



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial



CARTA PATENTE N.º PI 0515873-7

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0515873-7

(22) Data do Depósito : 02/09/2005

(43) Data da Publicação do Pedido : 30/03/2006

(51) Classificação Internacional : B01J 8/02; B01J 8/04; C01B 3/16

(30) Prioridade Unionista : 24/09/2004 GB 0421198.3

(54) Título : MÉTODO DE ADAPTAR UM VASO DE REAÇÃO, VASO DE REAÇÃO, E, PROCESSO

(73) Titular : JOHNSON MATTHEY PLC, Companhia Britânica. Endereço: 40-42 Hatton Garden, Londres EC1N 8EE, Reino Unido (GB).

(72) Inventor : CHARLES WILLIAM HOOPER, Consultor(a). Endereço: 7 Romany road, Great Ayton, Middlesbrough, Cleveland TS9 6BU REINO UNIDO, Reino Unido. Cidadania: Britânica.; MICHAEL PETER ROBERTS, Engenheiro(a) Químico(a). Endereço: 4 Thames Avenue, Guisborough, Cleveland TS14 8AD, Reino Unido, Reino Unido. Cidadania: Britânica.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 02/09/2005, observadas as condições legais.

Expedida em : 23 de Setembro de 2014.

Assinado digitalmente por
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes Substituta



“MÉTODO DE ADAPTAR UM VASO DE REAÇÃO, VASO DE REAÇÃO, E, PROCESSO”

Essa invenção refere-se a um método e um aparelho para adaptar um vaso de reação de fluxo axial ao fluxo axial oposto.

5 Queda de pressão é um fenômeno experimentado quando fluidos são passados através de leitos particulados de catalisador ou sorvente. Em casos extremos a queda de pressão pode conduzir a aumentos inaceitáveis nos custos de compressão e bombeamento. Desse modo, há um desejo de reduzir a queda de pressão quando os fluidos de processo são
10 passados através de vasos de reação contendo leitos fixos de catalisador ou sorvente.

As configurações de vaso de reação nas quais a queda de pressão é reduzida comparada a reatores de fluxo axial são conhecidas. Reatores de fluxo radial, por exemplo, como descrito na patente US
15 4.033.727, tipicamente compreendem um conduto central cilíndrico circundado por um leito de catalisador cilíndrico anular confinado por meios de restrição de catalisador perfurados definindo um vazio cilíndrico anular entre o leito de catalisador e o interior da parede de vaso. A complexidade desses projetos de reator de fluxo radial pode torná-los caros e difíceis de
20 instalar.

Vasos de reação de fluxo axial oposto oferecem a um operador de um processo, onde um fluido de processo é passado de modo axial através de um leito de catalisador ou sorvente disposto dentro de um vaso, a capacidade de reduzir a queda de pressão através do catalisador para
25 aproximadamente um oitavo daquela obtida onde o fluido de processo é conduzido através do comprimento inteiro do leito de catalisador.

EP 075056 descreve um conversor de fluxo axial de fenda para a síntese a baixa pressão da amônia. O conversor compreende um vaso de reação contendo um catalisador de síntese de amônia com primeira e segunda

portas de entrada opostas e meio de coleta de gás dispostos aproximadamente centralmente dentro do leito de catalisador. Os meios de coleta de gás compreendem uma quantidade de anéis concêntricos perfurados seccionados por um tubo de saída que sai do reator radialmente ao nível dos anéis concêntricos. Esse projeto, embora eficiente na redução da queda de pressão, usa meios de coleta de gás que são inadequados para se encaixar a um reator existente e são de versatilidade limitada. Em particular, o tubo de saída que se estende radialmente através da parede de reator reduzirá a capacidade de suportar pressão do vaso de reação e sua instalação em um vaso existente apresenta dificuldades consideráveis na mitigação de estresse do vaso antes do uso.

GB 1307845 descreve um reator de síntese de amônia ou metanol compreendendo um espaço de leito de catalisador definido por dois cilindros ocos coaxiais, o cilindro interno compreendendo duas porções, uma das quais é maior em diâmetro do que a outra e um trocador de calor ocupando pelo menos parte da porção de diâmetro maior. Em uma forma preferida do reator, a saída do lado frio do trocador de calor fica em comunicação fluida com entradas separadas no topo e no fundo do leito de catalisador, de modo que o fluxo do gás que chega deixando o trocador de calor seja dividido, uma parte sendo conduzida para o topo do leito de catalisador, a outra parte sendo conduzida para o fundo do leito de catalisador, depois do que, os dois fluxos se encontram e saem por meio de uma saída de leito disposta no leito de catalisador em uma posição intermediária que pode ficar próxima à saída para o lado 'quente' do trocador de calor. Esse projeto é complexo, difícil de fabricar e inadequado para encaixar em um reator existente.

Desse modo, há uma necessidade de um método para adaptar um vaso de reação de fluxo axial a um vaso de reação de fluxo oposto que

compreenda prover meios de coleta de fluido de processo que seja mais simples de fabricar e que utilize as portas de entrada e saída existentes.

Conseqüentemente, a invenção provê um método de adaptar um vaso de reação de fluxo axial tendo portas opostas para um vaso de reação de fluxo axial compreendendo instalar meios de coleta de fluido de processo dentro do corpo do vaso em comunicação fluida com uma ou mais das mencionadas portas.

A invenção provê adicionalmente meios de coleta de fluido de processo adequados para o uso no método acima compreendendo um membro perfurado definindo uma câmara e um conduto em comunicação fluida com a mencionada câmara, o mencionado conduto sendo adaptado para a anexação a uma ou mais portas opostas existentes de um reator de fluxo axial.

A invenção provê adicionalmente um vaso de reação de fluxo axial oposto compreendendo os meios de coleta de fluido de processo acima e um processo compreendendo as etapas de

- (i) fornecer um fluido de processo a uma ou mais portas opostas do vaso de reação;
- (ii) passar o fluido de processo de modo axial e na direção oposta através de um leito fixo do catalisador ou sorvente disposto dentro do vaso;
- (iii) coletar o fluido de processo resultante através dos meios de coleta adequados dentro do mencionado leito fixo, e
- (iv) remover o fluido de processo do vaso através dos mencionados meios de coleta, os mencionados meios de coleta estando em comunicação fluida com uma ou mais portas opostas no mencionado vaso.

O vaso de reação de fluxo axial adequado para a adaptação de acordo com o método da presente invenção compreende uma carcaça, que pode ser circular ou uma outra forma em seção transversal, e que pode ou não

ser encamisada, tendo portas opostas. Por 'portas opostas' queremos dizer que as portas para o vaso de reação ficam dispostas em ambos os terminais do vaso. Esses vasos de reação, particularmente aqueles operados a pressão, têm terminais em domo nos quais as portas ficam localizadas. Essas portas podem
5 compreender as portas de entrada e saída de fluido de processo opostas originais, mas também podem incluir outras portas, como portas de inspeção, portas de acesso, portas de termopares, e portas de carga ou descarga de catalisador.

Na presente invenção, os meios de coleta de fluido de processo
10 são instalados dentro do vaso de reação e conectado a uma ou mais das portas opostas existentes. Na operação de um modo de realização de acordo com a invenção, o fluido de processo é dividido e porções fornecidas a terminais opostos do vaso. Em um outro modo de realização, o fluido de processo inteiro é fornecido a um terminal do vaso e meios de desvio localizados
15 dentro do vaso transportam uma porção do fluido de processo para o outro terminal. O fluido de processo, então, passa através do leito de catalisador ou sorvente disposto no vaso em direções opostas e é coletado pelos meios de coleta de fluido de processo que, então, o transportam a partir do vaso via uma ou mais das portas opostas existentes. Os leitos fixos são submetidos ao
20 fluxo axial e podem ser dispostos, por exemplo, substancialmente horizontalmente no vaso com o fluido de processo passando substancialmente verticalmente através do leito.

