



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

(11) PI 0915931-2 B1



(22) Data do Depósito: 24/07/2009

(45) Data de Concessão: 31/03/2020

(54) Título: PACOTES DE AGENTES DE FILTRAÇÃO PREGUEADOS

(51) Int.Cl.: B01D 46/52; B01D 25/26.

(30) Prioridade Unionista: 25/07/2008 US 61/083,785.

(73) Titular(es): DONALDSON COMPANY, INC..

(72) Inventor(es): GARY J. ROCKLITZ.

(86) Pedido PCT: PCT US2009051670 de 24/07/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/011910 de 28/01/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/01/2011

(57) Resumo: PACOTES DE AGENTES DE FILTRAÇÃO PREGUEADOS São providos agentes de filtração pregueados, pacotes de agentes, elementos de filtro, e métodos para filtrar fluido, os quais contêm caneladuras tridimensionais nas superfícies dos agentes, as caneladuras estando configuradas para melhorar o desempenho defiltragem. Em certas modalidades, as caneladuras definiram cumes que reduzem a camuflagem entre pregas adjacentes, as caneladuras têm arestas ao longo do seu comprimento para modificar a geometria transversal, e/ou que as caneladuras provêem uma assimetria de volume ao longo dos agentes.

"PACOTES DE AGENTES DE FILTRAÇÃO PREGUEADOS"

O presente pedido está sendo depositado como pedido de PCT em 24 de Julho de 2009, em nome de Donaldson Company, Inc., uma sociedade nacional dos EUA, requerente para a designação de todos os países, exceto os EUA, e Gary J. Rocklitz, um cidadão dos EUA, requerentes para a designação dos EUA apenas, e reivindicando prioridade do Pedido de Patente nos EUA nº 61/083,785, depositado em 25 de Julho, 2008; cujo conteúdo é aqui incorporado a título de referência.

Campo da invenção

A presente invenção se refere a agentes de filtração pregueados, pacotes de agentes de filtração pregueados, elementos de filtração para a filtração de fluidos.

Antecedentes

As correntes de fluido, tais como de ar e líquido, carregam material contaminante. Em muitos casos, é desejável filtrar algum ou todo o material contaminante a partir da corrente de fluido. Por exemplo, as correntes de ar para motores de sistemas de turbina de gás, correntes de ar e gás para equipamento gerador de potência, correntes de ar e gás para sistemas de turbina a gás, correntes de ar e gás para várias fornalhas de combustão e correntes de ar e gás para permutadores de calor (por exemplo, aquecimento e ar condicionado) transportam contaminantes particulares que deveriam ser freqüentemente filtrados. As correntes de líquido em sistemas de lubrificação de motores, sistemas hidráulicos, sistemas de refrigeração e sistemas de combustíveis também podem transportar contaminantes que deveriam ser filtrados. É preferível em tais sistemas que o material contaminante selecionado seja removido do fluido (ou tenha o seu nível reduzido no fluido). Uma variedade de filtros de fluido (filtros para gás ou líquido) tem sido desenvolvida para a redução de contaminantes. De um modo geral, no entanto, se procura por melhoramentos continuados.

Sumário

Os agentes de filtração pregueados têm sido usados há muitos anos e são largamente adotados para aplicações de filtração de fluido, incluindo a filtração de gás e líquido. Os agentes de filtração pregueados fornecem uma área de superfície de agente relativamente grande, em um dado volume, através do dobramento do agente para trás e para a frente, de modo a que uma grande quantidade de agente possa ser disposta em um volume relativamente reduzido.

O agente pregueado pode ser montado com várias formas e configurações, incluindo filtros em painel e filtros cilíndricos. Em filtros de painel, o agente pregueado tipicamente se projeta em uma configuração planar ou em painel, tendo uma primeira face do agente pregueado formada a partir de um primeiro conjunto de dobras pregueadas (também designadas de pontas) e uma segunda face do agente pregueado formada a partir de um segun-

do conjunto de dobras pregueadas (também designadas de pontas). A primeira e a segunda faces formadas pelas dobras pregueadas são, de modo geral, paralelas. O fluido flui para o filtro de painel através de uma face e para fora do painel através da outra face.

Em filtros cilíndricos, o agente pregueado é geralmente formado em um tubo, com 5 uma primeira face do agente pregueado (formada por um primeiro conjunto de dobras pregueadas) criando uma face interna, e a segunda face do agente pregueado (formada por um segundo conjunto de dobras pregueadas) formando uma face externa. No caso de um filtro cilíndrico para filtração de ar, o ar flui tipicamente para o elemento de filtração a partir da face externa para a face interna (ou vice-versa, no que é normalmente referido como filtros 10 de fluxo inverso).

Os pacotes de agentes pregueados são freqüentemente formados a partir de malhas em rolo contínuo de agente de filtração, com as pregas formadas de modo transversal à direção da máquina do agente. A direção da máquina do agente geralmente se refere à direção contínua do agente. As dobras pregueadas, portanto, são geralmente transversais à 15 máquina ou estão na direção contínua do agente, de modo a criar uma rede tridimensional. De modo geral, um primeiro conjunto de dobras pregueadas forma uma primeira face do agente e um segundo conjunto de dobras pregueadas forma uma segunda face do agente.

Um dos desafios na concepção de elementos de filtro contendo agentes pregueados assenta no fato de, à medida que o número de pregas dentro de um dado volume aumenta, pode ocorrer um indesejado nível de restrição no fluxo de fluido com agentes pregueados anteriores. Esta restrição ocorre quando as pregas se aproximam demasiado umas das outras e interferem entre si durante a filtração. Por exemplo, com construções de agentes pregueados anteriores, as dobras podem se aproximar tanto que se torna difícil para um fluido entrar na área entre as dobras. Devido a esta restrição, o agente é modificado em alguns filtros pregueados do estado da técnica para criar uma superfície não homogênea com 20 áreas elevadas com arcos repetidos superficiais ao longo da superfície do agente. Às vezes, o agente é embutido de modo a criar esses arcos repetidos. Os arcos repetidos superficiais 25 podem ser formados fazendo o agente correr por beliscadura de rolamentos de corrugação. Uma vez que as pregas com essa superfície não homogênea são comprimidas umas nas 30 outras, as áreas elevadas no agente ajudam a manter o fluxo de fluido entre as superfícies das pregas através da formação de canais que ajudam o fluxo de fluido.

A presente invenção se direciona, em parte a agentes de filtração pregueados e pacotes de agentes de filtração pregueados que contêm caneladuras que se projetam entre as dobras pregueadas (são mostradas caneladuras exemplificativas em secção transversal, 35 por exemplo, nas Figuras 5A e 5B, descritas abaixo). As caneladuras são estruturas tridimensionais formadas no agente de filtração que fornece trajetos para o fluxo vantajosos ao longo das superfícies pregueadas, permitindo um vantajoso fluxo de fluidos ao longo dos

agentes, e fornecendo uma remoção de contaminantes eficiente. Desse modo, o agente pregueado contendo caneladuras é estruturado de modo a fornecer um desempenho de filtração melhorado sob certas condições.

Vantagens de agentes pregueados contendo caneladuras incluem, por exemplo, a 5 capacidade de reduzir o contato entre superfícies de agentes ao mesmo tempo preservando a integridade e desempenho dos agentes; a capacidade de criar pacotes de agentes com áreas abertas diferentes ou volumes nas porções a jusante ou a montante (assim afetando o desempenho de algumas disposições de agentes), a capacidade de elevadas contagens de pregas, ao mesmo tempo preservando o desempenho de filtração e/ou a capacidade de 10 conceber elementos de filtração eficientes e relativamente compactos.

Mais especificamente, em certas modalidades, os agentes com caneladuras de acordo com os ensinamentos da presente invenção, podem diminuir significativamente a dissimulação entre camadas de agentes pregueados, ao mesmo tempo também que promovem o fluxo eficiente de fluidos ao longo dos agentes. As caneladuras formadas nos agentes 15 tipicamente têm cumes onde cada caneladura pode efetuar contato com superfícies pregueadas opostas, que geralmente também têm caneladuras com cumes. Os cumes das caneladuras irão contatar uns com os outros em algumas modalidades ao longo de parte ou todo o comprimento da caneladura, mas em outras implementações, os cumes das caneladuras não irá entrar em contato com outras caneladuras ou cumes de caneladuras.

20 Os cumes de caneladuras são tipicamente caracterizados por um raio agudo ou ponta definida que reduz a dissimulação entre pregas. Tal como aqui usada, a dissimulação se refere à área de proximidade entre as películas de agente onde existe uma falha de diferencial de pressão substancial ao longo do agente. De um modo geral, a dissimulação no local do agente onde existe uma proximidade ou contato com outra película de agente ou 25 superfície de ligação de fluxo. Esta proximidade pode resultar em uma resistência ao fluxo no agente nessa localização. Como resultado disso, o agente dissimulado não é útil para o desempenho de filtração do agente de filtração.

De modo correspondente, é desejável reduzir a dissimulação de modo a aumentar 30 a quantidade de agente de filtração disponível para filtração. A redução da dissimulação reduz aumenta a capacidade no armazenamento de pó do pacote de agentes pregueado de filtração, aumenta o rendimento do agente de filtração durante uma determinada queda de pressão, e/ou diminui a queda de pressão do pacote pregueado de agente de filtração durante uma determinada taxa de fluxo de fluido. As caneladuras no agente pregueado de acordo com os ensinamentos da presente invenção permitem uma redução na dissimulação 35 do agente. Essa redução na dissimulação ocorre em grande parte como resultado da criação de cumes de caneladuras e alteração da sua forma e localização, tal como aqui descrito. Por exemplo, em algumas modalidades da invenção, os cumes das caneladuras têm

pontas que se projetam para além do perfil geral da caneladura adjacente.

Aspectos estruturais específicos adicionais das caneladuras incluem, em algumas modalidades, arestas que decorrem ao longo de todos ou parte dos comprimentos das caneladuras. Conforme aqui usado, o termo aresta é geralmente definido como curvatura,

5 bra ou deformação no agente ao longo de parte o todo o comprimento de uma caneladura.

Mais especificamente, uma aresta pode ser uma região de transição entre porções de agente significativamente inclinadas de modo diferente, dentro do perfil de uma secção de agente canelado. A transição é tipicamente um pouco abrupta. Em condições normais de uso, as arestas não contatam com arestas de outras pregas adjacentes. Em condições normais de

10 uso, as arestas ocorrem em cumes mas as arestas não são cumes. As arestas promovem a eficácia do fluxo de fluido e filtração através dos pacotes de agente ao permitir a personalização e optimização da área transversal das caneladuras, aumenta a quantidades de agentes dentro de um volume específico e auxiliando na redução de dissimulação entre caneladuras em superfícies de agentes opostas. A utilização de arestas nos agentes pregueados

15 pode resultar, de fato, em quantidades aumentadas de agentes eficazes ou utilizáveis ao mesmo tempo proporcionando uma dissimulação reduzida.

Em certas modalidades, os pacotes pregueados de agente de filtração são construídos com caneladuras que possuem diferentes formas de canais e diferentes volumes abertos nos lados a montante e a jusante das pregas nos pacotes pregueados de agente de filtração, uma propriedade que é aqui referida como assimetria volumétrica de pacote pregueado. Essa assimetria volumétrica de pacote pregueado pode, em algumas modalidades, promover o armazenamento de material contaminante, fluxo e filtração. A assimetria volumétrica de pacote pregueado pode ser particularmente útil no melhoramento do desempenho em configurações de filtração que tenham pacotes pregueados pouco profundos.

25 Implementações específicas da invenção serão agora descritas em maior detalhe. Em algumas modalidades, os pacotes de agente de filtração pregueado, realizados de acordo com a invenção, incluem um primeiro conjunto de pregas que forma uma primeira face e um segundo conjunto de pregas que forma uma segunda face. O agente de filtração pregueado se projeta entre a primeira face e a segunda face em uma disposição de trás para a frente. Pelo menos uma porção do agente de filtração que se projeta entre a primeira face e a segunda face compreende caneladuras que se projetam, pelo menos em parte, desde a primeira face para a segunda face. Essas caneladuras têm tipicamente cumes de caneladuras definidos, que se projetam ao longo de parte ou todo o comprimento das caneladuras. Normalmente, os cumes das caneladuras são relativamente afiados, uma característica que 30 permite a redução da dissimulação.

35 Apesar de os cumes serem afiados, em muitas implementações ainda contêm uma superfície externa com curva apertada, por vezes se aproximando de um arco ou curvatura

com um raio. Ao fornecer cumes relativamente afiados, a área de contato e/ou de proximidade entre superfícies de agentes pode ser reduzida, o que resulta em uma redução na dissimulação. Durante a filtração, o meio de filtração irá tipicamente se deflectir sob pressão, e os cumes relativamente afiados poderão continuar a reduzir o contato entre as superfícies de agente, assim fornecendo uma vantagem contínua em relação à dissimulação.

Tal como notado acima, em algumas modalidades, muitas das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, que se projeta ao longo de pelo menos uma porção do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. As arestas das caneladuras, realizadas de acordo com a invenção, podem ser contínuas ou descontínuas ao longo da(s) caneladura(s). Por exemplo, em algumas implementações da invenção, as arestas estarão presentes ao longo de todo o comprimento de todas as caneladuras. Freqüentemente, pode ser desejável ter duas ou mais arestas a decorrer ao longo do comprimento de cada caneladura, com uma ou mais arestas em cada lado de um cume de caneladura.

No entanto, também é possível ter caneladuras adequadas com significativamente menos arestas ou arestas menos extensíveis. Por exemplo, em algumas implementações, pelo menos 25% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, as arestas se projetando ao longo de pelo menos 25% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. Em alternativa, em algumas implementações, pelo menos 25% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, a aresta se projetando ao longo de pelo menos 50% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. Será compreendido que, em algumas implementações, pelo menos 50% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, a aresta se projetando ao longo de pelo menos 50% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas.

Configurações alternativas são também contempladas e abrangidas pelo escopo da presente invenção. Por exemplo, em algumas implementações, pelo menos 25% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende arestas entre cumes de caneladuras adjacentes, se projetando ao longo de pelo menos 10% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. Em algumas implementações, pelo menos 50% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta localizada entre cumes de caneladuras adjacentes e se projetando ao longo de pelo menos 10% do comprimento das caneladuras

entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. Será compreendido que, em algumas implementações, pelo menos 10% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados contém pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, se projetando ao longo de pelo menos 10% do comprimento das caneladuras entre

5 o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas.

Em alternativa, em algumas implementações, pelo menos 25% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, as arestas se projetando ao longo de menos de 25% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. Em algumas implementações, pelo menos 25% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, as arestas se projetando ao longo de menos de 50% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas. Será compreendido que, em algumas implementações, menos de 50% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, as arestas se projetando ao longo de menos de 50% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas.

Uma vantagem da presente invenção assenta no fato de as geometrias das caneladuras, tipicamente incluindo a altura das caneladuras, a largura das caneladuras, cumes afiados das caneladuras e opcionalmente uma ou mais arestas ao longo das caneladuras, permitirem maiores quantidades globais de área de superfície de agente a ser incluídas nos pacotes pregueados de agente de filtração, e área de superfície global dissimulada reduzida dentro dos pacotes pregueados. Isso provê a capacidade de aumentar o desempenho do filtro sem aumentar o tamanho do elemento de filtração. As configurações das caneladuras da presente invenção permitem aumentos nos agentes, ao mesmo tempo que realmente reduz a dissimulação, uma combinação que produz excelentes resultados de desempenho.

Em termos de geometria das caneladuras, em algumas modalidades, pelo menos uma porção das caneladuras que se projeta do primeiro conjunto de pregas para o segundo conjunto de pregas compreende um valor D2/D1 que é superior a 1,0, freqüentemente de pelo menos 1,05, e freqüentemente pelo menos 1,1, em que D2 (tal como mostrado, por exemplo, na Figura 5a) é o comprimento de superfície do agente que corresponde a uma largura de caneladura, e D1 é a largura da caneladura (tal como mostrado na Figura 5a). Em algumas implementações, D2/D1 é pelo menos de 1,15, e em outras implementações é pelo menos 1,20. Um valor de D2/D1 superior indica aumentos na quantidade de agentes fornecidos ao longo de uma dada largura de caneladuras. Em algumas implementações, D2/D1 é superior a 1,30, 1,40, ou 1,50. Faixas típicas para D2/D1 incluem, por exemplo, de 1,05 a

2,0; de 1,10 a 1,75; e de 1,20 a 1,50.

As caneladuras formadas nos agentes tipicamente têm uma largura (D_1 , tal como mostrado para o exemplo da Figura 5a) superior à sua altura (J , tal como mostrado para o exemplo na Figura 5a). Essa relação de largura e altura pode ser caracterizada como (D_1/J).

5 Na maioria das implementações, a relação de largura e altura é de pelo menos cerca de 2,0, geralmente pelo menos 2,1, mais tipicamente pelo menos 2,2, freqüentemente pelo menos 2,3, e opcionalmente pelo menos 3,0. Em algumas implementações, a relação de largura e altura é superior a 2,4. Geralmente, relações adequadas D_1/J serão inferiores a 10, mais tipicamente inferiores a 8, e freqüentemente inferiores a 6. Relações adequadas D_1/J serão superiores a 1, mais freqüentemente superiores a 1,5, e normalmente superiores a 2. Outras 10 relações adequadas D_1/J incluem, em implementações exemplificativas, mais de 4, mais de 6, ou mais de 8. Assim, faixas adequadas incluem, mas não se limitam a, relações D_1/J de 2 a 10, 4 a 8, e 5 a 7. No entanto, em algumas implementações, as caneladuras com relações extremamente baixas de D_1/J podem ser usadas (apesar de tais caneladuras serem geralmente mais difíceis de fabricar). Por exemplo, as relações D_1/J inferiores a 1,0, inferiores a 15 0,75, e inferiores a 0,50 são possíveis (ver, por exemplo, a Figura 4c). Em algumas implementações, as caneladuras contendo valores muito elevados ou muito baixos de D_1/J têm melhor desempenho do que as caneladuras contendo valores próximos de D_1/J de 1,15 a 2,0. Faixas adequadas de tais relações para D_1/J incluem 2 a 8 e 0,075 a 0,500.

20 A estrutura tridimensional das caneladuras define volumes abertos a montante e a jusante dos agentes ou fluxo de fluido, bem como espaço para contaminantes (tal como o pó) a acumular. Em algumas modalidades, o agente de filtração exibe uma assimetria de volume de agente de modo a que um volume aberto de um lado do agente seja maior que um volume aberto do outro lado do agente. Esses volumes podem se projetar a partir de 25 uma face a montante para uma face a jusante do pacote pregueado.

A assimetria de volume de agente, conforme aqui usada, geralmente mede a relação de volume de agente do volume de agente maior ligado pelos cumes de caneladuras ao volume de agente menor (ver Figura 9, divulgada abaixo). Em algumas mas não em todas as implementações, o volume de agente maior corresponde ao volume aberto a montante, e 30 o volume de agente menor corresponde ao volume de agente aberto a jusante (durante a utilização, o volume aberto pode acumular contaminantes, tais como pó). Em algumas implementações, o agente irá demonstrar uma assimetria de volume de agente superior a 1%, superior a 3%, mais de 5%, ou mais de 10%. Construções exemplificativas de agente demonstram uma assimetria de volume de agente superior a 15%, superior a 20%, superior a 35 50%, superior a 75%, superior a 100%, superior a 150%, e superior a 200%. Faixas de assimetria de volume de agente adequadas incluem, por exemplo, 1% a 300%, 5% a 200%; 50% a 200%; 100% a 200%; e 100% a 150%.

Adicionalmente à assimetria de volume de agente, o agente pode também demonstrar uma assimetria de área transversal que é calculada com base em uma secção transversal do agente. Será entendido que a assimetria de área transversal irá freqüentemente conduzir a diferenças de assimetria de volume de agente, mas isso não é sempre o caso porque as áreas transversais podem variar ao longo do comprimento das pregas de modo a ter um efeito cumulativo de modo que o volume em cada lado do agente é igual.

As diferenças na área seccional são controladas pela geometria da configuração da caneladura. Freqüentemente, a existência, número e forma de arestas ao longo das caneladuras tem um impacto significativo e por vezes determinante da quantidade da assimetria de área transversal. A geometria de caneladura que resulta em diferenças na área transversal pode ter um impacto significativo de propriedades de fluxo ao longo das caneladuras. As alterações na área transversal relativa de caneladuras tipicamente resultam em alterações na área transversal da porção a montante e a jusante do pacote de agentes nessa área. A presente invenção permite a personalização da assimetria de volume de agente e assimetria de área transversal para melhorar o desempenho do filtro.

Em algumas modalidades, o agente terá uma assimetria de área transversal de modo a que um lado do agente tenha uma área transversal de pelo menos 1 porcento mais que o lado oposto da mesma peça de agente. Freqüentemente, a diferença de área transversal ao longo do agente será superior a 3%, superior a 5%, ou superior a 10%. Construções exemplificativas de agente demonstram uma assimetria de área transversal de agente superior a 15%, superior a 20%, superior a 50%, superior a 75%, superior a 100%, superior a 150%, e superior a 200%. Faixas de assimetria de área transversal de agente adequadas incluem, por exemplo, 1% a 300%, 5% a 200%; 50% a 200%; 100% a 200%; e 100% a 150%.

