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

(21) **PI0804916-5 A2**

BRPI0804916A2

(22) Data de Depósito: 14/11/2008
(43) Data da Publicação: 27/07/2010
(RPI 2064)

(51) Int.Cl.:
B01J 8/24
B01J 8/26
B01J 8/36
B01J 19/24

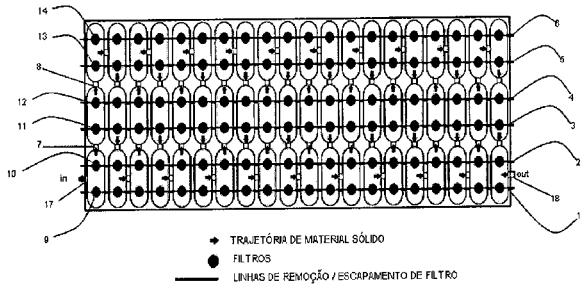
(54) Título: **REATOR DE LEITO DE FLUIDO CONTÍNUO**

(30) Prioridade Unionista: 16/11/2007 US 11/941,288

(73) Titular(es): Brunob II B.V

(72) Inventor(es): Athanassios Souvaliotis, Manish B. Shah, Thomas Joseph English

(57) Resumo: A presente invenção se refere a um aparelho e método para fluidificação contínua que compreende pelo menos duas células conectadas por uma abertura que permite que o material sólido seja introduzido na célula a jusante seguinte por fluxo horizontal fluidificado, um bordo livre isolado dentro de cada célula, pelo menos duas varetas de filtro, contidas no bordo livre isolado de cada célula, e pelo menos uma válvula de escapamento contida em cada vareta de filtro. O aparelho permite processamento de materiais que são tipicamente difíceis de fluidificar por manter uma diferença de pressão substancialmente constante entre cada bordo livre isolado.



PI0804916-5

REATOR DE LEITO DE FLUIDO CONTÍNUO

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um aparelho e método para fluidificação contínua e, em uma modalidade, à fluidificação contínua de materiais que são difíceis de processar.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Vários tipos de processos de fluidificação têm sido utilizados há muitos anos para diversas operações e/ou processos diferentes. Em geral, em sistemas fluidificados uma fase sólida é suspensa em um fluxo de gás que se move ascendentemente.

Turbulência elevada existente em um leito fluidificado provê características elevadas de transferência de calor, e pode causar mistura quase completa dos sólidos com o gás de fluidificação para formar um sistema de sólido-gás relativamente homogêneo.

A ocorrência de canalização, causada pela formação de bolsos na fase sólida, pode resultar na passagem de gás através dos sólidos sem que haja contato íntimo com a fase sólida.

A canalização é parcialmente minimizada pelo uso de uma pluralidade de zonas tubulares através das quais o gás de fluidificação é passado em contato com a fase sólida. Cada tubo opera como um leito fluidificado individual tendo uma área em seção transversal muito menor, e em geral tais sistemas de leito tubular têm características de transferência de calor maiores devido à disponibilidade aumentada de área superficial.

Materiais com características coesas têm

tendência a formar agregados durante fluidificação em zonas tubulares e podem, portanto, ser difíceis de fluidificar. Amido é um exemplo de um material coeso, e tende a formar pedaços ou aglomerados dentro dos reatores de leito fluidificado resultando em canalização severa e conversão incompleta do amido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a aparelho de leito fluidificado contínuo para uso na fluidificação de materiais sólidos, incluindo materiais que são difíceis de fluidificar, particularmente materiais em partículas sólidas que têm tendência a aderir ou aglomerar para formar massas coesas, onde o aparelho compreende: (a) duas ou mais células onde cada célula tem seu próprio bordo livre isolado; e (b) duas ou mais varetas de filtro contidas no bordo livre de cada célula; e em que uma diferença de pressão constante é mantida entre cada bordo livre isolado.

Em uma modalidade, o aparelho de leito fluidificado contínuo da presente invenção compreende aproximadamente 10 ou mais células.

A diferença de pressão constante entre cada bordo livre isolado estabelece uma altura constante de partículas fluidificadas em cada célula.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 apresenta uma representação esquemática de um reator de leito fluidificado contínuo, típico.