A redução ótima na queda de pressão é obtida quando 50% do fluido de processo passam através de uma espessura igual de catalisador ou
25 sorvente particulado antes de alcançar os meios de coleta de fluido de processo. Desse modo, embora os meios de coleta de fluido de processo possam ser instalados em qualquer posição entre as portas opostas, a fim de maximizar o benefício da configuração de fluxo axial oposto, os meios de coleta de fluido de processo são instalados, de preferência, aproximadamente

eqüidistantes entre as mencionadas portas opostas, ou seja os meios de coleta são dispostos, de preferência, centralmente dentro do leito dentro do vaso de reação.

Os meios de coleta de fluido de processo podem compreender
5 quaisquer meios de coleta adequadamente adaptados para a coleta do fluido de processo. Os meios de coleta deveriam ser projetados para assegurar a coleta uniforme do fluido de processo a partir do leito de catalisador para impedir de desviar do catalisador ou sorvente. Preferencialmente, os meios de coleta de fluido de processo compreendem um membro perfurado definindo
10 uma câmara e um conduto em comunicação fluida com a mencionada câmara, o mencionado conduto sendo adaptado para a anexação a uma ou mais das mencionadas portas. Meios perfurados adequados são tubos, placas ou telas perfurados que podem maximizar sua área de superfície tendo superfícies corrugadas. As câmaras definidas pelos membros perfurados podem ficar em
15 comunicação fluida com um ou mais condutos não-perfurados que transportam o fluido de processo para uma ou mais portas de saída.

O membro perfurado é, de preferência, tubular, na medida em que isso permite pronta fabricação e montagem. O membro perfurado tubular pode tomar a forma de um ou mais braços tubulares perfurados propagando-
20 se a partir do conduto. Preferencialmente, o braço ou os braços ficam em comunicação fluida com um ou mais dos anéis tubulares que se dispõem no plano do braço ou dos braços. Esse coletor de anel perfurado pode compreender um, dois ou mais anéis que podem ser circulares, ovais, ou poligonais, tais como triangulares, quadrados, pentagonais, hexagonais,
25 heptagonais ou octogonais. O anel ou os anéis podem ser contínuos ou descontínuos. As configurações poligonais podem permitir a fabricação e a construção mais rápidas do que formas circulares ou ovais. O tamanho dos meios de coleta perfurados dependerá da função que deve ser realizada e da facilidade com a qual ele pode ser instalado, entretanto, os coletores de anel

perfurados podem, de preferência, ter um diâmetro externo dentre 50 e 90% do diâmetro do vaso de reação. As perfurações no membro perfurado podem ser furos ou cortes laterais feitos por meios convencionais. Qualquer que seja a escolha, as perfurações devem ser projetadas de modo que o catalisador ou
5 sorvente particulado não passe através, por exemplo, por meio do dimensionamento apropriado das perfurações ou cobrindo-se as perfurações com um material adequado como uma tela de fio.

Uma característica da presente invenção é que os meios de coleta de fluido de processo devem ser fabricados e instalados prontamente no
10 vaso de reação. O acesso ao vaso de reação pode ser por meio da remoção de um ou mais terminais em domo. Isso exige que os meios de coleta de fluido de processo sejam capazes de encaixar através dessas portas e, em um modo de realização preferido, que os meios de coleta de fluido de processo fiquem em uma forma modular. Desse modo, os meios de coleta podem compreender
15 uma quantidade de partes adequadamente dimensionadas que podem ser unidas juntas no local dentro do vaso por meio de juntas em forma de flange, soldas ou grampos. A soldagem é menos preferida nos vasos de reação que devem ser operados a pressões elevadas por causa da subsequente necessidade de alívio de estresse antes da operação. Os modos de realização preferidos da
20 presente invenção evitam a necessidade de soldagem para a carcaça de pressão de parede espessa e restringem qualquer soldagem igualmente para partes de parede fina externas ao vaso, onde o alívio de estresse externo pode ser aplicado mais facilmente, ou, em alguns casos, evitado completamente.

Em um modo de realização onde o vaso de reação de fluxo
25 axial tem múltiplas portas opostas adequadas para a adaptação, os meios de coleta de fluido de processo são instalados em comunicação fluida com duas ou mais portas de saída. Isso tem a vantagem de que a queda de pressão usando duas ou mais portas de saída pode ser menor do que usando uma porta.

Em um modo de realização alternativo, onde o vaso de reação de fluxo axial tem somente duas portas opostas adequadas para a adaptação (ou seja, uma em cada terminal), os meios de coleta de fluido de processo podem ser instalados em comunicação fluida com uma porta externa, a mencionada porta de saída ficando em arranjo concêntrico com uma porta de entrada. Por 'arranjo concêntrico' queremos dizer que a porta de saída é formada dentro da porta de entrada, que é, portanto, anular. Descobrimos que esse arranjo pode ser aperfeiçoado provendo-se a porta de saída com meios de venturi onde ela é concêntrica à porta de entrada. Os meio de venturi compreendem uma constrição na porta de saída seguida por um alargamento gradual. O alargamento gradual permite a recuperação da energia de pressão a jusante da constrição. Descobrimos que incluir os meios de venturi nesse modo de realização permite à porta de saída ser mais estreita no diâmetro sem incorrer no aumento da queda de pressão causada pela velocidade mais alta do gás. Ao mesmo tempo, a porta de entrada anular é menos restrita do que o caso onde a porta de saída é de tubulação reta convencional.

Em um outro modo de realização, onde o vaso de reação de fluxo axial tem somente duas portas opostas adequadas para adaptação (ou seja, em cada terminal), os meios de coleta de fluido podem ficar em comunicação fluida com a porta de saída e os meio de desvio de catalisador ou sorvente podem ser providos no vaso de reação para transportar uma porção do fluido de processo do terminal de entrada do vaso para o terminal de saída, desviando, desse modo, do leito de catalisador ou sorvente disposto no meio. De modo que o fluido de processo deixe o vaso, ele deve, novamente, fluir em direções opostas através do leito do catalisador ou sorvente para os meios de coleta de fluido de processo que são dispostos, de preferência, centralmente dentro do leito. Os meios de desvio podem compreender, por exemplo, cilindros que formam um anel dentro do leito ou na sua periferia com a parede de vaso através dos quais o fluido de processo

pode passar. Alternativamente e preferencialmente, os meios de desvio podem ser um ou mais, por exemplo, 1-20 tubos de desvio. Os meios de desvio podem ser dimensionados para transportar até cerca de 60% em volume, de preferência, cerca de 50% em volume do fluido de processo do terminal de entrada do vaso para o terminal de saída. Será entendido que, onde os meios de coleta de fluido de processo não são dispostos centralmente dentro do reator, aqueles meios de desvio podem ser dimensionados de modo adequado para suprir uma quantidade adequadamente equilibrada de fluido de processo para ambos os terminais do leito para capacitar a eficácia ótima a ser obtida.

Os meios de desvio se estendem de cima do leito de catalisador ou sorvente para baixo dele (ou vice versa) e podem ser fabricados a partir de qualquer material adequado dentro das restrições de temperatura e químicas do processo.