Outro aspecto de algumas implementações da invenção inclui o comprimento de corda (CL) de agente para determinar a porcentagem de corda de agente. O comprimento de corda se refere à distância recta desde o ponto central de um cume ao ponto central de um cume adjacente (ver, por exemplo, cumes adjacentes 101, 102 da Figura 5a). De modo a minimizar o efeito da espessura do agente, a medição do comprimento de corda é determinada a partir de um ponto central dentro do agente. A porcentagem de corda de agente pode ser determinada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Porcentagem de corda de agente} = \frac{((\frac{1}{2} D2) - CL)}{CL} \times 100$$

Ao fornecer uma única aresta ou aresta múltiplas entre cumes adjacentes do agente canelado, a distância D2 pode ser aumentada em relação a agentes do estado da técnica, resultando em uma porcentagem de corda de agente aumentada. Como resultado da presença de uma aresta ou pluralidade de arestas, é possível fornecer um agente de filtração

tendo mais agentes disponíveis para filtração, quando comparado com, por exemplo, agentes pregueados sem arestas. Isso é particularmente valioso, quando combinado com cumes de caneladuras afiados para reduzir a dissimulação.

A medição da porcentagem de corda de agente pode ser usada para caracterizar a 5 quantidade de agentes fornecidos entre cumes adjacentes. Em modalidades exemplificativas, a porcentagem de corda de agente é superior a 1%, em alternativa, superior a 2%, 3%, 4%, ou 5%. Em algumas implementações, a porcentagem de corda de agente é superior a 7,5 porcento ou superior a 10 porcento. Faixas adequadas de porcentagem de corda de agente incluem, por exemplo, 0,1% a 15%, 0,5% a 10% e 1% a 5%. A porcentagem de corda 10 de agente não será sempre a mesma ao longo de todo o comprimento de uma caneladura, e por isso, em algumas implementações da invenção, pelo menos 25% das caneladuras exibe uma porcentagem de corda de agente de pelo menos 1% ao longo de 50% do comprimento da caneladura. Em implementações alternativas, pelo menos 25% das caneladuras exibe 15 uma porcentagem de corda de agente de pelo menos 2%, 3%, 4% ou 5% ao longo de 50% do comprimento da caneladura.

Tal como notado em cima, os cumes de caneladuras são tipicamente caracterizados por um raio agudo ou ponta definida que reduz a dissimulação entre pregas. Essa ponta definida pode se projetar a partir do perfil geral da caneladura para criar uma projeção no cume da caneladura que reduz significativamente a dissimulação de agentes adjacentes.

Enquanto será entendido que um dado cume de caneladura terá alguma variação na sua forma, e não formará necessariamente um arco perfeito, é ainda possível em algumas implementações identificar e medir uma distância que corresponde essencialmente a um raio 20 no cume da caneladura. Esse raio é medido no interior da caneladura e é calculado como o raio interno efetivo. Esse raio interno efetivo pode ser medido de acordo com a revelação fornecida em baixo, e será geralmente inferior a 4 milímetros, mais freqüentemente inferior a 25 2 milímetros, freqüentemente inferior a 1 milímetro, e opcionalmente inferior a 0,5 mm. Os raios maiores podem também ser usados em algumas implementações, especialmente para caneladuras grandes. Será ainda compreendido que as caneladuras que não têm um raio distinto ou mensurável ainda estarão abrangidas pelo escopo da revelação, quando contêm 30 outras características descritas nesse documento, tais como a existência de arestas, volumes assimétricos de agente, etc.

O pacote de agentes de filtração pregueados pode ser usado para filtrar um fluido que pode ser uma substância gasosa ou líquida. Uma substância gasosa exemplificativa que pode ser filtrada usando o agente de filtração é o ar, e uma substância líquida exemplificativa que pode ser filtrada usando o agente de filtração inclui a água, óleo, combustível e fluido hidráulico. O pacote de agentes de filtração pode ser usado para separar ou remover 35 pelo menos uma porção de um componente a partir de um fluido a ser filtrado. O compo-

te pode ser um contaminante ou outro material destinado a ser removido ou separado. Contaminantes exemplificativos e materiais destinados a ser removidos incluem os caracterizados como sólidos, líquidos, gasosos ou combinações dos mesmos. Os contaminantes ou materiais destinados a ser removidos podem incluir particulados, não particulados ou misturas dos mesmos. Os materiais destinados a ser removidos podem incluir espécies térmicas que podem ser capturadas pelo agente. A referência à remoção de componentes e contaminantes deve ser entendida como se referindo à remoção ou separação completa ou remoção e separação parcial.

Os elementos de filtração são também fornecidos, de acordo com a invenção, em que os elementos de filtração incorporam agentes com caneladuras. Os elementos de filtração fornecidos podem incluir um pacote de agentes de filtração pregueado e um selante disposto em relação ao pacote de agentes de filtração para que o fluido a ser filtrado passe através do pacote de agentes de filtração como resultado da entrada através de uma face do pacote de agentes e saída através da outra face do pacote de agentes. O selante pode ser fixo diretamente ao pacote de agentes de filtração pregueado ou indiretamente através de um suporte selante, e pode ser fornecido para encaixar uma estrutura de acondicionamento para fornecer um selante entre a estrutura de acondicionamento e o elemento de filtração. O selante pode ser fornecido na forma de um selante axial, um selante radial ou uma combinação de selante axial e radial. Selantes ondeados, selantes trilhados e muitas outras formas de selantes são também possíveis.

É também proporcionado um método de filtração de um fluido de acordo com a invenção. O método inclui uma etapa de passagem de um fluido através de um pacote de agentes de filtração pregueados fornecido como parte de um elemento de filtração, como resultado do fluido que entra na primeira face ou segunda face do pacote de agentes de filtração pregueados e que sai da outra primeira face ou segunda face do pacote de agentes de filtração pregueados. O fluxo de fluido através do pacote de agentes de filtração pregueados pode ser caracterizado como fluxo de passagem direta.

O sumário em cima da presente invenção não pretende descrever cada modalidade revelada da presente invenção. Esse é o propósito da descrição detalhada e reivindicações que seguem.

Breve Descrição dos desenhos

A invenção poderá ser compreendida de modo mais completo em consideração da seguinte descrição detalhada de várias modalidades da invenção em conexão com os desenhos em anexo, nos quais:

Figura 1 é uma vista em perspectiva de um pacote de agentes de filtração pregueados do estado da técnica.

Figura 2 é uma vista em perspectiva seccionada parcial de uma porção do pacote

de agentes de filtração pregueados do estado da técnica da Figura 1.

Figura 3 é uma vista esquemática aumentada transversal de uma porção do pacote de agentes de filtração do estado da técnica da Figura 1.

A Fig. 4a-c são vistas esquemáticas aumentadas transversais de agentes de filtração 5 de acordo com os princípios da invenção.

A Fig. 5a-d são vistas esquemáticas aumentadas transversais de agentes de filtração de acordo com os princípios da invenção.

Figura 6 é uma vista em perspectiva final de um pacote de agentes de filtração pregueados de acordo com os princípios da invenção.

10 Figura 7 é uma vista em perspectiva oposta de uma porção do pacote de agentes de filtração da Figura 6.

Figura 8 é uma vista em planta seccionada superior do pacote de agentes de filtração da Figura 7.

15 Figura 9 é uma vista esquemáticas aumentada transversal de agentes de filtração de acordo com os princípios da invenção.

Figura 10a é uma vista esquemática aumentada transversal de uma porção de um pacote de agentes de filtração contendo agentes de filtração de acordo com a Figura 9.

Figura 10b é uma vista esquemática aumentada transversal de uma porção de um pacote de agentes de filtração contendo agentes de filtração de acordo com a Figura 9.

20 Figura 11a é uma vista esquemática aumentada transversal de uma porção de um pacote de agentes de filtração de acordo com os princípios da invenção.

Figura 11b é uma imagem escaneada aumentada transversal de uma porção de um pacote de agentes de filtração fabricado de acordo com os princípios da invenção.

25 Figura 12 é uma vista em perspectiva de uma primeira face de um pacote de agentes de filtração pregueados em painel de acordo com os princípios da invenção.

Figura 13 é uma vista em perspectiva de uma segunda face do pacote de agentes de filtração pregueados em painel da Figura 12.

Figura 14 é uma vista em perspectiva de uma porção do pacote de agentes de filtração da Figura 12, mostrando o fluxo de fluido através do pacote de agentes de filtração.

30 Figura 15A é uma vista em perspectiva de uma primeira face do pacote de agentes de filtração pregueados em painel de acordo com os princípios da invenção.

Figura 15B é uma vista em perspectiva de uma segunda face do pacote de agentes de filtração pregueados em painel da Figura 15A.

35 Figura 16a é uma imagem escaneada aumentada transversal de uma caneladura de acordo com os princípios da invenção, mostrando um método para medir o raio interno efetivo de uma caneladura.

Figura 16b é uma imagem escaneada aumentada transversal de uma porção de um

pacote de agentes de filtração de acordo com os princípios da invenção, mostrando um método para medir o raio interno efetivo de uma caneladura.

Figura 17 é uma vista em perspectiva de uma porção de um pacote de agentes de filtração cilíndrico de acordo com os princípios da invenção.

5 Figura 18 é uma vista em perspectiva de uma porção do pacote de agentes de filtração cilíndrico de acordo com a Figura 17, mostrando o fluxo de fluido através do pacote de agentes de filtração.

Figura 19 é uma vista esquemática em perspectiva de um tipo de elemento de filtração em painel.

10 Figura 20 é uma vista esquemática em perspectiva de um tipo de elemento de filtração em cilíndrico com uma porção destacada.

Figura 21 é uma vista lateral elevada do elemento de filtração da Figura 20, com uma porção destacada.

15 Figura 22 é uma vista esquemática lateral em elevação de um tipo de elemento de filtração cônico.

Figura 23 é uma vista esquemática em perspectiva de um tipo de elemento de filtração em painel cônico ou arqueado.

Figura 24 é uma vista seccionada do elemento de filtração da Figura 23, tomada ao longo das linhas 24-24.

20 Figuras 25-28 são gráficos mostrando os dados reportados nos exemplos.

Figura 29 é um gráfico mostrando o desempenho relativo de vários filtros em painel.

25 Eses desenhos devem ser considerados como representações genéricas da invenção, e será apreciado que não estão desenhados para incluir todas as modalidades da invenção nem tão pouco são sempre desenhados à escala. Também será compreendido que os agentes produzidos de acordo com a invenção exibirão genericamente variações.

Enquanto a invenção é susceptível de várias modificações e formas alternativas as especificidades da mesma foram mostradas a título de exemplo e com referência aos desenhos, e serão descritas a seguir. Será observado que, no entanto, a invenção não se limita às modalidades particulares descritas. Pelo contrário, a intenção assenta em abranger modificações, equivalentes e alternativas incluídas no escopo e espírito da invenção.

Descrição Detalhada

São fornecidos agentes de filtração pregueados, pacotes de agentes de filtração pregueados, elementos de filtração contendo agentes de filtração pregueados e métodos de filtração de fluido.

35 A expressão “pacotes de agentes de filtração pregueados” se refere a agentes construídos ou formados através do dobramento, pregueamento, ou outro modo de formação de agentes de filtração em uma rede tridimensional. Um pacote de agentes de filtração

- pregueados pode ser referido mais simplesmente como pacote de agentes. Os pacotes de agentes de filtração pregueados podem ser opcionalmente combinados com outras características encontradas em elementos de filtração incluindo um selante e um suporte de selante. De um modo geral, um pacote de agentes de filtração pregueados inclui agentes de filtração tendo um primeiro conjunto de pregas formando uma primeira face, um segundo conjunto de pregas formando uma segunda face e em que o agente de filtração se projeta entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas em uma disposição de trás para a frente. Será entendido que, em certas modalidades, a "face" aqui descrita pode ser substancialmente não homogênea ou irregular e pode ser planar ou não-planar.
- As pregas são geralmente formadas como resultado do dobramento ou pregueamento do agente de filtração. As pregas são tipicamente formadas de modo transversal à direção da máquina do agente mas isso não é obrigatório. As pregas podem ser formadas em um ângulo que é diferente de um ângulo transversal à direção da máquina. A direção da máquina do agente geralmente se refere à direção contínua do agente.
- Em modalidades exemplificativas, o pacote de agentes de filtração pregueados inclui uma primeira face, formada como resultado de um primeiro conjunto de pregas e uma segunda face formada como resultado de um segundo conjunto de pregas e caneladuras que se projetam direccionalmente a partir da primeira face para a segunda face (ou da segunda face para a primeira face). As caneladuras são estruturas tridimensionais formadas no agente de filtração que fornece trajetos para o fluxo vantajoso ao longo das superfícies pregueadas, permitindo um vantajoso fluxo de fluidos ao longo dos agentes, e fornecendo uma remoção de contaminantes eficiente. Desse modo, o agente pregueado contendo caneladuras é estruturado de modo a fornecer um desempenho de filtração melhorado sob certas condições.
- A primeira face é geralmente a entrada ou saída do agente de filtração pregueado e a segunda face é a outra entrada ou saída do agente de filtração. Por exemplo, o fluido não filtrado pode entrar no pacote de agentes de filtração pregueados através da primeira face, e o fluido filtrado pode sair do pacote de agentes de filtração pregueados através da segunda face, ou vice-versa.
- As caneladuras que se projetam direccionalmente desde a primeira face para a segunda face, ou direccionalmente da segunda face para a primeira face, do agente de filtração se referem geralmente a uma direção que não é paralela à primeira face ou segunda face. Em muitas implementações, as caneladuras que se projetam direccionalmente entre as faces do agente pregueado serão alinhadas de modo perpendicular à primeira ou segunda faces, ou quase de modo perpendicular à primeira ou segunda faces.

Pode ser vantajoso que as caneladuras se projetem em um ângulo não perpendicular em relação à primeira face de fluido ou segunda face de fluido, dependendo se o fluido

estiver fluindo na direção da primeira face ou segunda face em um ângulo que não seja perpendicular. Através do fornecimento de caneladuras em um ângulo não perpendicular em relação à primeira face ou segunda face do pacote de agentes de filtração pregueados, é possível aumentar o fluxo de fluido no pacote de agentes de filtração pregueados através do
5 ajuste do ângulo de caneladuras para melhor receberem o fluxo de fluido sem que o fluido tenha de fazer uma inversão antes de entrar no pacote de agentes de filtração pregueados. A primeira face e a segunda face do pacote de agentes pode estar paralela ou não paralela. O ângulo em que as caneladuras se projetam pode ser medido em relação à primeira face, segunda face ou ambas a primeira e segunda faces.

10 Desse modo, as caneladuras podem ser formadas de modo a se projetarem perpendicularmente em relação à primeira face ou segunda face, ou podem ser fornecidas de modo a se projetarem em um ângulo em relação à primeira face ou segunda face, que seja superior a 0 graus, mas inferior a 180 graus. Se as caneladuras se projetarem em um ângulo de 0 graus ou 180 graus em relação a uma face, então será difícil para o fluido entrar no
15 pacote de agentes de filtração pregueados através das caneladuras. De um modo geral, é desejável que o fluido entre no pacote de agentes de filtração pregueados através da entada através das caneladuras.

20 Em algumas implementações, as caneladuras se projetarão a cerca de 85 graus a 95 graus em relação a uma face, em outras implementações de cerca de 60 a 150 graus em relação a uma face, e ainda em outras implementações de cerca de 70 a 110 graus em relação a uma face. De preferência, as caneladuras são fornecidas se projetando em um ângulo que se encontre entre cerca de 60 graus perpendicular à primeira face ou segunda face. De um modo geral, essa faixa corresponde a cerca de 30 graus a cerca de 150 graus em relação à primeira face ou segunda face. Para além disso, as caneladuras podem ser fornecidas
25 se projetando a cerca de 5 graus perpendicular à primeira face ou segunda face (correspondendo a cerca de 85 graus a cerca de 95 graus em relação à primeira face ou segunda face). As caneladuras podem ser desejavelmente fornecidas se projetando de modo perpendicular (90 graus) em relação à primeira face ou segunda face.

30 Durante a formação do agente, a dimensão limitada do agente é tipicamente a largura do agente porque a máquina, na qual o agente é fabricado, é limitada na direção da largura. O comprimento do agente pode ser contínuo até ser cortado ou até terminar. A direção contínua se refere à direção do agente ao longo do comprimento do agente. A direção transversal geralmente se refere à direção do agente ao longo da largura do agente. O agente pregueado geralmente inclui pregas ou dobras formadas transversalmente à direção
35 da máquina de modo a que um número de pregas possa ser controlado, conforme desejado. As pregas ou dobras são tipicamente formadas na direção transversal de tal modo que o agente se dobra para trás sobre si mesmo, de um modo alternativo (por exemplo, para trás

e para a frente) para formar um elemento de filtro com uma primeira face, segunda face e uma extensão de agente entre a primeira e segunda face. De um modo geral, o fluido a ser filtrado entra na primeira face ou segunda face do pacote de agentes de filtração e sai pela outra das primeira ou segunda faces.

5 Os agentes de caneladura podem ser preparados através de qualquer técnica que forneça as formas de caneladura desejadas. Assim, a invenção não se limita a métodos específicos de formação das caneladuras. No entanto, dependendo da geometria das caneladuras e do agente a ser canelado e pregueado, certos métodos serão mais ou menos bem-sucedidos. Os agentes secos com elevado teor de celulose são relativamente pouco extensíveis e estão sujeitos a ruptura se forem esticados em mais do que alguma porcentagem.
10 Por outro lado, os agentes com elevado teor sintético são normalmente mais extensíveis. Ambos os tipos de agentes são indicados para utilização com a presente invenção. Os rolamentos de corrugação podem ser usados para formar caneladuras com um tamanho e forma particular, geralmente relativamente caneladuras curtas e largas. Os agentes que são
15 corrugados se referem a agentes com uma estrutura de caneladura resultante da passagem do agente entre dois rolamentos de caneladuras, por exemplo, beliscaduras ou cortes entre dois rolamentos, cada um dos quais tem características de superfície apropriadas à criação de uma caneladura no agente resultante.

Quando é desejável aumentar a altura das caneladuras, pode ser desejável usar
20 um método que dobre ou pregue essencialmente o agente de modo a formar caneladuras. De um modo geral, formar as caneladuras através de pregueamento (por exemplo, dobramento) pode ser referido como micropregueamento, porque essas pregas são muito mais pequenas do que as pregas ou dobras grandes que formam as faces do pacote de agentes.
25 Desse modo, tais métodos de micropregueamento para formar caneladuras não devem ser confundidos com o pregueamento ou dobramento para formar as pregas dobradas que resultam na primeira e segunda faces do pacote de agentes de filtração pregueados. Uma
30 técnica exemplificativa para dobrar o agente através de micropregueamento para formar caneladuras inclui a marcação e uso de pressão para criar a dobra. De modo correspondente, o agente de filtração pode ser micropregueado de modo a formar as caneladuras e subsequente mente ser pregueado para formar o pacote de agentes de filtração pregueados com primeira face e segunda face.

Com referência às Figuras 1-3, é mostrado um pacote de agentes de filtração pregueado generalizado, de acordo com o estado da técnica, com o número de referência 10 da Figura 1. O pacote de agentes de filtração pregueado 10 pode ser caracterizado como
35 pacote de agentes de filtração pregueado de acordo com a Publicação Internacional nº WO 2005/082484. O pacote de agentes de filtração pregueado 10 da Figura 1 é fornecido como uma rede tridimensional 11 resultante do pregueamento do agente 12 (ver Figura 2) para

fornecer uma primeira série de dobras 14 que forma uma primeira face 15 e uma segunda série de dobras 16 que forma uma segunda face 17.

De um modo geral, o agente é dobrado para trás sobre si mesmo (em uma disposição de trás para a frente) para fornecer tanto a primeira série de dobras 14, como a segunda 5 série de dobras 16. As extensões do agente 18 são fornecidas entre a primeira série de dobras 14 e a segunda série de dobras 16. Durante a utilização, os lados 20 e 22 podem ser selados de modo a que o fluido que flui em uma das primeira face 15 ou segunda face 17 flua para fora da outra das primeira face 15 ou segunda face 17 ou seja de outro modo filtrado como resultado da passagem através do agente, antes de deixar o elemento de filtração. 10 Os lados 21 e 23 (por exemplo p+arte superior ou inferior) podem também ser selados, se desejado.

Apesar de a Figura 1 mostrar a primeira face 15, a segunda face 17 parece semelhante à primeira face 15 (exceto no fato de o agente com áreas transversais de caneladura assimétricas ter primeiras e segundas faces 15, 17 distintas). De um modo geral, a primeira 15 série de dobras 14 e a segunda série de dobras 16 podem ser referidas como pregas, e a primeira série de dobras 14 e a segunda série de dobras 16 podem ter sensivelmente a mesma aparência. Se projetando entre as pregas 14 e 16 se encontram extensões do agente 20 18. O fluido que flui na direção da primeira face 15 entra gradualmente entre superfícies opostas de agente 24 e 26. A área entre as superfícies de agente 24 e 26 pode ser caracterizada como aberturas 25. O fluido passa então através do agente 12 e sai através de uma 25 abertura a jusante 29 entre as superfícies de agente 28 e 30 (tal como mostrado na Figura 2) e saem através da segunda face 17. A área entre as superfícies de agente 28 e 30 podem ser referida como aberturas a jusante 29.

