



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

(21) **PI0805325-1 A2**



* B R P I 0 8 0 5 3 2 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 23/12/2008
(43) Data da Publicação: 08/09/2010
(RPI 2070)

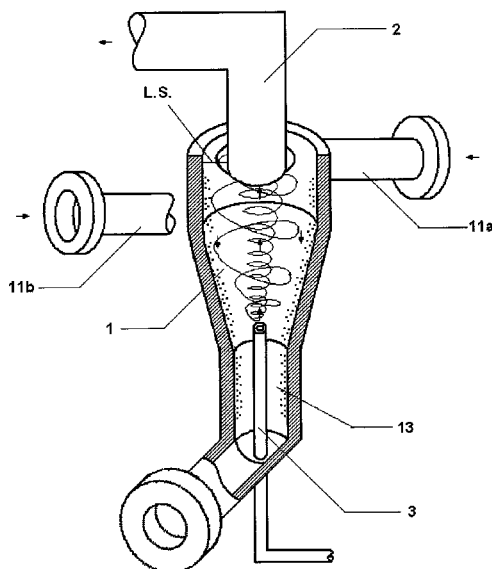
(51) *Int.Cl.:*
B01D 45/16

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

(73) Titular(es): Petroleo Brasileiro S.A - Petrobrás

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

(57) Resumo: SEPARADOR CICLÔNICO REVERSO DE SUSPENSÃO GÁS-SÓLIDO E MÉTODO DE SEPARAÇÃO. É descrito um separador ciclônico de suspensão gás-sólido que compreende uma câmara ciclônica 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, sendo um tubo fixado na parte superior e o outro tubo fixado na parte inferior e com diâmetro interno na faixa entre 1 % e 5% do diâmetro do tubo superior. Também é descrito o método de separação utilizando o referido separador ciclônico, que possibilita estabilizar o fluxo vorticial da suspensão.





SEPARADOR CICLÔNICO REVERSO 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.

Tais equipamentos são também 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, de maneira a garantir a continuidade
20 do processo. A grande aplicabilidade dos 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-cilíndrico. 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 é aspirado pelo tubo de saída do ciclone, após percorrer algumas voltas pela câmara e uma curva de ângulo acentuado em direção ao tubo de saída 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 separador ciclônico, não existindo portanto a necessidade de reversão do fluxo vorticial.

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 devido à instabilidade existente no ápice de reversão de fluxo, que é o momento onde o fluxo vorticial é revertido de descendente para ascendente, resultando em deslocamentos laterais do fluxo vorticial, o que causa
5 arraste de sólidos 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
10 externamente estendidas. O duto é envolvido por uma câmara coletora e 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.

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

O pedido de patente **PI0803051-0**, de propriedade da requerente, revela um separador ciclônico e um método de separação gás-sólido com
20 duas zonas de separação em seqüência uma com 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.

25 O separador ciclônico é provido de dois tubos de saída, sendo um fixado axialmente na parte superior e outro fixado axialmente na parte inferior, gerando respectivamente as zonas de separação com fluxo reverso e unidirecional.

O equipamento e o método descrito a seguir são uma alternativa que
30 apresenta vantagens para a separação de suspensões gás-sólido,

utilizando ciclones de fluxo reverso, em relação aos dispositivos e métodos conhecidos na técnica, pois evita os problemas de perda de eficiência de coleta e erosão na região de reversão do fluxo vorticial de descendente para ascendente.

5 **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

Trata a presente invenção de um separador ciclônico de suspensão gás-sólido e um método de separação onde o referido separador compreende uma câmara ciclônica (1), com pelo menos uma entrada (11a), um espaço anular (13) para a coleta de partículas separadas e dois tubos de saída, sendo um tubo (2) fixado axialmente na parte superior da câmara ciclônica (1) e outro tubo (3) fixado axialmente na parte inferior da câmara (1) e com diâmetro interno na faixa entre 1% e 5% do diâmetro interno do tubo (2) superior, sendo ambos os tubos com prolongamento axial para o interior da câmara (1).

O método de separação gás-sólido utilizando o separador acima descrito compreende as etapas de admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1), por meio da entrada (11a), fornecendo à suspensão gás-sólido uma componente de força tangencial de modo a separar a suspensão; aspirar o gás separado por meio do tubo (2) e do tubo (3) simultaneamente; retirar pelo espaço anular (13) as partículas sólidas separadas.

No presente método aspira-se uma fração de gás em proporções superiores a 95% pelo tubo (2) superior, sendo a fração complementar aspirada pelo tubo (3) inferior, de modo a manter o ápice de reversão no interior do tubo (3) e estabilizar o fluxo vorticial ascendente, pois o fluxo descendente é estabilizado pela parede da câmara ciclônica (1).