O método da presente invenção é particularmente adequado para se adaptar a reatores de fluxo axial contendo leitos de catalisador, na medida em que ele minimiza as alterações à carcaça do vaso utilizando as portas existentes e os meios de restrição de catalisador já empregados em um reator de fluxo axial. Desse modo, os vasos de reação de fluxo oposto da presente invenção são mais simples de construir e, porque eles não enfraquecem a carcaça do reator de fluxo axial, são mais versáteis do que os vasos de fluxo radial ou oposto da técnica anterior.

Na operação, o vaso de reação de fluxo axial oposto contém um leito fixo de catalisador ou sorvente particulado. Pelo termo "sorvente" incluímos tanto os materiais adsorventes quanto os sorventes. O catalisador ou sorvente particulado é tipicamente na forma de esferas, plaquetas, cubos, extrudados, pelotas cilíndricos, anéis, grânulos ou outras formas regulares ou irregulares, com tamanho médio abaixo de 25mm, de preferência, tendo uma razão de aspecto, ou seja, a dimensão maior dividida pela dimensão menor, de menos do que 2. Preferencialmente, os pelotas compreendem múltiplos (por

exemplo, 4) furos e estrias ou lóbulos que atuam adicionalmente para reduzir a queda de pressão através do leito fixo.

O catalisador ou sorvente pode ser contínuo através do leito ou o leito também pode compreender camadas de material inerte. Por exemplo, partículas inertes, por exemplo, na forma de esferas, podem ser usadas em um ou em ambos os terminais do leito de catalisador ou sorvente, por exemplo, para suportar o peso do catalisador ou sorvente. Preferencialmente, uma camada de partículas inertes é provida ao redor dos meios de coleta de fluido de processo, mais preferencialmente, as partículas inertes têm um tamanho de partícula maior do que aquele das partículas de catalisador ou sorvente que compõem o restante do leito, de modo que a permeabilidade do fluido de processo na região dos meios de coleta seja aumentada. Essa permeabilidade aumentada aperfeiçoa a capacidade dos meios de coleta de coletar o fluido de processo, uma vez que ele tenha passado através do leito do catalisador ou sorvente.

Os vasos de reação adaptados pelo método da presente invenção contendo os meios de coleta de fluido de processo podem ser usados para quaisquer processos onde a redução na queda de pressão em um reator de fluxo axial contendo um leito fixo de catalisador ou sorvente é desejada. Os vasos têm tipicamente 1-10 metros de altura e têm diâmetros de 0,5-5 metros. O método da presente invenção é particularmente adequado para grandes vasos de pressão, ≥ 5 metros de altura e $\geq 2,5$ metros de diâmetro. A operação do reator adaptado compreende fornecer um fluido de processo ao vaso de reação de fluxo axial oposto, passar o fluido de processo de modo axial e na direção oposta através do leito fixo do catalisador ou sorvente disposto dentro do vaso, coletar o fluido de processo resultante através dos meios de coleta situados dentro do mencionado leito fixo, e remover o fluido de processo do vaso através dos mencionados meios de coleta.

Será entendido que a função das portas opostas no vaso de

reação adaptado pode ser a mesma ou diferente daquela de antes do vaso ser adaptado.

O fluido de processo pode ser líquido ou gasoso, mas é, de preferência, gasoso. Para se conseguir uma redução na queda de pressão, enquanto se mantém a saída a partir do vaso de reação, o fluido de processo
5 fornecido ao vaso de reação de fluxo axial oposto pode ser dividido e fornecido às portas de entrada opostas. Em um vaso de reação de fluxo axial oposto no qual os meios de coleta fiquem dispostos a meio caminho entre as portas de entrada, o fluido de processo é dividido, de preferência, a 50:50, ou
10 seja, com metade do fluxo original sendo fornecida para cada terminal do vaso, mas é possível alguma variação nisso para levar em conta o empacotamento diferente do catalisador ou sorvente particulado de cada lado dos meios de coleta ou a posição dos meios de coleta dentro do leito de catalisador. Alternativamente, o inteiro fluido de processo pode ser fornecido
15 a uma porta de entrada e meios de desvio, por exemplo, tubos, usados dentro do vaso para transportar, de preferência, cerca de 50% do fluido de processo para ambos os terminais do leito do catalisador ou sorvente. Os meios de coleta podem, então, ficar em comunicação fluida com uma ou mais portas de saída opostas à porta de entrada.

Os vasos de reação de fluxo axial oposto da presente invenção
20 são úteis para reduzir a queda de pressão nos processos de produção de amônia a montante do estágio de síntese de amônia. Isso tem a vantagem de que a produção do processo inteiro pode ser aumentada, porque descobrimos que o aumento da produção de uma instalação de amônia pode ser limitado
25 pela queda de pressão no terminal frontal da instalação. Vasos de reação particularmente adequados que podem se beneficiar a partir da configuração de fluxo oposto da presente invenção são os vasos de transferência de água para gás, por exemplo, vasos de transferência de alta temperatura ou de transferência de baixa temperatura, e vaso de metanificação.

Conseqüentemente, nos modos de realização preferidos, os vasos compreendem leitos de transferência de alta temperatura, transferência de baixa temperatura ou catalisador de metanificação.

A reação de transferência de água para gás é bem conhecida e usada nos processos de geração de gás de síntese, freqüentemente como parte dos processos de síntese de hidrogênio ou amônia para aumentar o conteúdo de hidrogênio do fluxo de gás. Na reação de transferência de água para gás, o fluido de processo é um gás de síntese cru compreendendo óxidos de carbono, hidrogênio ou vapor, que é passado a pressão elevada e a uma temperatura no âmbito de cerca de 350-500°C sobre um catalisador de transferência de alta temperatura, como um catalisador de ferro revestido de óxido de cromo reduzido e, então, se desejado, a temperaturas mais baixas, abaixo de 300°C, sobre um catalisador de cobre reduzido, por exemplo, um catalisador de cobre-zinco-alumina em um assim chamado estágio de transferência de baixa temperatura.

A metanificação é tipicamente usada nos processos de amônia para converter pequenas quantidades de resíduo de óxidos de carbono em uma mistura de fluido de processo de hidrogênio/nitrogênio para metano antes de fornecer a mistura ao catalisador de síntese de amônia. Isso é feito para proteger a longevidade do catalisador de síntese de amônia baseado em ferro, que é envenenado por óxidos de carbono. O catalisador de metanificação é tipicamente um catalisador de níquel reduzido suportado sobre um suporte refratário como alumina ou aluminato de cálcio dopado com magnésio.

Em particular, o processo da presente invenção é especialmente adequado para a produção de metanol e amônia; particularmente metanol.

A síntese de metanol pode ser realizada a pressões no âmbito de 40-150 e, mais convenientemente, no âmbito de 45-120 bar abs. A temperatura fica adequadamente no âmbito de 160-300°C, com uma

temperatura de saída de leito de catalisador, de preferência, no âmbito de 220-290°C. Essas temperaturas provêm uma taxa de saída de metanol aceitável (pertencendo ao equilíbrio favorável) sem produzir o maior conteúdo de impurezas de subproduto que resultariam da operação a temperaturas mais altas. O fluido de processo passado sobre o catalisador é freqüentemente uma mistura de gás de síntese desidratado fresco compreendendo óxidos de carbono e hidrogênio e gás não reagido reciclado a partir da recuperação de metanol, mas o processo também é adequado para a operação única, usando uma mistura de gás de síntese desidratada e livre de metanol. O catalisador de síntese de metanol é tipicamente um catalisador de cobre reduzido, como um catalisador de cobre-zinco-alumina, por exemplo, como descrito em EP0217513.

