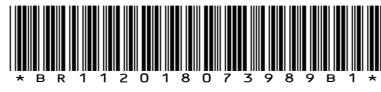




República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112018073989-8 B1**



**(22) Data do Depósito: 23/05/2017**

**(45) Data de Concessão: 06/09/2022**

**(54) Título:** ARRANJO DE CENTRO EXPANSÍVEL PARA UM REATOR, REATOR,E, MÉTODO PARA INSTALAR UM ARRANJO DE CENTRO EXPANSÍVEL EM UM REATOR

**(51) Int.Cl.:** B01J 19/24; B01J 19/32.

**(30) Prioridade Unionista:** 23/05/2016 US 62/340100.

**(73) Titular(es):** JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED COMPANY.

**(72) Inventor(es):** WILLIAM ALAN WHITTENBERGER; JOSEPH W. WITTEMBERGER; FRANK JAMES PODOJIL, III.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2017033973 de 23/05/2017

**(87) Publicação PCT:** WO 2017/205359 de 30/11/2017

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 22/11/2018

**(57) Resumo:** Um arranjo de centro expansível para um reator é descrito. O arranjo compreende um tubo de expansão; um suporte de centro no interior do tubo de expansão e três ou mais elementos de mola. Os elementos de mola são presos ao suporte de centro e se projetam em arco para o tubo de expansão. Um reator também é descrito.

## ARRANJO DE CENTRO EXPANSÍVEL PARA UM REATOR, REATOR, E, MÉTODO PARA INSTALAR UM ARRANJO DE CENTRO EXPANSÍVEL EM UM REATOR

### Campo da invenção

[001] A presente invenção refere-se a um arranjo de centro expansível para um reator, a um reator e a um método para instalar um arranjo de centro expansível em um reator. Em particular, mas não exclusivamente, a presente invenção refere-se a um arranjo de centro expansível para um reator estruturado empilhável, a um reator estruturado empilhável e a um método para instalar tal arranjo em tal reator.

### Fundamento

[002] Os componentes do reator para efetuar reações catalíticas, tais como os utilizados para produzir gás de síntese ou hidrogênio, podem geralmente entrar em contato com tubos de reator expostos a uma fonte de calor, por exemplo, um forno, para suportar reações. Em contraste, outros tipos de reações, tais como reações exotérmicas, podem exigir uma fonte de resfriamento, tal como uma camisa de resfriamento. Os tubos do reator podem ser carregados com vários arranjos de componentes revestidos por catalisador, tais como catalisadores suportados ou estruturados em lâmina na forma de ventiladores, aletas, espirais, espumas ou monólitos. Em alguns casos, os componentes revestidos por catalisador de reator podem ser expansíveis, tais como aqueles formados a partir de lâmina, por exemplo, um ventilador.

[003] Para melhorar a transferência de calor e o fluxo de fluido através de um reator, o encaixe de catalisadores suportados por lâminas pode ser melhorado. Em um tubo de reator, os componentes de reator revestidos por catalisadores expansíveis podem ser posicionados para aumentar a transferência de calor, tal como estando em contato ou em uma proximidade controlada da parede do reator exposta a uma fonte de aquecimento ou resfriamento. Assim, é desejável encaixar os reatores com acessórios para

promover maior transferência de calor e eficiência do reator.

[004] O WO2013151889 descreve um arranjo de centro expansível para uso em um reator tubular, como um reformador, para melhorar a transferência de calor e a eficiência do reator. O arranjo de centro expansível pode incluir um cone sendo expansível na direção radial e um peso de expansão para promover a expansão do cone. O cone e o peso de expansão podem ser deslizáveis dispostos em um suporte de centro. A expansão dos cones na direção radial força os componentes revestidos por catalisador do reator radialmente para fora, para um tubo externo que aloja os componentes revestidos por catalisador do reator e o arranjo de centro expansível. A expansão dos componentes revestidos por catalisador do reator em direção ao tubo externo promove a transferência de calor para a realização de reações catalíticas.

[005] O arranjo em WO2013151889 produz um bom desempenho, mas envolve buchas deslizantes relativamente dispendiosas e cones em expansão. Os cones podem ser dispendiosos ou ter problemas de confiabilidade. As buchas usadas para prender os cones e as buchas no lugar podem ser difíceis de instalar e podem exigir uma superfície especial no suporte de centro. Para instalar o sistema, é necessária uma ferramenta com três funções: agarrar, explodir e empurrar. Existe, portanto, espaço para melhoria do sistema do WO2013151889, em particular para reduzir adicionalmente o custo do sistema e melhorar adicionalmente a facilidade de instalação do sistema.

[006] As modalidades preferidas da presente invenção procuram superar uma ou mais das desvantagens acima da técnica anterior. Em particular, as modalidades preferidas da presente invenção procuram prover arranjos de centro expansíveis melhorados para reatores e reatores melhorados.

## Sumário da Invenção

[007] De acordo com um primeiro aspecto da invenção, é provido um arranjo de centro expansível para um reator, o arranjo compreendendo: um tubo de expansão; um suporte de centro no interior do tubo de expansão e três ou mais elementos de mola; os elementos da mola estando fixados ao suporte de centro e curvados para o tubo de expansão.

[008] Tal disposição pode prover um centro expansível que provê uma força expansiva aos componentes revestidos por catalisador estruturado do reator, não sendo necessário um grande número de partes móveis separadas. O arranjo é, portanto, vantajosamente simples de fabricar, montar e instalar e pode prover potencial para economia de custos. Os elementos de mola são de preferência resilientes, de modo a empurrar o tubo de expansão para fora do suporte de centro.

[009] O tubo de expansão pode ser formado a partir das extremidades de cauda dos elementos de mola que se enrolam e se sobrepõem uns aos outros. Assim, os elementos da mola de preferência espiralam e se sobrepõem uns aos outros. Por exemplo, os elementos de mola têm, de preferência, extremidades de cabeça presas ao suporte de centro e às extremidades de cauda sobrepostas para formar o tubo de expansão. De preferência, cada uma das extremidades da cauda se estende em torno de pelo menos uma circunferência completa do tubo de expansão. Ao formar o tubo de expansão a partir das extremidades de cauda dos elementos de mola, o arranjo de centro pode compreender uma estrutura única, que pode ser mais fácil de manusear e instalar do que um sistema de componentes múltiplos.

[0010] O tubo de expansão pode ser separado dos elementos de mola e os elementos de mola podem pressionar para fora contra o tubo de expansão. Por exemplo, os elementos de mola podem pressionar para fora a partir do suporte de centro contra o interior do tubo de expansão. Um tal sistema pode ser vantajoso, por exemplo, quando diferentes propriedades de material são desejáveis para os elementos de mola e o tubo de expansão.

[0011] De preferência, os elementos de mola são elementos semelhantes à folha alinhados com a direção axial do suporte de centro e do tubo de expansão. Por exemplo, o suporte de centro e o tubo de expansão são de preferência substancialmente retos com o suporte de centro (por exemplo, um tubo ou haste) alinhado concentricamente dentro do tubo de expansão. Os elementos de mola compreendem preferencialmente folhas de um material resiliente, tal como metal, e são de preferência presas ao longo de uma borda ao suporte de centro de modo que as primeiras bordas opostas das folhas estejam alinhadas com o suporte de centro e o eixo longitudinal do tubo de expansão e as segundas bordas opostas das folhas se projetam em arco do suporte de centro para o tubo de expansão. Tal arranjo pode prover uma força expansiva através de uma grande área do tubo de expansão.

[0012] De preferência, o tubo de expansão resiste à compressão. Essa resistência pode ser resultado de forças de atrito entre as camadas. De preferência, o tubo de expansão compreende pelo menos uma folha enrolada várias vezes para formar a circunferência do tubo de expansão. Isso pode produzir uma área sobreposta que provê um alto grau de resistência à compressão do tubo. A pelo menos uma folha pode ser a cauda dos elementos da mola. Os vários envoltórios podem ser providos por cada cauda sendo enrolada em torno de pelo menos uma circunferência do tubo de expansão.

[0013] De acordo com um segundo aspecto da invenção, é provido um reator compreendendo: um tubo externo; um tubo de expansão dentro do tubo externo; um suporte de catalisador expansível que ocupa um espaço anular entre o tubo de expansão e o tubo externo; e três ou mais elementos de mola resilientes curvos dispostos dentro do tubo de expansão, de modo a pressionar o tubo de expansão em direção ao tubo externo.

