



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

(21) **PI0803051-0 A2**



\* B R P I O 8 0 3 0 5 1 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 30/06/2008  
(43) Data da Publicação: 09/03/2010  
(RPI 2044)

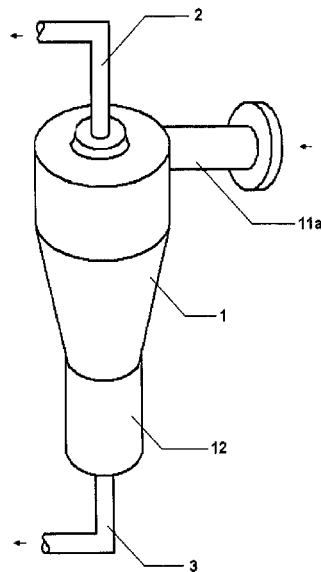
(51) *Int.Cl.:*  
B01J 8/00 (2010.01)

(54) Título: **SEPARADOR CICLÔNICO DE SUSPENSÃO GÁS-SÓLIDO E MÉTODO DE SEPARAÇÃO**

(73) Titular(es): Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS

(72) Inventor(es): Celso Murilo dos Santos, Emanuel Freire Sandes, Rogerio Michelan, Wilson Kenzo Huziwara

(57) Resumo: SEPARADOR CICLÔNICO DE SUSPENSÃO GÁS-SÓLIDO E MÉTODO DE SEPARAÇÃO. O separador compreende uma câmara de separação, com pelo menos uma entrada em sua parte superior, uma saída de sólidos em sua parte inferior, e dois tubos de saída de frações de gás. É descrito também o método que utiliza o separador, com aspiração das frações de gás em duas zonas de separação geradas no interior da câmara, uma com fluxo reverso e outra com fluxo unidirecional.





## SEPARADOR CICLÔNICO DE SUSPENSÃO GÁS-SÓLIDO E MÉTODO DE SEPARAÇÃO

### CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção encontra seu campo de aplicação dentre os  
5 equipamentos e métodos para separar partículas sólidas de suspensões  
gás-sólido, mais particularmente dentre os separadores ciclônicos, onde  
se fornece uma componente de força tangencial à suspensão gás-sólido.

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Separadores ciclônicos em diferentes formas construtivas são  
10 utilizados em inúmeros equipamentos para separar impurezas contidas em  
fluidos gasosos, tais como partículas sólidas ou poeira, gotículas de  
líquidos ou material semelhante.

Separadores ciclônicos são amplamente usados para separação e  
remoção de partículas do ar ou de gases de processos. São utilizados  
15 também como reator químico, trocador de calor, para secagem de  
materiais granulares e combustão de óleo. Em refinarias de petróleo, são  
utilizados para assegurar a continuidade do processo para obtenção de  
produtos, retendo catalisador e impedindo sua emissão para a atmosfera,  
evitando a perda e o efeito poluente. A grande aplicabilidade dos  
20 separadores ciclônicos deve-se ao seu baixo custo de operação e fácil  
manutenção, como também à possibilidade de suportar severas condições  
de temperatura e pressão.

Os separadores ciclônicos podem ser empregados em diversos  
arranjos, em série ou em paralelo. Em alguns processos, a totalidade do  
25 fluido gasoso produzido, que a partir daqui será chamado de suspensão  
gás-sólido, passa pelo separador. Em outros processos, os separadores  
ciclônicos podem ser utilizados como parte do sistema de limpeza de  
gases de exaustão.

As partículas são separadas por um processo de centrifugação da  
30 suspensão gás-sólido. Este fenômeno ocorre com a indução de um fluxo

vorticial no interior do separador ciclônico devido à significativa componente de força tangencial com a qual a suspensão entra na câmara ciclônica, que geralmente é de formato cônico. Sendo de maior densidade que os gases, as partículas sólidas tem maior tendência em permanecer na trajetória perpendicular ao fluxo vorticial, devido à força centrífuga, e assim colidir com as paredes da câmara. Com as colisões, as partículas perdem velocidade e tendem a se separar do fluxo, caindo em direção ao fundo da câmara, de onde são retiradas. O gás separado sai pelo tubo de saída do ciclone, após percorrer algumas voltas pela câmara e uma curva de ângulo acentuado em direção ao tubo na parte superior.