Na síntese de amônia, uma mistura de hidrogênio/nitrogênio é tipicamente passada como fluido de processo por cima do catalisador de síntese de amônia a alta pressão, por exemplo, no âmbito de 80-300 bar abs e a uma temperatura de 300-540°C. O catalisador de síntese de amônia pode ser um catalisador contendo ferro, como um catalisador de ferro promovido.

O processo da presente invenção também pode ser aplicado a vasos de reação usados para a purificação de matérias primas gasosos. Por exemplo, o fluido de processo pode compreender uma matéria prima de hidrocarboneto contendo venenos de catalisador e o leito fixo, então, compreende um catalisador ou sorvente útil para remover os mencionados venenos da matéria prima. Venenos de catalisador típicos incluem compostos de enxofre, mercúrio, arsênico ou haleto, por exemplo, cloreto. No caso dos compostos de enxofre, o leito fixo pode compreender um catalisador de hidrodessulfurização e/ou um leito de absorvente de sulfeto de hidrogênio. Para remover o mercúrio, o arsênico ou haleto, um material absorvente adequado para a remoção do mercúrio, arsênico ou haleto a partir de hidrocarbonetos pode ser usado. A hidrodessulfurização das matérias primas

de hidrocarboneto é tipicamente realizada sobre catalisadores de cobalto-molibidênio e é usualmente seguida por uma etapa de remoção de sulfeto de hidrogênio usando um sorvente de sulfeto de hidrogênio. Exemplos de sorventes incluem carbonato de zinco básico e óxidos de cobre e/ou zinco para a remoção de enxofre, sulfetos metálicos para a remoção de mercúrio e arsênico e aluminato de sódio ou óxido ou carbonato de chumbo para a remoção de haleto (cloreto de hidrogênio).

A invenção será descrita agora com referência aos desenhos anexos, nos quais:

10 a Figura 1 é uma seção transversal vertical diagramática de um vaso de reação de fluxo axial oposto adaptado de acordo com um primeiro modo de realização da presente invenção;

15 a Figura 2 é uma seção transversal vertical diagramática de um vaso de reação de fluxo axial oposto adaptado de acordo com um segundo modo de realização da presente invenção;

a Figura 3 é uma seção transversal vertical diagramática de um vaso de reação de fluxo axial oposto adaptado de acordo com um terceiro modo de realização da presente invenção;

20 a Figura 4 é uma seção transversal vertical diagramática de um vaso de reação de fluxo axial oposto adaptado de acordo com um quarto modo de realização da presente invenção;

a Figura 5 é uma seção transversal horizontal dos vasos de reação ilustrados nas Figuras 1, 2 e 3, e

25 a Figura 6 é uma seção transversal diagramática dos meios de coleta de fluido de processo de acordo com o primeiro modo de realização.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4, a seção transversal vertical está embaixo da linha B-B' ilustrada na Figura 5. Essa linha bi-secciona o vaso de reação aproximadamente no seu diâmetro e passa através dos respectivos meios de coleta de fluido de processo. Na Figura 5, a seção transversal

horizontal fica ao longo das linhas A-A' ilustradas nas Figuras 1, 2 e 3. Em cada caso, essas linhas bi-seccionam os vasos de reação logo acima dos meios de coleta de fluido de processo. Para clareza, o fluxo do fluido de processo para dentro e através dos vasos nas Figuras 1, 2, 3 e 4 é ilustrado por meio de setas.

Na Figura 1, um vaso de reação adequado para síntese de metanol compreende uma carcaça cilíndrica 10, tendo terminais em domo 12 (topo) e 14 (fundo). O terminal em domo 12 tem uma porta de fluido de processo 16 e uma porta de acesso 17, que, no uso, é fechada e vedada. O terminal em domo 14 tem três portas de fluido de processo 18, 20 e 22 opostas à porta 16. A porta 18 fica alinhada sobre o mesmo eixo que a porta 16, enquanto as portas 20 e 22 são desviadas, uma para cada lado da porta 18. Antes da adaptação, as portas 16 e 18 eram portas de entrada e de saída de fluido de processo, respectivamente, e as portas 20 e 22 eram portas de descarga de catalisador.

Como mostrado na Figura 6, os meios de coleta de fluido de processo adequados para a instalação no vaso de reação compreendem o coletor de anel tubular 24 e os condutos 26, 28, 30 e 32 em comunicação fluida uns com os outros.

Como ilustrado na Figura 5, o coletor de anel perfurado 24, compreende um anel tubular contínuo coaxial com a carcaça 10 e tendo um diâmetro de cerca de 70% da carcaça 10. O anel tem uma pluralidade de orifícios 34 sobre sua superfície que permitem o ingresso do fluido de processo dentro do anel. As dimensões do anel e o número, posição e tamanho dos orifícios são tais que mesmo o fluxo a partir do leito fixo para dentro dos meios de coleta ocorre. O anel é ligado através de seu diâmetro por um conduto não-perfurado 26 que fica em comunicação fluida em ambas as terminais com o lado de dentro do coletor tubular 24, de modo que o fluido de processo possa fluir do lado de dentro da câmara do coletor para dentro do

conduto.

O coletor de anel tubular 24 se dispõe sobre um plano perpendicular ao eixo através do vaso de reação e é aproximadamente equidistante entre as portas 16 e 18. O coletor 24 e o conduto 16 são
5 suportados pelo conduto vertical 28 alinhado com o eixo através do reator e em comunicação fluida com o conduto 26. O fundo do conduto 28 fica fechado e o terminal fechado é suportado sobre os meios de suporte de conduto 36 que se estendem acima da porta 18. Os meio de suporte de conduto vantajosamente compreendem os meios de restrição de catalisador
10 perfurados 40 presentes no vaso antes da instalação do coletor de fluido de processo. O conduto 28 fica em comunicação fluida com os condutos 30 e 32 que se estendem a partir da metade inferior do conduto 28 para se conectarem às portas de fluido 20 e 22, respectivamente.

Antes do uso, um leito fixo de catalisador 38, por exemplo,
15 pelotas de 3x3mm de um catalisador de síntese de metano de cobre-zinco-alumina, pode ser carregado através da porta de acesso 17. Camadas de esferas de alumina inerte (não mostradas) podem ser providas no terminal em domo 14 para suportar o catalisador e ao redor do coletor de anel tubular 24 por meio de adição seqüencial. Preferencialmente, as esferas de alumina têm
20 um diâmetro maior do que os pelotas de catalisador, para aperfeiçoar a permeação de gás através do leito.

No uso, quantidades aproximadamente iguais de gás de síntese desidratado compreendendo hidrogênio e óxidos de carbono, opcionalmente com gás não-reagido reciclado a partir da recuperação de metanol, são
25 fornecidas para dentro do vaso através das portas opostas 16 e 18. Meios distribuidores (não mostrados) distribuem o gás que entra através da porta 16 sobre a superfície do topo do leito de catalisador. Os meios de restrição de catalisador perfurados 40 que atuam para impedir a saída dos pelotas de catalisador do reator através da porta 18, vantajosamente, também distribuem

o fluido de processo fornecido através da porta 18 para o fundo do leito de catalisador. O fluido de processo, então, passa através do leito de catalisador em direções opostas e reage, sob as condições apropriadas, para formar metanol. O fluido de processo resultante, então, é coletado ao redor do meio
5 do vaso de reação pelo coletor de anel tubular. O fluido de processo entra em uma câmara definida pelo anel 24 através dos orifícios 34, passa para dentro do conduto 26 e, dali, dos condutos 28, 30 e 32 que, então lhe permitem ser removido do vaso através das portas 20 e 22.