[0014] De preferência, os elementos de mola são montados em um suporte de centro. O suporte de centro pode ser usado para prover rigidez à estrutura e pode ser usado para manipular a estrutura durante a instalação e a

remoção.

[0015] Pode ser que o tubo de expansão seja formado a partir das extremidades de cauda dos elementos de mola que envolvem e se sobrepõem uns aos outros. Pode ser que o tubo de expansão esteja separado dos elementos da mola.

[0016] De preferência, os elementos de mola são elementos semelhantes à folha alinhados com a direção axial do tubo externo e do tubo de expansão.

[0017] De preferência, o tubo de expansão compreende pelo menos uma folha enrolada várias vezes para formar a circunferência do tubo de expansão.

[0018] Reatores preferidos da invenção, por vezes referidos como um reator estrutural empilhável (“SSR”), podem incluir múltiplos componentes de suporte de catalisador dispostos em torno ou empilhados em um suporte de centro, tal como uma haste ou mandril central, tubo, poste ou semelhante, a fim de formar um monólito de seção transversal anular geral como visto na direção de fluxo de fluido através do reator. O monólito ou suportes de catalisador empilhados podem ocupar toda ou uma porção do espaço anular entre dois tubos dispostos concentricamente, tais como um tubo externo e um tubo interno. O tubo interno pode ser referido como um tubo de expansão. Como aqui descrito, várias modificações e modalidades dos reatores e componentes associados do reator podem ser utilizados em conexão com os arranjos de centro expansíveis para promover a transferência de calor e a eficiência do reator.

[0019] Materiais de construção para todos os componentes do reator ou partes dos mesmos, tais como suportes catalíticos, suportes de centro, elementos de mola e tubos internos e externos, como aqui discutido, podem incluir qualquer material adequado como conhecido na técnica, por exemplo, metal, metais não ferrosos, lâmina metálica, aço, aço inoxidável, ligas,

lâminas, não metais, tais como plásticos ou vidro, cerâmica, ou combinações dos mesmos.

[0020] Um reator ou tubo externo possuindo uma superfície da parede interna e uma superfície de parede externa, tal como um tubo reformador, pode abrigar componentes de reator, tais como ventiladores verticalmente empilhados ou monólitos, dispostos em torno de um suporte de centro. O diâmetro do tubo externo é de preferência constante ao longo de todo o seu comprimento. No caso de tubos de reformador, porções do tubo podem ter um diâmetro maior e criar protuberâncias ou porções expandidas no tubo externo. Os componentes do reator podem ser construídos para ter uma abertura central para receber os componentes de suporte de centro e seção central, tal como um arranjo de centro expansível incluindo o tubo interno, de modo que os componentes possam ser empilhados ou dispostos no suporte de centro entre o tubo externo e o arranjo de centro expansível. O suporte de centro pode ter um comprimento para acomodar o comprimento do tubo externo. O suporte de centro pode ser contínuo, mas é de preferência formado a partir de seções, estando cada seção associada a um arranjo de centro expansível e a uma seção dos componentes do reator. O suporte de centro pode ter uma braçadeira, bucha, placa de base ou semelhante para prover um encaixe de parada, de modo que os componentes do reator, tal como um ventilador ou monólito, não deslizam para fora da extremidade do suporte de centro. A placa de base pode estar localizada na ou próxima à extremidade de fundo do suporte de centro e pode ter um formato e diâmetro ou dimensões para facilitar a instalação no tubo externo. Por exemplo, a placa de batente pode ter um formato circular com um diâmetro aproximadamente igual ou inferior ao diâmetro interno do tubo externo.

[0021] O suporte de centro pode ser pré-carregado com qualquer número de componentes do reator antes de ser inserido no tubo externo. Os componentes podem ser empilhados verticalmente, um em cima do outro

como mostrado, para formar camadas de componentes do reator, vertical ou alternativamente, tal como horizontal para acomodar a orientação de um reator ou certos requisitos de tecnologia. As arruelas podem ser inseridas entre um ou mais componentes do reator (por exemplo, ventiladores) conforme desejado, por exemplo, cada ventilador pode ser separado por uma arruela em que a arruela cria um espaço aberto entre os componentes. Os componentes de reatores empilhados, que possuem uma altura típica na faixa de 8 mm a 100 mm, podem ser dispostos verticalmente, como desejado, para criar um subconjunto com altura na faixa de 15 cm a 1,5 m. Múltiplos subconjuntos podem ser empilhados juntos em um reator, por exemplo, de 1 a 60 subconjuntos podem ser empilhados. Os subconjuntos empilhados podem ter uma altura na faixa de 1 m a 20 m. Cada subconjunto pode ser formado em uma seção do suporte de centro. Uma vez instaladas, as seções do suporte de centro podem se combinar para formar um suporte de centro contínuo. A seção do suporte de centro pode estender-se para além de uma extremidade dos componentes do reator pré-carregado do subconjunto, provendo assim uma porção saliente que pode ser agarrada durante a instalação do subconjunto no tubo externo. A seção de suporte de centro pode incluir uma porção oca de extremidade aberta em uma extremidade oposta da seção à porção saliente. Assim, a porção saliente de uma seção pode encaixar na porção oca de uma seção adjacente, de modo que os componentes do reator de subconjuntos adjacentes são separados por menos do que o comprimento da porção saliente. De preferência, a porção saliente de uma seção pode encaixar na porção oca de uma seção adjacente, de modo que os componentes do reator, incluindo, por exemplo, as arruelas, se presentes, de subconjuntos adjacentes, formam uma pilha contínua.

[0022] Os componentes do reator podem ser, por exemplo, ventiladores ou monólitos, usados com ou sem arruelas. Em uma modalidade, os componentes do reator podem ser suportes de catalisador, tais como

ventiladores, bobinas ou monólitos possuindo um ou mais revestimentos de catalisador. As arruelas usadas em conexão com os componentes também podem ter um revestimento de catalisador para distribuir efetivamente o contato do catalisador com o fluido que flui através do reator. O material catalítico é conhecido na técnica e pode incluir níquel, paládio, platina, zircônio, ródio, rutênio, irídio, cobalto e óxidos de alumínio, cério e zircônio.

[0023] Os suportes de catalisador podem ser expansíveis na direção radial de modo que os suportes possam ser empurrados para fora radialmente para o tubo externo. Conforme disposto no tubo externo, os componentes do reator podem ocupar uma porção ou substancialmente todo o espaço anular entre o tubo externo e o tubo interno. Os componentes, quando expansíveis e no estado colapsado, têm um diâmetro menor que o tubo externo. Na posição expandida, os componentes podem estar em contato direto com o tubo externo ou criar uma pequena lacuna entre o tubo externo e a face do diâmetro externo dos componentes. A lacuna entre a face do diâmetro da borda externa dos componentes do reator e a superfície da parede interna do tubo do reator podem ser de pelo menos 0,2, 0,5, 1, 2, 3, 5, 10 ou 15 mm. A lacuna é de preferência não superior a 3, 6, 10, 15, 20 ou 25 mm e, de preferência, na faixa de 0,5 a 6 mm, e mais preferivelmente de 1 a 3 mm. A lacuna promove a transferência de calor e obriga o fluxo de fluido a deslocar-se na direção da superfície da parede interna da parede do reator, para ser direcionado de volta para a porção interna do reator. Podem ser utilizados espaçadores, tais como uma arruela, arame, anel, ansa ou semelhante, para assegurar o espaçamento de lacuna desejável entre a borda de diâmetro externo ou a face dos monólitos ou ventiladores e a superfície da parede interna do tubo do reator. O fluido, tal como gás ou líquido, a ser reagido flui geralmente verticalmente, seja ascendente ou descendente, conforme desejado, através do tubo do reator e através de cada componente disposto no suporte de centro, de preferência fora do tubo interno. Os componentes do reator direcionam o fluxo de fluido em

outras direções não verticais para aumentar a transferência de calor, por exemplo, os ventiladores podem direcionar ou orientar radialmente o fluxo do fluido (perpendicular à direção vertical) em direção à parede do tubo do reator. Um ou mais monólitos ou ventiladores podem estar em contato ou próximos da superfície da parede interna do tubo do reator, o que efetivamente transfere o calor do exterior do reator para os componentes do reator e fluido contido nele para promover reações catalíticas endotérmicas. Para reações catalíticas exotérmicas, o princípio de operação é o mesmo, mas o calor é transferido dos componentes do reator e do fluido nele contido para o exterior do reator. Embora a descrição acima tenha se referido ao fluxo vertical, que é tipicamente usado, a invenção pode também ser usada com reatores de fluxo horizontal (ou de outra orientação). Tais orientações de reatores podem, em particular, ser utilizadas quando elementos de catalisador estruturados são empregados, uma vez que tais elementos podem ser mais facilmente retidos em uma geometria horizontal do que, digamos, péletes de catalisador.