Os separadores ciclônicos de suspensão gás-sólido são geralmente do tipo fluxo reverso, que são os mais tradicionais para este tipo de separação. Entretanto, ciclones de fluxo unidirecional são também utilizados, principalmente em aplicações onde é baixa a concentração de sólidos na suspensão.

Nos ciclones de fluxo reverso, o tubo de saída do gás, usualmente chamado de vórtex ou finder, é fixo e localizado na parte superior do ciclone. Durante a operação existe a necessidade da total reversão do fluxo vorticial do gás para que o mesmo seja aspirado pelo tubo de saída.

Nos ciclones de fluxo unidirecional, também conhecido pelo termo em inglês “uniflow”, o tubo de saída do gás é localizado na parte inferior do ciclone, não existindo portanto a necessidade de reversão do fluxo vorticial.

Nestas duas configurações, o separador ciclônico compreende apenas uma zona de separação, sendo que o separador de fluxo unidirecional possui um comprimento da zona de separação inferior ao de um separador com fluxo reverso, sendo esta a razão pela qual o separador de fluxo unidirecional ser eficiente apenas em suspensões gás-sólido com baixas concentrações de sólido.

Embora a zona de separação do separador de fluxo reverso seja

maior, é conhecido que a zona de reversão de fluxo é a região na qual ocorre maior perda de eficiência de coleta do separador ciclônico.

A instabilidade existente no ápice de reversão de fluxo resulta em deslocamentos laterais do fluxo vorticial, causando arraste de sólidos  
5 previamente separados e erosão nas paredes do separador ciclônico.

A patente **US 4,238,210** revela um separador ciclônico unidirecional que compreende um duto interno, que forma um caminho de fluxo, com um corpo central provido de hélices geradoras de fluxo vorticial externamente estendidas. O duto é envolvido por uma câmara coletora e  
10 as hélices possuem extremidades coletoras e canais que se abrem através da parede do duto para o interior da câmara coletora. A jusante das hélices geradoras de fluxo vorticial encontram-se fendas de saída transversais em relação ao fluxo de gás.

Assim como nos demais separadores ciclônicos unidirecionais, este  
15 equipamento é eficiente apenas para suspensões com baixa concentração de sólidos.

O dispositivo e o método descritos a seguir são uma alternativa que apresenta vantagens para a separação de suspensões gás-sólido em relação aos dispositivos e métodos conhecidos na técnica para baixas e  
20 altas concentrações.

## **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

A presente invenção trata de um separador ciclônico para suspensão gás-sólido e método de separação onde o separador contém duas zonas de separação em seqüência, uma com fluxo reverso, na qual  
25 parte do gás da suspensão gás-sólido com alta concentração de sólido é separado, e uma zona de separação de fluxo unidirecional, subsequente, na qual a outra parte do gás da suspensão, com baixa concentração de sólido, é separada.

O separador ciclônico compreende uma câmara (1) de separação de  
30 gases e sólidos, substancialmente cônica, com:

- i. uma entrada (11a) para admitir a suspensão gás-sólido em sua parte superior;
- ii. uma saída (12) axial, em sua parte inferior para retirada dos sólidos separados,
- 5   iii. um tubo (2) de saída de uma fração dos gases separados, fixado axialmente na parte superior da câmara (1), com um prolongamento no interior da câmara, sendo dimensionado para aspirar a fração de gás com maior concentração de sólidos e gerar uma zona de separação de fluxo reverso no interior da câmara;
- 10   iv. um tubo (3) de saída de uma fração dos gases separados, fixado axialmente na parte inferior da câmara (1), passando pelo interior da saída (12) e com um prolongamento no interior da câmara de modo a criar um espaço anular (13) para a retirada de sólidos, sendo dimensionado para aspirar a fração de gás contendo menor  
15   concentração de sólidos de fluxo unidirecional e gerar uma zona de separação com fluxo unidirecional no interior da câmara.

Em uma concretização preferida, a entrada (11a) é simetricamente posicionada a pelo menos uma entrada (11b).

