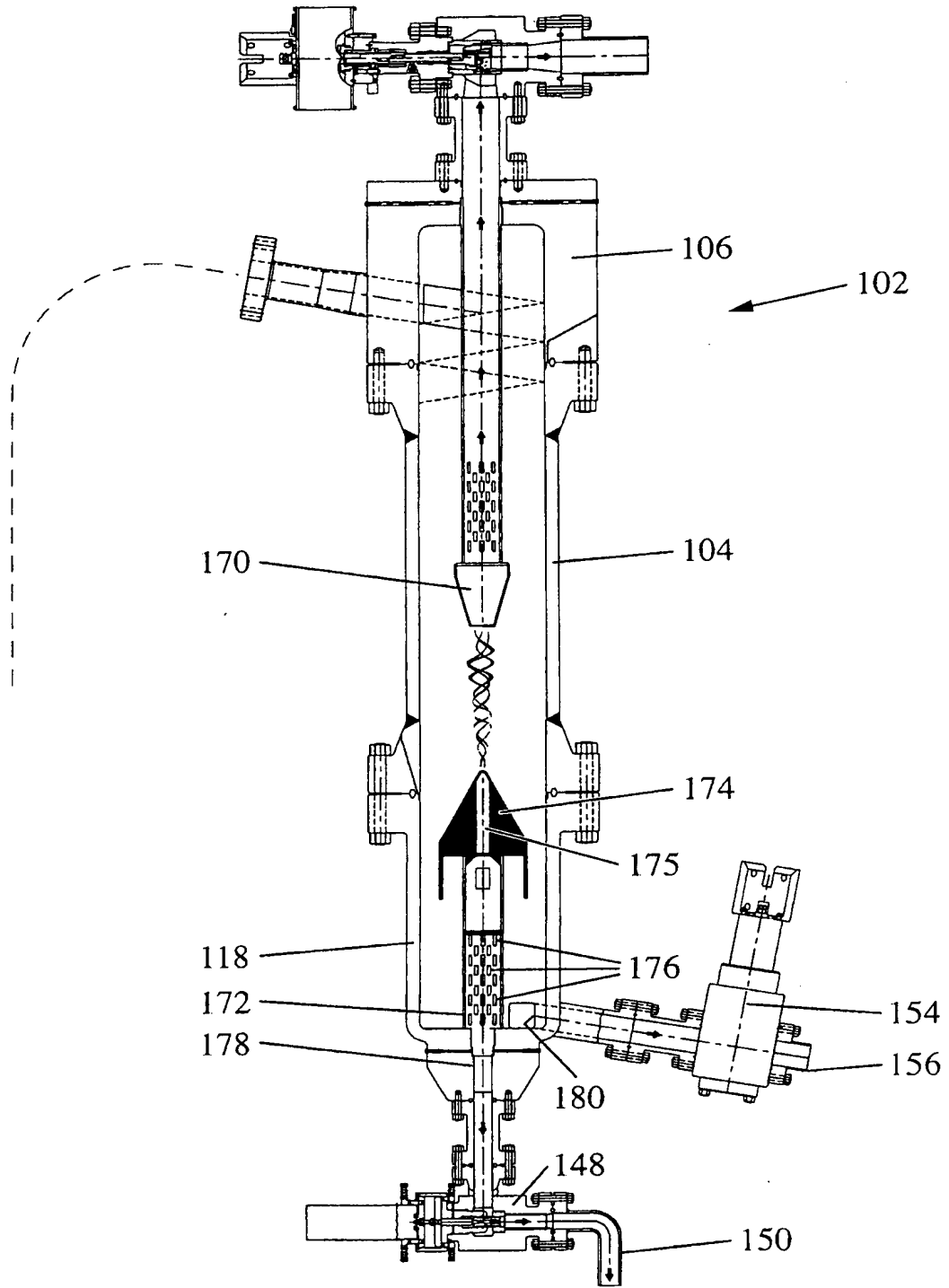


Fig 3B

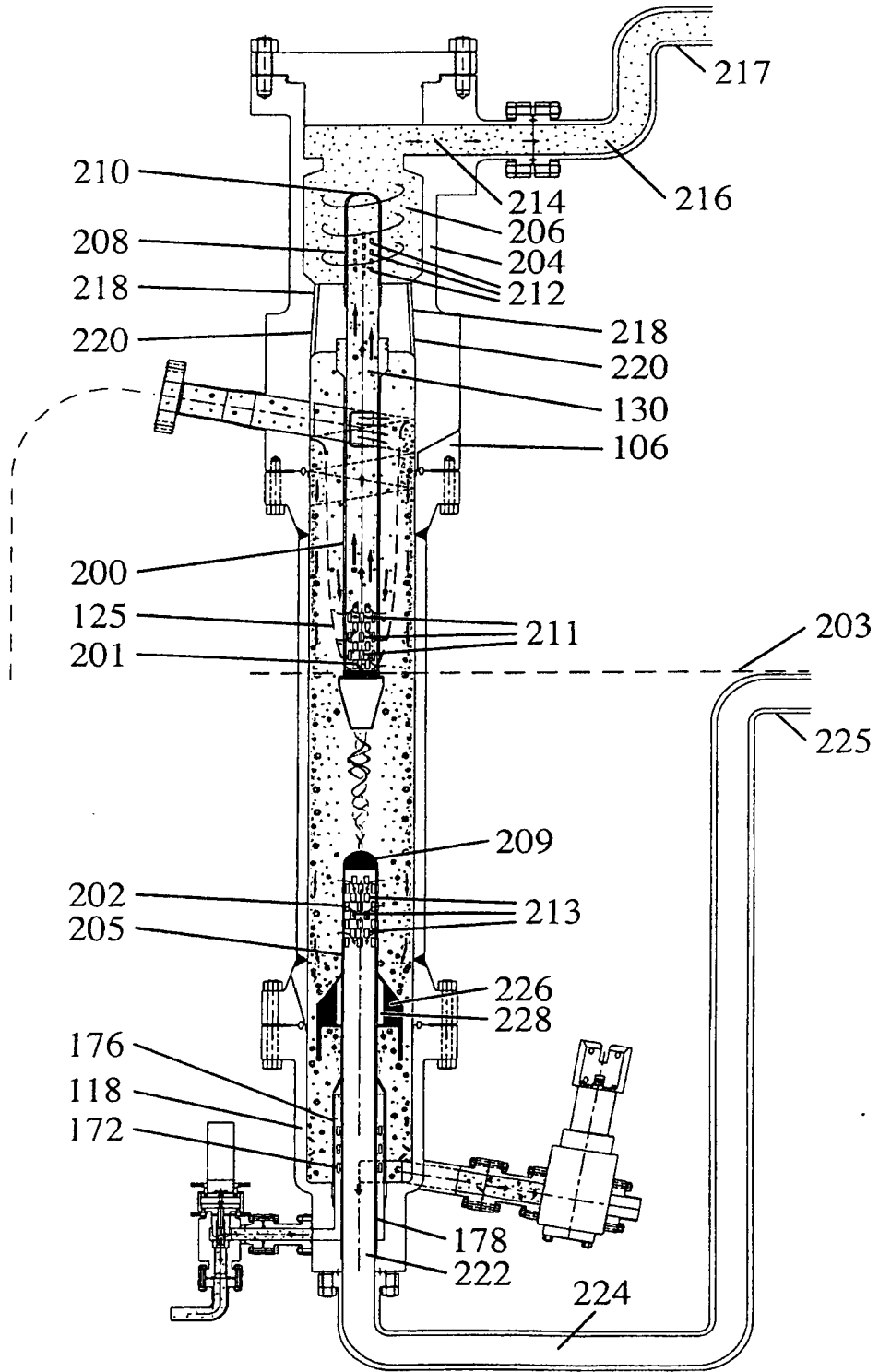


Fig 4

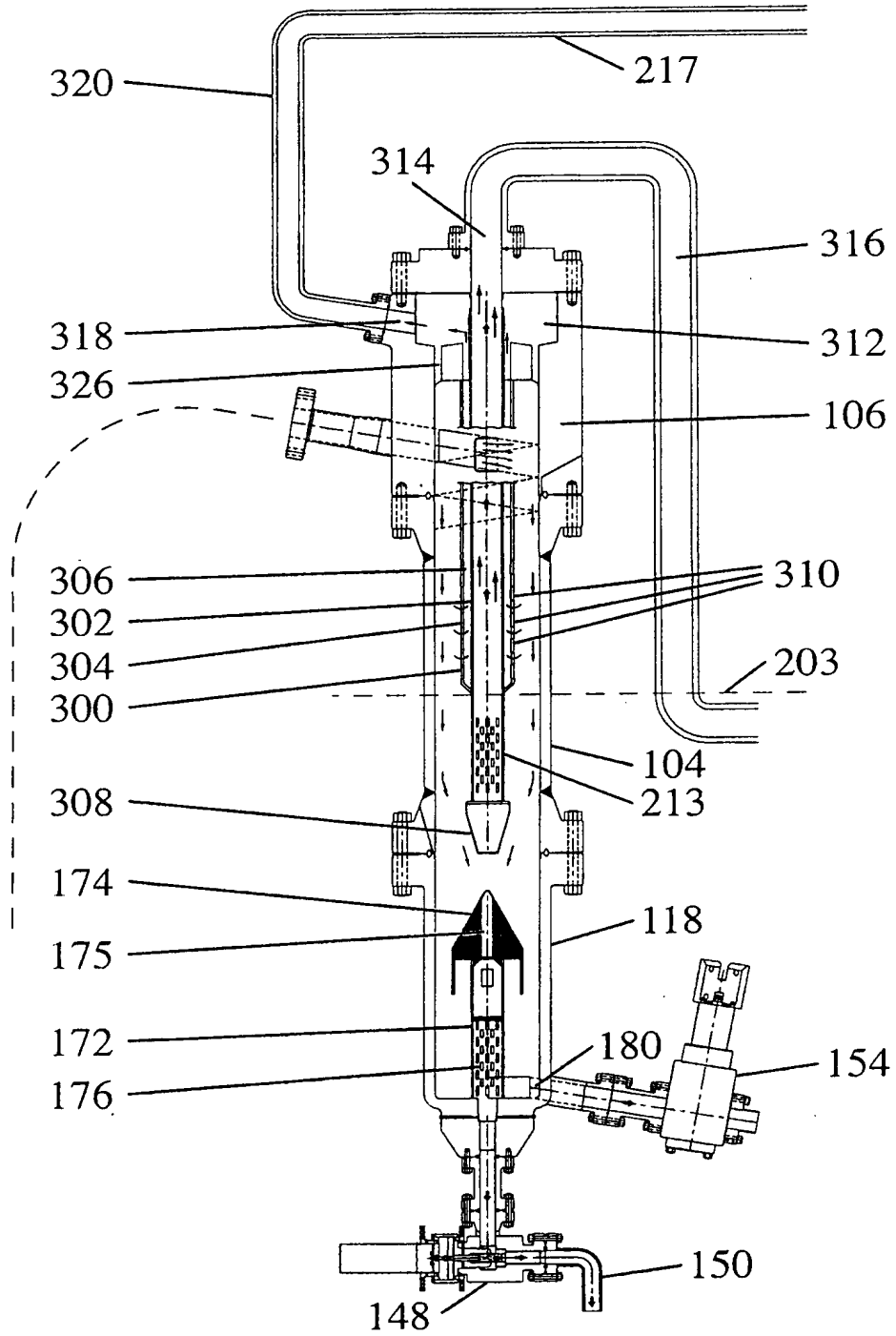


Fig 5

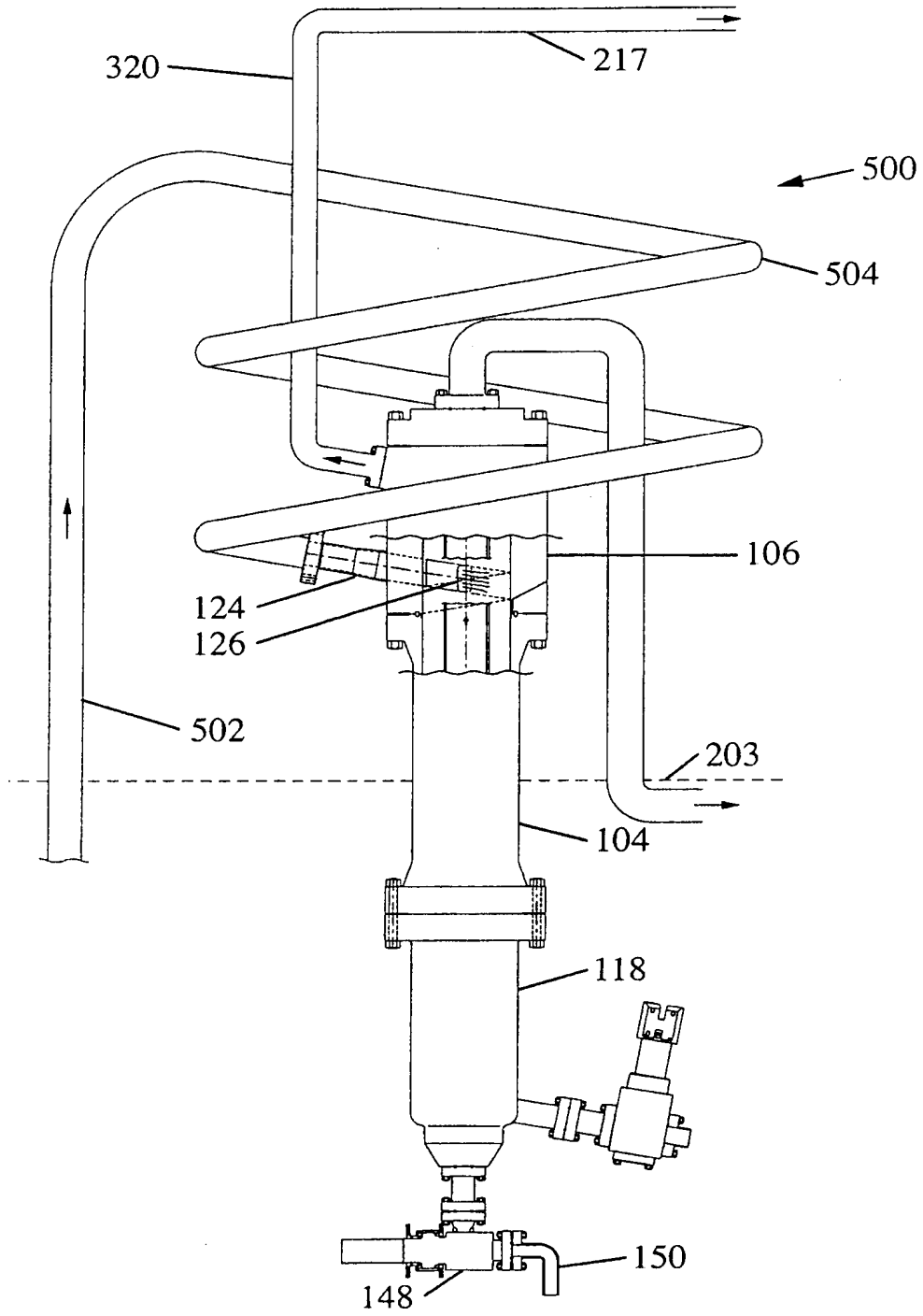


Fig 6

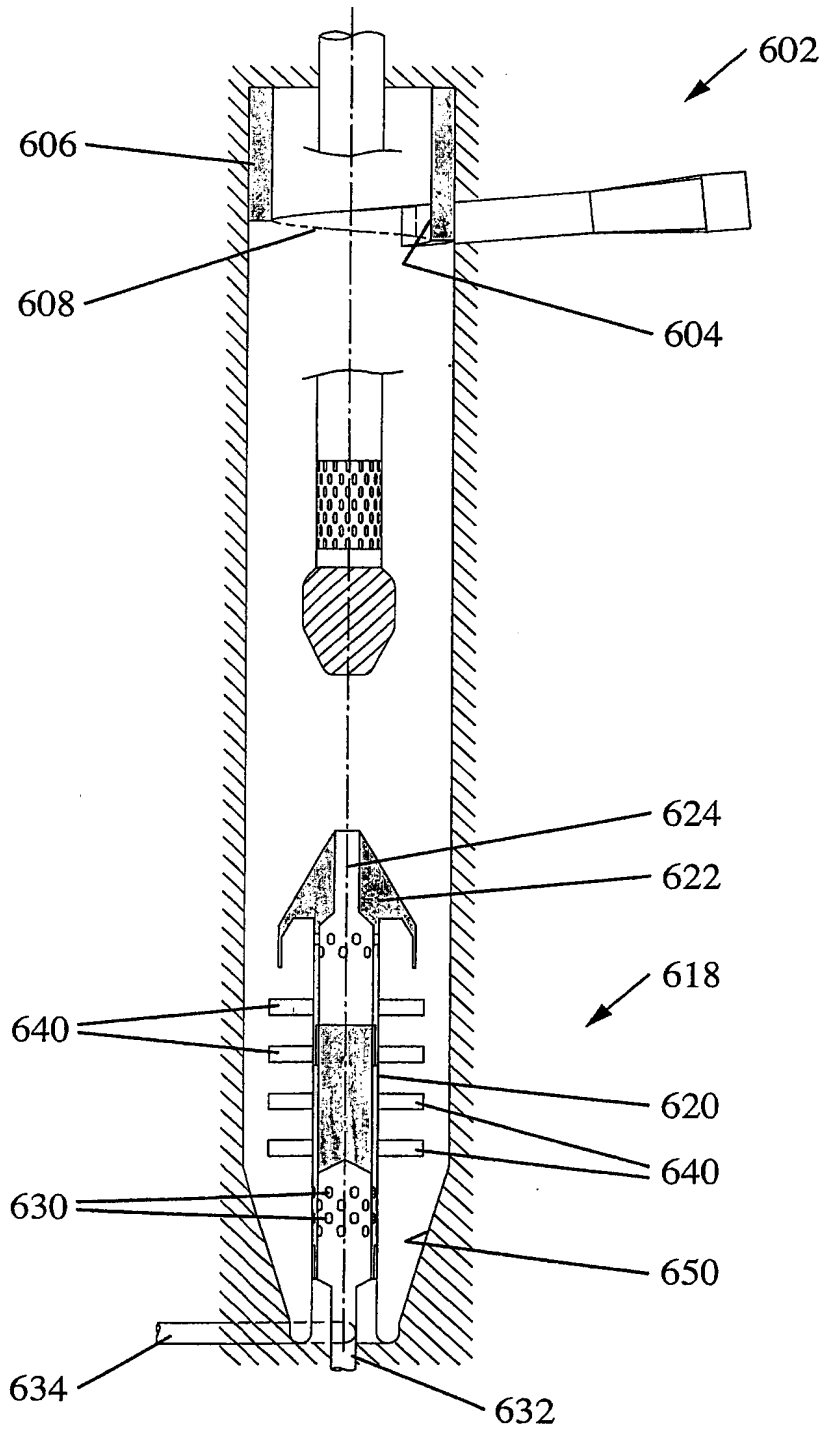