[0024] Na seção central do tubo do reator, um arranjo de centro expansível pode ser usado. O arranjo de centro expansível pode incluir o tubo interno, que pode alojar o arranjo de centro expansível. O tubo interno pode ser corrugado ou composto de folha de metal enrolada ou folha plana enrolada em um cilindro de tal forma que exista uma seção sobreposta no ponto em que as duas extremidades da folha se encontram. Ou seja, as extremidades da folha enrolada se sobrepõem e, à medida que a força é exercida dentro do cilindro ou do tubo, a porção sobreposta desliza de modo que o tubo interno se expanda radialmente para fora. Por exemplo, o tubo interno pode ser feito de uma folha de lâmina enrolada em um cilindro. De preferência, a seção de sobreposição estende-se pelo menos uma vez e de preferência pelo menos duas vezes em torno da circunferência do tubo interno. Assim, o tubo interno pode ser um cilindro formado a partir de múltiplos enrolamentos de uma folha

de material, por exemplo, lâmina. O tubo interno pode ser um artigo independente, ou pode ser formado a partir das caudas dos elementos de mola.

[0025] Os elementos da mola proveem tensão aos componentes do reator e impelem o tubo interno para fora. Em seu diâmetro externo, o tubo interno entra em contato com os componentes do reator, tais como os ventiladores revestidos por catalisador expansível. Como os elementos de mola empurram radialmente para fora contra o tubo interno, o tubo interno pode estar em constante contato com os componentes do reator para evitar ou eliminar um espaço entre o diâmetro interno dos componentes do reator e o diâmetro externo do tubo interno. Reduzir ou eliminar qualquer espaçamento entre o diâmetro interno dos componentes do reator e o diâmetro externo do tubo interno aumenta a quantidade de fluido que é direcionado para a porção externa do reator próximo à parede do tubo do reator, o que pode aumentar a troca de calor e a eficiência da reação. A força provida pelos elementos de mola pode também promover a expansão dos componentes do reator contra o tubo externo, mantendo assim o espaçamento pequeno, correto entre os componentes do reator e o tubo externo e promovendo a transferência de calor para o fluido que passa através do reator. Durante a operação, a temperatura pode aumentar e o tubo externo pode se arrastar ou expandir radialmente para fora, afastando-se dos componentes do reator, e formar uma lacuna entre a face do diâmetro externo dos componentes do reator e o tubo externo. A tendência dos elementos de mola para desenrolar pode forçar os componentes do reator para fora para reduzir ou eliminar tal lacuna.

[0026] De acordo com um terceiro aspecto da invenção, é provido um método para instalar um arranjo de centro expansível em um reator. De preferência, o arranjo de centro expansível é um arranjo de centro expansível de acordo com o primeiro aspecto da invenção. De preferência, a instalação produz um reator de acordo com o segundo aspecto da invenção. De preferência, o método compreende: prover um arranjo de centro expansível

que compreende um tubo de expansão e elementos de mola dispostos dentro do tubo de expansão, inserir o arranjo de centro no reator, introduzir um gás pressurizado no tubo de expansão de modo a expandir o tubo de expansão, em que os elementos de mola resistem à compressão do tubo de expansão depois que o gás pressurizado é ventilado.

[0027] De preferência, um suporte de centro está disposto dentro do tubo de expansão e os elementos de mola são montados no suporte de centro. O suporte de centro vantajosamente aumenta a resistência do arranjo e provê um local para uma ferramenta de instalação agarrar. O suporte de centro também pode ser útil para empilhar múltiplos arranjos de centro no reator, uma vez que o suporte de centro de um arranjo pode interagir com o suporte de centro de um arranjo adjacente para prover um suporte de centro contínuo. Em algumas modalidades, o tubo de expansão é formado a partir das extremidades de cauda dos elementos de mola que se envolvem e se sobrepõem uns aos outros. De preferência, os elementos de mola são folhas de material resiliente ligadas ao longo de uma borda ao suporte de centro, de modo que as primeiras bordas opostas das folhas são paralelas ao suporte de centro e o eixo do tubo de expansão e as segundas bordas opostas das folhas se projetam em arco do suporte de centro para o tubo de expansão. Tal arranjo pode ser simples de fabricar. Também pode ser vantajoso que as extremidades sobrepostas das folhas tenham uma força de atrito entre elas, o que ajuda a impedir a compressão do tubo de expansão. Quando o ar pressurizado é introduzido, o ar flui entre as extremidades sobrepostas das folhas e lubrifica o movimento das folhas uma em relação à outra, permitindo assim que o tubo de expansão se expanda tanto como resultado do ar pressurizado quanto da força de expansão dos elementos de mola resilientes. Quando o ar pressurizado é parado e a pressão ventila, as folhas não são mais lubrificadas e a força de atrito retorna para auxiliar na prevenção da compressão.

[0028] De preferência, o tubo de expansão é separado dos elementos

de mola. Vantajosamente, o tubo de expansão é formado a partir de um material mais fino que os elementos de mola. De preferência, o tubo de expansão é formado a partir de múltiplos enrolamentos de uma folha de material. Pode ser que a extremidade interna da folha de material contenha corrugações. As corrugações podem auxiliar a passagem do ar entre os enrolamentos da folha, facilitando assim a lubrificação e a expansão do tubo de expansão quando o ar pressurizado for introduzido no tubo de expansão.

[0029] De preferência, o arranjo de centro é inserido no reator usando uma ferramenta. De preferência, o gás pressurizado é introduzido através da mesma ferramenta. Assim, o arranjo pode ser instalado em uma única operação usando uma única ferramenta. De preferência, o gás pressurizado é introduzido por sopro de gás pressurizado no tubo de expansão. De preferência, a ferramenta prende o suporte de centro para inserir o arranjo de centro. O gás pressurizado pode, por exemplo, ser introduzido através do suporte de centro, por exemplo, soprando o gás para baixo de um suporte de centro oco e para fora através de orifícios no suporte de centro. O gás pressurizado pode, por exemplo, ser introduzido diretamente no tubo de expansão, por exemplo, soprando o gás na extremidade do tubo de expansão.

[0030] De um modo preferido, os elementos de mola proveem uma força de impulsionamento para o tubo de expansão durante a introdução do gás pressurizado. De preferência, os elementos de mola permanecem em contato com o tubo de expansão ao longo da introdução do gás pressurizado. A provisão dos elementos de mola resulta em uma vantagem significativa na instalação, uma vez que não há necessidade de uma etapa separada, após o gás pressurizado, para travar o tubo de expansão no lugar. Em vez disso, os elementos da mola já estão no lugar no final do “sopro” do ar pressurizado e a ferramenta pode ser removida logo após o sopro. A remoção da ferramenta pode ventilar o gás pressurizado ou o gás pressurizado pode ventilar de outras maneiras. Em um grande reator, com muitos arranjos de centro para

instalação, a economia de tempo de não precisar travar cada arranjo de centro pode ser grande.

[0031] De preferência, o método inclui a colocação de componentes de suporte de catalisador expansíveis em torno do arranjo de centro antes de o arranjo ser inserido no reator. Os componentes de suporte do catalisador são colocados em torno do exterior do tubo de expansão. De preferência, o reator compreende um tubo externo, no qual o arranjo de centro expansível e os seus componentes de suporte de catalisador circundantes são inseridos. De preferência, a expansão do tubo de expansão força os componentes de suporte do catalisador para fora contra a superfície interna do tubo externo. Desta forma, o posicionamento ideal dos componentes de suporte do catalisador pode ser alcançado e mantido.

[0032] Será reconhecido que as características descritas em relação a um aspecto da invenção podem ser igualmente aplicáveis em outro aspecto da invenção. Por exemplo, características descritas em relação ao arranjo de centro expansível da invenção, podem ser igualmente aplicáveis ao reator da invenção, e vice-versa. Como outro exemplo, características descritas em relação ao método da invenção, podem ser igualmente aplicáveis ao reator ou ao arranjo de centro expansível da invenção, e vice-versa. Algumas características podem não ser aplicáveis e podem ser excluídas de aspectos particulares da invenção.