20   O Método de separação gás-sólido utilizando o separador, acima descrito compreende as seguintes etapas:

- i. Admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a), fornecendo à suspensão uma componente de força tangencial de modo a separar a suspensão;
- 25   ii. Aspirar o gás separado, na zona de separação com fluxo reverso por meio do tubo (2), e na zona de separação com fluxo unidirecional por meio do tubo (3);
- iii. Retirar pelo espaço anular (13) as partículas sólidas separadas que escoam por ação da gravidade pelas paredes da câmara (1).

30   Quando a entrada (11a) for simetricamente posicionada à pelo menos uma entrada (11b), o método de separação compreende admitir a

suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a) e da pelo menos uma entrada (11b) simultaneamente.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

As características do separador ciclônico de suspensão gás- sólido e  
5 método de separação, objeto da presente invenção serão melhor percebidas a partir da descrição detalhada, associada aos desenhos abaixo referenciados, os quais são parte integrante do presente relatório.

A **FIGURA 1A** apresenta uma representação em perspectiva do separador ciclônico para suspensão gás sólido em uma configuração com  
10 uma entrada.

A **FIGURA 1B** apresenta uma representação em perspectiva com corte do separador ciclônico para suspensão gás-sólido em uma configuração com uma entrada.

A **FIGURA 2A** apresenta uma representação em perspectiva do separador ciclônico para suspensão gás sólido em uma configuração com  
15 duas entradas.

A **FIGURA 2B** apresenta uma representação em perspectiva com corte do separador ciclônico para suspensão gás-sólido em uma configuração com duas entradas.

20 A **FIGURA 3A** apresenta uma representação em vista frontal com corte do separador ciclônico para suspensão gás-sólido, em uma configuração com duas entradas.

A **FIGURA 3B** apresenta uma representação em vista superior do separador ciclônico para suspensão gás sólido em uma configuração com  
25 duas entradas.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

A presente invenção trata de um separador ciclônico para suspensão gás-sólido e método de separação em uma configuração onde o separador contém duas zonas de separação em seqüência, uma com  
30 fluxo reverso, na qual parte do gás da suspensão gás-sólido com alta

concentração de sólido é separado, e uma zona de separação de fluxo unidirecional, subsequente, na qual a outra parte do gás da suspensão, com baixa concentração de sólido, é separada.

A **figura 1B** apresenta uma representação em perspectiva com corte de uma possível concretização para o separador ciclônico, que compreende uma câmara (1) de separação de gases e sólidos, substancialmente cônica, com:

- i. uma entrada (11a) para admitir a suspensão gás-sólido em sua parte superior;
- 10 ii. uma saída (12) axial, em sua parte inferior para retirada dos sólidos separados;
- iii. um tubo (2) de saída de uma fração dos gases separados, fixado axialmente na parte superior da câmara (1), com um prolongamento no interior da câmara, sendo dimensionado para aspirar a fração de gás com maior concentração de sólidos e gerar uma zona de separação de fluxo reverso no interior da câmara;
- 15 iv. um tubo (3) de saída de uma fração dos gases separados, fixado axialmente na parte inferior da câmara (1), passando pelo interior da saída (12) e com um prolongamento no interior da câmara de modo a criar um espaço anular (13) para a retirada de sólidos, sendo dimensionado para aspirar a fração de gás contendo menor concentração de sólidos de fluxo unidirecional e gerar uma zona de separação com fluxo unidirecional no interior da câmara.
- 20

A entrada (11a) do separador ciclônico pode ser tangencial, axial ou em voluta.

A **figura 2B** apresenta uma perspectiva da concretização preferida para o separador ciclônico, onde a entrada (11a) é simetricamente posicionada a pelo menos uma entrada (11b). Neste caso, a entrada (11a) e a pelo menos uma entrada (11b) podem ser tangenciais, axiais, em voluta ou uma combinação de entradas tangenciais, axiais ou em voluta.

30

O tubo (2) e o tubo (3) possuem área de secção transversal variando entre 30% e 50% em relação à área de secção transversal da entrada (11a). Esta condição se viabiliza pelo fato do separador ciclônico possuir dois tubos de saída.

5 Esta característica permite que o comprimento da linha de separação (L.S.), que é a distância entre a parede da câmara ciclônica (1) e o tubo (2) de saída, seja maior, resultando em maior espaço percorrido pelo gás para chegar ao tubo (2) de saída, o que resulta em maior eficiência de separação ou coleta de sólidos.