As aberturas 25 e 29 são ambas mostradas na Figura 2, a qual é uma ilustração de 25 uma porção do agente de filtração pregueado 12, sem as pregas. Será compreendido que as figuras 1 a 3 mostram pregas 14, 16 generalizadas e estilizadas, sem mostrar a forma efetiva das pregas. Para além disso, será entendido que nem todas as superfícies de agente 24, 26, 28, 30 são etiquetadas, nem todas as aberturas 25 e 29 estão etiquetadas, mas em vez disso, apenas exemplos de tais superfícies e aberturas foram etiquetados.

30 Deve ser entendido que os números de referência 24 e 26 irão corresponder a um lado do agente 12, tal como o lado a montante ou o lado a jusante (em que a superfície do agente 24 se refere à superfície superior, e a superfície do agente 26 se refere à superfície inferior, tal como mostrado na Figura 2). De modo semelhante, os números de referência 28 e 30 se referem ao outro lado do agente 12, tal como o lado a montante ou o lado a jusante 35 (em que a superfície pregueada ou superfície do agente 28 se refere à superfície superior, e a superfície do agente 30 se refere à superfície inferior, tal como mostrado na Figura 2). Como o agente 12 é pregueado, um lado do agente forma o lado a montante e o outro lado

do agente forma o lado a jusante. Por exemplo, os números de referência 24 e 26 podem se referir ao lado a montante do agente, enquanto que os números de referência 28 e 30 se referem ao lado a jusante do agente. Apesar de os números de referência 24 e 26 se referirem a diferentes superfícies de agente, ambos se encontram ou a montante ou a jusante do agente. De modo semelhante, apesar de os números de referência 28 e 30 se referirem a diferentes superfícies de agente, ambos se encontram ou a montante ou a jusante do agente. Enquanto é esperado que a maioria do fluido flua entre as superfícies de agente antes de ser filtrado, é esperado que algum fluido possa fluir através das pregas.

Agora com referência à Figura 3, o agente 12 é ilustrado em uma vista seccionada mostrando a área elevada 34 que delinea um arco repetido. No contexto do agente 12, certas medidas podem ser tomadas para caracterizar arcos repetidos 34. Por exemplo, a distância D1 define a distância por baixo de uma área elevada definida pelos arcos repetidos 34. A distância D1 pode ser tomada como a distância entre os pontos centrais 36 e 38 do agente 12 dos arcos de cumes do mesmo lado 40 e 42.

A distância D2 define o comprimento de superfície do agente para a área elevada 34 ao longo da mesma distância D1 entre os pontos centrais 36 e 38 do agente 12 dos cumes do mesmo lado 40 e 42. A distância J define o comprimento medido desde o ponto mais inferior para o ponto mais superior do agente 12, e considera a espessura T do agente 12. A distância J é medida a partir do ponto mais inferior 44 do cume 40 para o ponto mais superior 46 de um cume oposto do mesmo lado 48, perpendicular à linha que define D1.

O pacote de agentes de filtração pregueados generalizado das Figuras 1 a 3 pode ser caracterizado como tendo uma disposição de volume de agente simétrico de modo a que um volume de um lado do pacote de agentes seja sensivelmente o mesmo que o volume do outro lado do pacote de agentes. Esse volume simétrico é típico nos agentes de filtração de produção convencional. De um modo geral, uma disposição de volume simétrico é ilustrada na Figura 2, em que a área transversal das aberturas 25 é igual à área transversal das aberturas 29. Como resultado de uma disposição de volume simétrico, uma face do pacote de agentes pode parecer semelhante à outra face do pacote de agentes.

De modo a aumentar a vida útil do filtro, uma técnica assenta em aumentar a quantidade de agentes de filtração em um pacote de agentes de filtração pregueados. De modo a aumentar a quantidade de agentes no agente pregueado, uma técnica assenta em aumentar o número de pregas por cada dado volume. À medida que o número de pregas aumenta por dado volume, os lados das pregas se tornam mais próximos uns dos outros. Especialmente sob a pressão do fluxo de fluido, as pregas adjacentes tendem a contatar umas com as outras e assim restringem o fluxo de fluido entre elas. Esse tipo de restrição diminui o desempenho de filtração.

Enquanto o agente 12 das Figuras 1-3 fornece alguma separação das superfícies

de agente para permitir que o fluido entre e saia do agente de filtração pregueado através da primeira face 15 e segunda face 17, o agente 12 sofre uma dissimulação como resultado do contato entre as superfícies de agente 24 e 26 e/ou superfícies de agente 28 e 30. De um modo geral, a dissimulação é freqüentemente caracterizada pela localização no agente onde 5 existe proximidade com outra película de agente, de modo a que exista uma resistência ao fluxo através do agente nessa localização. Como resultado disso, o agente dissimulado é de utilidade limitada para a filtração e o agente dissimulado pode ser considerado como uma perda efetiva de agente. Para o agente 12 mostrado na Figura 3, os cumes 40, 42, e 48 (por exemplo) são relativamente arredondados e, à medida que as superfícies de agente 24 e 26 10 e superfícies de agente 28 e 30 se tocam, as áreas de contato e as áreas em proximidade suficiente das áreas de contato tendem a sofrer de dissimulação e não contribuem para uma área de superfície de agente disponível para filtração.

Enquanto a área particular sujeita a dissimulação ao longo de uma dada caneladura pode ser relativamente pequena, a quantidade total de agente dissimulado ao longo de todo 15 um elemento de filtração pode ser significativa. É possível reduzir a quantidade de agente dissimulado em um elemento de filtração, ao mesmo tempo que se modifica a geometria da caneladura para aumentar a quantidade de agente disponível para filtração. Através da redução da dissimulação, o desempenho ou vida útil do elemento de filtração pode ser aumentado, ou o tamanho do elemento de filtração pode ser reduzido ao mesmo tempo se mantendo o mesmo desempenho ou vida útil do filtro. De um modo geral, o aumento da vida útil 20 do elemento de filtração para um dado tamanho de elemento de filtração ou a redução do tamanho do elemento de filtração para um dado desempenho de elemento de filtração pode ser referido como aumento do desempenho de agente de filtração.

Com referência agora às Figuras 4a-c e 5a-d, são descritas várias configurações de 25 caneladuras de acordo com a invenção, em que as configurações de caneladuras fornecidas reduzem a dissimulação e desse modo aumentam o desempenho do agente de filtração. De um modo geral, as Figuras 4a-c e 5a-d são representações esquemáticas de configurações de caneladuras exemplificativas para agentes de filtração que podem ser utilizados para fornecer cumes configurados para diminuir a dissimulação.

Através do fornecimento de um cume relativamente afiado, a área de contato entre 30 películas frontais é reduzida como resultado do fornecimento de pontos de contato mais agudos entre superfícies de agente. Se espera que, durante a filtração, o agente de filtração deflecte sob pressão. Através do fornecimento de um cume relativamente afiado, uma quantidade mais pequena de agente irá se dissimilar como resultado da defecção comparada 35 com cumes menos agudos durante a filtração.

Técnicas exemplificativas para fornecer agentes canelados exibindo cumes relativamente agudos incluem a curvatura, o dobramento, ou arqueamento do agente canelado

de um modo suficiente para fornecer uma aresta relativamente afiada. A capacidade de fornecer um cume relativamente agudo depende de um número de factores, incluindo a composição do agente em si mesmo e o equipamento de processamento usado para fornecer a curvatura, dobramento ou arqueamento. De um modo geral, a capacidade de fornecer um cume relativamente agudo depende da resistência à ruptura e espessura do agente e se o agente contém fibras que são extensíveis ou que resistem ao desgaste ou corte. É desejável evitar o desgaste, corte ou outro tipo de dano no agente de filtração durante a formação da caneladura.

Nas Figuras 4a-c são fornecidas vistas transversais exemplificativas de agentes canelados 50, 60 e 70. Os agentes 50, 60 e 70 incluem caneladuras 52, 62 e 72 e podem ser referidos como formados em cacho. De um modo geral, D1 é a largura da caneladura. A largura da caneladura D1 para o agente 50 é caracterizada como a distância entre os cumes do mesmo lado 54 e 56. Para o agente 60, a largura da caneladura d1 é caracterizada como a distância entre os cumes do mesmo lado 64 e 66. Para o agente 70, a largura da caneladura d1 é caracterizada como a distância entre os cumes do mesmo lado 74 e 76. A largura da caneladura D1 é medida a partir de pontos centrais ao longo da espessura do agente 50, 60, e 70. O valor D2 é o comprimento do agente ao longo da largura da caneladura medida a partir dos mesmos pontos como o valor para D1.

A altura da caneladura J é medida como a distância de elevação entre os pontos mais externos de cumes adjacentes perpendiculares à linha que define D1 para uma dada caneladura. Por exemplo, a altura de caneladura J para o agente 50 é medida a partir do ponto mais externo do cume 56 para o ponto mais externo do cume 58. A altura da caneladura J para o agente 60 é medida a partir do ponto mais externo do cume 66 para o ponto mais externo do cume 68. A altura da caneladura J para o agente 70 é medida a partir do ponto mais externo do cume 76 para o ponto mais externo do cume 78. Para o agente 50, os cumes 54, 56, 57, e 58 podem ser caracterizados como tendo um cume relativamente agudo. De modo semelhante, para o agente 60 e 70, os cumes 64, 66, 67, 68, 74, 76, 77, e 78 podem ser caracterizados como tendo cumes relativamente agudos. enquanto que cumes opostos para os agentes 50, 60, e 70 podem ser caracterizados como sendo relativamente agudos, não é necessário que todos os cumes sejam relativamente agudos para se beneficiar de uma dissimulação reduzida. Por exemplo, a dissimulação reduzida pode ser atingida através do fornecimento de cumes relativamente agudos em algumas ou todas as caneladuras em apenas um lado do agente.

Por exemplo, o agente 50 na Figura 4a pode ser caracterizado como tendo uma série de primeiros cumes 51 e uma série de segundos cumes opostos 53. Os primeiros cumes 51 ou segundos cumes 53 podem ser relativamente agudos para fornecer benefícios de dissimulação reduzidos. De modo semelhante, o agente 60 inclui uma primeira série de cumes

61 e uma segunda série de cumes opostos 63, e o agente 70 inclui uma primeira série de cumes 71 uma segunda série de cumes opostos 73. De modo a fornecer uma dissimulação reduzida, o agente 60 e 70 podem ter uma primeira série de cumes 61 e 71 relativamente aguda, e a segunda série de cumes 63 e 73, ou ambas. De preferência, a dissimulação reduzida é atingida através do fornecimento de um cume agudo tanto na primeira série de cumes 51, 61, e 71, como na segunda série de cumes 53, 63, e 73.

Fazendo, agora, referência às Figuras 5a-c são fornecidas vistas transversais de agentes canelados 100, 120 e 140. Será notado que as Figuras 5a-c não pretendem ser desenhos à escala de todas as geometrias de caneladuras aceitáveis, mas sim apenas a demonstração de implementações exemplificativas. Na Figura 5a, a largura da caneladura D1 é medida a partir do ponto central do cume 102 para o ponto central do cume 104. Em alternativa, a largura da caneladura D1 pode ser medida a partir do ponto central do cume 101 para o ponto central do cume 103.

O agente canelado 100 é mostrando como tendo duas arestas 108 para cada largura de caneladura D1, ou ao longo do comprimento do agente D2. As arestas 108 se projetam ao longo de pelo menos uma porção do comprimento da caneladura. De um modo geral, cada aresta 108 pode ser caracterizada como área geral em que uma porção relativamente alisada do agente canelado 108a se junta a uma porção relativamente abaulada do agente canelado 108b. O uso do termo "aresta" pretende caracterizar uma porção de agente que não é considerada um cume. Ou seja, as arestas podem ser fornecidas entre cumes, e as arestas podem ser consideradas como não-cumes. Uma aresta pode ser considerada como uma linha de intersecção entre porções de agente diferentemente declivados. É importante notar que em algumas implementações, a aparência da aresta será de certo modo obscurecida por irregularidades no agente em si mesmo. Uma aresta pode ser formada como resultado da deformação do agente nessa localização. O agente pode ser deformado na aresta como resultado da aplicação de pressão no agente.

Para a película canelada exemplificativa 100, a porção relativamente alisada do agente canelado 108a pode ser vista na Figura 5a como a porção do agente canelado que se projeta entre o cume 101 e a aresta 108. A porção relativamente abaulada do agente canelado 108b pode ser caracterizada como a porção do agente que se projeta a partir do cume 102 para a aresta 108. A aresta pode ser formada como resultado de arqueamento, curvatura, dobramento ou outro tipo de manipulação do agente ao longo de um comprimento da película da película canelada durante a formação do agente canelado. Pode ser desejável, mas não necessário, durante a etapa de formação do agente canelado seguir etapas de definição da aresta. Por exemplo, a aresta pode ser definida por tratamento térmico ou tratamento a úmido ou combinação dos mesmos. Para além disso, a aresta pode existir como resultado de arqueamento, curvatura ou dobramento sem uma etapa adicional de definição

da aresta.

A caracterização da uma aresta não deve ser confundida com os cumes da caneladura. A caracterização de uma porção geralmente alisada 108a e uma porção geralmente abaulada 108b pretende ser uma forma de caracterizar a presença de uma aresta 108. De um modo geral, a porção alisada 108a e a porção abaulada 108b podem exibir algumas curvas. Ou seja, se espera que a porção alisada 108a e a porção abaulada 108b não seja totalmente plana, particularmente quando fluidos como o ar ou líquido fluem através do agente durante a filtração.

A presença da aresta 108 do agente mostrada na Figura 5a ajuda a fornecer uma dissimulação reduzida nos cumes 101 e 102. A aresta 108 existe como resultado da formação da película canelada 100 e, como resultado disso, reduz a tensão interna no agente e cumes. Sem a presença da aresta 108, existiria provavelmente um nível aumentado de tensão interna na película canelada 100 que faria com que a película canelada criasse um raio maior nos cumes. A presença da aresta 108 ajuda a aumentar a quantidade de agentes existentes em cumes adjacentes (por exemplo, cumes 101 e 104) e ajuda a aguçar os cumes 104, como resultado do alívio, até certo ponto, da tensão dentro da película canelada 100 que iria fazer com que expandisse ou aplainasse nos cumes, na ausência da aresta.

A existência da aresta 108 pode ser detectada por observação visual. Enquanto a presença da aresta pode não ser particularmente aparente a partir da visualização da extremidade de uma caneladura, se pode cortar o elemento de filtração e ver a existência de uma aresta que se projeta ao longo de um comprimento de uma caneladura. Para além disso, a presença de uma aresta pode ser confirmada através de uma técnica em que o elemento de filtração é carregado com pó, e a película canelada pode ser removida de modo a revelar uma bola de pó com uma aresta que corresponde à aresta no agente canelado. A intersecção das duas porções da superfície de bola de pó forma uma aresta. Em uma implementação exemplificativa, o pó que pode ser usado para carregar o agente para preencher as caneladuras para fornecer uma bola de pó no interior das caneladuras pode ser caracterizado como teste de pó ISO Fine.

Apesar de a película canelada 100 poder ser fornecida com duas arestas 108 ao longo de cada comprimento D2, a película canelada 100 pode ser fornecida tendo uma única aresta ao longo de cada comprimento periódico D2, se desejado, e pode ser fornecida como tendo uma configuração em que algumas das caneladuras exibem pelo menos uma aresta, algumas caneladuras exibem duas arestas e algumas caneladuras não exibem qualquer aresta, ou uma combinação das mesmas.

Com referência novamente à Figura 5a, a película canelada 100 inclui duas arestas 108 ao longo da distância D2 em, que a distância D2 se refere ao comprimento da película canelada 100 a partir do ponto central do cume 102 para o ponto central do cume 104, e em

que as arestas não são os cumes. Os cumes canelados 101 e 103 podem ser referidos como primeiros cumes laterais adjacentes, e os cumes 102 e 104 podem ser referidos como os segundos cumes laterais adjacentes. Obviamente, a caracterização de certos cumes como primeiros cumes laterais e outros cumes como segundos cumes laterais é arbitrária, e 5 pode ser revertida, se desejado.

Os cumes podem ser simplesmente referidos como, como os mesmos cumes laterais, como primeiros cumes laterais ou como segundos cumes laterais adjacentes. De um modo geral, a referência a “cumes adjacentes do mesmo lado” se refere a cumes que podem ser usados para definir um período. A referência a “cumes adjacentes” sem a caracterização de “do mesmo lado” se refere a cumes próximos entre si mas virados para direções 10 diferentes. Os cumes adjacentes podem ser usados para descrever a altura da caneladura. Essa caracterização dos cumes é conveniente para descrever os agentes canelados tal como mostrado nas figuras.

A película canelada pode ser caracterizada como tendo uma padrão repetido de 15 caneladuras quando efetuada por um processo que repete o padrão de caneladura. Um padrão repetido de caneladuras significa que ao longo da largura do agente (por exemplo, na direção transversal) o padrão das caneladuras se repete. Por exemplo, cada caneladura pode exibir uma aresta entre cumes adjacentes. Pode existir um padrão em que a caneladura pode exibir duas arestas entre cumes adjacentes. Para além disso, pode existir um padrão 20 em que uma aresta está presente entre cumes adjacentes de algumas caneladuras mas não entre cumes adjacentes de outras caneladuras. Por exemplo, um período pode exibir uma aresta simples ou duas arestas, e um período subsequente pode não exibir qualquer aresta, uma única, ou duas arestas, e uma caneladura subsequente exibe nenhuma aresta, uma aresta ou duas arestas, etc. A certo ponto, o padrão tipicamente se repete. Em 25 alguns períodos, podem existir três ou mais arestas.

A caracterização da presença de uma aresta deveria ser entendida como significando que a aresta está presente ao longo de um comprimento de uma caneladura. De um modo geral, a aresta pode ser fornecida ao longo da caneladura por um comprimento suficiente para fornecer o agente resultante com o desempenho desejado. Enquanto a aresta 30 pode se projetar ao longo de todo o comprimento da caneladura, é possível que a aresta não se projete por todo o comprimento da caneladura (100% do comprimento da caneladura) como resultado de, por exemplo, influências nas extremidades da caneladura como o pregueamento ou dobramento.

De preferência, a aresta se projeta pelo menos em 10% do comprimento da caneladura, mais tipicamente 25% do comprimento da caneladura. A título de exemplo, a aresta 35 pode se projetar pelo menos em 30% do comprimento da caneladura, pelo menos 40% do comprimento da caneladura, pelo menos 50% do comprimento da caneladura, pelo menos

60% do comprimento da caneladura ou pelo menos 80% do comprimento da caneladura. Tais arestas podem se projetar de um modo contínuo ou descontínuo ao longo do comprimento das caneladuras. Para além disso, as arestas podem estar uniformemente distribuídas ao longo das caneladuras, ou podem estar não uniformemente posicionadas ao longo do comprimento das caneladuras. Por exemplo, em certas modalidades, pode ser desejável ter as caneladuras distribuídas de modo a que tenham mais ou menos arestas, seja na face a montante, seja na face a jusante do pacote de agentes.

Não existe obrigatoriedade, no entanto, de uma aresta ou duas arestas estarem presentes entre cada cume adjacente, ou que existe um padrão de repetição. Os benefícios da invenção podem ser obtidos através do fornecimento de caneladuras, em que pelo menos algumas das caneladuras exibam pelo menos uma aresta entre cumes adjacentes. Em algumas implementações, pelo menos 25% das caneladuras exibe pelo menos uma aresta entre cumes adjacentes de modo a atingir benefícios da presença da aresta. De modo ainda mais preferido, pelo menos 50% das caneladuras, e mais preferivelmente, 100% das caneladuras, exibe pelo menos uma aresta entre cumes adjacentes da caneladura.

Com referência à Figura 5b, o agente canelado 120 inclui duas arestas 128 e 129 entre cumes adjacentes 124 e 125. Ao longo do comprimento D2, o agente 120 inclui quatro arestas 128 e 129. Um único comprimento de período de agente inclui quatro arestas na modalidade descrita. Deve ser entendido que as arestas 128 e 129 não são cumes 124, 125, ou 126. O agente 120 pode ser fornecido de modo a que entre cumes adjacentes (por exemplo, cumes 125 e 126) existam duas arestas 128 e 129. Novamente, um padrão pode ser fornecido. No padrão mostrado na Figura 5b, existem duas arestas entre cada cume adjacente, e existem quatro arestas fornecidas em cada período. Em um padrão de repetição alternativo, pode existir qualquer número (por exemplo, 0, 1, 2, ou mais) de arestas entre cumes adjacentes, desde que o padrão inclua a ocorrência de pelo menos uma aresta entre cumes adjacentes, algures no padrão. Em uma modalidade desejada, mostrada na Figura 5b, existem duas arestas entre cada cume adjacente. A aresta 128 pode ser caracterizada como a área em que uma porção relativamente alisada do agente 128a se junta a uma porção relativamente abaulada do agente canelado 128b.

A aresta 129 pode ser fornecida resultado da intersecção da porção relativamente alisada do agente canelado 129a e porção relativamente abaulada do agente canelado 129b. A porção relativamente abaulada do agente canelado 129b pode ser caracterizada como a porção do agente canelado que se projeta entre a aresta 129 e o cume 125 e pode ser caracterizada (por exemplo) como tendo um ângulo entre a aresta 129 e o cume 125. O cume 125 se projeta acima das porções alisadas do agente canelado 129a. Desse modo, o cume 125 mostra uma protuberância definida a partir do agente canelado adjacente 129a.