#### Descrição dos desenhos

[0033] Modalidades da presente invenção serão agora descritas, a título de exemplo, e não em qualquer sentido limitativo, com referência aos desenhos anexos, dos quais:

a figura 1 é uma vista de parte de um arranjo de centro expansível de acordo com a invenção;

a figura 2 é uma vista da parte de um arranjo de centro expansível da figura 1 com os elementos de mola enrolados em torno do

suporte de centro antes da inserção em um tubo de expansão;

a figura 3 é uma vista de um arranjo de centro expansível de acordo com a invenção, com a parte das figuras 1 e 2 inserida em um tubo de expansão;

a figura 4 é uma vista do arranjo de centro expansível da figura 3 com componentes de catalisador estruturados empilhados em torno do tubo de expansão;

a figura 5 é uma vista de um arranjo de centro expansível de acordo com a invenção;

a figura 6 é outra vista do arranjo de centro expansível da figura 5;

a figura 7 é uma vista de um arranjo de centro expansível com um componente de catalisador estruturado em torno dele;

a figura 8 é uma vista do arranjo de centro expansível das figuras 5 e 6 circundado por um componente de catalisador estruturado;

a figura 9 é uma vista de um arranjo de centro expansível de acordo com a invenção; e

a figura 10 é uma vista de uma construção de um tubo de expansão.

#### Descrição detalhada

[0034] Na figura 1, parte de um arranjo de centro expansível compreende um suporte de centro 1 e quatro elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d conectados ao suporte de centro 1. Os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d são elementos semelhantes à folha fixados ao suporte para que os elementos do tipo folha estejam alinhados com a direção axial do suporte de centro 1.

[0035] Na figura 2, os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d são envolvidos em torno do suporte de centro 1. Os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d podem ser temporariamente mantidos na posição de envolvidos com as bandas 3, por exemplo, abraçadeiras. Quando as bandas 3 são liberadas, os

elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d tendem a desenrolar, criando assim uma força expansiva. Em alternativa, os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d podem ser mantidos no lugar com um tubo de retenção temporário. O tubo de retenção temporário tem um diâmetro um pouco menor que o diâmetro do tubo de expansão 4 (vide figura 3). O tubo de expansão 4 é colocado sobre o tubo de retenção temporário e o tubo de retenção temporário é então retirado dos elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d e para fora do tubo de expansão 4. Da mesma forma, liberando as bandas 3, isto permite os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d desenrolar e criar uma força expansiva contra o interior do tubo de expansão 4.

[0036] Na figura 3, as bandas 3 foram removidas e o suporte de centro 1, com os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d envolvidos ao redor, foi inserido em um tubo de expansão 4. Os elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d tendem a desenrolar e assim pressionar para fora no tubo de expansão 4. Em torno do exterior do tubo, os componentes revestidos por catalisador estruturado 5 podem ser empilhados. Um desses componentes 5 é mostrado na figura 3. Os componentes 5 revestidos por catalisador estruturado são expansíveis e a ação dos elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d tentando desenrolar pressiona para fora no tubo de expansão 4, que por sua vez pressiona para fora contra o componente de catalisador estruturado 5. As bandas de lâmina 3' são enroladas em torno do tubo de expansão 4. As bandas de lâmina 3' são bandas temporárias que seguram o tubo de expansão até os componentes revestidos por catalisador estruturado 5 estarem no lugar. À medida que os componentes revestidos por catalisador estruturado 5 são empilhados no tubo de expansão 4, as bandas de lâmina 3' são deslizadas para cima e para fora do tubo de expansão 4.

[0037] Na figura 4, múltiplos componentes 5 revestidos por catalisador estruturado são empilhados em torno do exterior do tubo de expansão 4. Em uso, o arranjo de centro com os componentes 5 revestidos por

catalisador estruturado empilhados em torno deste é inserido em um tubo de reator, não mostrado. A ação dos elementos de mola 2a, 2b, 2c e 2d, tentando desenrolar, mantém os componentes 5 revestidos por catalisador estruturado pressionados contra o tubo do reator, melhorando assim a transferência de calor do tubo do reator para os componentes revestidos por catalisador estruturado. A transferência de calor, por sua vez, melhora a taxa de reação. Vários arranjos de centro podem ser empilhados uns sobre os outros no tubo do reator. O suporte de centro 1 tem uma porção mais fina que sobressai da parte superior do arranjo de centro quando todos os componentes 5 revestidos por catalisador estruturado associados a esse arranjo de centro estão no lugar. A porção saliente pode ser vista na figura 4. A extremidade inferior do suporte de centro 1 inclui uma porção oca, ou reentrância (não mostrada) na qual encaixa a porção saliente do suporte de centro 1 a partir do arranjo de centro abaixo. Desta forma, os vários arranjos de centro podem ser empilhados eficientemente uns em cima dos outros, e podem ser baixados para dentro do tubo, ou retirados do mesmo, usando a porção saliente do suporte de centro 1.

[0038] Na figura 5, um arranjo de centro compreende um suporte de centro 11 e quatro elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d. Tal como com o arranjo de centro acima, os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d são elementos semelhantes à folha alinhados com a direção axial do suporte de centro 11. Os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d são elementos de mola resilientes e se projetam em arco para fora a partir do suporte de centro 11. O arco cria um efeito de mola de modo que os elementos resilientes de mola 12a, 12b, 12c e 12d possam pressionar um tubo de expansão para fora do suporte de centro 11.

[0039] Na figura 6, o suporte de centro 11 compreende uma matriz de orifícios 16. Quando o arranjo de centro é inserido em um reator, com componentes revestidos por catalisador estruturados circundando o arranjo de

centro, o ar pode ser soprado para baixo do suporte de centro 11. O ar irá soprar através dos orifícios 16 e forçar o arranjo de centro a se expandir, forçando assim os componentes estruturados revestidos por catalisador em contato íntimo com a parede externa do tubo do reator. Os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d, que também serão expandidos quando o ar for soprado através dos orifícios 16, resistirão então à compressão do arranjo de centro e proverão uma força de pressão para manter os componentes estruturados revestidos por catalisador em contato íntimo com o tubo do reator externo. A rajada de ar passa entre os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d e os lubrifica, permitindo que eles deslizem um sobre o outro e se expandam. Quando a rajada termina, os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d não são mais lubrificados e o atrito entre eles resiste à compressão do arranjo de centro. Nas modalidades alternativas, por exemplo, onde o suporte de centro 11 não compreende os orifícios 16, uma rajada de ar pode ser provida abaixo da cavidade que envolve o suporte de centro 11 no qual os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d estão localizados (chamada cavidade da palheta). Essa rajada de ar pode executar a mesma função de lubrificação e expansão que a rajada através dos orifícios 16. Dessa forma, o ar é introduzido diretamente no tubo de expansão.

[0040] Nas figuras 7 e 8, os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d estão na sua posição final, com um componente revestido por catalisador estruturado 15 no lugar em torno do exterior do arranjo de centro. Neste caso, o tubo de expansão 14 é formado a partir das extremidades da cauda dos elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d enrolados e sobrepostos uns aos outros. As caudas sobrepostas criam uma resistência ao atrito à compressão do arranjo de centro, além da força de pressão criada pela curva dos elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d. Na modalidade da figura 7, o arranjo de centro compreende abas 17, que inserem no componente 15 revestido por catalisador estruturado. Assim, a rotação do suporte de centro 11 em relação

aos componentes 15 revestidos por catalisador estruturado desenrola os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d e expande o tubo de expansão 14 e o componente 15 revestido por catalisador estruturado.

[0041] Na figura 9, um arranjo de centro inclui um suporte de centro 111 e elementos de mola 112a, 112b, 112c e 112d formados a partir do suporte de centro 111. Nesta modalidade, o suporte de centro 111 é um suporte de seção de caixa quadrada. Os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d são soldados ao suporte de centro 111 na região dos cantos da seção da caixa. Embora os elementos de mola também possam ser soldados aos suportes de centro 1 e 11 acima, o uso do suporte de centro de seção de caixa quadrada 111 com os elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d soldados nas regiões dos cantos pode resultar em um arranjo robusto que é fácil de fabricar.