10 A zona de separação com fluxo unidirecional reduz substancialmente a erosão causada pelo fluxo vorticial ao eliminar a reversão do fluxo nesta região.

O Método de separação gás-sólido utilizando o separador, acima descrito compreende as seguintes etapas:

- 15 i. Admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a), fornecendo à suspensão uma componente de força tangencial de modo a separar a suspensão;
- ii. Aspirar o gás separado, na zona de separação com fluxo reverso por meio do tubo (2), e na zona de separação com fluxo
- 20 unidirecional por meio do tubo (3);
- iii. Retirar pelo espaço anular (13) as partículas sólidas separadas que escoam por ação da gravidade pelas paredes da câmara (1).

Quando a entrada (11a) for simetricamente posicionada à pelo menos uma entrada (11b), o método de separação compreende admitir a

25 suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a) e da pelo menos uma entrada (11b) simultaneamente.

A aspiração de parte do gás por cada tubo de saída conserva a componente de força tangencial, que realiza a separação das partículas sólidas, em valores maiores ao longo do separador ciclônico, o que

30 possibilita maior eficiência na separação.

A reversão do fluxo vorticial ocorre na região central do separador, que se encontra distante de das paredes, o que proporciona a redução do arraste pelo gás de partículas sólidas já separadas.

Esta configuração apresenta as seguintes vantagens em relação aos  
5 separadores do estado da técnica:

- i. Redução substancial da erosão na região inferior do separador, causada pelo fluxo vorticial;
- ii. Manutenção da eficiência de separação ao longo de todo o caminho percorrido pela suspensão gás-sólido;
- 10 iii. Redução do arraste, pelo gás, de material sólido já separado.

A descrição que se fez até aqui do separador ciclônico de suspensão gás-sólido e método de separação, objeto da presente invenção, deve ser considerada apenas como uma possível concretização, e quaisquer características particulares devem ser entendidas como algo  
15 que foi descrito para facilitar a compreensão. Desta forma, não podem ser consideradas limitantes da invenção, a qual está limitada apenas ao escopo das reivindicações que seguem.

**REIVINDICAÇÕES**

1.- Separador ciclônico de suspensão gás-sólido, **caracterizado por** compreender uma câmara (1) de separação de gases e sólidos, substancialmente cônica, com:

5           i. uma entrada (11a) para admitir a suspensão gás-sólido em sua parte superior;

          ii. uma saída (12) axial, em sua parte inferior para retirada dos sólidos separados;

          iii. um tubo (2) de saída de uma fração dos gases separados, fixado axialmente na parte superior da câmara (1), com um prolongamento no interior da câmara, sendo dimensionado para aspirar a fração de gás com maior concentração de sólidos e gerar uma zona de separação de fluxo reverso no interior da câmara;

10

          iv. um tubo (3) de saída de uma fração dos gases separados, fixado axialmente na parte inferior da câmara (1), passando pelo interior da saída (12) e com um prolongamento no interior da câmara de modo a criar um espaço anular (13) para a retirada de sólidos, sendo dimensionado para aspirar a fração de gás contendo menor concentração de sólidos de fluxo unidirecional e gerar uma zona de separação com fluxo unidirecional no interior da câmara.

15

20

2.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a entrada (11a) ser tangencial.

3.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a entrada (11a) ser axial.

25   4.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a entrada (11a) ser em voluta.

5.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a entrada (11a) ser simetricamente posicionada a pelo menos uma entrada (11b).

30   6.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado**

por a entrada (11a) e a pelo menos uma entrada (11b) serem tangenciais.

7.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** por a entrada (11a) e a pelo menos uma entrada (11b) serem axiais.

5 8.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** por a entrada (11a) e a pelo menos uma (11b) serem em voluta.

9.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** por a entrada (11a) e a pelo menos uma entrada (11b) serem uma combinação de entradas tangenciais, axiais ou em voluta.

10 10.- Separador ciclônico, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por o tubo (2) e o tubo (3) possuírem área de secção transversal variando entre 30% e 50% em relação à área de secção transversal da entrada (11a).

11.- Método de separação gás-sólido utilizando o separador, descrito na reivindicação 1, **caracterizado** por compreender as seguintes etapas:

15 i. Admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a), fornecendo à suspensão uma componente de força tangencial de modo a separar a suspensão;

20 ii. Aspirar o gás separado, na zona de separação com fluxo reverso por meio do tubo (2), e na zona de separação com fluxo unidirecional por meio do tubo (3);

iii. Retirar pelo espaço anular (13) as partículas sólidas separadas que escoam por ação da gravidade pelas paredes da câmara (1).