A figura 2 apresenta um diagrama esquemático suspenso de reator de leito de fluido contínuo de uma modalidade da presente invenção, onde 60 células são

representadas com cada célula individual atuando como um leito fluidificado. Cada célula tem dois filtros. Os filtros são conectados como indicado por linhas de escapamento para fornecer seis colunas de filtros interconectados. As células são dispostas em 20 fileiras. Há 3 células por fileira. O material passa através do reator em uma trajetória de serpentina.

A figura 3 apresenta uma representação esquemática lateral de um reator de leito fluidificado contínuo de acordo com uma modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Um sistema de leito fluidificado típico, utilizado na indústria para processar partículas, é descrito em US 5.378.434 (Procedyne) incorporado aqui a título de referência, e ilustrado na figura 1 por um reator de invólucro único. Esse reator tem três separações de compartimento integrais, 31A, 31B, 31C para fornecer três sistemas de recirculação de gás independentes 44A, 44B, 44C com cada compartimento ou separação de zona contendo três defletores de estágio para formar quatro estágios por zona, 60A, 60B, 60C, e 60D na zona 31A; 60E, 60F, 60G e 60H na zona 31B; e 60I, 60J, 60K e 60L na zona 31C.

Partículas são continuamente alimentadas através do orifício de alimentação 58, na zona de alimentação 59, que alimenta para dentro do primeiro estágio 60A da primeira zona 31A, e então para estágios sucessivos.

A passagem de partículas fluidificadas a partir de estágio para estágio dentro de uma dada zona é realizada pela provisão de fendas alternadas nas divisões de separação de zona 61A, 62A, 63A, 64A; 61B, 62B, 63B, 64B;

61C, 62C, 63C, 64C, para realizar o fluxo contínuo. Isso cria um curso de serpentina para fluxo das partículas fluidificadas. Essas fendas aparecem em extremidades opostas das divisões de separação de zona adjacentes a paredes laterais opostas do recipiente de reator, e fornecem um meio para o curso de fluxo em serpentina.

Uma vez que há uma alimentação contínua na extremidade de alimentação da unidade, o peso crescente, e os níveis de leito nas zonas, provêem a força de acionamento para manter o leito fluidificado de sólidos se movendo em direção e então através da zona de descarga da unidade 56, e então para fora através do orifício de descarga do recipiente 57.

No exemplo ilustrado da figura 1 com três subdivisões de zona, cada uma contendo quatro estágios, as paredes de subdivisão de zona 64A, 64B, e 64C, são vedadas na parede de invólucro nos volumes cheios 32A, 32B e 32C, no leito de fluido; e nos volumes de bordo livre acima, o leito de fluido 31A, 31B e 31C, e desse modo mantendo os gases de fluidificação e gases a serem reciclados separados dos respectivos gases de cada zona adjacente.

O gás de fluidificação entra em cada zona, respectivamente em 75A, 75B e 75C. Os fluxos de gás de fluidificação consistem em gás de reciclagem a partir de sistemas de reciclagem 44A, 44B e 44C, e os gases de composição a partir de 70, 71 e 72. Linhas de gás de composição 70, 71 e 72 unem o sistema de reciclagem 44A, 44B e 44C através de linhas de fornecimento 70A, 70B, 70C, 71A, 71B, 71C, 72A, 72B e 72C. A pluralidade de linhas de fornecimento permite que o operador de processo selecione a

composição do gás separadamente e independentemente para cada zona. Um leito fluidificado é mantido pelo controle da taxa de gás em circulação para manter uma velocidade de fluidificação apropriada dependendo do tamanho e densidade das partículas na zona de reação dada.

Cada fluxo de gás de reciclagem após sair do reator através dos orifícios de saída 52A, 52B, 52C é resfriado em permutadores térmicos 51A, 51B e 51C, então é bombeado com compressores 50A, 50B e 50C, e misturado com os gases de composição para ajustar a composição, e retornado ao reator. As temperaturas do gás de fluidificação que entram nos orifícios de alimentação 75A, 75B e 75C são mantidas suficientemente abaixo da temperatura de leito de fluido nos estágios respectivos para realizar o equilíbrio de energia exigido da zona.