O método de adaptar um reator de fluxo axial compreendendo
10 carcaça 10, terminais 12 e 14 e portas opostas 16, 18, 20 e 22, para aquilo ilustrado na Figura 1 pode ser realizado instalando-se em forma modular os condutos 30, 32, 28, 26 e o coletor de anel tubular 24 através da porta de acesso 17. Os condutos 30 e 32 exigem a conexão às portas 20 e 22, respectivamente. Os meios de suporte de conduto 36/40 são,
15 convenientemente, os meios de restrição de catalisador existentes e as portas 20 e 22 são, convenientemente, as portas de descarga de catalisador existentes. Desse modo, seguindo a adaptação de acordo com o método da presente invenção, as portas 16 e 18 são as portas de entrada de fluido de processo e as portas 20 e 22 são as portas de saída de fluido de processo.

20 Na Figura 2, o vaso de reação, novamente, compreende a carcaça 10, terminais em domo 12 e 14 e portas 16, 17 e 18. As portas 20 e 22 de ambos os lados da porta 18 são omitidas. Antes da adaptação, as portas 16 e 18 eram portas de entrada e saída de fluido de processo, respectivamente.

Os meios de coleta de fluido de processo compreendendo o
25 coletor de anel tubular perfurado 24, o conduto 26 e o conduto 28 ficam localizados de modo semelhante, mas o conduto 28 não é conectado às portas 20 e 22. Em vez disso, o conduto 28 se estende para baixo através dos meios de restrição de catalisador perfurados 40 e para dentro da porta 18, formando ele mesmo uma porta de saída e definindo um anel 50 para dentro do qual o

fluido de processo pode ser fornecido através de uma nova porta 52 debaixo do terminal em domo 14 na lateral da porta 18. O conduto 28 alarga-se no seu terminal para vedar a porta 18 abaixo da porta 52, de modo que o fluido de processo fornecido através da porta 52 deva se mover ascendentemente através da porta 18 e os meios de restrição perfurados 40 e para dentro do leito de catalisador. O conduto 28, à medida que se estende para fora da porta 18, é formado para prover uma seção de venturi. A seção de venturi é formada constringindo-se o diâmetro do conduto 28 para formar uma zona de pressão mais alta 54 acima da constrição 56, uma zona de pressão mais baixa na constrição e uma expansão gradual para a recuperação de pressão conduzindo a uma zona de saída 58. A constrição 56 pode ficar localizada, convenientemente, onde a porta 52 acessa a porta 18, de modo que o fluido de processo possa mais prontamente fluir através do anel 50 e para dentro do vaso.

No uso, para a síntese de metanol, quantidades aproximadamente iguais de gás de síntese desidratado compreendendo hidrogênio e óxidos de carbono, opcionalmente com gás não-reagido reciclado a partir da recuperação de metanol, são fornecidas através das portas 16 e 18. O fluido de processo é fornecido para a porta 18 através da porta 52 e do anel 50. Os meios distribuidores (não mostrados) distribuem o gás que entra através da porta 16 sobre a superfície do topo do leito de catalisador. Os meios de restrição de catalisador perfurados 40 atuam para distribuir o fluido de processo fornecido através da porta 18 para o fundo do leito de catalisador. O fluido de processo, então, passa através do leito de catalisador de síntese de metanol em direções opostas e reage sob as condições apropriadas para formar metanol. O fluido de processo resultante é, então, coletado ao redor do meio dispositivo vaso de reação pelo coletor de anel tubular. O fluido de processo entra no anel 24 através dos orifícios 34, passa dentro do conduto 26 e, dali, do conduto 28. O fluido de processo passa através do conduto 26 para

o venturi antes de ser removido do vaso de reação através da porta 18.

O método de adaptar um reator de fluxo axial compreendendo a carcaça 10, os terminais 12 e 14 e portas opostas 16 e 18 àquele ilustrado na Figura 2 pode ser realizado instalando-se na forma modular o conduto estendido 28, o conduto 26 e o coletor de anel tubular 24 através da porta de acesso 17. Os meios de restrição de catalisador perfurados 40 existentes exigem adaptação para permitir o acesso para o conduto estendido 28 e uma nova porta 52 é exigida na lateral da porta 18. Desse modo, seguindo a adaptação de acordo com o método da presente invenção, as portas 16 e 18 (através da porta 52) são portas de entrada de fluido de processo e o conduto 28 forma a porta de saída através da porta 18.

Esse modo de realização é aplicável a vasos existentes que não tenham portas de descarga de catalisador 20, 22 ou outra dessas portas adequadas para a adaptação. Uma vantagem desse modo de realização é que ele não exige conexão interna, por exemplo, por meio de soldagem, dentro do vaso de reação, tornando a conexão dos meios de coleta de fluido de processo mais simples capacitando o alívio de estresse termal a ser mais prontamente realizado no local.

Na Figura 3, o vaso de reação, novamente, compreende a carcaça 10, terminais em domo 12 e 14 e as portas 16, 17, 18, 20 e 22. Entretanto, nesse modo de realização, em seguida à adaptação, o fluido de processo é fornecido para o vaso através das portas 20 e 22 e condutos inseridos 60 e 62 que passam através das portas 20 e 22, respectivamente, e para dentro do leito de catalisador. Meios de distribuição (não mostrados) sobre os terminais de cada um dos condutos 60 e 62 podem ser providos para distribuir o fluido de processo igualmente para dentro do leito de catalisador. Os meios de coleta de fluido de processo compreendendo o coletor de anel tubular perfurado 24, o conduto 26 e o conduto 28 são de forma semelhante àqueles ilustrados na Figura 2, na qual o conduto 28 se estende

descendentemente através dos meios de restrição de catalisador perfurados 40 e para dentro da porta 18 à qual é conectado, entretanto, nenhum meio de venturi ou porta 52 é exigido.

No uso, para a síntese de metanol, quantidades
5 aproximadamente iguais de gás de síntese desidratado compreendendo hidrogênio e óxidos de carbono, opcionalmente com gás não-reagido reciclado a partir da recuperação de metanol, são fornecidas através das portas 16 e 20/22, ou seja, cerca de metade através da porta 16 e um quarto através de cada uma das portas 20 e 22. O fluido de processo fornecido à porta 16 é
10 distribuído sobre o topo do leito de catalisador pelos meios distribuidores (não mostrados). O fluido de processo fornecido às portas 20 e 22 passa através dos condutos 60 e 62, e é distribuído para o fundo do leito de catalisador. O fluido de processo, então, passa através do leito de catalisador de síntese de metanol em direções opostas e reage sob as condições apropriadas para
15 formar metanol. O fluido de processo resultante é, então, coletado ao redor do meio do vaso de reação pelo coletor de anel tubular. O fluido de processo entra no anel 24 através dos orifícios 34, passa dentro do conduto 26 e, dali, do conduto 28. O fluido de processo passa através do conduto 28 antes de ser removido do vaso de reação através da porta 18.

20 O método de adaptar um reator de fluxo axial compreendendo a carcaça 10, os terminais 12 e 14 e portas opostas 16, 18, 20 e 22 àquele ilustrado na Figura 3 pode ser realizado instalando-se na forma modular o conduto estendido 28, o conduto 26 e o coletor de anel tubular 24 através da porta de acesso 17. Os condutos 60 e 62 podem ser inseridos através das
25 portas 20 e 22, minimizando, desse modo, as modificações internas do reator. Como no segundo modo de realização ilustrado na Figura 2, os meios de restrição de catalisador perfurados 40 existentes exigem adaptação para permitir o acesso para o conduto estendido 28. Desse modo, seguindo a adaptação de acordo com o método da presente invenção, as portas 16, 18, 20

e 22 são portas de entrada de fluido de processo e a porta 18, conectada ao conduto 28, é a porta de saída de fluido de processo.