25 12.- Método de separação gás-sólido de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** por admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a) e da pelo menos uma entrada (11b) simultaneamente.

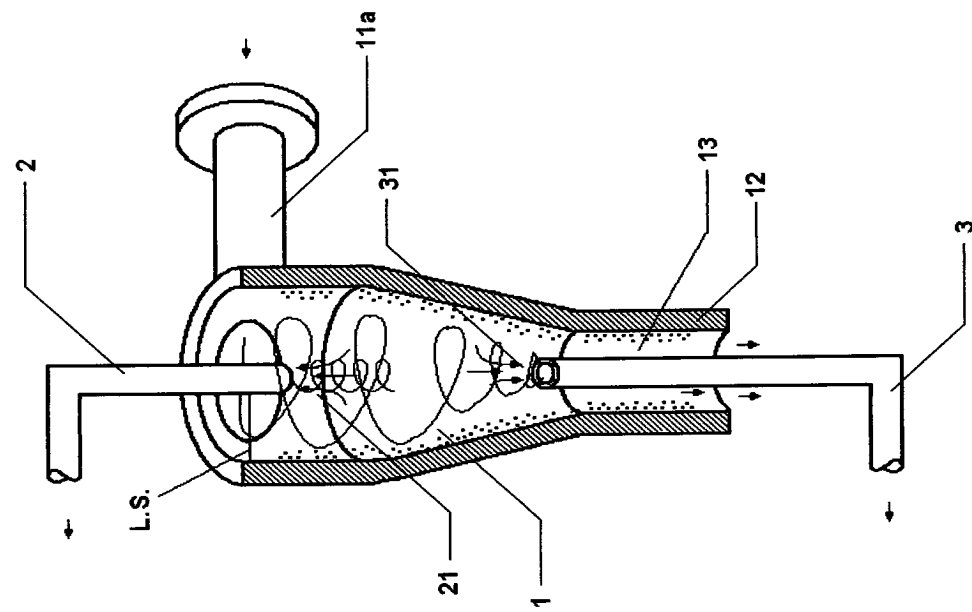


FIG 1B

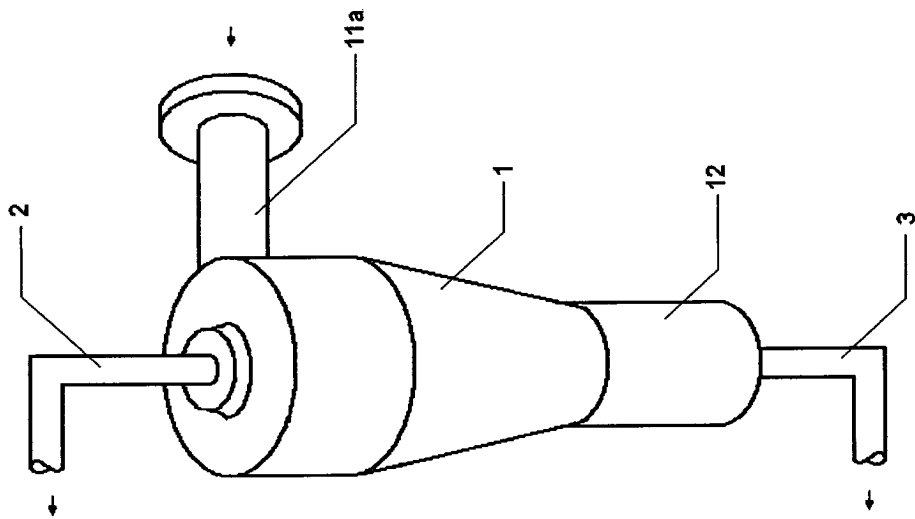


FIG 1A