A presente invenção é dirigida ao aparelho de leito fluidificado contínuo para a fluidificação de materiais sólidos, particularmente materiais em partículas sólidos que são difíceis de fluidificar, como materiais que têm uma tendência a aderir ou aglomerar. O aparelho da presente invenção pode ser útil, por exemplo, em processos químicos e/ou físicos (como, sem limitação, reações de polimerização, sistemas de gaseificação de carvão e remediação de solo) nos quais materiais em partículas são fluidificados e submetidos à transferência a calor durante fluidificação, normalmente para fornecer calor ao material em partículas.

Em outra modalidade, a presente invenção provê um processo para a fluidificação de sólidos que são difíceis de fluidificar. Ainda em outra modalidade, tal processo é

caracterizado pela ausência de canalização.

Ainda em outra modalidade, a presente invenção provê aparelho e um processo para a fluidificação de sólidos em que tal aparelho e processo fornecem homogeneidade aperfeiçoada e características de transferência de calor aperfeiçoadas e onde sólidos são eficientemente convertidos em tempos de permanência uniformes.

Em um aspecto não limitador, onde o aparelho de leito fluidificado contínuo da presente invenção compreende mais de uma célula, a pressão dentro do bordo livre de cada célula não necessita ser equivalente à pressão em células contíguas. Em um aspecto da invenção, o aparelho tem pelo menos 10 células, em outro aspecto, pelo menos 25 células, e em um terceiro aspecto, pelo menos 50 células.

Se a pressão variar dentro de uma célula de bordo livre, então a pressão de bordo livre dentro de cada célula varia substancialmente na mesma quantidade substancialmente no mesmo tempo; isso equilibra as pressões dentro do reator e evita que contrafluxo ocorra e mantém altura de leito constante dentro de cada célula individual, embora a altura do leito de todas as células não necessite ser igual. A altura de leito constante leva a taxas de descarga e alimentação substancialmente consistentes, resposta rápida e elevação para estado constante, e uma distribuição de tempo de permanência justa. Substancialmente a mesma pressão não significa mais do que uma diferença de 1000 Pa, em outra modalidade não mais do que 500 Pa e em uma terceira modalidade não mais do que 250 Pa. Substancialmente o mesmo tempo não significa mais do que

uma diferença de 0,25 segundos, em outra modalidade não mais do que 0,5 segundo e em uma terceira modalidade não mais do que 0,01 segundo. Uma pessoa versada na técnica reconheceria que alterações na densidade fluidificada alterarão a sensibilidade de fluxo a alterações de pressão.

Sempre que ocorrer escapamento, ocorre simultaneamente no mesmo número de válvulas de escapamento de vareta de filtro em cada célula - isso reduz variação de pressão de bordo livre. Simultaneamente significa em 0,25 segundo, em outra modalidade em 0,5 segundo e em uma terceira modalidade em 0,01 segundo.

Válvulas de escapamento comutam a operação de filtro entre escapamento e sangria de gás de fluidificação. Uma abertura no teto da unidade permite que o gás flua entre as células para manter a diferença de pressão entre elas.

Para minimizar variação de pressão de bordo livre no reator, escapamento das varetas de filtro é simultâneo e envolve o mesmo número de varetas de filtro por célula em cada célula.

Escapamento simultâneo envolve controle preciso do timing de válvulas de escapamento de vareta de filtro. Essas válvulas comutam a operação de filtro entre escapamento e sangria de gás de fluidificação.

Linhas de remoção / escapamento de filtro que conectam varetas de filtro permitem que gás flua entre as células para manter uma diferença de pressão entre as mesmas.

Uma modalidade da invenção é mostrada no diagrama esquemático suspenso de reator de leito fluidificado

contínuo ilustrado na figura 2.

Com referência à figura 2, no reator de leito fluidificado contínuo da presente invenção, a força de acionamento de queda de pressão de célula para célula que mantém fluxo de partículas é realizada pelo nível de leito de fluido na extremidade de alimentação 17 do reator sendo levemente mais elevada em nível do que no orifício de transbordamento 18. Isso é análogo à coluna hidrostática que mantém o fluxo de um líquido em um canal longo. Aumentos típicos de nível são da ordem de 2,54 a 10,16 centímetros de coluna de água por 6,096 metros de comprimento de reator. Do mesmo modo, quando as partículas fluidificadas passam através das fendas nas divisões de separação de zona 7 e 8, a queda de pressão é da ordem de 2,4884 a 17,4188 Pascal para um pó de amido com aproximadamente 350 kg/m^3 de densidade fluidificada, que é reflexão em uma queda equivalente em nível de leito de fluido entre zonas sucessivas. Linhas de remoção / escapamento de filtro 1, 2, 3, 4, 5, 6 servem como uma descarga para gás de fluidificação, como um suprimento para gás de escapamento, e para permitir que gás flua entre as células para manter uma diferença de pressão entre as mesmas.