BREVE DESCRIÇÃO DA FIGURA

As características do separador ciclônico de suspensão gás-sólido e método de separação, objeto da presente invenção serão mais bem percebidas a partir da descrição detalhada, associada à figura abaixo refe-

renciada, a qual é parte integrante do presente relatório.

A **FIGURA 1** apresenta uma representação em perspectiva com corte do separador ciclônico de suspensão gás-sólido em uma configuração com duas entradas, bem como uma representação esquemática do método de separação utilizando o separador ciclônico.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção revela um separador ciclônico de suspensão gás-sólido e um método de separação em uma configuração onde o separador é capaz de manter a estabilidade do fluxo vorticial ascendente durante o processo de separação.

O separador ciclônico, objeto desta invenção compreende uma câmara ciclônica (1), com pelo menos uma entrada (11a), um espaço anular (13) para a coleta de partículas separadas e dois tubos de saída, sendo um tubo (2) fixado axialmente na parte superior da câmara ciclônica (1) e outro tubo (3) fixado axialmente na parte inferior da câmara (1), ambos os tubos com prolongamento axial para o interior da câmara (1).

Nesta configuração, diferentemente do estado da técnica, o tubo (3) inferior possui diâmetro interno na faixa entre 1% e 5% do diâmetro interno do tubo (2) superior.

O Método de separação gás-sólido utilizando o separador acima descrito compreende as etapas de admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1), por meio da entrada (11a), fornecendo à suspensão gás-sólido uma componente de força tangencial de modo a separar a suspensão; aspirar o gás separado por meio do tubo (2) e do tubo (3) simultaneamente; retirar pelo espaço anular (13) as partículas sólidas separadas.

No presente método, aspira-se uma fração de gás em proporções superiores a 95% pelo tubo (2) superior, sendo a fração complementar aspirada pelo tubo (3) inferior, de modo a manter o ápice de reversão no interior do tubo (3) e estabilizar o fluxo vorticial.

O ápice da reversão do fluxo vorticial de descendente para ascendente ocorre no interior do tubo (3), que se encontra distante das paredes, o que proporciona a redução do arraste pelo gás de partículas sólidas já separadas e evita a erosão nas paredes do separador ciclônico.

5 O presente método de separação gás-sólido é eficiente para separar suspensões com concentrações de sólido superiores a 1g/m^3 preferencialmente, podendo ser utilizado individualmente ou aplicado no primeiro ou segundo estágio de separação de equipamentos que utilizam múltiplos separadores ciclônicos ligados em série.

10 O referido método de separação pode, opcionalmente, admitir simultaneamente a suspensão gás-sólido no interior da câmara ciclônica por meio da entrada (11a) e de pelo menos uma entrada adicional (11b) simetricamente posicionada à entrada (11a).

Este método apresenta as seguintes vantagens em relação ao estado da técnica:

- 15 i. Redução substancial da erosão na região inferior do separador, causada pela instabilidade do fluxo vorticial na região do ápice durante a reversão do fluxo de descendente para ascendente;
- ii. Manutenção da eficiência de separação ao longo de todo o caminho
- 20 percorrido pela suspensão gás-sólido; e
- iii. Redução do arraste, pelo gás, de material sólido já separado.

A descrição que se fez até aqui do presente método de separação, deve ser considerada apenas como uma possível concretização, e quaisquer características particulares devem ser entendidas como algo

25 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 REVERSO DE SUSPENSÃO GÁS-SÓLIDO**, que compreende uma câmara ciclônica (1), com pelo menos uma entrada (11a), um espaço anular (13), para a coleta de partículas separadas, e dois tubos de saída, sendo um tubo (2) fixado axialmente na parte superior da câmara ciclônica (1) e outro tubo (3) fixado axialmente na parte inferior da câmara (1), ambos os tubos com um prolongamento axial para o interior da câmara (1), caracterizado por o tubo (3) inferior possuir diâmetro interno na faixa entre 1% e 5% do diâmetro interno do tubo (2).
- 2- **MÉTODO DE SEPARAÇÃO GÁS-SÓLIDO**, utilizando o separador descrito na reivindicação 1, e que compreende as etapas de admitir a suspensão gás-sólido no interior da câmara (1) por meio da entrada (11a), aspirar o gás separado por meio do tubo (2) e do tubo (3) simultaneamente e retirar pelo espaço anular (13) as partículas sólidas separadas, caracterizado por aspirar uma fração de gás em proporções superiores a 95% pelo tubo (2) superior e a fração complementar de gás pelo tubo (3) inferior, de modo a manter o ápice de reversão no interior do tubo (3) e estabilizar o fluxo vorticial.
- 3- **MÉTODO DE SEPARAÇÃO GÁS-SÓLIDO**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por separar suspensões gás-sólido com concentrações de sólido superiores a 1 g/m^3 preferencialmente.
- 4- **MÉTODO DE SEPARAÇÃO GÁS-SÓLIDO**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por admitir simultaneamente a suspensão gás-sólido no interior da câmara ciclônica por meio da entrada (11a) e de pelo menos uma entrada adicional (11b) simetricamente posicionada à entrada (11a).