Fazendo agora referência à Figura 5c, o agente canelado 140 inclui pelo menos

duas arestas 148 e 149 entre cumes adjacentes 144 e 145. Ao longo do comprimento D2, o agente 140 inclui quatro arestas 148 e 149. Um único comprimento de período de agente pode incluir quatro arestas. Deve ser entendido que as arestas 148 e 149 não são cumes 144, 145, ou 146. O agente 140 pode ser fornecido de modo a que entre cumes adjacentes 5 (por exemplo, cumes 144 e 145) existam duas arestas 148 e 149. Para além disso, a película canelada 140 pode ser fornecida de modo a que entre outros cumes adjacentes exista uma aresta, duas arestas ou nenhuma aresta.

Não é obrigatório que entre cada cume adjacente existam duas arestas. Pode haver uma ausência de arestas entre cumes, se desejado, para haver a presença de arestas alteradas 10 ou fornecidas com intervalos entre cumes adjacentes. De um modo geral, um padrão de caneladuras pode ser fornecido em que o padrão de caneladuras se repete e inclui a presença de arestas entre cumes adjacentes.

As arestas 148 e 149 podem ser caracterizadas como as áreas em que uma porção relativamente alisada da caneladura se junta a uma porção relativamente abaulada da película canelada. No caso da aresta 148, uma porção relativamente alisada da película canelada 148a se junta a uma porção relativamente abaulada da película canelada 148b. No caso da aresta 149, uma porção relativamente alisada da película canelada 149a se junta a uma porção relativamente abaulada da película canelada 149b. O agente canelado 140 tem portanto cumes agudos 145 e 146.

As películas caneladas 110, 120 e 140 são mostradas como sendo relativamente simétricas de cume em cume. Ou seja, para o agente 110, 120, e 140, as caneladuras se repetem com o mesmo número de arestas entre cumes adjacentes. Os cumes adjacentes se referem aos cumes próximos uns dos outros ao longo de um comprimento de agente canelado. Por exemplo, para os agentes canelados 110, os cumes 101 e 102 são considerados 20 como cumes adjacentes e os cumes 102 e 104 podem ser considerados cumes adjacentes do mesmo lado. Um período de agente, no entanto, não precisa de ter o mesmo número de arestas entre cumes adjacentes, e o agente pode ser assim caracterizado como assimétrico. Ou seja, o agente pode ser preparado como tendo uma aresta em metade do período e como não tendo uma aresta na outra metade do período.

Outra vantagem para além do fornecimento da presença das arestas (por exemplo 30 108, 128, 129, 148 e 149) assenta no fato de essas arestas ajudarem a reduzir o estress no agente para fornecer cumes mais agudos. De um modo geral, sem as arestas a ser formadas, uma grande quantidade de tensão ou memória no agente pode fazer com que os cumes alarguem, e desse modo exibam um nível superior de dissimulação. Através da introdução 35 de arestas no agente de filtração ao fazer caneladuras no agente, se torna mais simples de criar e ajudar a manter cumes relativamente agudos para reduzir a dissimulação.

Outra técnica para redução da dissimulação ou para fornecer agentes pregueados

com um nível relativamente reduzido de dissimulação, ao mesmo tempo mantendo a área de agente de filtração, assenta em reduzir o número potencial de contatos entre as faces pregueadas em um dado volume. De um modo geral, os contatos potenciais se referem aos contatos potenciais entre cumes de caneladuras em uma superfície de agente e os correspondentes cumes de caneladuras em uma superfície de agente adjacente. Uma técnica para fazer isso assenta em diminuir a relação de largura e altura da caneladura. A relação da largura e altura do canal aberto da caneladura é a relação do comprimento de período de caneladura D1 para a altura de caneladura J. A relação de largura e altura da caneladura pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$\text{Relação largura altura da caneladura} = \frac{D1}{J}$$

As distâncias medidas tais como o comprimento de período de caneladura D1 e a altura da caneladura J podem ser caracterizadas como valores médios para o agente de filtração ao longo do comprimento da caneladura excluindo 20% do comprimento da caneladura em cada extremidade (devido a distorção nas caneladuras resultantes da formação de pregas). Assim, as distâncias D1 e J podem ser medidas a partir das extremidades das caneladuras porque as extremidades das caneladuras são tipicamente deformadas como resultado do pregueamento. A relação largura altura das caneladuras calculada em uma prega não seria representada na relação largura altura da caneladura, de modo afastado na prega. De modo correspondente, a medição da relação da largura e altura pode ser fornecida como o valor médio ao longo do comprimento da caneladura com a exceção dos últimos 20% do comprimento da caneladura, perto das extremidades da mesma. Para agentes "regulares", tais como, agentes com caneladuras não afuniladas, se espera que a o comprimento do período da caneladura D1 e a altura da caneladura J sejam relativamente constantes ao longo do comprimento da caneladura. Por relativamente constante, se pretende significar que a relação da largura e altura da caneladura pode variar ao longo de 10% ao longo do comprimento da caneladura com a exceção dos últimos 20% do comprimento em cada extremidade onde as pregas podem afetar a relação da largura e altura.

No caso de um agente "não regular", tal como um agente com caneladuras afuniladas, a relação largura altura da caneladura pode variar ou permanecer mais ou menos a mesma ao longo do comprimento da caneladura. Outro exemplo de agentes não regulares inclui os agentes em que pelo menos uma porção das caneladuras tem uma altura (J) que varia ao longo do comprimento da caneladura. Uma vantagem de fornecimento de caneladura em que a altura da caneladura ou largura da caneladura varia ao longo do comprimento da caneladura, é a capacidade de reduzir o contato potencial entre superfícies de agente adjacentes e desse modo reduzir a dissimulação.

Fazendo, agora, referência às Figuras 4a-c os agentes 50, 60 e 70 mostram várias relações de largura altura de caneladura. Se considerado como desenhado à escala, a rela-

ção largura altura do agente 50 é de cerca de 2,5, a relação largura altura do agente 60 é de cerca de 5,8, e a relação largura altura do agente 70 é de cerca de 0,34. De um modo geral, as caneladuras preferidas exibem uma relação largura altura de cerca de 1 a cerca de 8, de preferência de cerca de 1,5 a cerca de 7,5, de mais preferência de cerca de 2 a cerca de 5.

- 5 De modo a melhorar a vida útil do pacote de agentes, é desejável uma relação de largura altura de uma caneladura superior a 2, superior a cerca de 2,5, ou superior a 3. Em algumas implementações, a relação de largura e altura é superior a 4.

Outra propriedade semelhante à relação de largura altura da caneladura que pode fornecer uma forma útil de compreender as caneladuras é a “relação de largura altura de canal aberto”. De um modo geral, a relação de largura altura de canal aberto pode ser determinada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Relação de largura altura de canal aberto} = \frac{D}{C} \quad D1/C$$

Nessa fórmula, C é a altura do canal aberto que é a altura da caneladura (J) menos a espessura do agente (T). A relação de largura altura de canal aberto é uma propriedade vantajosa porque não se baseia na espessura do agente. No caso dos agentes 50, 60 e 70 das Figuras 4a-c, as relações de largura altura de canal aberto podem ser calculadas como 2,82, 5,83, e 0,36, respectivamente. No caso de caneladuras com forma em cacho, é frequentemente desejável que as caneladuras exibam uma relação de largura altura de canal aberto superior a 2. Para melhorar o desempenho do agente, é geralmente desejável fornecer, uma relação de largura altura de canal aberto superior a cerca de 2,25, superior a cerca de 2,5, superior a cerca de 2,75, ou superior a cerca de 3. A relação de largura altura de canal aberto é de preferência inferior a cerca de 10, inferior a cerca de 9,5, inferior a cerca de 9, inferior a cerca de 8,5, inferior a cerca de 8, inferior a cerca de 7,5, ou inferior a 6. Em implementações exemplificativas, a relação de largura altura de canal aberto é de 2 a 7, é de 3 a 6, ou de 4 a 5.

25 De modo a mostrar o efeito que a espessura de agente tem na relação largura altura e a relação de largura altura de canal aberto, é virada a atenção à Figura 5d. No caso do agente 150, mostrado na Figura 5d, a relação de largura altura pode ser calculada como 2,1, e a relação de largura altura de canal aberto pode ser calculada como sendo 2,75.

Ao reduzir a dissimulação, é desejável, de modo a melhorar o desempenho do agente de filtração, outra técnica de melhoramento o desempenho do agente de filtração é o aumento da quantidade de área de agente disponível para filtração em um dado volume. As configurações de agente mostradas nas Figuras 5a-c mostram técnicas para o melhoramento da quantidade de área de superfície de agente existente em um dado volume. A porcentagem de corda de agente pode ajudar a medir como uma configuração de caneladura pode fornecer um pacote de agentes de filtração com área de superfície de agente melhorada em um dado volume. A porcentagem de corda de agente necessita de uma medição do com-

primento da corda (CL).

A relação entre o comprimento da corda CL e o comprimento do agente D2 pode ser caracterizada como porcentagem de corda de agente. A porcentagem de corda de agente pode ser determinada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Porcentagem Corda-Agente(%)} = \frac{((\frac{1}{2} D2) - CL)}{CL} \times 100$$

5 Ao fornecer uma única aresta ou aresta múltiplas entre cumes adjacentes do agente canelado, a distância D2 pode ser aumentada em relação a agentes do estado da técnica. Como resultado da presença de uma aresta ou pluralidade de arestas, é possível fornecer um agente de filtração tendo mais agentes disponíveis para filtração, quando comparado com, por exemplo, agentes pregueados sem arestas. A medição da porcentagem de corda de agente pode ser usada para caracterizar a quantidade de agentes fornecidos entre cumes adjacentes. O comprimento D2 é definido como o comprimento da película canelada 100, 120, e 140 para um período da película canelada 100, 120, e 140. No caso da película canelada 100, a distância D2 é o comprimento da película canelada a partir do cume 102 para o cume 104. Essa distância inclui duas arestas 108. No caso da película canelada 120, 10
10 o comprimento D2 é a distância da película canelada 120 a partir do cume 124 para o cume 126. Essa distância inclui quatro arestas 128 e 129. No caso da película canelada 140, o comprimento D2 é a distância da película canelada 140 a partir do cume 144 para o cume 146. Essa distância inclui quatro arestas 148 e 149.

15 A existência de agentes de filtração aumentados entre cumes adjacentes, como resultado do fornecimento de uma ou mais arestas entre cumes adjacentes pode ser caracterizada pela porcentagem de coda de agente. A título de exemplo, o agente de pregueado de acordo com o estado da técnica (por exemplo, o agente mostrado nas Figuras 1-3) exibe tipicamente uma porcentagem de corda de agente de cerca de 0,09% a cerca de 0,89%. Para as caneladuras concebidas de acordo com a presente invenção, a porcentagem de 20
25 corda de agente pode ser superior a 1%, superior a 1,5% e superior a cerca de 2%. Em algumas implementações, a porcentagem de corda de agente é superior a 3%, opcionalmente, superior a 4%. A porcentagem de corda de agente pode exceder os 5% em algumas implementações. A porcentagem de corda de agente é geralmente inferior a cerca de 25%, mais tipicamente, inferior a cerca de 20%.

30 Outra técnica para aumentar a quantidade de agente de filtração disponível para filtração inclui o aumento da densidade da caneladura do pacote de agentes. A densidade da caneladura se refere ao número de caneladuras por área transversal de agente de filtração em um pacote de agentes de filtração. A densidade das caneladuras depende de um número de fatores que incluem a altura da caneladura J, o período de caneladura D1 e a espessura do agente T. A densidade da caneladura pode ser referida como uma densidade de 35

caneladura de pacote de agentes e é determinada a um máximo de contagem de pregas (PCmax). O PCMax é a concentração máxima de contagem de pregas em que o painel pode ser manufaturado sem deformar as caneladuras. De um modo geral, o PCmax se refere ao número máximo de pregas que podem ser colocadas em um dado volume antes da execução, como resultado da deformação das caneladuras. Isso implica que em um modelo de configuração em painel, os cumes das caneladuras em faces de agente adjacentes irão tocar ao longo de substancialmente todo o seu comprimento. Para os filtros de painel, a concentração de pregas PCMax é igual a $1/(2J)$. A equação para calcular a densidade de caneladura do pacote de agentes (ρ) para um elemento de filtro é:

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{\text{Número de caneladuras (abertas e fechadas)}}{\text{Área transversal do pacote de agentes}}$$

A densidade de caneladura de um elemento de filtro pode ser calculada por contagem do número de caneladuras incluindo as caneladuras que estão abertas e as caneladuras que estão fechadas em uma área transversal do elemento de filtro, e dividindo-as em duas vezes a área transversal do elemento de filtro na localização em que o número de caneladuras foi determinado. De um modo geral, para agentes regulares, é esperado que a densidade de caneladura permaneça relativamente constante ao longo do comprimento do elemento de filtro, a partir da face de entrada para a face de saída, ou vice-versa.

Deve ser entendido que o agente ao longo da área transversal se refere à área transversal do agente e não necessariamente à área transversal do elemento de filtro. O elemento de filtro pode ter uma bainha ou selante destinados a encaixar em uma estrutura de acondicionamento que forneceria o elemento de filtro com uma área transversal superior à área transversal do agente. Para além disso, a área transversal do agente se refere à área efetiva do pacote de agentes, e não inclui porções do pacote de agentes que não sejam úteis para filtração (tais como áreas obscurecidas pelo selante).

De um modo geral, o fornecimento de um pacote de agentes com densidade de caneladura aumentada tem uma tendência para aumentar a área de superfície do agente dentro de um volume do agente e, por isso, tem uma tendência para aumentar a capacidade de carga do agente de filtração. De modo correspondente, o aumento da densidade da caneladura do agente pode ter o efeito de melhorar a capacidade de carga do agente. No entanto, o aumento da densidade da caneladura do agente pode ter o efeito de aumentar a queda de pressão ao longo do agente, assumindo que outros fatores permanecem constantes.

O aumento da densidade da caneladura do meio de filtração pode ter o efeito de aumentar a altura da caneladura (J) ou o comprimento do período da caneladura (D1) ou ambos. Como resultado disso, o tamanho da caneladura (o tamanho da caneladura se refere à área transversal da caneladura) tende a diminuir, à medida que a caneladura aumenta. Como resultado disso, tamanhos de caneladura mais reduzidos podem ter o efeito de au-

mentar a queda de pressão ao longo do pacote de agentes. A referência a um a queda de pressão ao longo do pacote de agentes se refere ao diferencial de pressão determinado em uma primeira face do pacote de agentes em relação à pressão medida em uma segunda face do pacote de agentes, em que a primeira face e a segunda face são fornecidas do lado geralmente oposto do pacote de agentes. A queda de pressão ao longo do pacote de agentes depende, em parte na densidade de caneladura e comprimento de caneladura.

A relação D2/D1 pode também ser confiada para demonstrar a presença de mais agentes de filtração, quando comparada com, por exemplo, agentes pregueados de acordo com as Figuras 1-3. De um modo geral, os agentes pregueados do estado da técnica de 10 acordo com as Figuras 1-3 podem ser considerados como exibindo uma relação D2/D1 de 1,004 a 1,035. Um pacote de agentes de acordo com a invenção pode ser fornecido com uma relação D2/D1 superior a 1,04. Para um pacote de agentes de filtração em que as caneladuras são fornecidas com uma forma em cacho, a relação D2/D1 pode ser de 1,05 a 15 1,35, e de preferência de 1,1 a 1,3. Em algumas implementações, a relação D2/D1 pode ser de 1,05, a 1,50.

Agora com referência às Figuras 6-8, é mostrado um pacote de agentes de filtração pregueados onde o agente tem a forma de caneladura mostrada na Figura 5a com a referência 200. O pacote de agentes pregueados 200 inclui o agente 202 com uma direção de máquina 204 e uma direção transversal 206. O agente é dobrado para fornecer uma primeira série de pregas 208 e uma segunda série de pregas 210 (ver Figura 8), em que o agente 202 se projeta em uma disposição de trás para a frente entre um primeiro conjunto de pregas 208 e um segundo conjunto de pregas 210. O agente 202 inclui caneladuras 220. As caneladuras 220 incluem cumes relativamente agudos 222 e 224. Para além disso, as caneladuras 220 incluem arestas 226 fornecidas entre cumes adjacentes (por exemplo, o cume 222 e 224).

O pacote de agentes de filtração pregueados 200 inclui superfícies de agente 232 e 234 que formam aberturas 236 entre aquelas, e superfícies de agente 238 e 240 que formam aberturas 242 entre aquelas. O pacote de agentes de filtração pregueados 200 pode ser caracterizado como tendo uma primeira face 250 que inclui o primeiro conjunto de pregas 208 e as aberturas 236. para além disso, o pacote de agentes de filtração pregueados 200 pode ser caracterizado como tendo uma segunda face 252 que inclui o segundo conjunto de pregas 210 e as aberturas 242. De modo correspondente, o ar pode fluir para dentro do pacote de agentes de filtração pregueados 200 através das aberturas 236 na primeira face 250, passar através do agente 202 para fornecer filtração, e então fluir para fora do pacote de agentes de filtração pregueados 200 através das aberturas 242 na segunda face 252. Em certas circunstâncias, pode ser vantajoso que o fluido flua para o interior do pacote de agentes de filtracão prequeados, através da segunda face 252 e para fora do pacote de

agentes de filtração pregueados 200 através da primeira face 250.

Existe um número de vantagens resultantes do pacote de agentes de filtração pregueados 200 comparado com, por exemplo, o pacote de agentes de filtração pregueados de acordo com as Figuras 1-3. Por exemplo, o pacote de agentes de filtração pregueados 200 exibe uma relação de largura altura desejável que contribui para limitar o número de contatos potenciais entre as superfícies de agentes. Através da limitação ou redução do número de contatos potenciais entre superfícies de agentes, existe a capacidade de reduzir a dissimulação e desse modo contribuir para a presença de mais agentes para filtração em um dado volume. Para além disso, o pacote de agentes de filtração pregueados 200 fornece uma forma de caneladura consistente com a forma de caneladura mostrada na Figura 5a. Ou seja, a forma de caneladura fornece a presença de arestas 226. Através do fornecimento de arestas 226, as caneladuras têm porcentagens de corda de agente relativamente elevada. Através do aumento da porcentagem de corda de agente, podem ser fornecidos mais agentes em um dado volume comparado com, por exemplo, o pacote de agentes de filtração pregueados mostrado nas Figuras 1-3. Para além disso, através do fornecimento do pacote de agentes de filtração pregueados 200 com uma forma de caneladura consistente com a forma de caneladura mostrada na Figura 5a, os cumes (ou pelo menos uma porção dos cumes) pode ser relativamente aguda. Como resultado do raio relativamente agudo, a dissimulação causada pelo contato entre as superfícies de agente pode ser reduzido. Para além disso, o pacote de agentes de filtração pregueados 200 fornece assimetria de volume de agente (também referido como volume assimétrico) e assimetria de área transversal de agente.

Poderá ser apreciado que a existência de assimetria de volume de agente ou assimetria de área de agente representa uma forma de caneladura que se desvia da forma em cacho mostrada nas Figuras 4a-c e dos agentes pregueados do estado da técnica mostrados nas Figuras 1-3. As formas de caneladuras mostradas nas Figuras 5a-c são caneladuras exemplificativas que podem fornecer assimetria de volume de agente e assimetria de área de agente.

Outra vantagem do pacote de agentes de filtração pregueados 200 de acordo com as Figuras 6-8 assenta no fato de poder utilizar agentes que podem apenas manusear uma quantidade relativamente pequena de tensão porque as pregas são formadas para manter o comprimento global do agente relativamente constante e reduzir a tensão. De um modo geral, os agentes que podem tolerar apenas uma quantidade relativamente pequena de tensão incluem os agentes que têm tendência para a ruptura, quando a tensão é superior a tão pouco quantos 3%, tal como é freqüentemente o caso de agentes com pouco teor de celulose, sendo também frios e secos. Mesmo em condições molhadas, o agente quente irá freqüentemente ter tendência para a ruptura quando a tensão é superior a cerca de 8%, com

alguns agentes, e cerca de 10% em outros agentes, ou ocasionalmente superior a cerca de 12%. Assim, as concepções das caneladuras da presente invenção podem ser usadas, em algumas implementações, com agentes com elevado teor de celulose. Em algumas implementações, o teor de celulose é de, ou aproximadamente 100%. Em outras implementações, o teor de celulose é superior a 90%, 80%, 70%, 60% ou 50%.

Tal como mostrado na Figura 8, a distância de direção da máquina entre o primeiro conjunto de pregas 208 e o segundo conjunto de pregas 210 é constante ao longo da direção transversal 206. Isso permite uma configuração de prega que resulta em uma tensão global no agente que é relativamente pequena. De modo correspondente, o agente que pode ser usado no pacote de agentes de filtração pode ser caracterizado, como agente não capaz de suportar tensão superior a cerca de 8% em algumas implementações, 10% em outras implementações, ou superior a cerca de 12% em ainda outras implementações. No entanto, será compreendido que o agente capaz de suportar elevados níveis de tensão pode também ser usado com várias implementações da invenção.