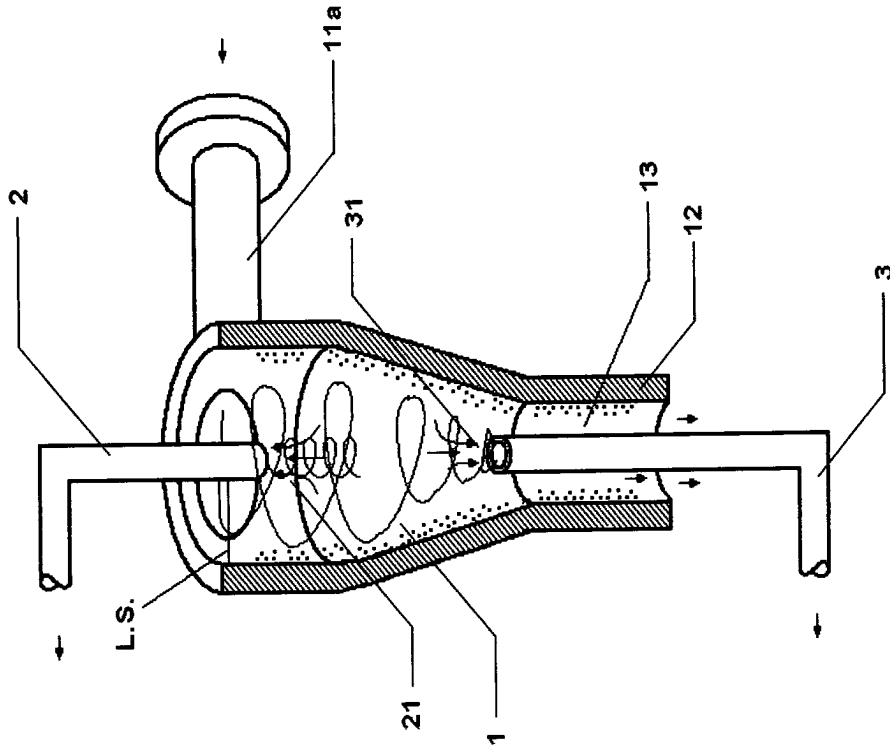


FIG 2B

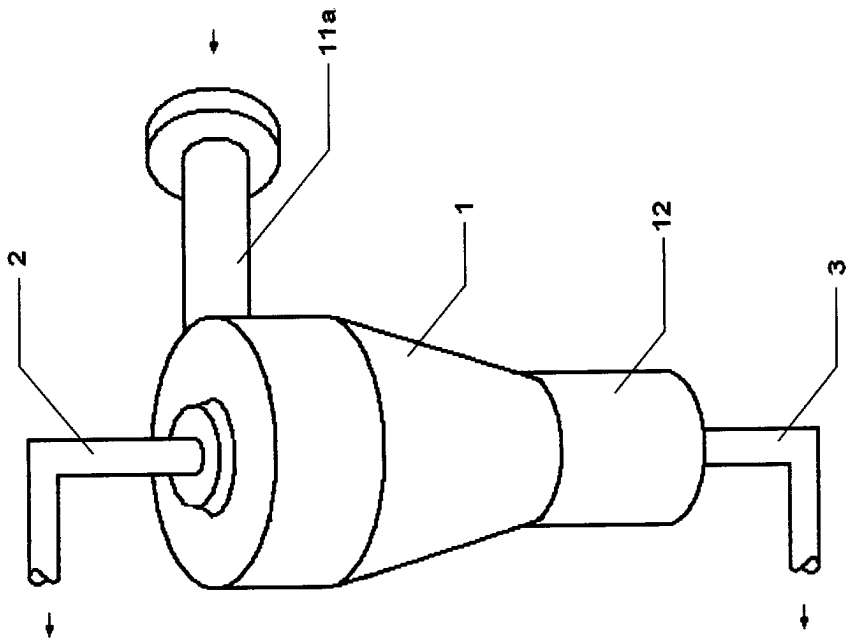


FIG 2A

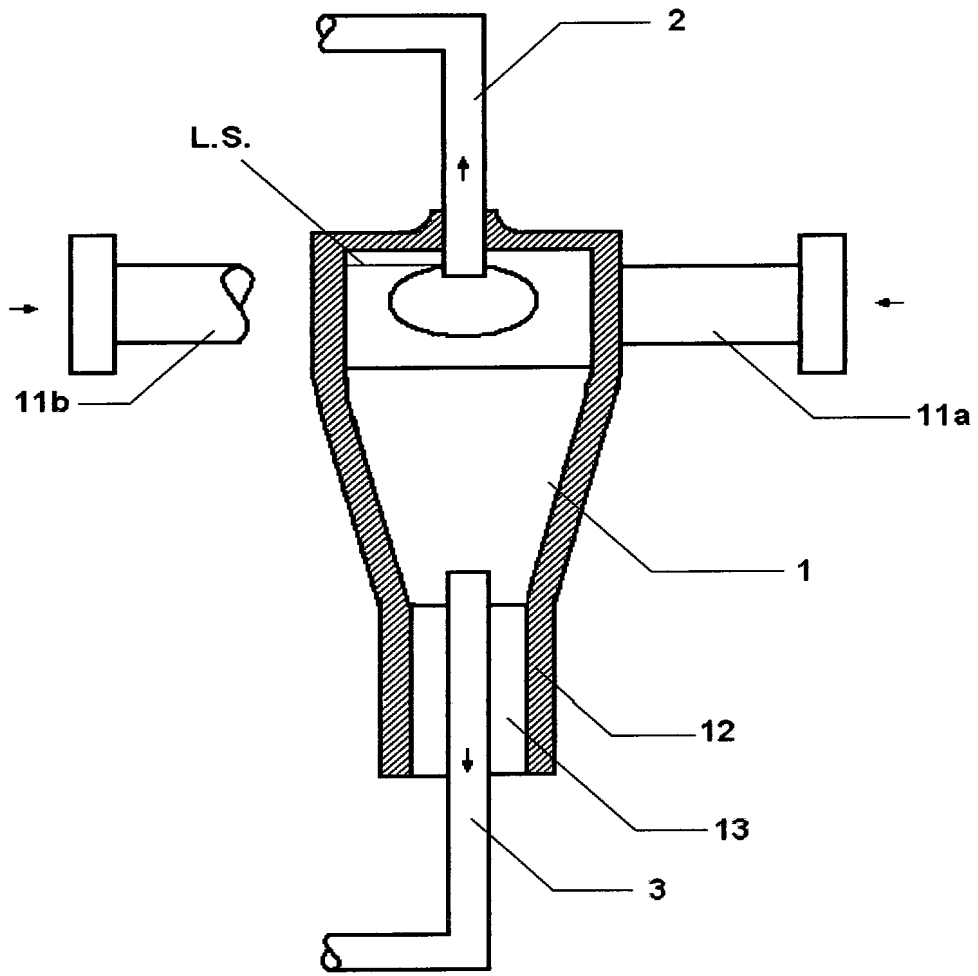


FIG. 3A

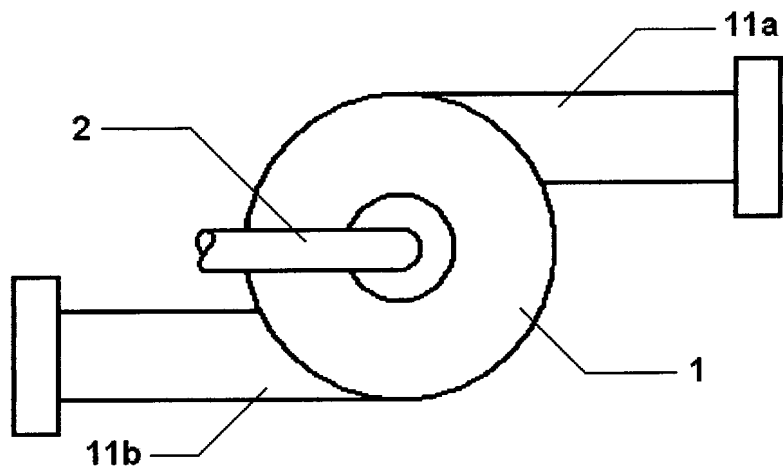


FIG. 3B

**RESUMO****SEPARADOR CICLÔNICO DE SUSPENSÃO GÁS-SÓLIDO E MÉTODO  
DE SEPARAÇÃO**

O separador compreende uma câmara de separação, com pelo  
5 menos uma entrada em sua parte superior, uma saída de sólidos em sua  
parte inferior, e dois tubos de saída de frações de gás. É descrito também  
o método que utiliza o separador, com aspiração das frações de gás em  
duas zonas de separação geradas no interior da câmara, uma com fluxo  
reverso e outra com fluxo unidirecional.