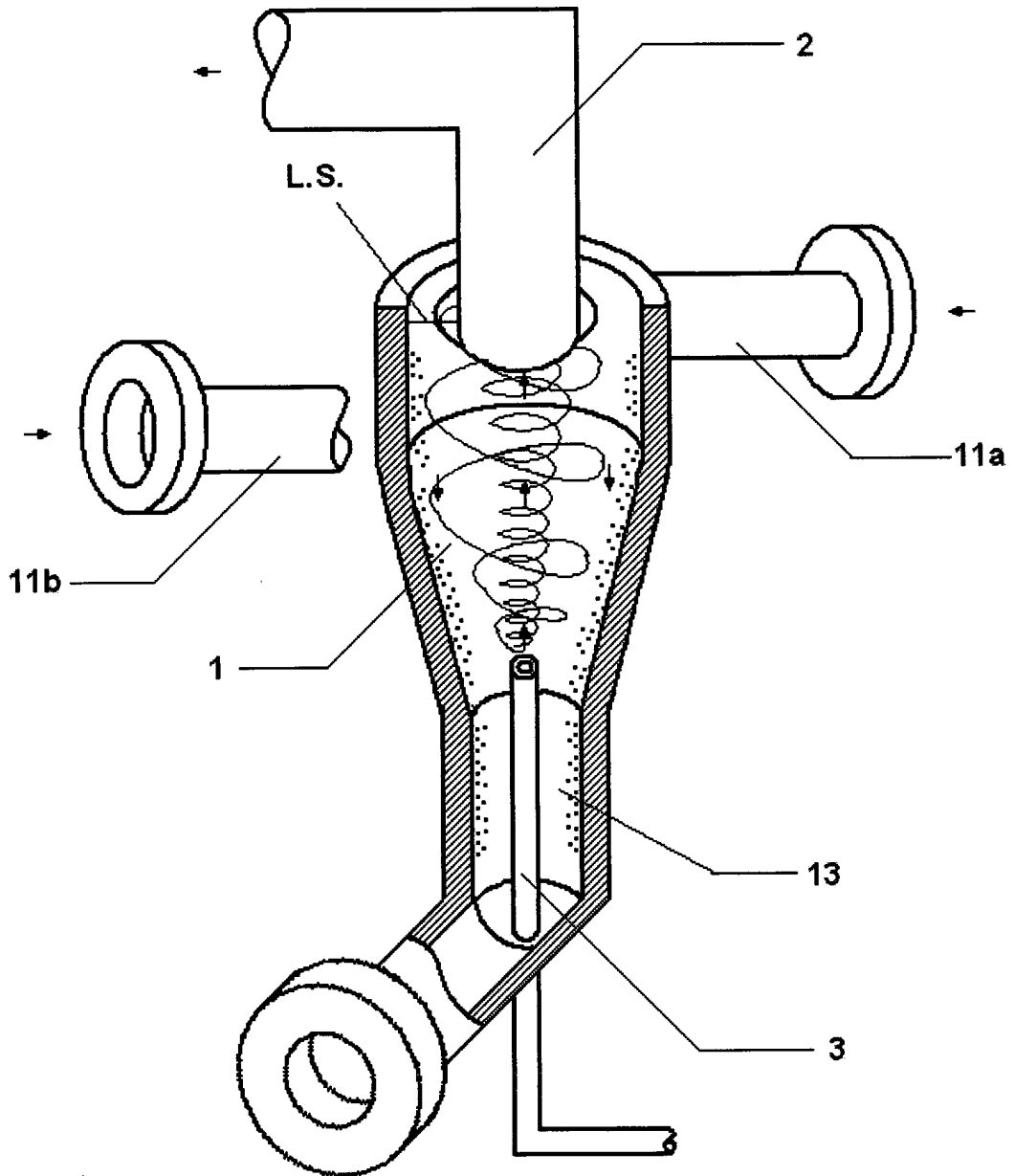


FIG. 1

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

É descrito um separador ciclônico de suspensão gás-sólido que
5 compreende uma câmara ciclônica 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, sendo um tubo fixado na parte superior e o outro
tubo fixado na parte inferior e com diâmetro interno na faixa entre 1% e 5%
do diâmetro do tubo superior. Também é descrito o método de separação
10 utilizando o referido separador ciclônico, que possibilita estabilizar o fluxo
vorticial da suspensão.