De um modo geral, a assimetria de volume de agente se refere à assimetria de volume entre um lado a montante e um lado a jusante de um pacote de agentes de filtração pregueados, em que a assimetria de volume é calculada com base na assimetria de volume causada pela disposição de caneladuras do agente, em vez de pela disposição de empacotamento dentro de um pacote de agentes. A assimetria de área transversal de agente é calculada de modo semelhante, exceto no fato de se basear em uma secção transversal do agente, tomada em um ponto ao longo do comprimento de uma caneladura.

De modo a melhor entender o que se pretende dizer com a frase “assimetria de volume de agente”, é feita referência às Figuras 9-10b. No caso da Figura 9, o agente 250 é mostrado flutuando entre um primeiro plano teórico 252 e um segundo plano teórico 254. A assimetria de volume de agente se refere ao diferencial de volume em um lado do agente 250 comparado com o outro lado do agente 250 entre os planos teóricos 252 e 254 para o pacote de agentes. Uma forma de caracterizar os planos teóricos 252 e 254 é considerar que o agente 250 é pregueado e suficientemente empacotado de modo a que os cumes 256 e 258 contatem superfícies opostas do agente, tal como mostrado na Figura 10a.

A assimetria de volume de agente é causada pela disposição de caneladuras do agente, em vez de pela disposição de empacotamento dentro de um pacote de agentes. Uma área transversal aberta em um lado do agente (Figura 9, área 257) pode ser vista como se projetando a partir de uma superfície do agente, para uma linha definida pelos cumes de caneladuras no mesmo lado do agente. Essa área é superior a uma área aberta transversal do outro lado do agente (Figura 9, área 259) ligada pela superfície oposta do agente, e uma linha definida por cumes de caneladura opostos. Essas áreas transversais definem a assimetria de área transversal do agente para uma dada secção transversal de agente.

A extensão da assimetria de área transversal a partir da face a montante para a face a jusante do pacote pregueado caracteriza então os volumes a montante e a jusante e, por sua vez, a assimetria de volume de agente. Para um pacote pregueado, para casos em que os cumes das caneladuras se estendem ou não se estendem a partir de prega em prega, em que o agente entre pregas mostra pouca curvatura e é substancialmente plano (onde os centros das secções de caneladuras no agente entre pregas cai em uma superfície essencialmente plana), o volume de agente a montante pode ser visto como sendo o volume incluído pela superfície de agente a montante, a superfície contígua nas pregas, e um casco convexo formado sobre os cumes das caneladuras para a linha central das pregas. O volume de agente a jusante pode ser visto como sendo o volume incluído pela superfície de agente a jusante, a superfície contígua nas pregas, e um casco convexo formado sobre os cumes de caneladura para a linha central das pregas. A relação de volume de agente é a relação desse volume de agente a montante com o volume de agente a jusante.

A disposição de empacotamento pregueado mostrada na Figura 10a pode ser caracterizada como máximo de contagem de pregas (PCMax) uma vez representar o maior número de pregas em um dado volume, em que as caneladuras não distorcem as outras. Na Figura 10a, uma vista seccionada do agente 250 é mostrada, em que o agente 250 é dobrado para trás e para a frente em si mesmo. Com base nesse cálculo da assimetria de volume de agente, o valor da assimetria de volume de agente para a disposição de agente mostrada na Figura 10a é a mesma que a assimetria de volume de agente para a disposição de agente mostrada na Figura 10b. Na Figura 10b, o agente 250 é pregueado mas os cumes 256 e 258 não se tocam. De modo correspondente, a definição de assimetria de volume de agente leva em consideração a potencial separação entre superfícies de agente que possam existir quando um agente é pregueado e formado em um pacote de agentes de filtração pregueado.

Os planos teóricos 252 e 254 são determinados com base em um valor de cume máximo estatístico. As Aberrações são ignoradas do cálculo. Por exemplo, pode haver um cume ocasional que esteja ou demasiado elevado ou demasiado baixo e que não afete significativamente a densidade do agente de filtração. Esses cumes não são considerados para efeitos de cálculo dos planos teóricos 252 e 254. Para além disso, deve ser entendido que pode haver ocasiões em que os cumes são ignorados ou formados a uma altura significativamente abaixo na altura média da caneladura, de modo a melhorar a assimetria de volume. Nesses casos, a reduzida altura de pregas não afetaria o cálculo de densidade de empacotamento. De um modo geral, a densidade de empacotamento se refere ao número de pregas disponíveis em um dado volume em que os cumes das superfícies de agente apenas tocam ligeiramente como mostrado na Figura 10a.

Uma vantagem do cálculo de uma “assimetria de volume de agente” assenta no fa-

to de o volume do agente (o volume a montante e o volume a jusante) poder ser calculado com base no agente e os resultados podem ser diferentes do efetivo volume a montante e a jusante de um elemento de filtro. Por exemplo, o agente pode ser disposto como um painel, em que os cumes essencialmente só se tocam ligeiramente uns nos outros. Nesse caso, o 5 volume a montante e a jusante de um elemento de filtro deveria ser consistente com o cálculo da “assimetria de volume de agente”

Em alternativa, todavia, o agente pode ser disposto em uma configuração, em que os cumes não tocam uns nos outros. Por exemplo, as superfícies de agente podem ser suficientemente separadas entre si em um elemento de filtro em painel, ou podem ser separadas entre si como é o caso típico em um elemento de filtro cilíndrico. Nesses casos, a assimetria de volume no elemento de filtro é esperada como sendo diferente do cálculo da “assimetria de volume de agente”. De modo correspondente, a utilização do cálculo da “assimetria de volume de agente” é uma técnica para normalização do cálculo da assimetria de volume (ou simetria de volume) para um pacote de agentes de filtração baseado na média 10 em si mesma e independentemente de como o agente é disposto ou empacotado em um elemento de filtro. Outro cálculo que pode ser útil é a efetiva assimetria de volume em um elemento de filtro. A efetiva assimetria de volume para um elemento de filtro se refere à assimetria de volume resultante de uma diferença no volume entre um lado a montante do elemento e um lado a jusante do elemento. A disposição do agente (por exemplo em painel 15 ou em cilindro) pode afetar esse valor.

A assimetria de área transversal de agente pode também ser calculada por exame de um elemento de filtro, mas a área transversal é desejavelmente medida afastada das pregas. Assim, por exemplo, a área transversal do agente pode ser tomada ao longo de um comprimento de caneladura ao longo de uma distância que exclui três vezes a altura da caneladura a partir da prega. A razão de a assimetria de área transversal de agente ser calculada longe das pregas, é para evitar a influência das pregas no cálculo da assimetria de área transversal de agente. Para além disso, deve ser entendido que a assimetria de área transversal de agente pode variar ao longo de um comprimento de caneladura. Essa variação 25 pode ser resultado de uma inclinação na caneladura.

30 Relativamente à assimetria de área transversal de agente, a área transversal do agente irá tipicamente demonstrar a assimetria em cada lado do agente. Tal como mostrado na Figura 10A, uma secção transversal mostra uma assimetria na área transversal 253 com a área transversal 255.

35 A estrutura tridimensional das caneladuras define um volume aberto para o fluxo de fluido, bem como espaço para contaminantes (tal como o pó) a acumular. Em algumas modalidades, o agente de filtração exibe uma assimetria de volume de agente de modo a que um volume de um lado do agente seja maior que um volume do outro lado do agente. De um

modo geral, a assimetria de volume de agente se refere à assimetria de volume entre um lado a montante e um lado a jusante de agentes de filtração pregueados contendo caneladuras. A assimetria de volume de agente é causada pela disposição de caneladuras do agente, em vez de pela disposição de empacotamento dentro de um pacote de agentes.

5 Com referência às Figuras 11A e 11B, é mostrada uma vista esquemática transversal de uma porção de um pacote de agentes de filtração na Figura 11A, ao longo de uma imagem transversal escaneada na Figura 11B. Na Figura 11A, uma vista transversal do agente 450 é mostrada, em que o agente 450 é dobrado para trás e para a frente em si mesmo. Os cumes 456 e 458 se tocam na modalidade ilustrada. Cada cume 456, 458 se projeta 10 a partir de porções adjacentes da caneladura 460, 462. Na modalidade ilustrada, cada caneladura contém arestas 464, 468. Será observado na Figura 11B que os cumes 456 e 458 compreendem pontas que se projetam para além do perfil geral da caneladura envolvente. Na modalidade ilustrada, o perfil geral da caneladura é caracterizado pelas porções 460, 462 com o cume 462 a se projetar para cima a partir daquele perfil geral. Será observado 15 que o agente de acordo com o estado da técnica das Figuras 1 a 3 não tem cumes que se projetam acima do agente adjacente do modo ilustrado (por exemplo, e sem limitação) nas Figuras 5B, 11A e 11B.

Uma fotografia escaneada seccionada do agente construído de acordo com a invenção é mostrada na Figura 11B, e também mostra uma vista transversal do agente 450, 20 dobrado para trás e para a frente em si mesmo. Os cumes 456 e 458 se tocam na modalidade ilustrada. Na modalidade ilustrada, cada caneladura contém arestas 464, 468. Será observado a partir da Figura 11B que o pacote de agentes pode mostrar variabilidade sem se desviar do escopo da invenção. Assim, o pacote de agentes da Figura 11B mostra uma implementação atual do pacote de agentes desenhado na Figura 11A.

25 Agora com referência às Figuras 12-14, um pacote de agentes de filtração é mostrado com o número de referência 300. O pacote de agentes de filtração inclui pregas 302 que formam uma primeira face 304 (ver Figura 12) e pregas 306 que formam uma segunda face 308 (ver Figura 13). As superfícies de agente 310 e 312 são separadas entre si de modo a não se tocarem, e as superfícies de agente 314 e 316 são separadas entre si de modo 30 a não se tocarem. As aberturas 320 são fornecidas entre as superfícies de agente 310 e 312, e as aberturas 322 são fornecidas entre as superfícies de agente 314 e 316. Tal como mostrado na Figuras 14, o fluxo de fluido através de uma abertura 320 na primeira face 304 passa através do agente para fornecer a filtração do fluido e então sai através da outra abertura 322 na segunda face 308.

35 Um elemento de filtro ou cartucho de filtro pode ser fornecido como elemento de filtro de serviço. O termo “de serviço”, nesse contexto se refere a um elemento de filtro contendo agentes de filtração em que o elemento de filtro pode ser periodicamente removido e

substituído por um limpador de ar correspondente. Um limpador de ar que inclui um elemento de filtro de serviço ou cartucho de filtro é construído para fornecer a remoção e substituição do elemento de filtro ou cartucho de filtro. De um modo geral, o limpador de ar pode incluir uma estrutura de acondicionamento e uma cobertura de acesso em que a cobertura de acesso fornece a remoção de um elemento de filtro usado e a inserção de um novo ou limpo elemento de filtro (recondicionado).

Um pacote de agentes de filtração pregueados formado em painel pode ser referido como uma “configuração de fluxo direto” ou por variantes do mesmo, quando as faces no agente de filtração pregueado estão paralelas. Por exemplo, um elemento de filtro fornecido na forma de um painel geralmente pode ter uma face de fluxo de entrada e de fluxo de saída, com fluxo a entrar e a sair do elemento de filtro na mesma direção essencialmente direta. Em alguns casos, cada uma das faces pode ser geralmente plana ou rasa, com as duas paralelas entre si. No entanto, variações destas faces, por exemplo planares, podem ser possíveis em algumas aplicações.

Em alternativa, as faces de entrada e saída de fluxo podem ser fornecidas em um ângulo em relação uma à outra para que as faces não estejam paralelas. Para além disso, um elemento de filtro pode incluir um pacote de agentes de filtração tendo uma face não planar e uma face não planar pode ser considerada não paralela em relação a outra face. Uma face não planar exemplificativa para um pacote de agentes de filtração inclui uma face que forma a superfície interior ou superfície exterior de um pacote de agentes de filtração formado em uma disposição cilíndrica ou cônica. Outra face não planar exemplificativa para um pacote de agentes de filtração inclui um pacote de agentes de filtração, em que as superfícies de agente têm uma profundidade de pregas inconsistente ou irregular (por exemplo, a profundidade de prega de uma prega é diferente da profundidade de prega de outra prega). A face de fluxo de entrada (por vezes referida como “extremidade”) pode ser referida como primeira face ou segunda face, e a face de fluxo de saída (por vezes referida como “extremidade”) pode ser referida como a outra primeira face ou segunda face.

Uma configuração de fluxo direta encontrada em elementos de filtro contendo agentes de filtração pregueados formados em painel é, por exemplo, em contraste com os elementos de filtro cilíndricos contendo agentes de filtração dispostos em uma configuração cilíndrica do tipo mostrado na patente nos EUA nº 6,039,778, na qual o fluxo geralmente faz essencialmente uma viragem ao passar através do elemento de filtro. Ou seja, em um elemento de filtro de acordo com a patente nos EUA nº 6,039,778, o fluxo entra no cartucho de filtro cilíndrico através de um lado cilíndrico e depois volta para a saída através de uma extremidade de filtro cilíndrica em um sistema de fluxo impulsionado. Em um sistema de fluxo de inversão, o fluxo entra no cartucho de filtro cilíndrico através de uma extremidade e então vira para a saída através de um lado do cartucho de filtro cilíndrico. Um exemplo de tal tipo

de sistema de fluxo de inversão é mostrado na patente nos EUA nº 5,613,992. Outro tipo de elemento de filtro contendo agentes de filtração pregueados pode ser referido como elemento de filtro cônico porque o pacote de agentes de filtração está disposto em uma forma cônica.

5 Agora com referência às Figuras 15a e 15b, é mostrado um pacote de agentes de filtração pregueados com o número de referência 350, em que as superfícies do agente 352 e 354 estão se tocando e as superfícies de agentes 356 e 358 estão se tocando. Será notado que as pregas do pacote de agentes de filtração 350 são ilustradas de um modo generalizado sem mostrar a efetiva estrutura das dobras. Ilustrações mais detalhadas da estrutura
10 efetiva das pregas são mostradas (a título de exemplo), em locais como a Figura 14.

De um modo geral, o pacote de agentes de filtração pregueados 350 da Figura 15a é mostrado em uma forma de exemplo em que a densidade das pregas se encontra a um máximo teórico (PCmax) em que os cumes das caneladuras em pregas opostas se tocam ao longo de toda a sua profundidade. Isso maximiza o número de pregas em um dado volume e assim maximiza a quantidade de agentes em um dado volume. Tal como ilustrado nas
15 Figuras 15a e 15b, as superfícies de agente 352 e 354 mostram aberturas 360, e superfícies de agente 356 e 358 mostram aberturas 362 que ilustram, tanto a assimetria de volume de agente, como uma assimetria de área transversal de agente. Uma vantagem no fornecimento da assimetria de volume assenta no fato de o maior volume poder ser fornecido como o
20 volume do lado sujo ou lado limpo, conforme desejado. Quando o maior volume é fornecido do lado sujo, o elemento de filtro pode ter uma vida mais longa, quando fornecido na forma de filtro em painel. O agente do volume do lado sujo ou do lado a montante é geralmente a porção do agente que se torna acumulada em bola com partículas. Ao aumentar o volume
25 do lado a montante, tal como criando uma assimetria de volume, é possível aumentar o desempenho do pacote de agentes ao aumentar a vida útil.

Tal como notado em cima, os cumes de caneladuras são tipicamente caracterizados por um raio agudo ou ponta definida que reduz a dissimulação entre pregas. Enquanto será entendido que os cumes de caneladura terão alguma variação na sua forma, e não formarão necessariamente um arco perfeito, é ainda possível em algumas implementações
30 identificar e medir uma distância que corresponde essencialmente a um raio. Esse raio interno (raio interno efetivo local), que pode ser medido de acordo com a revelação fornecida em baixo, será geralmente inferior a 4 milímetros, mais freqüentemente inferior a 2 milímetros, freqüentemente inferior a 1 milímetro, e opcionalmente inferior a 0,5 mm. Os raios maiores podem também ser adequados para caneladuras grandes. Será ainda compreendido
35 que as caneladuras que não têm um raio distinto ou mensurável ainda estarão abrangidas pelo escopo da revelação, quando contêm outras características descritas nesse documento, tais como a existência de arestas, volumes assimétricos de agente, etc.

O raio exemplificativo r de um agente do estado da técnica é mostrado na Figura 3. Em relação à presente invenção, o raio r é mostrado nas Figuras 4a, 4b, 4c, 5a, 5b, e 5c para várias modalidades. Com referência específica à Figura 5c, o agente canelado 140 pode ser fornecido com um raio r_1 no cume 145 que pode ser considerado como um raio relativamente agudo, e pode ser fornecido com um raio r_2 no cume 146 que pode ser considerado um raio relativamente agudo. O raio r_1 e o raio r_2 podem ser o mesmo ou diferentes. Para além disso, os benefícios de uma dissimulação reduzida podem ser atingidos através do fornecimento apenas de r_1 ou r_2 com um raio relativamente agudo.

As Figuras 16a e 16b mostram exemplos de raios determinados em agentes de filtro atuais. Os raios podem ser medidos, por exemplo, por uma metodologia que use uma medida chamada de raio interno efetivo local. O raio interno efetivo local é definido como o raio externo mínimo de curvatura em uma determinada ponta de caneladura, ou aresta, menos a espessura de agente média da caneladura. O raio externo mínimo de curvatura é o raio mais pequeno de curvatura de um círculo oscilante que se adapta à curva formada pela superfície mais externa subsequente de uma secção transversal de uma dada ponta de caneladura, cume ou aresta. Para efeitos de referência, o círculo oscilante de uma curva plana suficientemente suave em um dado ponto na curvatura é o círculo que se encontra na linha normal interna e cuja curvatura é a mesma que a de uma dada curva nesse ponto. Exemplos gráficos de medidas de raios internos efetivos locais são mostrados nas Figuras 16a e 16b.

Na alternativa, uma fórmula que pode ser usada para descrever um raio aceitável (para certas modalidades) se baseia na largura da caneladura (D_1) e espessura do agente (T). Uma fórmula exemplificativa que pode ser usada para descrever o raio no cume que pode ser caracterizado como um raio relativamente agudo é $(D_1-2T)/8$, em que a largura da caneladura D_1 é maior que cerca de 1 mm e inferior a cerca de 4 cm, e a espessura (T) é superior a cerca de 0,127 mm (0,005 polegadas) e inferior a metade de D_1 . De preferência, o raio relativamente agudo tem um raio inferior a cerca de $(D_1-2T)/16$.

Com referência agora às Figuras 17 e 18, é mostrada uma porção de um pacote de agentes de filtração com o número de referência 400, em uma disposição cilíndrica 402. O pacote de agentes de filtração inclui uma primeira face 404 e uma segunda face 406. Para a disposição cilíndrica 402, a primeira face 404 pode ser considerada a superfície interna da disposição cilíndrica, e a segunda face 406 pode ser considerada a superfície externa da disposição cilíndrica. A primeira face 404 pode ser fornecida com aberturas 405 relativamente grandes e a segunda face 406 pode ser fornecida com aberturas 407 relativamente pequenas. Quando o pacote de agentes de filtração 402 é submetido a ventoinha, o espaçamento aumentado é fornecido entre as pregas, na segunda face 406. Como resultado disso, a disposição mostrada na Figura 17 e 18 pode ser vantajosa quando ar sujo flui para o paco-

te de agentes de filtração, através da segunda face de fluxo 406 e sai do pacote de agentes de filtração através da primeira face de fluxo 404.

Ao submeter o pacote de agentes de filtração a ventoinha, a separação aumentada entre as superfícies de agente e área aumentada de agente (como resultado da ausência de dissimulação) pode ser fornecida para receber o ar sujo e um volume relativamente grande pode ser fornecido como o volume do lado limpo ou a jusante, de modo que o fluido pode fluir para fora do pacote de agentes de filtração com uma restrição reduzida. Como resultado da disposição cilíndrica 402, o volume relativamente grande (calculado com o volume assimetrisco de agente) pode ser fornecido do lado aberto para a superfície interna, e o volume relativamente pequeno pode ser fornecido do lado aberto para a superfície externa.

Agente de filtração:

O agente de filtração pode ser fornecido como agente relativamente flexível, incluindo um material fibroso não tecido contendo fibras de celulose, fibras sintéticas, fibras de vidro ou combinações daquelas, freqüentemente incluindo uma resina e por vezes sendo tratado com materiais adicionais. Um agente de filtração exemplificativo pode ser caracterizado como agente de filtração celuloso que pode tolerar até doze porcento (12%) de tensão sem se desgastar quando úmido e quente, mas o qual irá se romper a tensões de mais baixa porcentagem quando em seco e frio (tão baixo quanto 3% em alguns agentes). O agente de filtração pode ser canelado em várias formas de caneladura ou padrões sem danos inaceitáveis do agente e pode ser pregueado para formar um agente de filtração pregueado.

Para além disso, o agente de filtração é desejavelmente de uma natureza que manterá a sua configuração canelada, durante a utilização. Enquanto alguns agentes de filtração disponíveis podem tolerar mais que doze porcento (12%) de tensão e tais agentes podem ser usados de acordo com a invenção, esse tipo de agentes é tipicamente mais caro devido à necessidade de incorporar quantidades relativamente grandes de fibras sintéticas.

No processo de formação de caneladuras, uma deformação não elástica é causada no agente. Isso evita que o agente retorne à sua forma original. No entanto, assim que as deslocações de formação são libertadas, as caneladuras irão por vezes tender a se deslocar para trás, recuperando apenas uma porção da elasticidade e dobramento que ocorreu. Para além disso, o agente pode conter uma resina. Durante o processo de caneladura, o agente pode ser aquecido para amolecer a resina. Quando a resina arrefece, isso ajudará a manter as formas das caneladuras.