Como ilustrado na figura 3, uma modalidade da invenção reside em cada célula 19, 20, 21 tendo seu próprio bordo livre isolado 22, 23, 24 e sendo incluídas pelo menos duas varetas de filtro 9, 10, 11, 12, 13, 14 em cada bordo livre pelo que uma diferença de pressão constante é mantida entre cada bordo livre isolado. Isso permite a fluidificação de materiais sólidos 15, particularmente

materiais em partículas sólidos que têm tendência a aderir ou aglomerar para formar massas coesas.

Um aspecto não limitador do reator de leito fluidificado contínuo da presente invenção se refere à distribuição de tempo de permanência de materiais que estão sendo processados. A distribuição de tempo de permanência é medida em termos de equivalentes de célula, quanto mais elevado o número de equivalentes de célula melhor (ou "mais justo") é a distribuição de tempo de permanência. Uma distribuição de tempo de permanência justa permite que cada partícula experimente quase o mesmo tempo de processamento no reator e forneça boa qualidade de produto, alterações mais rápidas de produto, e desempenho aperfeiçoado de reator. Em uma modalidade, uma distribuição de tempo de permanência justa significa pelo menos 80% das partículas saem em 20% do tempo de permanência médio. Além disso, em reatores onde a distribuição de tempo de permanência é justa, as partículas seguem uma trajetória de primeiro a entrar primeiro a sair fazendo com que material de alimentação antigo seja retirado pelo material de alimentação novo em uma quantidade menor do que cinco volumes de reator de material.

Em um aspecto não limitador, o reator de leito fluidificado contínuo da presente invenção é particularmente bem adequado ao processamento de amidos, incluindo inibição térmica de amido, dextrinização, oxidação, etc., uma vez que amidos são coesos e desse modo são difíceis de fluidificar. A invenção também considera processos físicos bem como químicos, como secagem. Amidos podem ser efetivamente secos na prática da invenção. Além

disso, outros processos físicos e/ou químicos podem ser realizados em outros sólidos difíceis de fluidificar. Amidos, como utilizado aqui, pretendem incluir amido, materiais contendo amido, ou materiais derivados de amido.

Um amido que pode ser dextrinizado, ou termicamente inibido, de acordo com o processo da presente invenção pode ser derivado de uma variedade de materiais de amido, incluindo amidos de cereal, amidos cerosos e/ou amidos de raiz. Típicos de tais materiais de amido são amidos de cereal não ceroso (isto é, amido de milho e amido de trigo), amido de batata, amido de tapioca, amido de sorgo em grão, amido de arroz; amidos cerosos (isto é, amido de milo ceroso, amido de milho ceroso), amidos com teor elevado de amilose, etc. Em uma modalidade, amidos de cereal ceroso são utilizados. Em outra modalidade amido de milho ceroso é utilizado.

Como aqueles versados na técnica reconhecerão diferentes tipos de meios de fluidificação podem ser utilizados. Por exemplo, vapor ou gases inertes como argônio, nitrogênio, dióxido de carbono, etc., podem ser utilizados. Em um aspecto não limitador, alguma umidade pode ser adicionada aos gases inertes. Além disso, gases de combustão a partir de operações de combustão podem ser similarmente utilizados como o meio de fluidificação, se desejado. Não é essencial que o meio de fluidificação acrescente qualquer calor sensível ao material, como amido sendo submetido à dextrinização, uma vez que a seção tubular do reator empregado com os conceitos na prática da presente invenção é capaz de fornecer todo o calor necessário para efetuar eficientemente a reação.

Embora a invenção tenha sido descrita com relação a modalidades específicas da mesma, será entendido que ela é capaz de modificação adicional, e esse pedido pretende abranger quaisquer variações, usos, ou adaptações da invenção seguindo, em geral, os princípios da invenção e incluindo tais afastamentos a partir da presente revelação como compreendidos na prática conhecida ou costumeira na técnica à qual a invenção se refere e como podem ser aplicados às características essenciais expostas acima, e conforme compreendidos no escopo da invenção.