Na Figura 4, o vaso de reação, novamente, compreende a carcaça 10, os terminais em domo 12 e 14 e as portas 16, 17 e 18. As portas 20 e 22 de ambos os lados da porta 18 são omitidas. Antes da adaptação, as portas 16 e 18 eram portas de entrada e de saída de fluido de processo, respectivamente.

Os meios de coleta de fluido de processo compreendendo o coletor de anel tubular perfurado 24, o conduto 26 e o conduto 28 ficam localizados de modo semelhante centralmente dentro do reator, mas o conduto 28 não é conectado às portas 20 e 22. Em vez disso, o conduto 28 se estende descendentemente para ficar em comunicação fluida com a porta 18. Os tubos de desvio 70 são providos dentro do vaso 10 que se estende verticalmente de cima da superfície para o leito 38 no terminal de entrada pela porta 16 para debaixo do leito 38 pela porta de saída 18. Somente dois tubos são mostrados dispostos na periferia do leito 38 entre o coletor de anel 24 e as paredes de vaso, entretanto, será entendido que mais tubos podem ser providos e que eles não precisam ser restritos à periferia do leito de catalisador.

No uso para a síntese do metanol, gás de síntese desidratado compreendendo hidrogênio e óxidos de carbono, opcionalmente com gás não-reagido reciclado a partir da recuperação de metanol, é fornecido através da porta 16. O fluido de processo inteiro é fornecido ao reator através da porta 16. Uma porção de cerca de 50% por volume de gás de síntese, então, passa através dos tubos de desvio 70 para baixo do leito de catalisador. Os meios distribuidores (não mostrados) podem ser usados para distribuir o gás que entra através da porta 16 sobre a superfície do topo do leito de catalisador e a partir do fundo dos tubos 70 sobre o fundo do leito. As porções do gás de síntese, então, passam através do leito de catalisador de síntese de metanol em direções opostas e reagem sob as condições apropriadas para formar metanol.

O fluido de processo resultante é, então, coletado ao redor do meio do vaso de reação pelo coletor de anel tubular. O fluido de processo entra no anel 24 através dos orifícios 34, passa dentro do conduto 26 e, dali, para do conduto 28. O fluido de processo passa através do conduto 28 para a porta de saída 18.

5 O método de adaptar um reator de fluxo axial compreendendo a carcaça 10, terminais 12 e 14 e portas opostas 16 e 18 àquele ilustrado na Figura 4 pode ser realizado instalando-se em forma modular, o conduto 28, o conduto 26 e o coletor de anel tubular 24 através da porta de acesso 17. Os meios de restrição de catalisador perfurados 40 existentes podem ser
10 removidos quando o conduto 28 fica em comunicação fluida direta com a porta 18. Os tubos de desvio são inseridos através da porta 17 e fixados no lugar por meio dos meios de restrição (não mostrados) antes do carregamento de catalisador. Desse modo, em seguida à adaptação de acordo com o método da presente invenção, as portas 16 e 18 são portas de entrada e portas de saída
15 de fluido de processo, respectivamente, ou seja, sua função não mudou.

Esse modo de realização é aplicável a vasos existentes que não tenham portas de descarga de catalisador 20, 22 ou outras dessas portas adequadas para a adaptação. Uma vantagem desse modo de realização é que o fluido de processo não precisa ser dividido para fornecer para o vaso e as
20 portas de entrada e saída existentes permanecem na sua função original, removendo, desse modo, a necessidade de tubulação extra. Os meios de coleta de fluido de processo também são mais simples do que aqueles ilustrados nas figuras 1-3.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de adaptar um vaso de reação compreendendo uma carcaça tendo portas opostas de um arranjo de fluxo axial a um arranjo de fluxo oposto, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

5 (i) instalar meios de coleta de fluido de processo dentro da carcaça e em comunicação fluida com uma ou mais portas;

(ii) prover o vaso com um leito de sorvente ou catalisador particulado ao redor dos meios de coleta de fluido de processo; e,

10 (iii) adaptar a alimentação para o vaso através de uma ou mais das tais portas de tal modo que um fluido de processo alimentado para o vaso seja passado axialmente e na direção oposta através do leito fixo de sorvente ou catalisador particulado e seja coletado pelos meios de coleta de fluido de processo.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os meios de coleta de fluido de processo são instalados centralmente
15 dentro do leito dentro do vaso de reação.

3. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que os meios de coleta de fluido de processo compreendem um membro perfurado definindo uma câmara e um conduto em comunicação fluida com a câmara, estando o conduto adaptado para a anexação a
20 uma ou mais das portas.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que os meios de coleta de fluido de processo compreendem um coletor de anel perfurado.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que os meios de coleta de fluido de processo ficam em
25 forma modular e os meios de coleta são unidos juntos no local dentro do vaso.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que os meios de coleta de fluido de processo são instalados em comunicação fluida com duas ou mais portas de saída.

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que os meios de coleta de fluido de processo são instalados em comunicação fluida com uma porta de saída, a mencionada porta de saída estando em arranjo concêntrico com uma porta de entrada.

5 8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a porta de saída compreende meios de venturi.

 9. Vaso de reação adaptado para fluxo axial oposto, caracterizado pelo fato de compreender uma carcaça tendo portas opostas contendo um leito de sorvente ou catalisador particulado em torno dos meios de coleta de fluido de processo dispostos centralmente dentro do leito e em comunicação fluida com
10 uma ou mais das portas de modo que um fluido de processo alimentado para o vaso seja passado axialmente e na direção oposta através do leito fixo de sorvente ou catalisador particulado e seja coletado pelos meios de coleta de fluido de processo e seja transportado do vaso via uma ou mais das portas.

15 10. Vaso de reação de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o leito fixo de sorvente ou catalisador particulado compreende camadas de material inerte.

 11. Vaso de reação de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que uma camada de partículas
20 inertes é provida ao redor dos meios de coleta de fluido de processo, com as partículas de material inerte tendo um tamanho de partícula maior do que as partículas de sorvente ou catalisador formando o restante do leito de modo que a permeabilidade do fluido de processo na região dos meios de coleta seja aumentada.

25 12. Vaso de reação de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que são providos meios de desvio que se estendem através do leito do catalisador ou sorvente particulado para transportar uma porção de um fluido de processo de um terminal do leito para outro.

13. Processo, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

(i) fornecer um fluido de processo a uma ou mais portas opostas de um vaso de reação de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 12;

5 (ii) passar o fluido de processo de modo axial e na direção oposta através de um leito fixo particulado do catalisador ou sorvente disposto dentro do vaso;

(iii) coletar o fluido de processo resultante através dos meios de coleta situados dentro do leito fixo; e,