O agente de filtração pode ser fornecido com um material de fibra fino em um ou ambos os seus lados, por exemplo, de acordo com as Patente nos EUA n.^os 6,955,775, 6,673,136, e 7,270,693, aqui incorporadas a título de referência na sua totalidade. De um modo geral, a fibra fina pode ser referida como fina fibra polimérica (microfibra e nanofibra) e pode ser fornecida no agente para melhorar o desempenho de filtração. Como resultado da

presença de uma fina fibra no agente, é possível fornecer um agente com um peso reduzido ou espessura reduzida ao mesmo tempo se obtendo as propriedades desejadas de filtração. De modo correspondente, a presença da fina fibra no agente pode fornecer propriedades de filtração aumentadas para a utilização de agentes mais finos, ou ambos. A fibra caracterizada como fina fibra pode ter um diâmetro de cerca de 0,001 micrômetros a cerca de 10 micrômetros, cerca de 0,005 micrômetros a cerca de 5 micrômetros, ou cerca de 0,01 micrômetros a cerca de 0,5 micrômetros. Materiais exemplificativos que podem ser usados para formar as fibras finas incluem o cloreto de polivinilideno, polímeros de polivinilálcool, poliuretano, e copolímeros compreendendo vários tipos de nylon como o nylon 6, nylon 4,6, nylon 6,6, nylon 6,10, e copolímeros dos mesmos, cloreto de polivinila, PVDC, polistireno, poliacrilonitrila, PMMA, PVDF, poliamidas, e misturas dos mesmos.

Várias técnicas podem ser confiadas para o melhoramento do desempenho do agente de filtração pregueado. A técnica pode ser aplicada a agentes de filtração pregueados usados em disposições de filtros em painel e para agentes de filtração pregueados usados em disposições de filtro cilíndricas ou cônicas. Dependendo de o agente de filtração pregueado ser pretendido para utilização em uma disposição de filtro em painel ou disposição de filtro cilíndrica ou cônica, podem ser fornecidas preferências alternativas. Com vista à presente revelação, deve se entender quando certas preferências são mais desejadas para uma disposição de filtro em painel, e quando certas preferências são mais desejadas para uma disposição de filtro cilíndrica.

De modo correspondente, deve ser entendido que a identificação de uma preferência não pretende refletir uma preferência para a disposição de filtro em painel e disposição de filtro cilíndrica. Para além disso, deve ser entendido que as preferências podem alterar como resultado de se a disposição de filtro cilíndrica é pretendida para ser uma disposição que pode ser caracterizada como disposição de fluxo impulsionado (onde o ar sujo flui para o pacote de agentes de filtração a partir da superfície exterior cilíndrica) ou um pacote de agentes de filtração de fluxo inverso (onde o ar sujo flui para o interior do agente de filtração a partir da superfície interna do pacote de agentes de filtração).

Elementos de Filtro

Os seguintes elementos de filtro são fornecidos como exemplos construídos de acordo com a presente invenção e não pretendem ser todos inclusivos de concepções de elementos efetuados de acordo com os ensinamentos do presente documento. Em vez disso, um perito na técnica irá apreciar que vários elementos alternativos podem ser construídos ao mesmo tempo que se mantêm abrangidos pelo escopo da revelação das reivindicações. Na Figura 19 é mostrado um filtro de painel 300. O filtro de painel 300 compreende o agente 301, pregueado em uma configuração compreendendo pregas 302. O painel 300 ilustrado inclui uma construção de estrutura 310 com uma disposição de selante 312. A dis-

posição do selante 312 é geralmente configurada para formar um selante com uma estrutura de acondicionamento ou outra estrutura na qual o filtro de painel 10 é posicionado. O filtro de painel 300 também inclui uma grelha de suporte 314, ao longo de uma superfície da disposição de filtro de painel 300.

5 Embora existam variações nos filtros de painel, em relação aos mostrados na Figura 19, de um modo geral, as características são semelhantes, compreendendo: uma variedade de pregas paralelas; uma disposição de selante segura dentro do filtro em painel; e uma configuração rectangular com um conjunto de pregas 316 e o segundo conjunto de pregas 318 em um plano separado. (As extremidades ou arestas opostas 320 das pregas
10 podem se fechadas por um selante ou por encapsulamento em um molde ou estrutura, se desejado). Apesar de não ilustrado na Figura 19, as caneladuras no agente pregueado irão freqüentemente decorrer substancialmente de modo perpendicular às pregas 316 e 318 (apesar de serem também previstas outras direções não perpendiculares). Assim, as caneladuras podem se projetar em uma direção desde as pregas 316 para as pregas 318.

15 Em outras disposições, o agente pregueado é configurado ou disposto em torno de uma área central aberta. Um exemplo de tal tipo de disposição de filtro é ilustrado nas Figuras 20 e 21. Com referência à Figura 20, é ilustrada uma disposição de filtro 330. A disposição do filtro 330 comprehende primeiras e segundas coberturas finais 332 e 334 com o agente pregueado 336 a se projetar entre elas. As pregas do agente pregueado 336 geralmente
20 se projetam em uma direção entre as coberturas finais 332 e 334. A disposição de filtro particular 330 da Figura 20 tem um contorno externo 340, mostrado em destaque em uma localização, para a visualização das pregas. (Tipicamente, apenas as pregas poderem ser vistas através do contorno 340, a disposição 330 não é simplesmente desenhada dessa forma, para efeitos de conveniência). O contorno externo 340 mostrado comprehende metal
25 expandido, apesar de poder ser usada uma variedade de contornos externos alternativos, incluindo plástico. Em alguns casos, um contorno externo não é simplesmente usado. É também direcionada atenção para a Figura 21, que é uma vista elevada lateral de uma disposição 330, mostrando as coberturas finais 332 e 334. As pregas 336 são mostradas, tal como o contorno externo 340. Para a disposição particular 330 da Figura 20, uma direção
30 perpendicular à prega é geralmente uma circunferência da disposição de filtro 330, indicada pela seta de duas pontas 342.

35 A disposição de filtro particular 330 ilustrada é geralmente cilíndrica, apesar de serem possíveis alternativas. Tipicamente, tais elementos como o elemento 330 têm uma cobertura final aberta, nesse caso correspondente à cobertura final 332, e uma cobertura final fechada, nesse caso correspondendo à cobertura final 334, apesar de serem possíveis alternativas. O termo “aberto”, quando usado com referência a uma cobertura final, significa uma cobertura final que tem uma abertura central aberta 344 para permitir fluxo de ar entre

um espaço interno 346 da disposição de filtro 330 e o exterior, sem passagem através do agente 336. Uma cobertura final fechada, por comparação, é uma cobertura final que não tem abertura. Apesar de não ilustrado, as caneladuras serão tipicamente dispostas em uma direção a partir das pregas externas do agente pregueado 336 perpendicularmente (ou quase perpendicularmente) no interior do elemento, na direção do volume interno 346. No entanto, será entendido que as caneladuras não têm de decorrer perpendicularmente às pregas externas.

Uma variedade de disposições tem sido desenvolvida para coberturas finais desenvolvidas 332 e 334. A cobertura final pode compreender material polimérico moldado no agente. Em alternativa, podem compreender coberturas finais metálicas ou outras coberturas finais executadas, seguras ao agente com um adesivo apropriado ou agente de encaixe. As coberturas finais particularmente ilustradas 332 e 334 são coberturas finais moldadas, cada uma compreendendo poliuretano espumado compressível. A cobertura final 332 é mostrada com um selante de estrutura de acondicionamento 350, para selar o elemento 330 em uma estrutura de acondicionamento durante a utilização. O selante ilustrado 350 é um selante radial interno, apesar de serem também possíveis selantes radiais externos e selantes axiais.

É notado que o elemento pode incluir um contorno interno 352 que se projeta entre as coberturas finais 332 e 334 ao longo do interior de um agente 330, tal como mostrado na Figura 20, apesar de em algumas modalidades, tais contornos serem opcionais. O contorno interno, se usado pode ser de metal, tal como metal expandido ou metal perfurado, ou pode ser de plástico.

A distância entre a superfície cilíndrica externa e a superfície cilíndrica interna, definida pelas pregas externas e internas, é normalmente referenciada como profundidade de pregas. (Uma distância análoga é a profundidade de pregas em filtros de painel, Figura 19, ou em filtros cônicos, Figura 20).

Uma disposição como a mostrada nas Figuras 20 e 21 é por vezes referenciada aqui como "disposições cilíndricas" usando agentes "cilindricamente configurados" ou por caracterizações semelhantes. Nem todas as disposições de filtro que utilizam um agente tubular são configuradas como cilindros. Um exemplo disso está ilustrado na Figura 22. Com referência à Figura 22, é mostrada uma disposição de filtro 400 que compreende a extensão do agente 402 que é pregueado em que a direção da prega se projeta nas direções da seta 404. A disposição do filtro 400 é de alguma forma côncica, tendo uma extremidade larga 406 e uma extremidade estreita 408. Na extremidade larga 406 está posicionada uma cobertura final 407, e na extremidade estreita 408 está posicionada uma cobertura final 409. Tal como com a disposição cilíndrica, pode ser usada uma variedade de coberturas finais abertas e fechadas. Para o exemplo específico ilustrado, a cobertura final 407 é aberta e uma cobertu-

ra final 408 é fechada.

A disposição de filtro 400 inclui películas de suporte externas 410 que se projetam entre a cobertura final 407 e 409. A disposição particular 400 não inclui película de suporte interna, apesar de poder ser usada. O elemento de filtro 400 inclui uma disposição de selante 412, nesse caso, um selante axial, apesar de ser possível um selante radial interno ou externo. O elemento 400 inclui uma disposição montada roscada não contínua 414, para a montagem de uma estrutura de acondicionamento. A disposição 400 é geralmente descrita em detalhe no documento PCT/US2003/33952 depositado em 23 de Outubro de 2003, aqui incorporado a título de referência.

10 Agora com referência às Figuras 23 e 24, uma disposição de filtro é mostrada com o número de referência 500. A disposição de filtro 500 pode ser considerada como sendo um tipo de elemento de filtro cônico e/ou um tipo de elemento de filtro em painel. O elemento de filtro 500 é mostrado como tendo uma primeira 502 e uma segunda face 504, com agente pregueados 506 que se projetam entre a primeira face 502 e a segunda face 504. As 15 caneladuras construídas de acordo com a presente discussão serão tipicamente dispostas de modo direcional entre a primeira e segunda faces 502, 504. A primeira face 502 inclui uma película 503, e a segunda face 504 inclui uma película 505. O elemento de filtro 500 inclui um primeiro lado 510, segundo lado 512, primeira extremidade 514, e segunda extremidade 516. O primeiro lado 510 e o segundo lado 512 incluem um material de encaixe 520 que auxilia a selar os lados do agente pregueado 506, e um selante 522 que evita que o fluido passe pelo agente 506 quando o elemento 500 está disposto em um limpador de ar. A primeira extremidade 514 e segunda extremidade 516 selam as extremidades das faces do agente pregueado e incluem pinos de orientação 530 que auxiliam a alinhar o elemento 500 dentro do limpador de ar.

20 25 O elemento de filtro 500 mostrado pode ser considerado cônico porque o raio R1 é diferente do raio R2. De um modo geral, o raio R1 se refere ao raio no primeiro lado 510 e o raio R2 se refere ao raio do segundo lado 512. Apesar de o elemento de filtro 500 ser mostrado como tendo uma estrutura cônica, é possível que os raios R1 e R2 sejam o mesmo para que o elemento de filtro se assemelhe mais a uma disposição parcialmente cilíndrica 30 ou, em alternativa, a uma disposição em painel arqueado.

Os elementos de filtro podem, ser utilizados em várias disposições de acondicionamento, e os elementos de filtro podem ser periodicamente substituídos ou limpos ou lavados, conforme desejado. No caso de uma filtração de ar, a estrutura de acondicionamento pode ser fornecida com parte de um limpador de ar para várias aplicações de limpador de ar 35 ou de processamento de ar, incluindo a entrada de ar em motores, entradas em turbinas, recolha de pó e sistemas de aquecimento e ar condicionado. No caso de uma filtração de líquido, a estrutura de acondicionamento pode ser parte de um limpador de líquido para a

limpeza ou processamento de, por exemplo, água, óleo, combustível e fluido hidráulico.

Exemplos

Os seguintes exemplos são fornecidos para auxiliar a ilustrar a revelação, e não devem ser considerados como limitativos com respeito à revelação.

- 5 Os elementos de filtro com agentes pregueados foram comparados usando um software de modelação de desempenho de filtro. Os elementos de filtro não foram construídos e testados para os exemplos específicos. Em vez disso, variáveis como as dimensões dos elementos de filtro e componentes dos elementos de filtro, propriedades e características dos elementos de filtro e os componentes dos elementos de filtro, as condições de utilização e as características do ar a ser filtrado foram introduzidas em um programa de computador que modela o desempenho do filtro. Se espera que o software de modelação do desempenho do filtro forneça orientação em relação ao desempenho de concepção relativa do elemento de filtro mas se espera que o desempenho atual do filtro varie.
- 10 15 Para cada exemplo, as variáveis usadas para introdução em um programa de computador são identificadas. No contexto de filtros de ar para remoção de partículas para entrada de ar em motores, são tipicamente considerados dois de muitos parâmetros quando se avalia o desempenho potencial. Esses são a queda inicial de pressão e vida útil do sistema. A vida útil do sistema é a capacidade de um elemento de filtro sustentar o pó até uma dada queda limite de pressão (por exemplo, capacidade por gramas, para uma queda final de 25
- 20 25 polegadas de altura de coluna de água). Será apreciado que, apesar de o pó ser usado como contaminante para os exemplos aqui descritos, os elementos de filtro fabricados de acordo com os presentes ensinamentos irão tipicamente remover numerosos contaminantes para além do pó, e consequentemente o pó é usado apenas como contaminante exemplificativo para efeitos de demonstração e comparação.

- 25 Os exemplos compararam o desempenho de uma concepção de elemento de filtro com outra concepção de elemento de filtro, em que as concepções do elemento de filtro foram modeladas, sustendo os parâmetros de concepção no elemento de filtro constantes, e depois variando um parâmetro de concepção de cada vez.

- 30 Para os seguintes exemplos, os elementos de filtro em painel que foram modelados tinham uma dimensão de 10 polegadas de largura por 10 polegadas de largura por 1,5 polegadas de profundidade. O agente se manteve constante na forma de um agente de celulose de produção típica, encontrado em muitas aplicações de filtros de ar para motores com agentes pregueados da Donaldson Company, Inc., sita em Bloomington, Minnesota. O agente foi caracterizado como tendo uma espessura (T) de 0,0132 polegadas. Para além disso, o fluxo de caudal de ar para o elemento de filtro modelado se manteve constante e o tipo de pó alimentado no elemento de filtro modelado foi ISO Fine. Nos vários exemplos, vários parâmetros foram mantidos constantes e outros parâmetros variaram, conforme identificado.

Deve ser entendido que o desempenho do pacote de agentes altera dependendo das condições de teste selecionadas e do agente e disposição selecionados.

Exemplo 1

Esse exemplo foi modelado para avaliar o efeito da densidade de empacotamento das caneladuras a uma queda inicial de pressão do filtro e vida útil do filtro para uma forma de caneladura especificada. As caneladuras são formadas a partir de arcos ligados em grau sucessivos 180 do agente de filtro mostrado na figura 25. Para esse exemplo:

T é a espessura de agente (selecionada como 0,0132 polegadas).

J é a altura da caneladura;

D1 é a largura da caneladura;

D2 é o comprimento do agente correspondente à largura da caneladura

C é a profundidade da caneladura (J menos T);

R é o raio interno da caneladura (o raio é o mesmo para cumes adjacentes), o qual é métrico para a avaliação da forma da caneladura;

Novamente, o PCMax é a concentração máxima de contagem de pregas em que o painel pode ser manufaturado sem deformar as caneladuras. De um modo geral, o PCMax se refere ao número máximo de pregas que podem ser colocadas em um dado volume antes da execução, como resultado da deformação das caneladuras. Isso implica que em um modelo de configuração em painel, os cumes das caneladuras em faces de agente adjacentes irão se tocar ao longo de substancialmente todo o seu comprimento. Para os filtros de painel, a concentração de pregas PCMax é igual a $1/(2J)$. Isso implica que, para um caudal de volume fixo de ar para o filtro, quando J altera, a contagem de pregas irá alterar e a área de agente e velocidade de face de agente (a velocidade média do caudal através do agente de filtro) irá alterar.

Esse exemplo foi modelado a um PCMax, a um caudal de volume de elemento de filtro de 489,7 pés cúbicos por minuto (cfm) e em que o volume do pacote de agentes a montante (lado sujo) é igual ao volume de pacotes de agente a jusante (lado limpo). As caneladuras são assumidas como tendo uma forma que pode ser caracterizada como uma caneladura arco-arco de 180°, o que significa que à medida que o agente se curva a partir de um cume, então ele se curva para outro cume sem uma secção reta entre as curvas. O raio (R) pode ser referido como o raio máximo que mantém a forma de caneladura arco-arco. Os resultados são mostrados no Quadro 1 e são graficamente representados na Figura 25 na forma de círculos preenchidos. Para além disso, as representações de pequena escala das formas de caneladuras são mostradas na Figura 25 ao longo de círculos preenchidos correspondentes.

Tal como se torna evidente a partir do Quadro 1 e Figura 25, à medida que o raio diminui, J diminui, D1 também diminui, e PCMax aumenta. Para o agente e condições mode-

lados, uma das melhores vidas úteis para o filtro com uma reduzida queda inicial de pressão é fornecida quando o valor J é de 0,064 polegadas e R é 0,019 polegadas. Assim, um R mais reduzido corresponde geralmente a uma queda inicial de pressão favorável e uma favorável vida útil do filtro.

5 QUADRO 1

J (pol)	D1 (pol)	PcMax (1/pol)	R (pol)	Queda inicial de Pressão (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,045	0,06	11,00	0,10	3,82	213
0,064	0,10	7,80	0,019	2,53	185
0,083	0,14	6,04	0,028	2,51	136
0,101	0,18	4,93	0,037	2,72	100
0,120	0,21	4,17	0,047	3,01	74
0,139	0,25	3,60	0,056	3,33	57
0,157	0,29	3,18	0,065	3,68	45
0,176	0,36	2,84	0,075	4,03	36
0,195	0,36	2,57	0,084	4,39	30
0,213	0,40	2,35	0,093	4,76	25

Exemplo 2

Esse exemplo é introduzido para mostrar o efeito do raio (R) a uma altura de caneladura fica (J) e largura de caneladura (D1).

Nesse exemplo, J se manteve constante a 0,083 polegadas e D1 foi mantido constante a 0,14 polegadas, PCMax foi assim mantido constante e o volume do lado sujo foi igual ao volume do lado limpo (i.e. não houve assimetria volumétrica de agente). Uma primeira caneladura foi selecionada com base em uma das configurações apresentadas no Exemplo 1. À medida que o raio variava, a configuração da caneladura se afastou da forma de arco-arco reportada no Exemplo 1 e na direção de uma forma arco-plano-arco caracterizada por dois arcos separados por uma área plana de agente com cumes de caneladura sucessivamente mais agudos. O raio em cumes de caneladuras adjacentes foi moldado para ser o mesmo. Os resultados desse exemplo são enumerados no Quadro 2 e são graficamente representados na Figura 26 na forma de diamantes preenchidos. Para além disso, as representações de pequena escala das formas de caneladuras são mostradas na Figura 26 ao longo de diamantes preenchidos correspondentes.

À medida que o raio (R) diminui, a queda de pressão inicial reduz e a vida útil aumenta. De um modo geral, é preferido um raio mais pequeno. Esse exemplo mostra o valor de cumes de caneladuras agudos e reduzida dissimulação de agentes.

QUADRO 2

R (pol)	D2/D1	Porcentagem Corda Agente (%)	Queda inicial de Pres- são (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,001	1,43	1,3	2,16	154
0,004	1,44	1,9	2,20	149
0,007	1,45	2,6	2,25	144
0,010	1,46	3,3	2,29	140
0,013	1,47	4,1	2,33	137
0,016	1,48	5,0	2,37	134
0,019	1,50	6,0	2,40	133
0,022	1,52	7,2	2,44	132
0,025	1,54	8,8	2,47	132
0,028	1,57	10,9	2,51	135

Exemplo 3

Esse exemplo é representado para mostrar o efeito da variação da largura de caneladura (D1). A forma da caneladura começa com a forma da caneladura do Quadro 2 reportada, tendo uma altura de caneladura (J) de 0,083 polegadas, um raio (R) de 0,010 polegadas e uma largura de caneladura (D1) de 0,14 polegadas. Enquanto a altura da caneladura e raio foram mantidos constantes, a largura da caneladura foi deixada a variar. Os resultados desse exemplo são enumerados no Quadro 3 e são graficamente representados na Figura 27 na forma de triângulos preenchidos. Para além disso, as secções transversais simplificadas das formas de caneladuras são mostradas na Figura 27.

De um modo geral, nesse exemplo, à medida que a largura da caneladura (D1) aumenta, a queda de pressão inicial diminui e a relação D2/D1 aumenta. O aumento da largura da caneladura (D1) em relação à altura da caneladura e raio é valiosa para fornecer uma reduzida queda de pressão inicial. No entanto, nesse exemplo, a vida útil do filtro é mostrada como estando a decair.