[0042] Na figura 10, um tubo de expansão é formado a partir de uma folha de material 220, por exemplo, aço. A folha 220 tem corrugações 221 ao longo de uma borda. A folha 220 é enrolada em um cilindro, com as corrugações 221 em uma borda interior. Quando o ar pressurizado, ou outro gás, é introduzido no tubo, as corrugações 221 facilitam a passagem do ar entre as camadas da folha 220. Isso lubrifica as camadas de modo que o tubo possa expandir-se.

[0043] O funcionamento do arranjo de centro é semelhante para todas as modalidades acima. O arranjo de centro é montado enrolando os elementos de mola 2, 12, 112 em torno do suporte de centro 1, 11, 111. Se o tubo de expansão 4 for um tubo separado, o arranjo de centro é inserido no tubo de expansão 4. Em um processo de instalação típico os elementos de mola 2, 12, 112 são enrolados firmemente em torno do suporte de centro e inseridos usando força considerável em um tubo de retenção temporário. O tubo de expansão 4 é deslizado sobre o tubo de retenção temporário e o tubo temporário é então retirado dos elementos de mola 2, 12, 112 e para fora do tubo de expansão 4. Os componentes revestidos por catalisador estruturado 5,

15 são empilhados em torno do exterior do tubo de expansão 4, 14 para criar um subconjunto e o subconjunto é inserido no tubo do reator. De preferência, o ar é soprado para baixo do suporte de centro 1, 11, 111 para forçar o arranjo de centro e os componentes 5, 15 revestidos por catalisador estruturado a se expandir para pressionar em contato íntimo com o tubo do reator. O ar também pode ser soprado pela cavidade do ventilador. O ar pode ser soprado usando uma ferramenta que se encaixa em uma porção saliente do suporte de centro 1, 11, 111. A ferramenta pode ser a mesma ferramenta que é usada para prender o suporte de centro 1, 11, 111 enquanto abaixa o subconjunto no tubo do reator. Uma vez que o ar tenha sido soprado, a força de pressão externa resultante do arco dos elementos de mola 2, 12, 112 e a força de atrito nas camadas sobrepostas do tubo de expansão 4, 14, combinam para resistir à compressão do arranjo de centro e fazer com que os componentes revestidos por catalisador estruturado 5, 15 continuem a entrar em contato próximo com o tubo externo do reator. O arranjo de centro também pode ser expandido por torção no suporte de centro 11, particularmente nas modalidades onde o tubo de expansão 14 é formado a partir de extremidades sobrepostas dos elementos de mola 12a, 12b, 12c e 12d, com abas 17 inseridas nos componentes revestidos por catalisador estruturado 15.

[0044] Será reconhecido pelos versados na técnica que as modalidades acima foram descritas apenas a título de exemplo, e não em qualquer sentido limitativo, e que várias alterações e modificações são possíveis sem sair do âmbito da invenção como definido pelas reivindicações anexas. Por exemplo, em vez de 4, pode haver 3, 5 ou mais elementos de mola.

## REIVINDICAÇÕES

1. Arranjo de centro expansível para um reator, caracterizado pelo fato de que compreende:

um tubo de expansão (4);

um suporte de centro (1) no interior do tubo de expansão (4) e três ou mais elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d), os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) sendo presos ao suporte de centro (1) e se projetando em arco para o tubo de expansão (4),

em que:

(i) o tubo de expansão (4) é formado a partir de extremidades de cauda dos elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) em espiral ao redor e sobrepondo-se um ao outro; ou

(ii) o tubo de expansão (4) é separado dos elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) e os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) pressionam para fora contra o tubo de expansão (4), e o tubo de expansão (4) compreende pelo menos uma folha enrolada múltiplas vezes para formar a circunferência do tubo de expansão (4).

2. Arranjo de centro expansível de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) são resilientes, de modo a empurrar o tubo de expansão (4) para fora do suporte de centro (1).

3. Arranjo de centro expansível de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) são elementos semelhantes à folha alinhados com a direção axial do suporte de centro (1) e do tubo de expansão (4).

4. Arranjo de centro expansível de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o suporte de centro (1) compreende pelo menos um orifício para permitir que ar seja soprado para baixo do suporte de centro (1) para lubrificar os elementos de mola (2a, 2b,

2c, 2d).

5. Reator, caracterizado pelo fato de que compreende:  
um tubo externo; e  
um arranjo de centro expansível como definido na  
reivindicação 1 no interior do tubo externo.

6. Reator de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo  
fato de que o tubo de expansão (4) é formado a partir de extremidades de  
cauda dos elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) em espiral ao redor e  
sobrepondo-se um ao outro.

7. Reator de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 ou  
6, caracterizado pelo fato de que os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) são  
elementos semelhantes à folha alinhados com a direção axial do tubo externo  
e do tubo de expansão (4).

8. Reator de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a  
7, caracterizado pelo fato de que o tubo de expansão (4) compreende pelo  
menos uma folha enrolada múltiplas vezes para formar a circunferência do  
tubo de expansão (4).

9. Método para instalar um arranjo de centro expansível em  
um reator, caracterizado pelo fato de que compreende:

prover um arranjo de centro expansível como definido na  
reivindicação 1 no interior do reator;

introduzir um gás pressurizado no interior do tubo de expansão  
(4) de modo a expandir o tubo de expansão (4),

em que os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) resistem à  
compressão do tubo de expansão (4) após o gás pressurizado ser ventilado, e  
um suporte de centro (1) é disposto no interior do tubo de expansão (4) e os  
elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) são montados no suporte de centro (1).

10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado  
pelo fato de que o arranjo de centro é inserido no reator usando uma

ferramenta e o gás pressurizado é introduzido através da mesma ferramenta.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) proveem uma força de impulsionamento para fora do tubo de expansão (4) durante a introdução do gás pressurizado.

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que os elementos de mola (2a, 2b, 2c, 2d) permanecem em contato com o tubo de expansão (4) ao longo de toda a introdução do gás pressurizado.