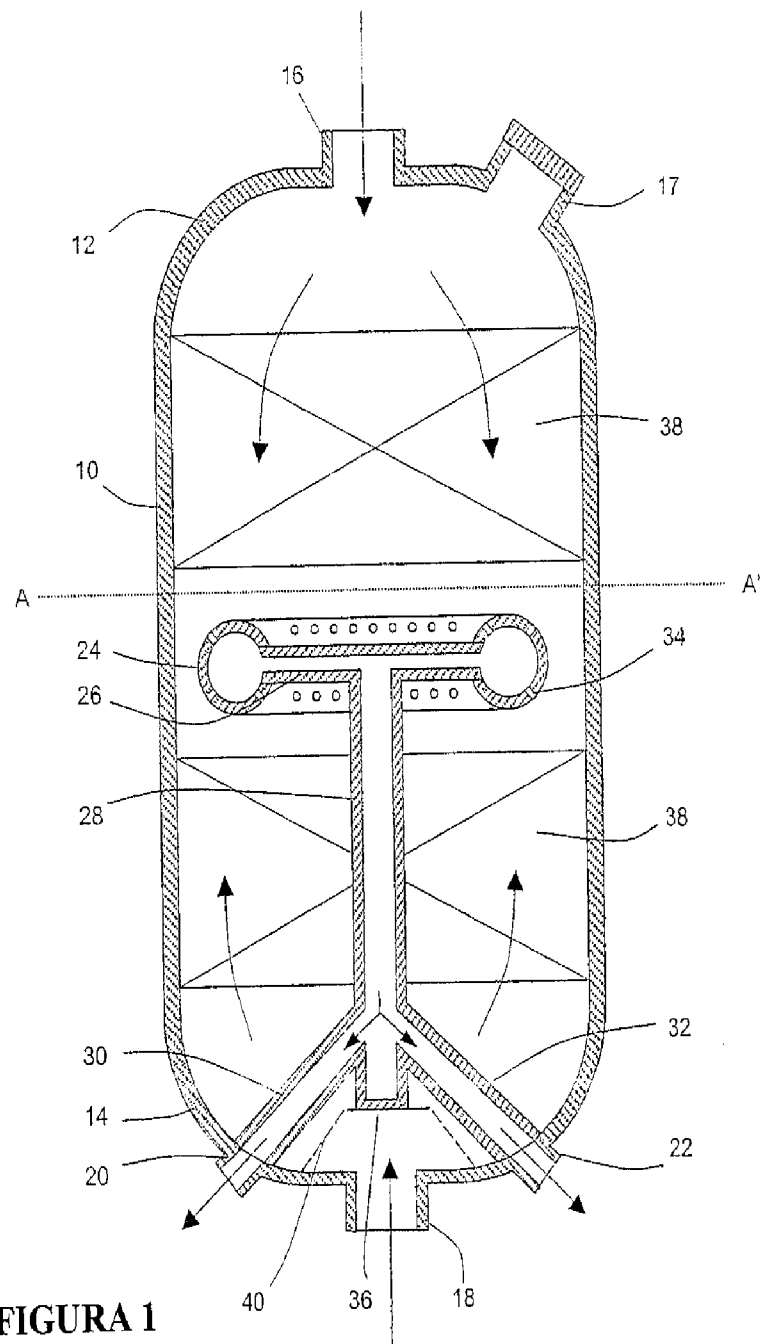
10 (iv) remover o fluido de processo do vaso através dos meios de coleta, estando os meios de coleta em comunicação fluida com uma ou mais portas opostas no vaso.

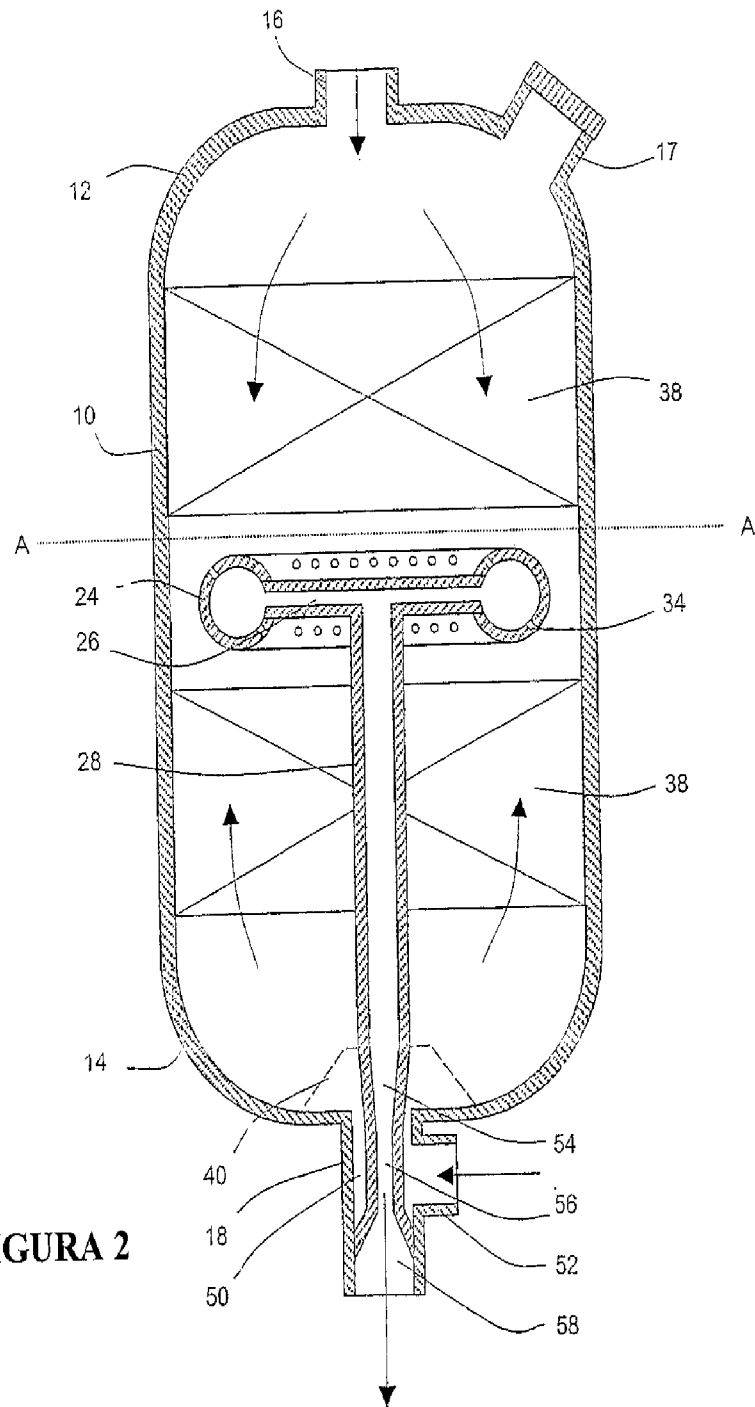
14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o fluido de processo compreende hidrogênio, óxidos de carbono e vapor e o leito fixo compreende um catalisador de transferência água-gás.