15

QUADRO 3

D1 (pol)	D2/D1 (%)	Porcentagem Corda Agente (%)	Queda inicial de Pressão (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,14	1,46	3,2	2,28	139
0,18	1,28	1,6	2,14	118
0,22	1,19	0,8	2,05	109
0,26	1,14	0,5	1,99	105
0,3	1,11	0,3	1,95	103
0,34	1,08	0,2	1,92	102

0,38	1,07	0,1	1,90	101
0,42	1,05	0,1	1,88	100
0,46	1,05	0,1	1,87	99
0,50	1,03	0	1,86	99

Exemplo 4

Esse exemplo mostra o efeito da assimetria de volume de agente. A forma de caneladura alterou de arco-plano-arco para uma forma de caneladura semelhante à mostrada na Figura 5A. De um modo geral, a altura da caneladura (J), o comprimento da caneladura 5 (D1), e o raio do cume (R) se mantiveram constantes. J se manteve constante a 0,083 polegadas, D1 se manteve constante a 0,14 polegadas, e R se manteve constante a 0,01. O pacote de agentes foi mantido a PCMax que corresponde a 6,04 l/polegada. Para além disso, o valor L foi mantido constante a 0,03 polegadas. Tal como pode ser visto na Figura 5a, para uma forma de acordo com uma das implementações da presente invenção, definida 10 matematicamente por arcos e planos, L é a distância de comprimento da caneladura paralela à linha definida por D1, a partir da superfície externa do agente no cume 103 para a tangente da aresta 108, e o valor H se refere à diferença de altura entre as localizações usadas para medir L. Nesse exemplo, H variou.

Os resultados são mostrados no Quadro 4 e são graficamente representados na Figura 28 na forma de sinais mais. Para além disso, as formas de caneladuras são também 15 mostradas. À medida que a assimetria de volume de agente variou, a vida útil do filtro também variou, em que a melhor vida útil de filtro modelada ocorreu com o agente tendo uma assimetria de volume de agente de 157 % a 174 %. Será entendido que diferentes configurações de agente terão diferentes resultados, mas também que a assimetria de volume de 20 agente pode ter um mecanismo importante para melhorar a vida útil do filtro.

QUADRO 4

H (pol)	Assimetria Volume de agente (%)	D2/D1	Porcentagem Corda Agente (%)	Queda inicial de Pressão (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,004	221	1,63	14,9	3,23	126
0,005	207	1,61	13,6	2,98	140
0,006	194	1,59	12,3	2,81	148
0,007	183	1,57	11,2	2,69	152
0,008	174	1,56	10,1	2,60	154
0,009	165	1,54	9,1	2,53	154
0,010	157	1,53	8,2	2,47	154
0,011	150	1,52	7,4	2,43	153

0,012	143	1,51	6,7	2,40	151
0,013	137	1,50	6,1	2,37	150
0,014	132	1,49	5,5	2,35	148
0,015	127	1,49	5,0	2,34	146
0,016	123	1,48	4,6	2,33	145
0,017	119	1,48	4,3	2,32	144
0,018	116	1,47	4,0	2,31	143
0,019	112	1,47	3,8	2,30	142
0,020	109	1,47	3,6	2,30	141
0,021	107	1,46	3,5	2,30	141
0,022	104	1,46	3,4	2,29	140
0,023	102	1,46	3,3	2,29	140
0,024	100	1,46	3,3	2,29	140
0,025	98	1,46	3,3	2,29	140
0,026	96	1,46	3,3	2,29	140
0,027	94	1,46	3,4	2,29	140
0,028	92	1,46	3,5	2,29	141

Exemplo 5

Este exemplo repete o Exemplo 2 exceto no fato de começar em um ponto diferente. Novamente, esse exemplo é para mostrar o efeito da alteração do raio (R) a uma altura de caneladura fixa (J) e largura de caneladura (D1). Para esse exemplo, a altura da caneladura (J) é 0,064 polegadas, o comprimento do período de caneladura (D1) é 0,10 polegadas, e PCMax is 7,80 l/ ploegadas.

Os resultados desse exemplo são enumerados no Quadro 5 e são graficamente representados na Figura 28 na forma de quadrados preenchidos. Para efeitos de comparação, os resultados do Exemplo 2 são mostrados como quadrados não preenchidos. Esse exemplo mostra aumentos na vida útil do filtro, à medida que o raio diminui. Esse exemplo mostra novamente o valor de cumes de caneladuras agudos e reduzida dissimulação de agentes.

QUADRO 5

R (pol)	D2/D1	Porcentagem Corda Agente (%)	Queda inicial de Pressão (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,001	1,44	1,9	2,14	214
0,003	1,45	2,5	2,18	207
0,005	1,46	3,1	2,23	200
0,007	1,47	3,8	2,27	194
0,009	1,48	4,6	2,31	190

0,011	1,49	5,4	2,35	186
0,013	1,50	6,4	2,39	183
0,015	1,52	7,6	2,44	182
0,017	1,54	9,0	2,48	182
0,019	1,57	11,0	2,53	185

Exemplo 6

Esse exemplo foi realizado de acordo com o Exemplo 3, exceto no fato de a altura da caneladura (J) ser de 0,064 polegadas, R ser 0,01 polegadas, e PCMax ser 7,80 l/ ploegadas. Novamente, esse exemplo é apresentado para mostrar o efeito da variação da largura da caneladura (D1).

Os resultados desse exemplo são enumerados no Quadro 6 e são graficamente representados na Figura 28 na forma de triângulos preenchidos. Para efeitos de comparação, os resultados do Exemplo 3 são mostrados estrelas de oito pontos. Esse exemplo mostra novamente diminuições na vida útil do filtro e queda inicial de pressão, à medida que a largura da caneladura aumenta.

QUADRO 6

D (pol)	D2/D1	Porcentagem Corda Agente (%)	Queda inicial de Pressão (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,10	1,50	5,3	2,36	190
0,13	1,29	2,2	2,06	161
0,17	1,18	1,1	1,91	153
0,20	1,13	0,6	1,81	152
0,23	1,09	0,3	1,76	152
0,27	1,07	0,2	1,72	151
0,30	1,06	0,1	1,69	151
0,33	1,05	0,1	1,67	151
0,37	1,04	0,1	1,66	151

Exemplo 7

Esse exemplo foi realizado de acordo com o Exemplo 4, exceto no fato de a altura da caneladura (J) ser de 0,064089 polegadas, o comprimento de caneladura (D1) ser de 0,1018 polegadas, PCMax ser de 7,801651 l/ ploegadas, R ser 0,01 polegadas, e L ser 0,023 polegadas. H foi deixado a variar. Novamente, a forma de caneladura alterou de arco-plano-arco para uma forma de caneladura semelhante à mostrada na Figura 5A.

Os resultados desse exemplo são enumerados no Quadro 7 e são graficamente re-

presentados na Figura 28 na forma de diamantes preenchidos. Para efeitos de comparação, os resultados do Exemplo 4 são mostrados como “sinais de mais”. Esse exemplo novamente mostra que a assimetria de volume de agente pode ser um mecanismo importante para o melhoramento da vida útil do filtro.

5

QUADRO 7

H (pol)	Assimetria Volume de agente (%)	D2/D1	Queda inicial de Pressão (em H ₂ O @ 60 °F)	Vida útil para 25 em H ₂ O (gm)
0,005	192,67	1,64	3,20	207
0,006	175,02	1,61	2,92	213
0,007	160,34	1,58	2,72	213
0,008	148,09	1,56	2,59	210
0,009	137,63	1,54	2,50	206
0,010	128,85	1,52	2,44	201
0,011	121,45	1,51	2,40	196
0,012	115,24	1,50	2,37	193
0,013	110,10	1,49	2,35	190
0,014	105,91	1,49	2,34	189
0,015	102,60	1,49	2,34	188
0,016	100,13	1,49	2,33	187
0,017	97,98	1,49	2,33	188
0,018	95,55	1,49	2,33	188

Com referência agora à Figura 29, são mostrados os dados do desempenho de carga de pó dos testes de duas configurações exemplificativas do agente, em que a carga de pó (gramas de ISO Fine) é ilustrada contra o diferencial de pressão ao longo do elemento. O Elemento 1 foi construído com o melhor dos nossos agentes corrugados convencionais, enquanto o Elemento 2 foi construído usando agente canelado construído de acordo com a invenção. Tal como se torna evidente a partir da Figura 29, o agente construído de acordo com a invenção demonstrou um melhoramento significativo na carga de pó.

10

A descrição em cima fornece uma descrição completa da presente invenção. Visto que muitas modalidades da invenção podem ser efetuadas sem um afastamento do espírito e escopo da invenção, a invenção reside nas reivindicações anexas a seguir.

15

REIVINDICAÇÕES:

1. Pacote de agentes de filtração pregueados **CARACTERIZADO** por compreender:

(a) um agente de filtração tendo um primeiro conjunto de pregas formando uma primeira face, um segundo conjunto de pregas formando uma segunda face, e em que o

5 agente de filtração se projeta entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas em uma disposição de trás para a frente;

10 (b) pelo menos uma porção do agente de filtração que se projeta entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas compreende caneladuras formando um primeiro conjunto de cumes de caneladuras e um segundo conjunto de cumes de caneladu-

ras,

15 (i) em que as caneladuras se projetam direcionalmente a partir do primeiro conjunto de pregas para o segundo conjunto de pregas;

(ii) em que pelo menos 25% das caneladuras no pacote de agentes de filtração pregueados compreende pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, 20 as arestas se projetando ao longo de pelo menos 25% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas; e

(c) pelo menos uma porção das caneladuras que se projeta do primeiro conjunto de pregas para o segundo conjunto de pregas compreende um valor D_2/D_1 de pelo menos 1,05, em que D_1 é a largura da caneladura, e D_2 é o comprimento do agente que corresponde à largura da caneladura;

25 (d) em que as caneladuras exibem uma relação entre largura e altura D_1/J de 2,0 a 10,0;

(e) em que pelo menos uma porção das caneladuras possui uma altura da canela-
dura que muda ao longo do comprimento da caneladura.

30 2. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por pelo menos um dos primeiros cumes de caneladuras ou segundos cumes de caneladuras ter um raio inferior a 1 mm.

35 3. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo agente de filtração exibir uma assimetria de volume de agente de pelo menos 50%.

4. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo agente ter uma percentagem de corda de agente de pelo menos 1%.

35 5. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um dos primeiros cumes de caneladuras ou dos segundos cumes de caneladuras possui uma ponta definida no cume de caneladura.

6. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1,

CARACTERIZADO pelo agente de filtração exibir uma assimetria de volume de agente de pelo menos 10%.

7. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO por pelo menos 50% das caneladuras no pacote de agentes de filtração

5 pregueados compreenderem pelo menos uma aresta entre cumes de caneladuras adjacentes, e que se projeta ao longo de pelo menos 50% do comprimento das caneladuras entre o primeiro conjunto de pregas e o segundo conjunto de pregas.

8. Pacote de agentes de filtração pregueados, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelas caneladuras exibirem uma relação entre largura e altura de pelo

10 menos 3,0.