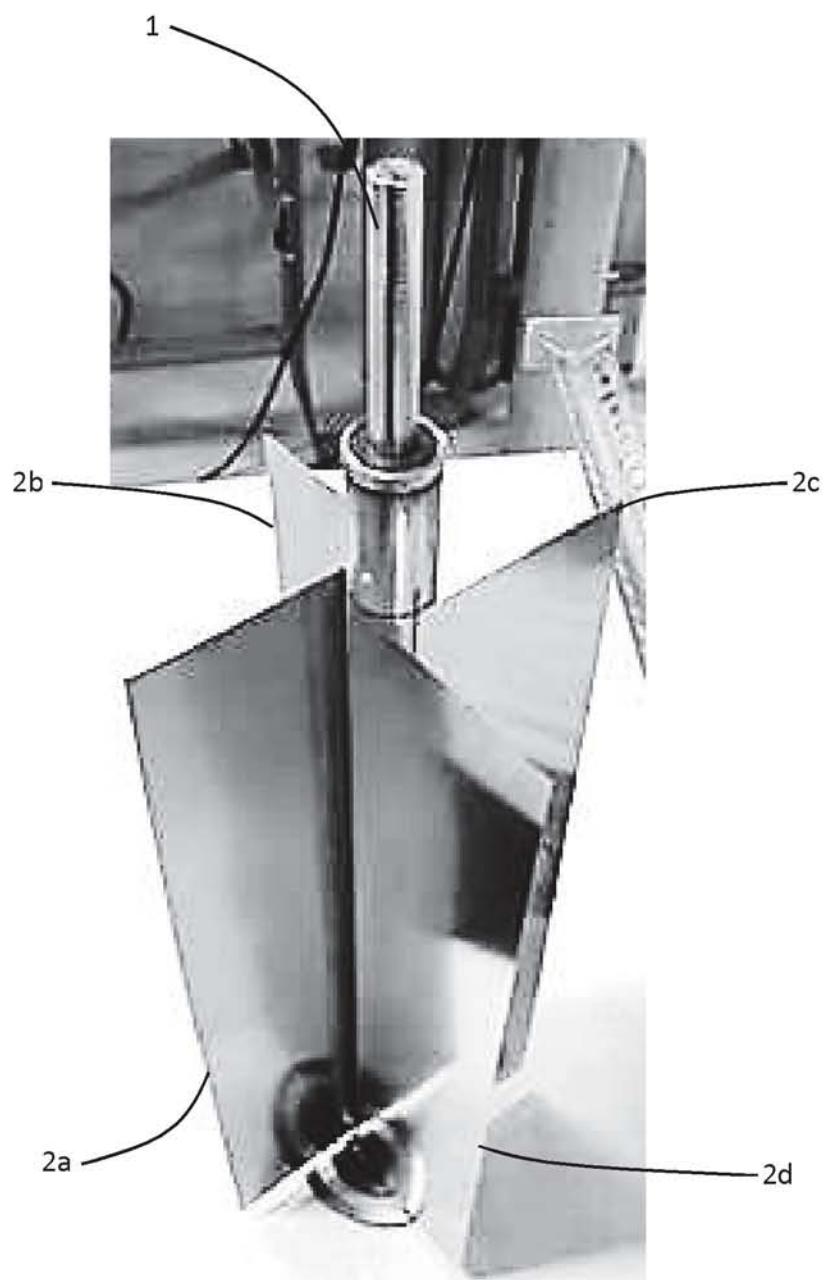


Figura 1

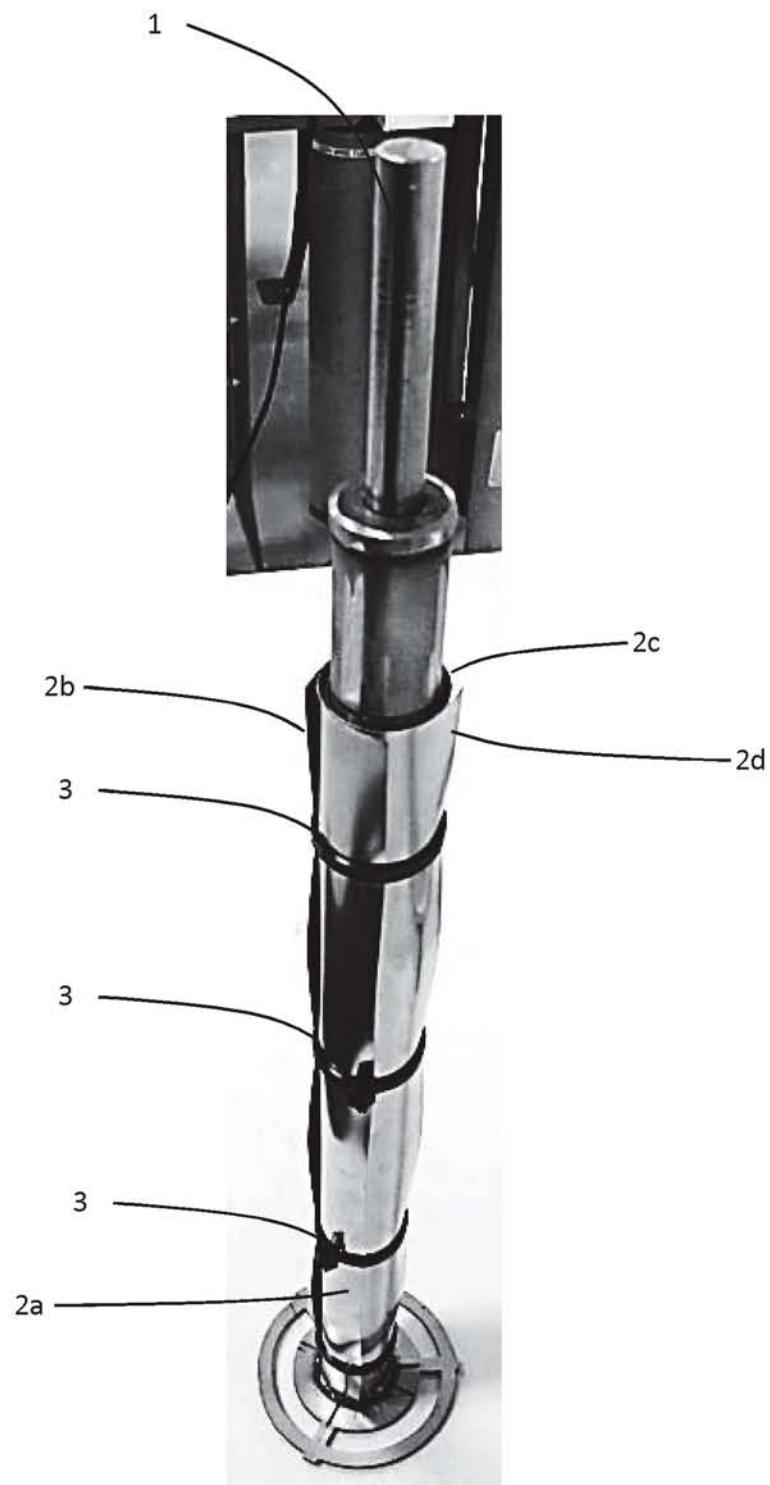


Figura 2

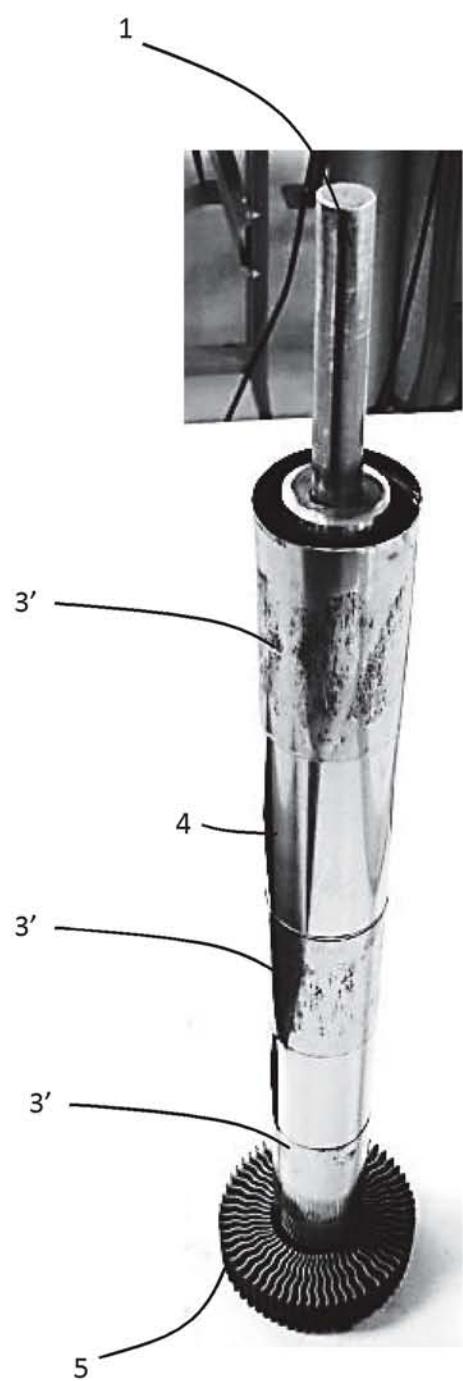


Figura 3