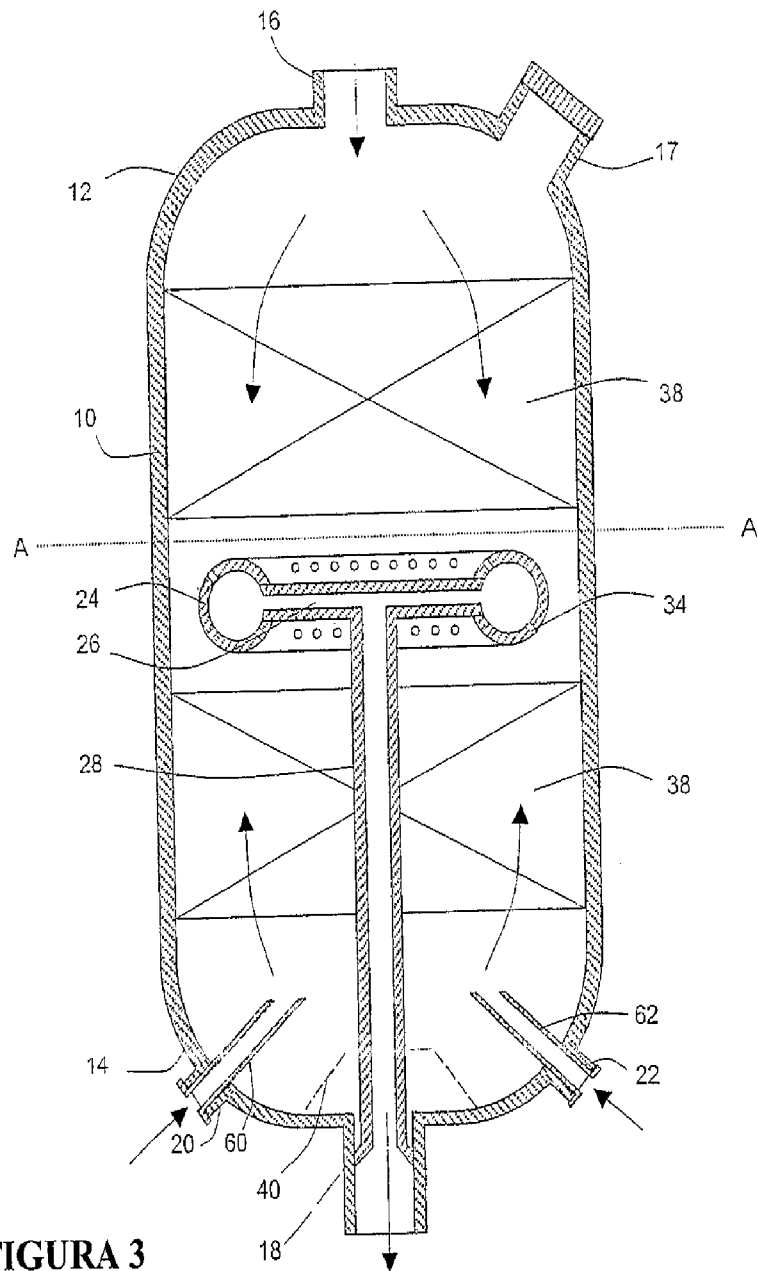
15 15. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o fluido de processo compreende hidrogênio e óxidos de carbono e o leito fixo compreende um catalisador de síntese de metanol.

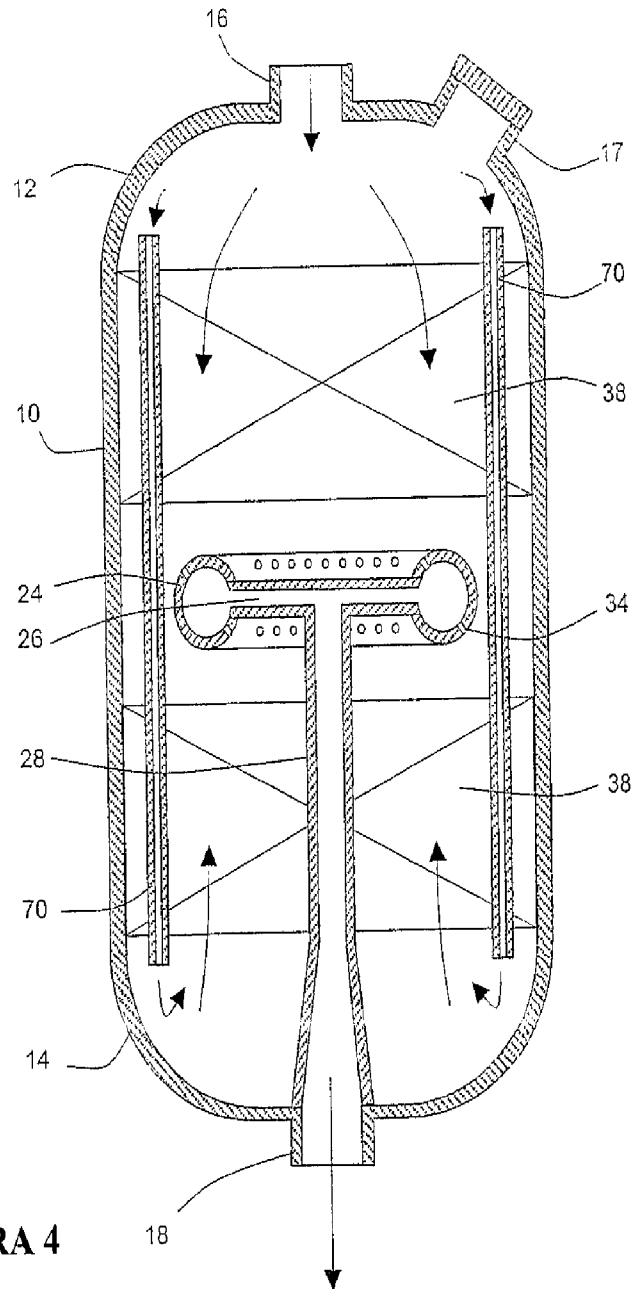
20 16. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o fluido de processo compreende hidrogênio e nitrogênio e o leito fixo compreende um catalisador de síntese de amônia.

25 17. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o fluido de processo compreende uma matéria prima de hidrocarboneto contendo venenos de catalisador e o leito fixo compreende um catalisador ou sorvente útil para remover os mencionados venenos da matéria prima.

**FIGURA 1**



**FIGURA 3**

**FIGURE 4**

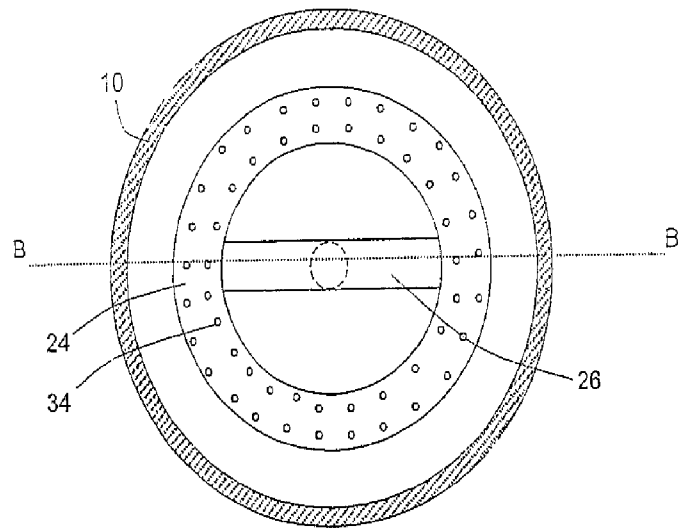


FIGURA 5

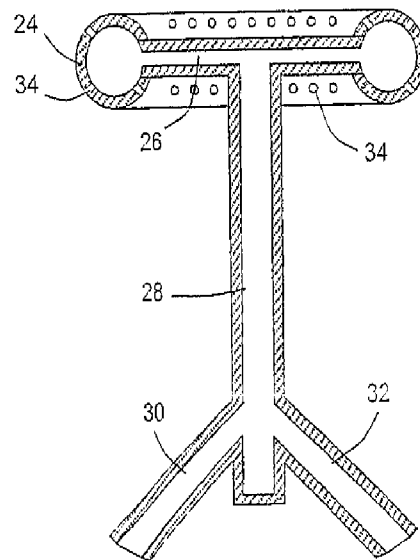


FIGURA 6

RESUMO

“MÉTODO DE ADAPTAR UM VASO DE REAÇÃO, VASO DE REAÇÃO, E, PROCESSO”

- Um método de adaptar um vaso de reação de fluxo axial tendo
- 5 portas opostas a um vaso de reação de fluxo axial oposto é descrito, compreendendo instalar meios de coleta de fluido de processo dentro do corpo do vaso em comunicação fluida com uma ou mais das mencionadas portas.