Fig 7

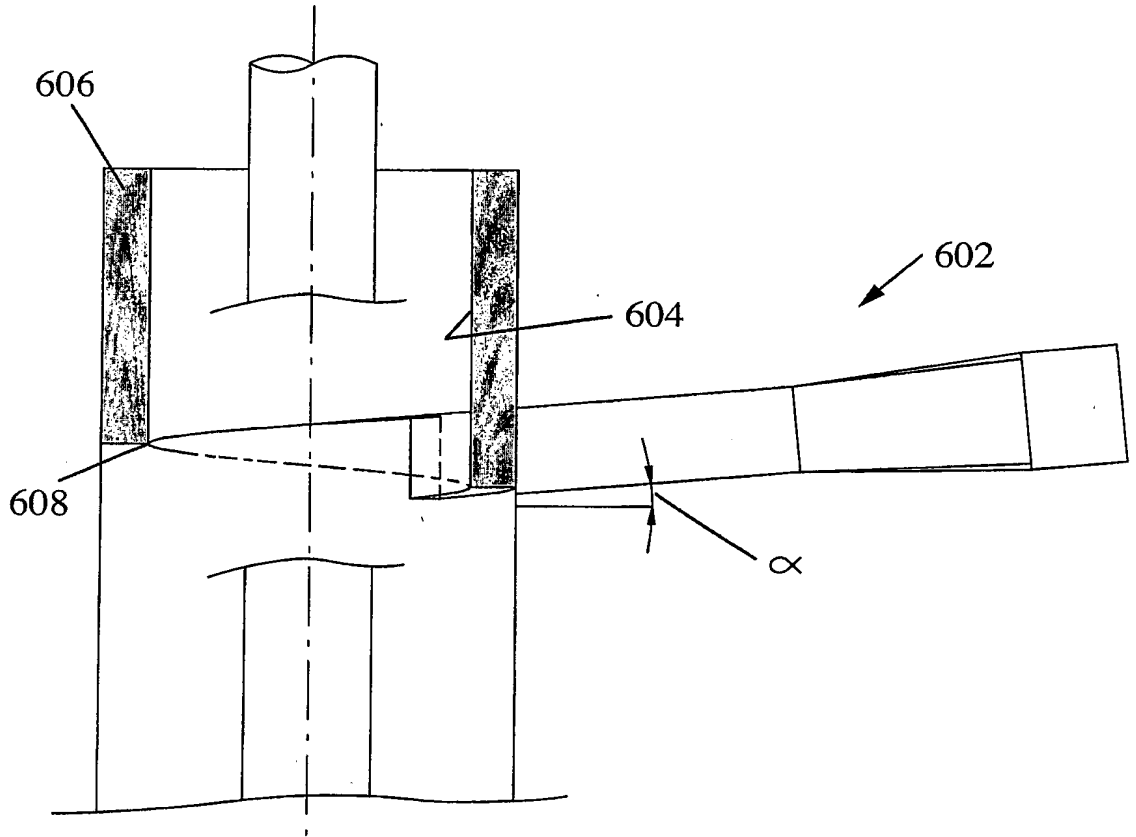


Fig 8

## RESUMO

Patente de Invenção: "**SEPARADOR E MÉTODO DE SEPARAÇÃO**".

A presente invenção refere-se a um método de separar um fluido de múltiplas fases, o qual compreende um componente de densidade relativamente alta e um componente de densidade relativamente baixa. O método compreende introduzir o fluido em uma região de separação; conferir um movimento giratório no fluido de múltiplas fases; formar uma região anular externa de rotação de fluido com espessura pré-determinada na região de separação; e formar e manter um núcleo de fluido em uma região interna; sendo que o fluido que entra no tanque de separação é direcionado na região anular externa; e a espessura da região anular externa é tal que o componente de alta densidade está concentrado e substancialmente contido nessa região, o componente de baixa densidade é concentrado no núcleo giratório. Um sistema de separação que emprega o método é também fornecido. O método e o sistema são particularmente adequados para a separação de detritos sólidos dos fluidos produzidos por um poço de óleo ou gás subterrâneo em pressão de fluxo de cabeça do poço.