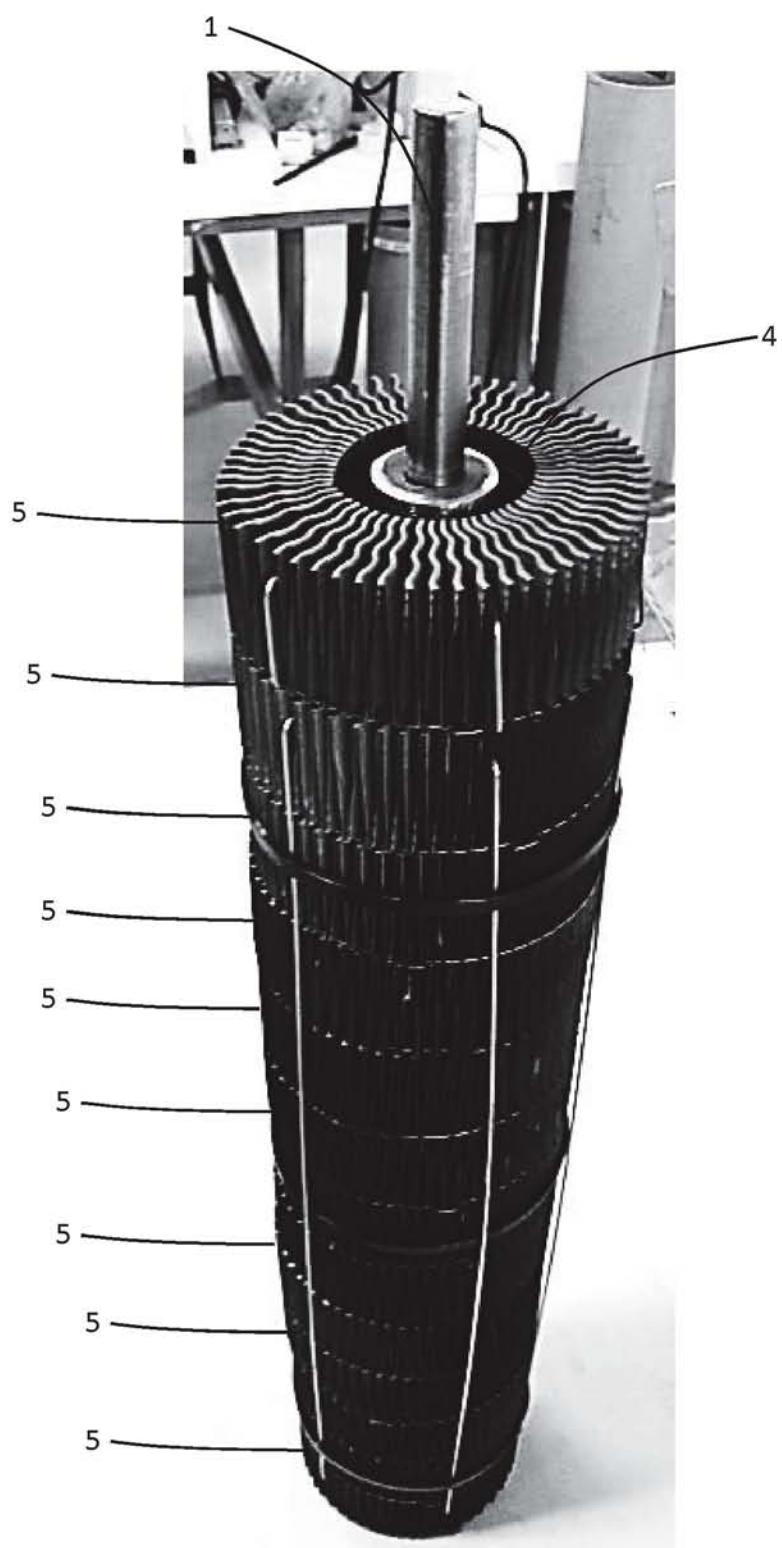


Figura 4

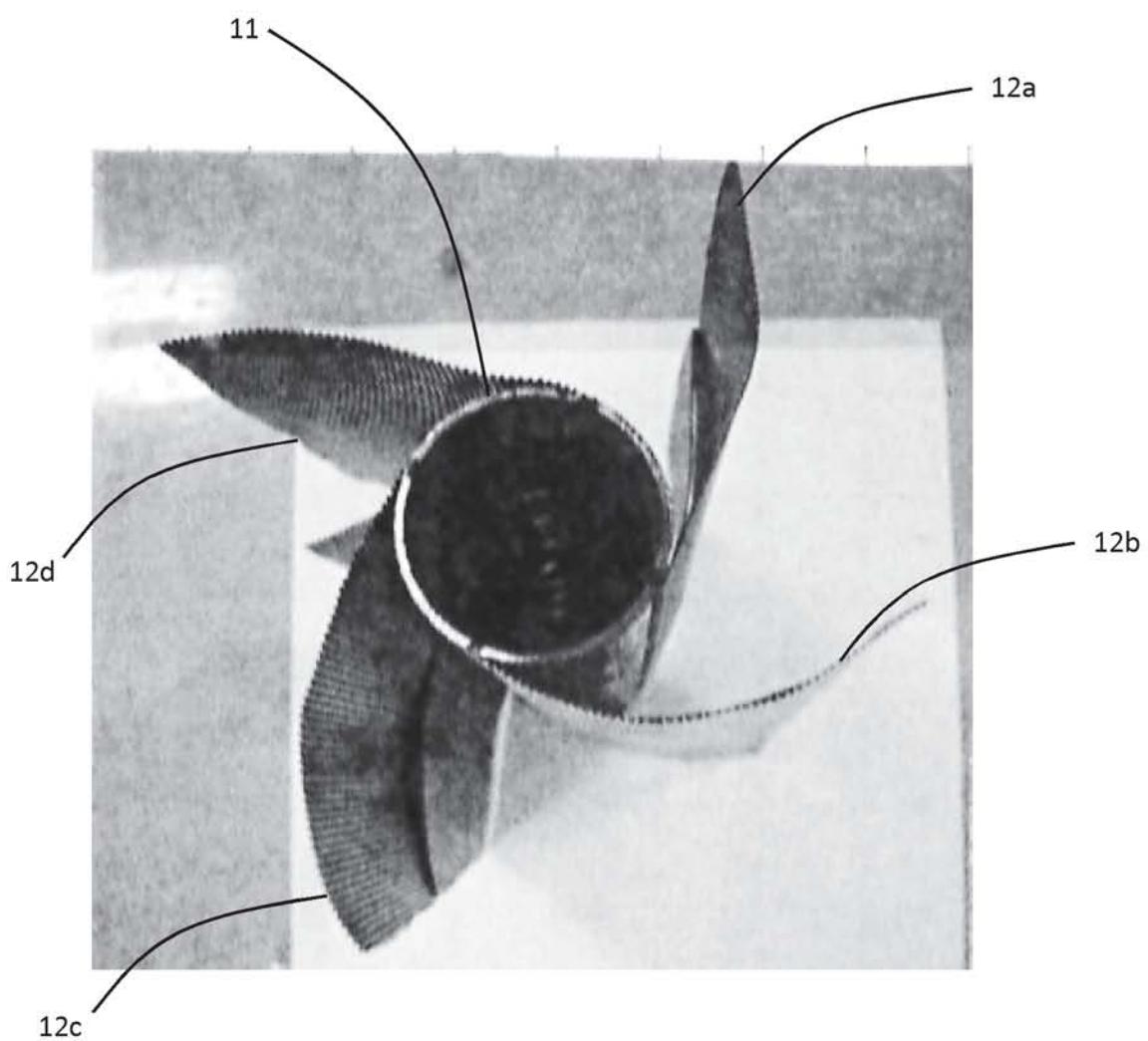


Figura 5

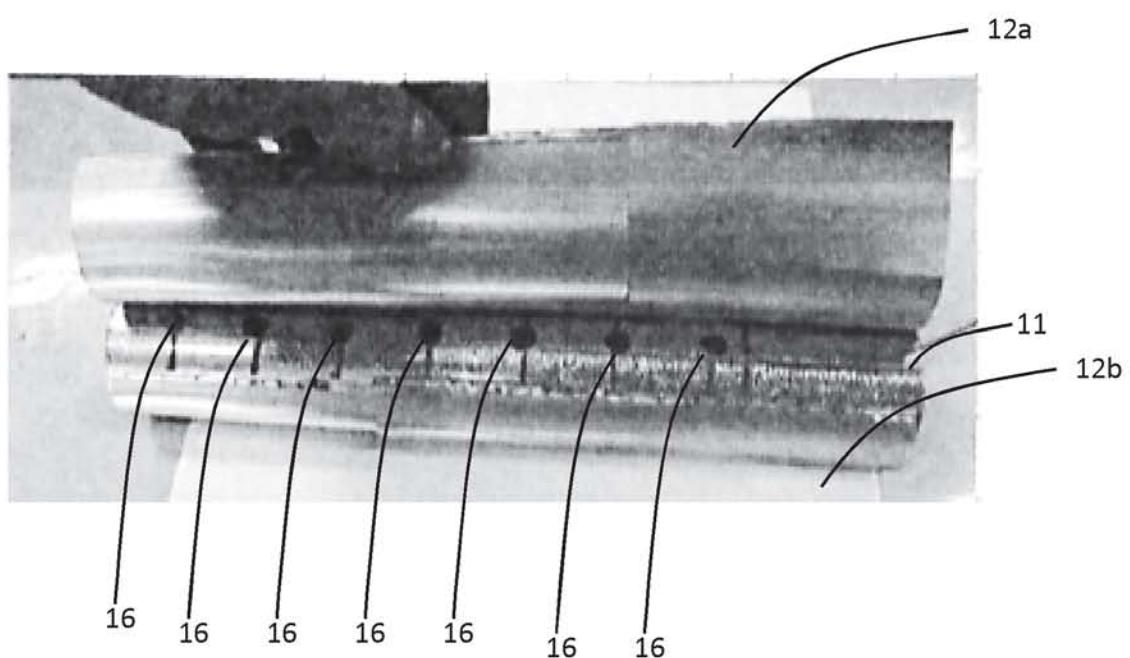


Figura 6

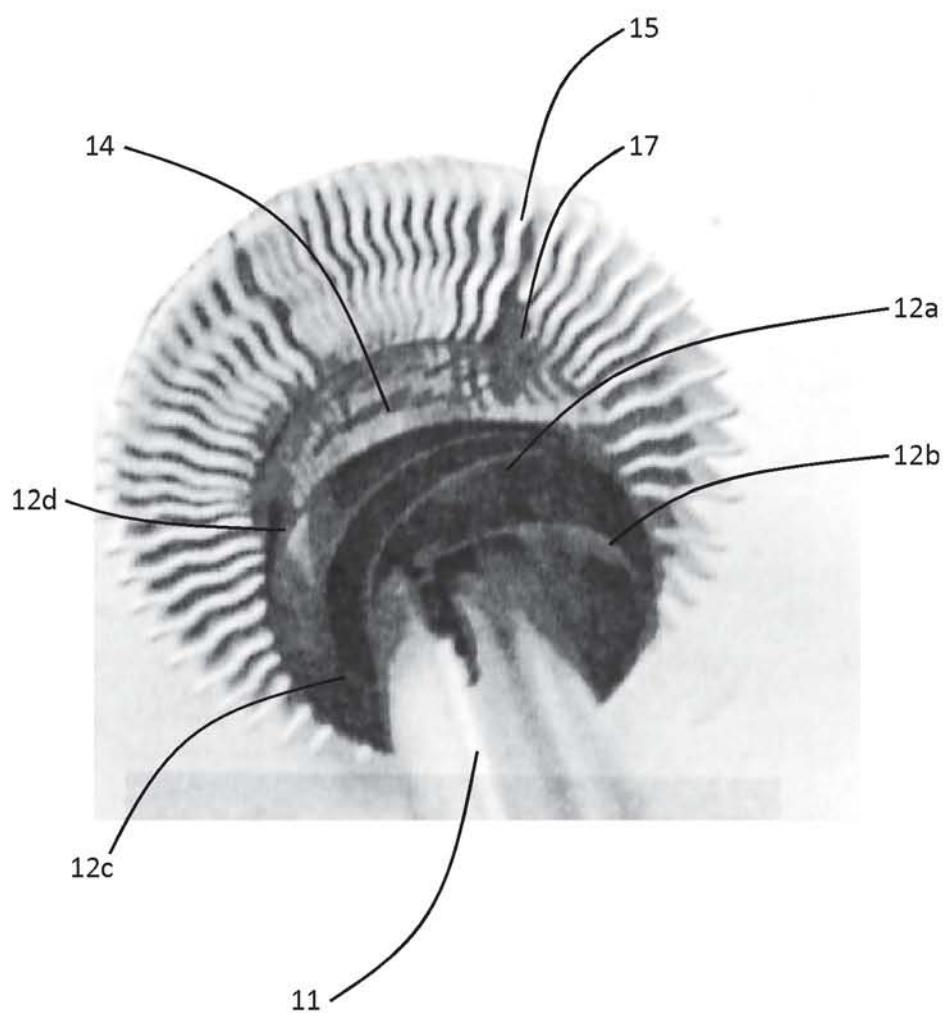