EXEMPLOS

Exemplo 1

O exemplo que se segue se baseia em um leito fluidificado contínuo para processar amido.

Como representado na figura 2, um leito fluidificado foi construído contendo 60 células em série dispostas em 20 fileiras de três células por fileira. Cada célula foi ligada às células anterior e seguinte via túneis em suas bases e cada célula tinha bordos livres isolados. Cada célula tinha duas varetas de filtro para fornecer seis varetas de filtro por fileira. As varetas de filtro foram utilizadas para remover os pós de amido, miúdos, a partir do gás de fluidificação antes do gás sair do reator. Cada um dos seis varetas de filtro em cada fileira foi conectado individualmente por uma linha de escapamento à vareta de filtro adjacente na fileira seguinte para fornecer seis colunas de 20 varetas de filtro ligadas. Periodicamente, cada coluna de varetas de filtro tinha gás passado de volta através delas para limpar o amido acumulado a partir das superfícies de vareta.

Em um conjunto de estudos de distribuição de tempo de permanência, uma coluna de vareta de filtro em um momento sofreu escapamento por cinco segundos no seguinte padrão que foi repetido a cada 30 segundos: coluna 1, coluna 3, coluna 5, coluna 2, coluna 4, coluna 6. Durante escapamento, a pressão nas células escapadas aumentou em não mais do que 3 polegadas de água (746,52 Pa). Simulações de computador ilustraram que o aumento de pressão foi suficiente para acionar amido para fora da célula blown back e para dentro de células adjacentes. Esse experimento mostrou que embora o reator de leito fluidificado contínuo tivesse 60 células, sua distribuição de tempo de permanência se parecia com aquele de uma unidade de 20 células.

Em um segundo conjunto de estudos de distribuição de tempo de permanência, as seis colunas de vareta de filtro foram divididas em dois grupos - Grupo A consistia em coluna 1, coluna 3 e coluna 5, e o Grupo B consistia em coluna 2, coluna 4 e coluna 6. Cada grupo sofreu escapamento por 5 segundos enquanto o outro grupo sangrava gás de fluidificação. A variação de pressão resultante entre as células foi menor do que 1 polegada de água (248,84 Pa). A pressão em cada célula não variou como tempo porque cada célula tinha um sangramento de filtro e uma limpeza de filtro. A distribuição de tempo de permanência com essa rotina de escapamento foi equivalente a uma unidade de 49 células. Simulações de computador confirmaram que o desempenho aperfeiçoado foi devido ao equilíbrio de pressão por toda a unidade.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de leito fluidificado contínuo para fluidificação de materiais sólidos, caracterizado pelo fato de que o aparelho compreende:

(a) pelo menos duas células conectadas por uma abertura que permite que o material sólido seja introduzido na célula à jusante seguinte por fluido horizontal fluidificado;

(b) um bordo livre isolado dentro de cada célula;

(c) pelo menos duas varetas de filtro contidas no bordo livre isolado de cada célula;

(d) pelo menos uma válvula de escapamento contida em cada vareta de filtro;

e em que uma diferença de pressão substancialmente constante é mantida entre cada bordo livre isolado.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os materiais sólidos são materiais que são difíceis de fluidificar.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o material sólido é selecionado do grupo que consiste em amido, um material contendo amido ou um material derivado de amido.

4. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o aparelho compreende pelo menos 10 células.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o aparelho compreende pelo menos 25 células.

6. Aparelho, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1, 2, 3, 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que a pressão substancialmente constante entre bordos livres difere em não mais do que 1000 Pascal.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a pressão difere em não mais do que 500 Pascal.

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a pressão difere em não mais do que 250 Pascal.

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que há pelo menos 2 válvulas de escapamento.

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que as válvulas de escapamento ativam em 0,25 segundo entre si.

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que as válvulas de escapamento ativam em 0,05 segundo entre si.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que as válvulas de escapamento ativam em 0,01 segundo entre si.

13. Método de inibir termicamente amido caracterizado por compreender processar o amido no aparelho de qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12.

14. Método de dextrinizar amido, caracterizado por compreender processar o amido no aparelho de qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12.

15. Método, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que a distribuição de tempo de permanência do amido é ajusta.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que ao menos 80% do amido saem em 20% de um tempo de permanência médio.