Figura 7

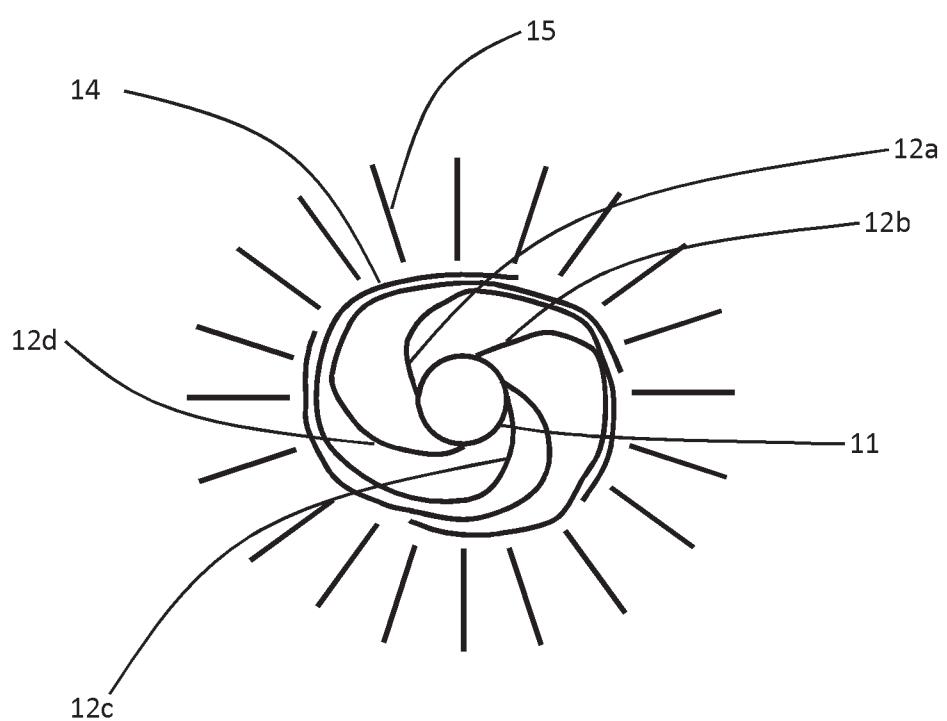


Figura 8

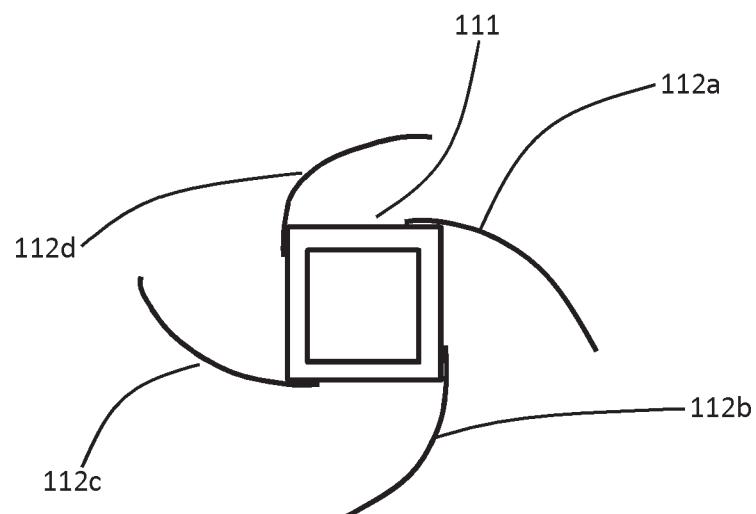


Figura 9

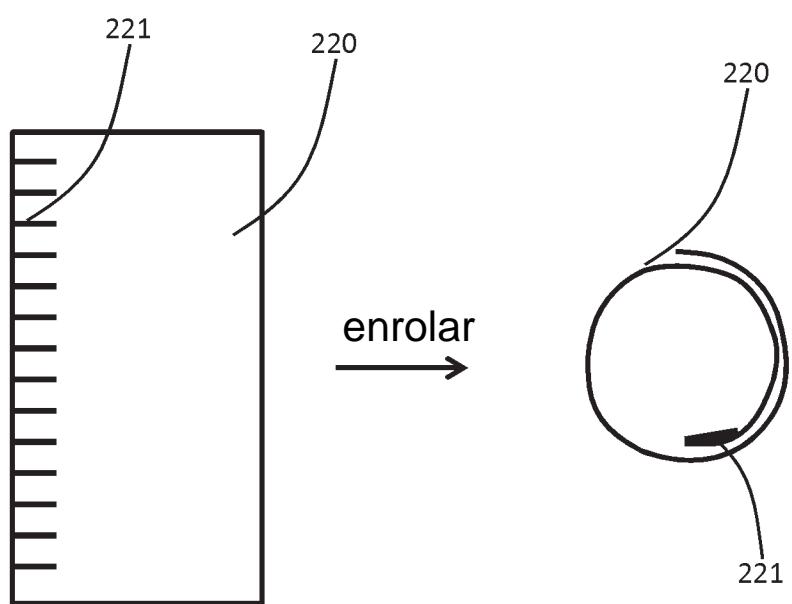


Figura 10