Figura 1

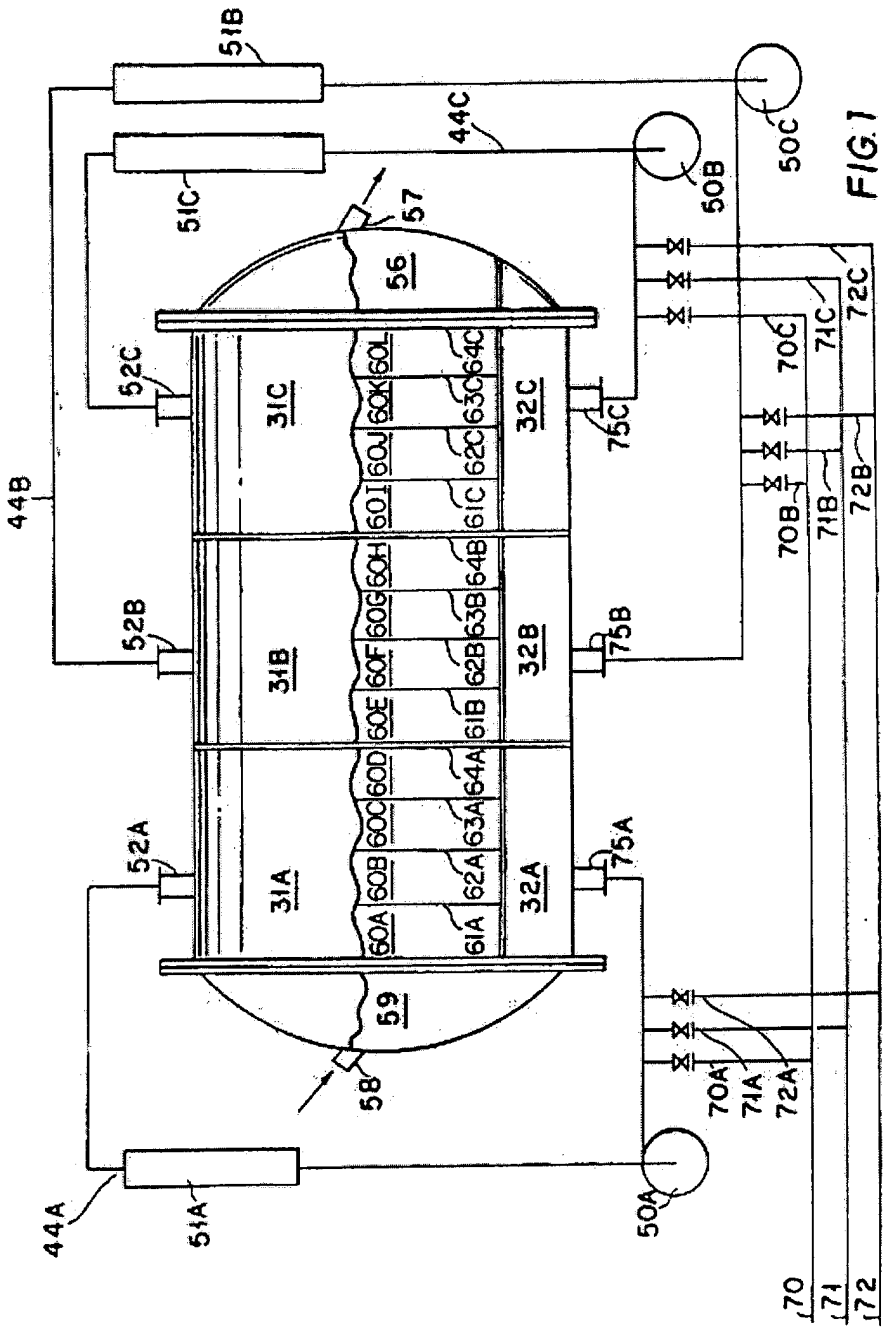


FIG. 1

Figura 2

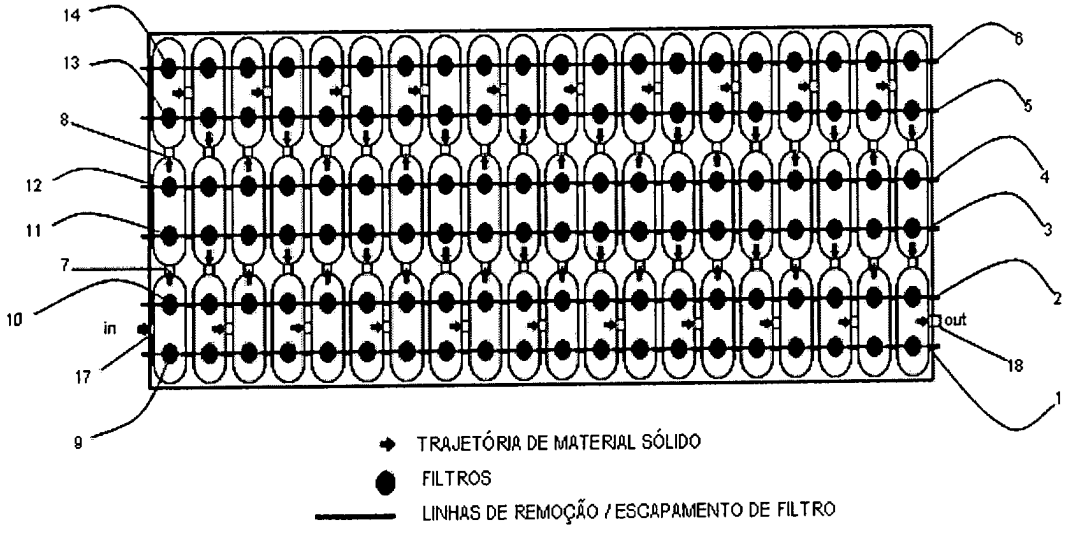
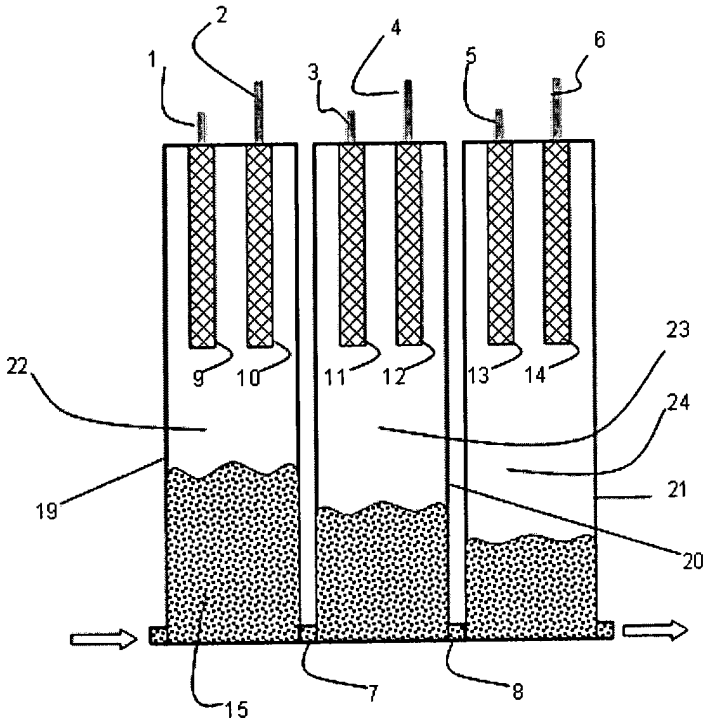

14
13
8
12
11
7
10
in
17
9
6
5
4
3
2
out
18
1
TRAJETÓRIA DE MATERIAL SÓLIDO
FILTROS
LINHAS DE REMOÇÃO / ESCAPAMENTO DE FILTRO

Figura 3



PI0804916-5

REATOR DE LEITO DE FLUIDO CONTÍNUO

A presente invenção se refere a um aparelho e método para fluidificação contínua que compreende pelo menos duas células conectadas por uma abertura que permite que o material sólido seja introduzido na célula a jusante seguinte por fluxo horizontal fluidificado, um bordo livre isolado dentro de cada célula, pelo menos duas varetas de filtro, contidas no bordo livre isolado de cada célula, e pelo menos uma válvula de escapamento contida em cada vareta de filtro. O aparelho permite processamento de materiais que são tipicamente difíceis de fluidificar por manter uma diferença de pressão substancialmente constante entre cada bordo livre isolado.