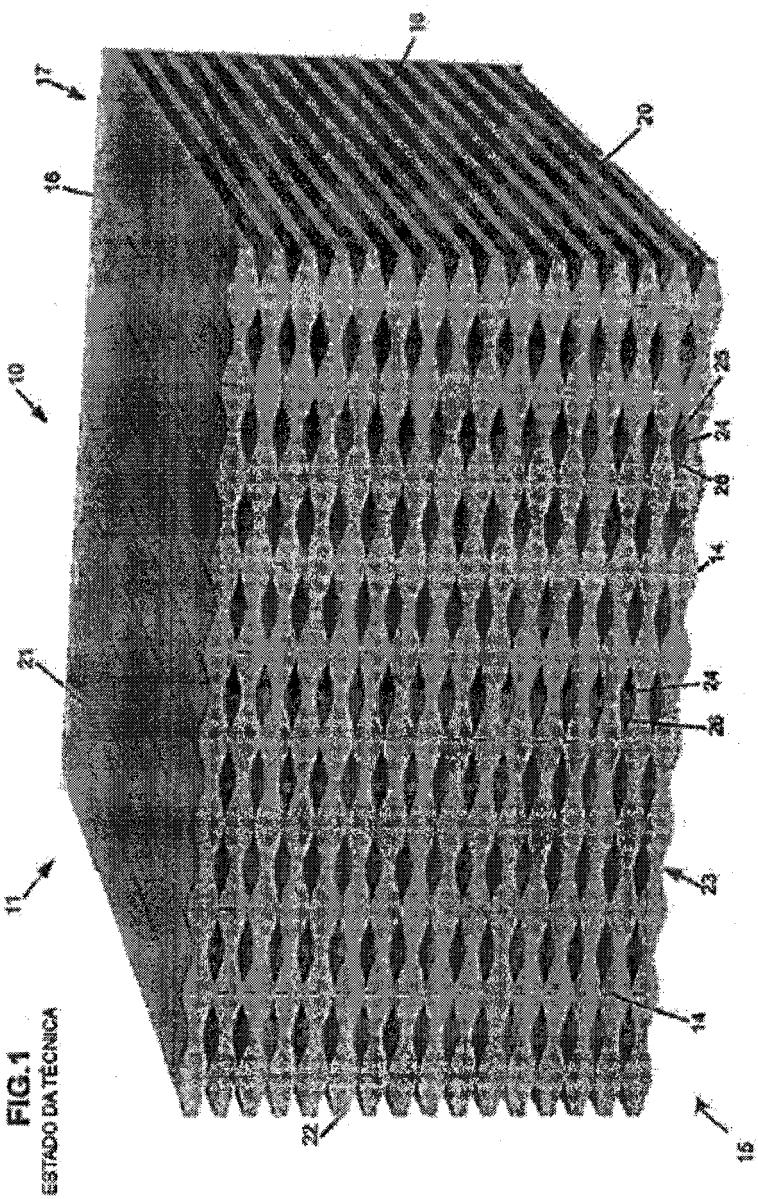


FIG. 1
ESTADO DA TÉCNICA

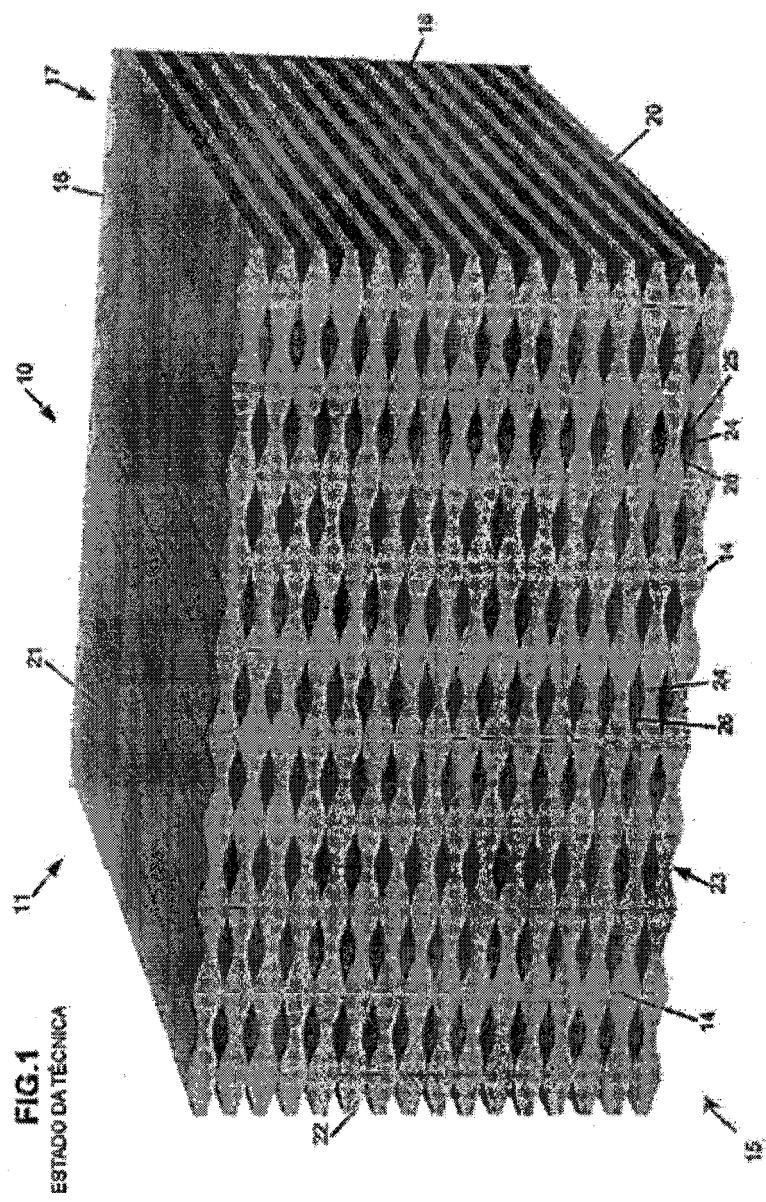


FIG.1
ESTADO DA TÉCNICA

FIG. 3
ESTADO DA TÉCNICA

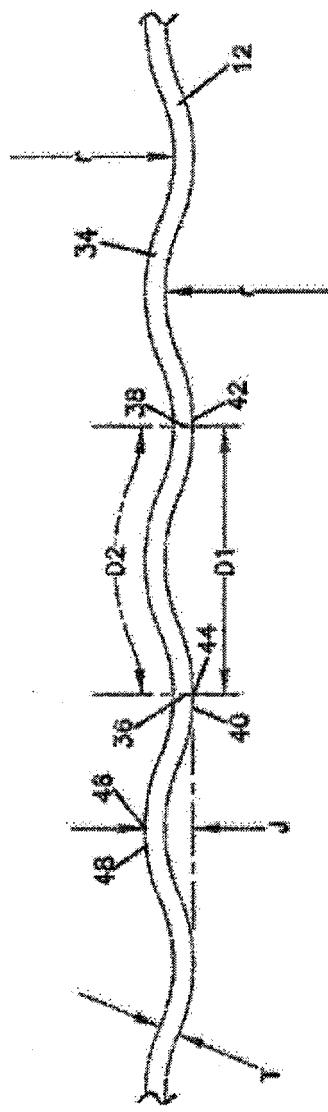


FIG. 4a

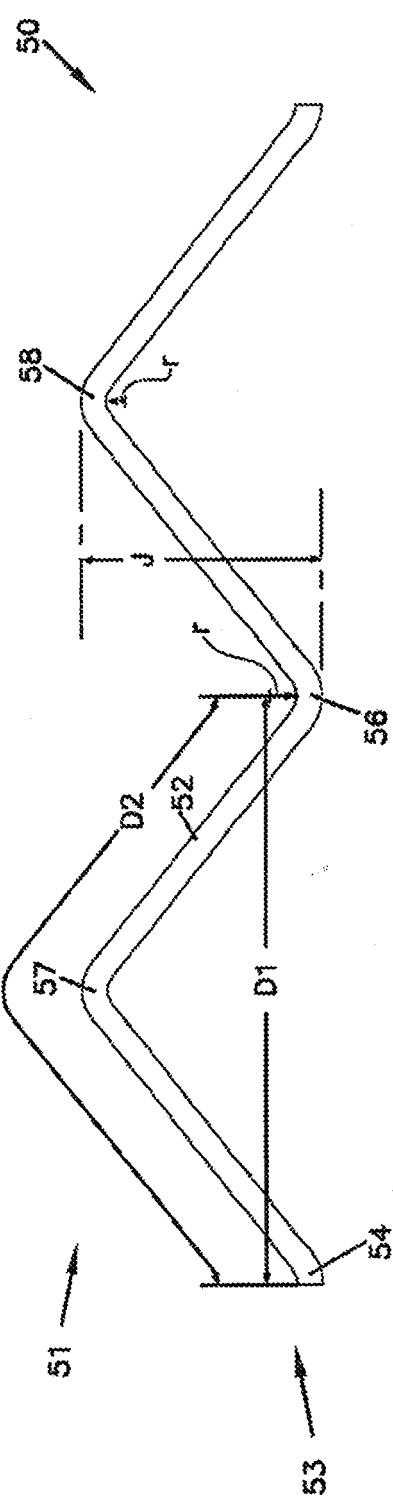
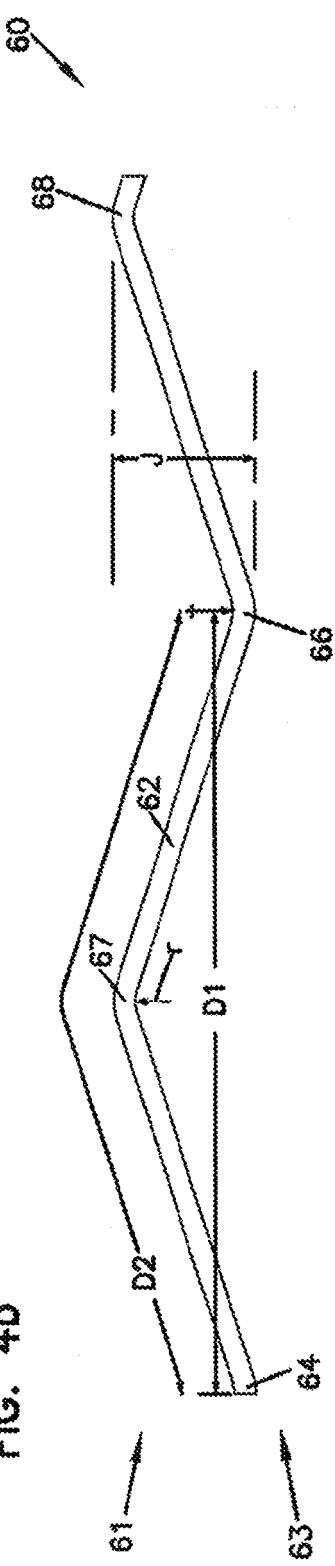
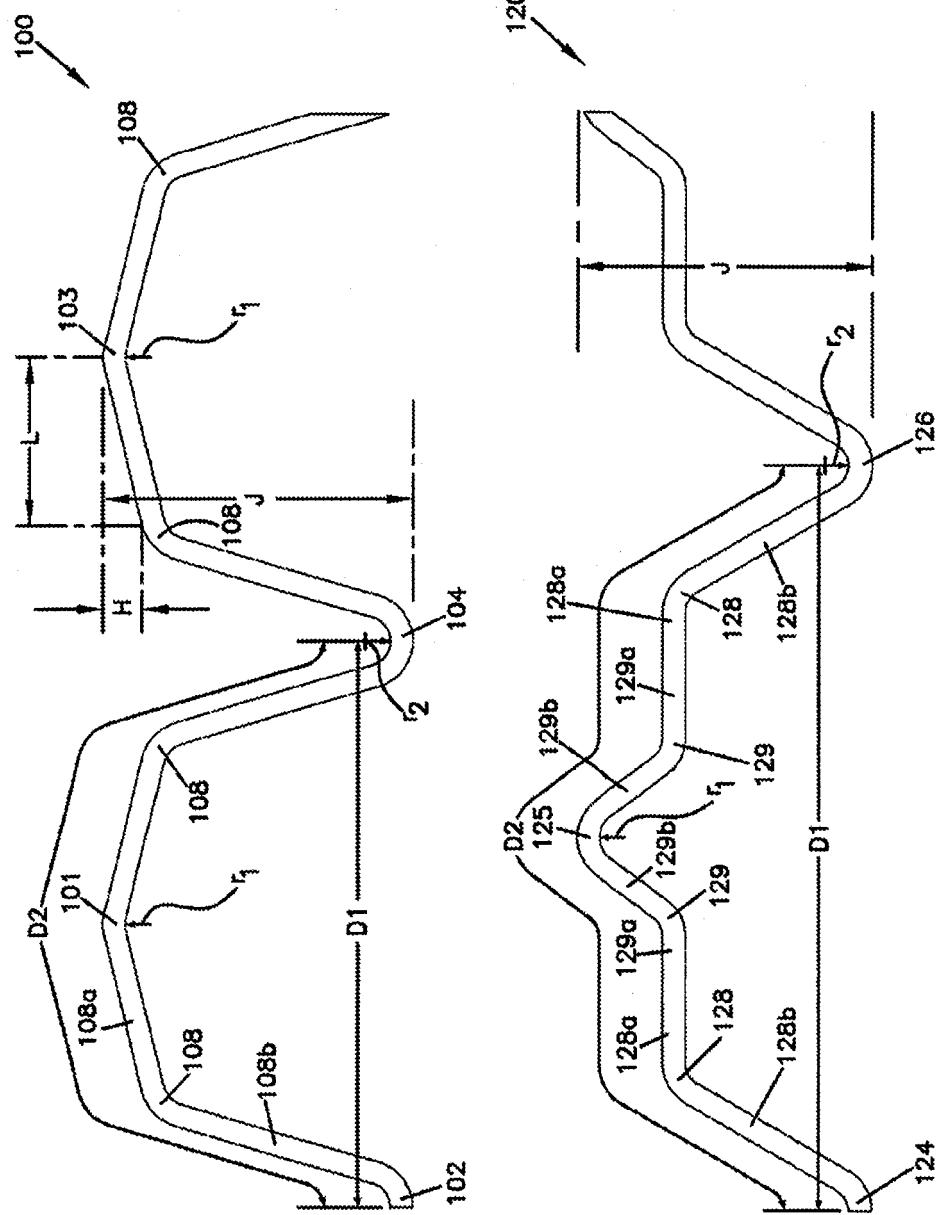


FIG. 4b





५६

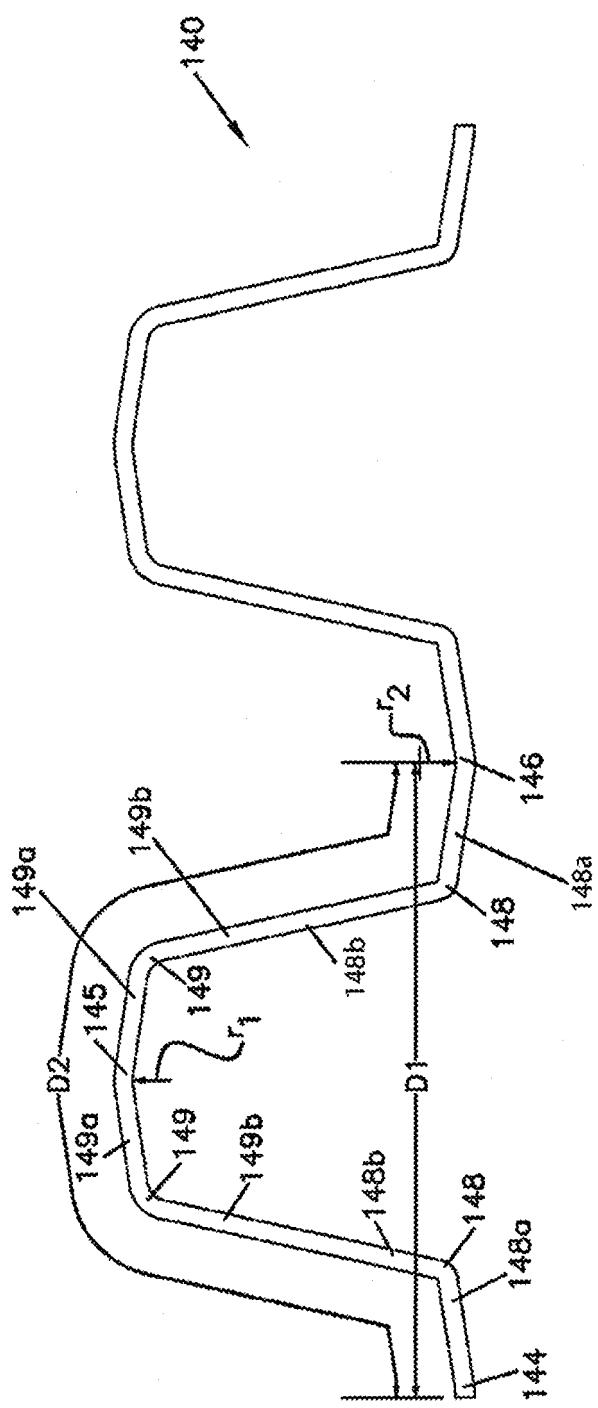


FIG. 5c

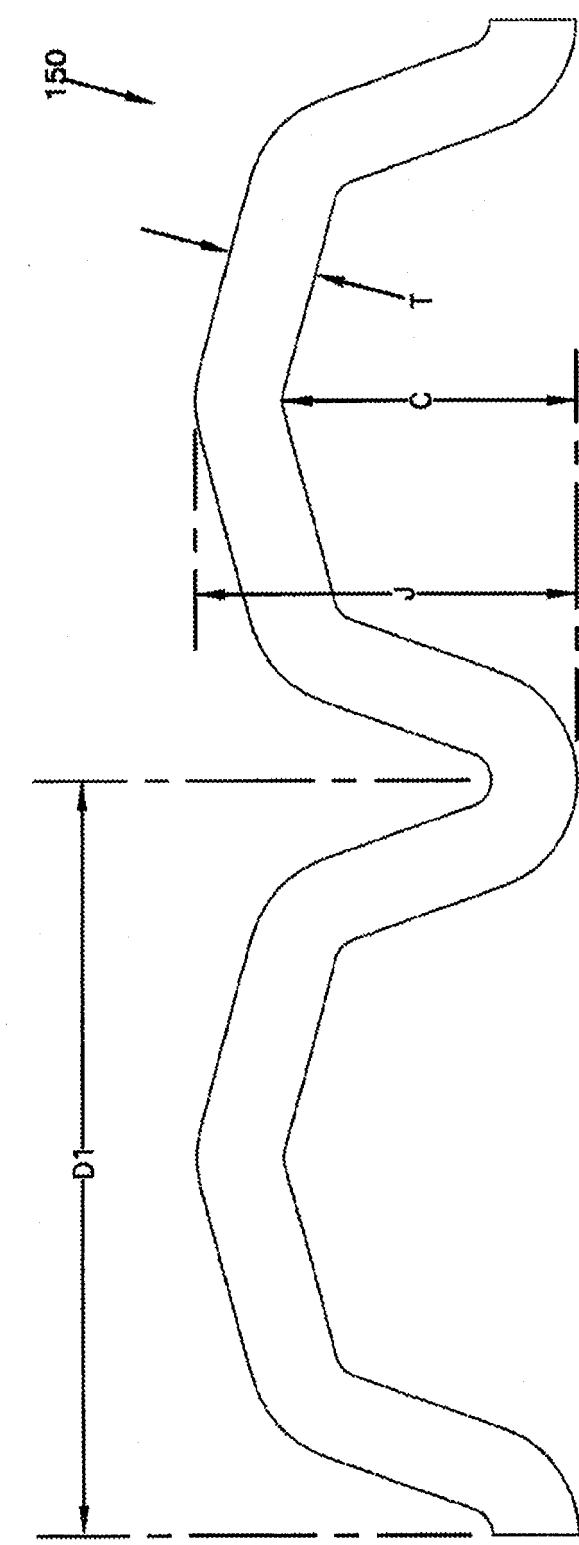
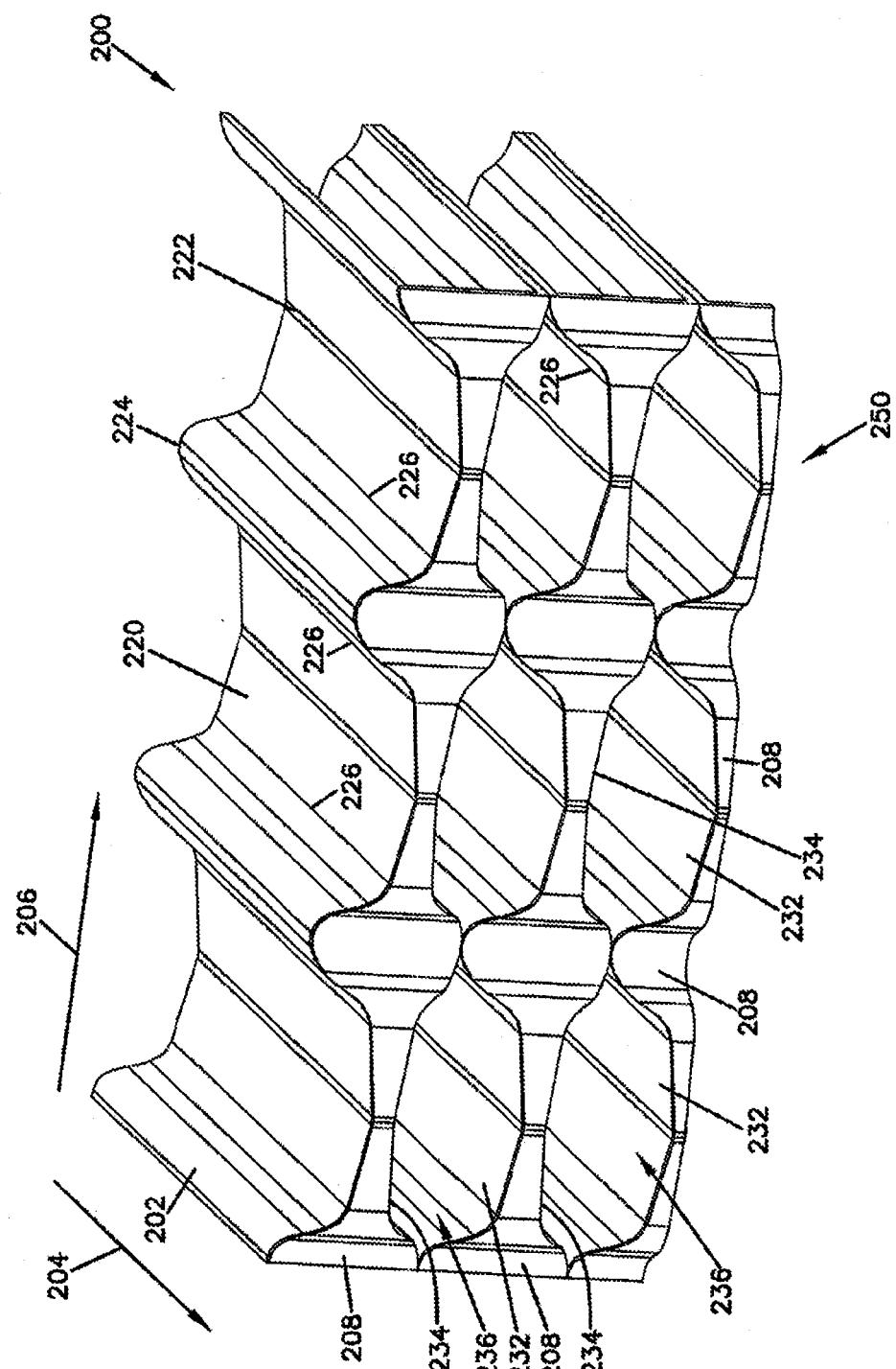


FIG. 5d

FIG. 6



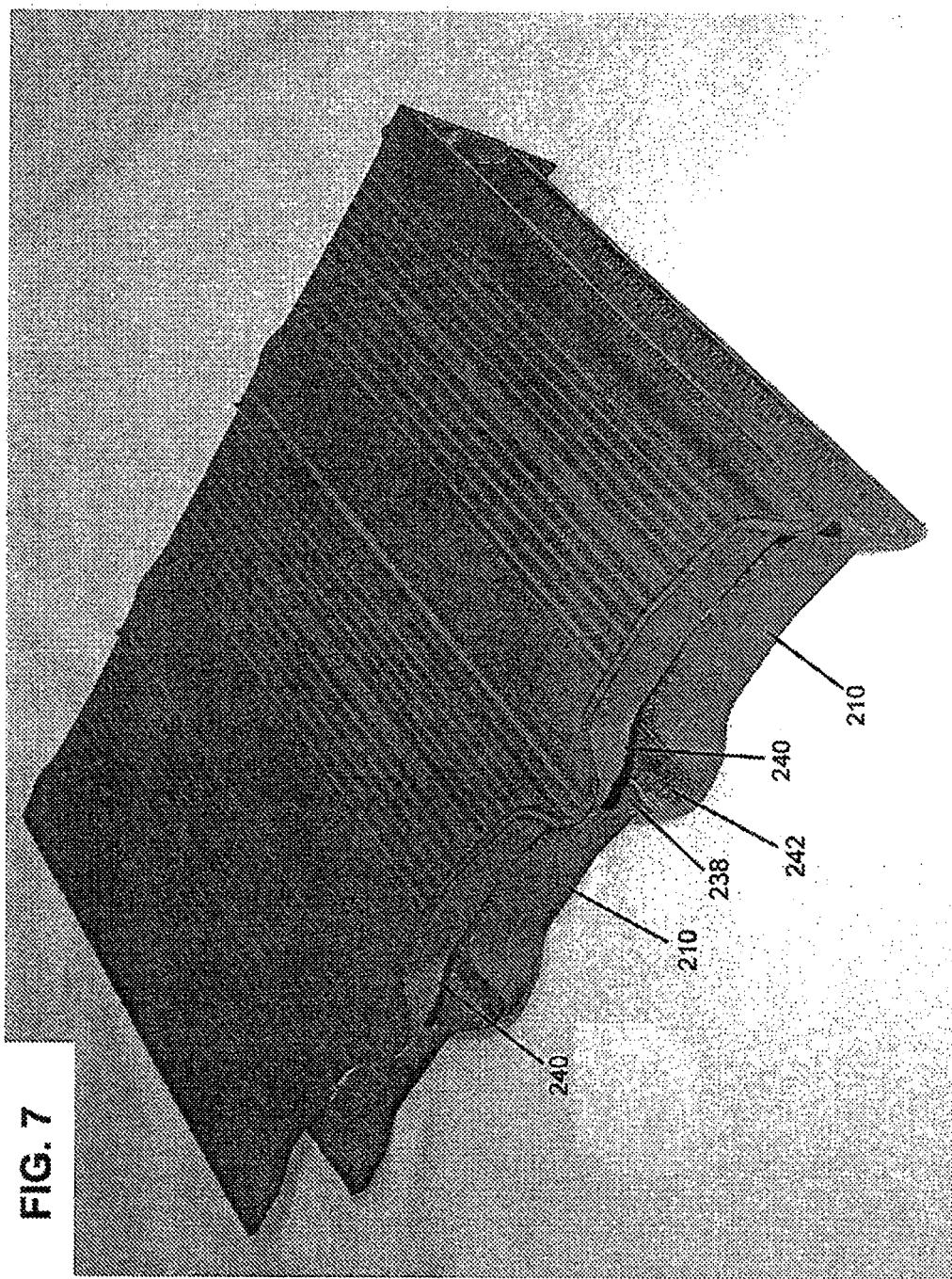


FIG. 7

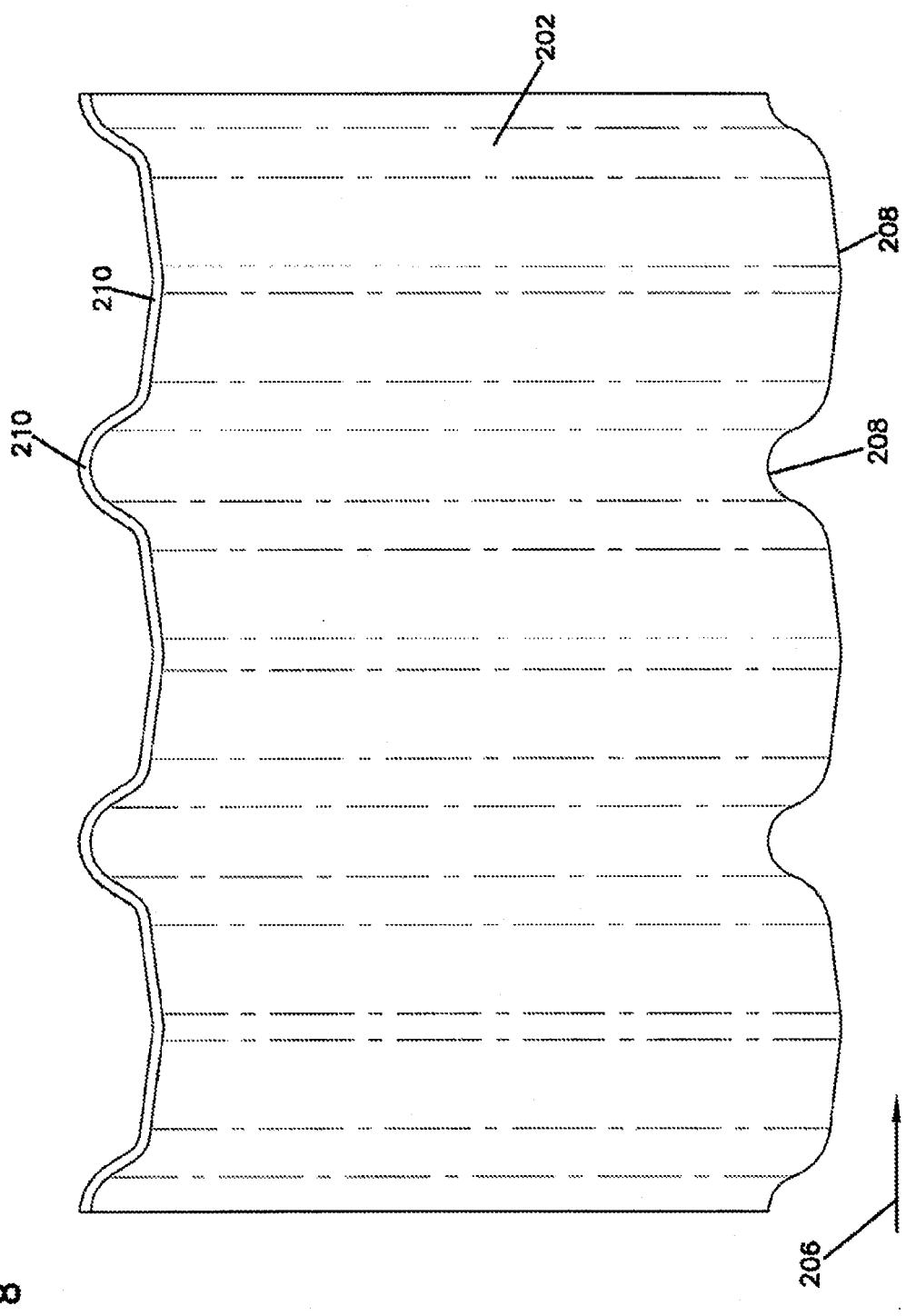


FIG. 8

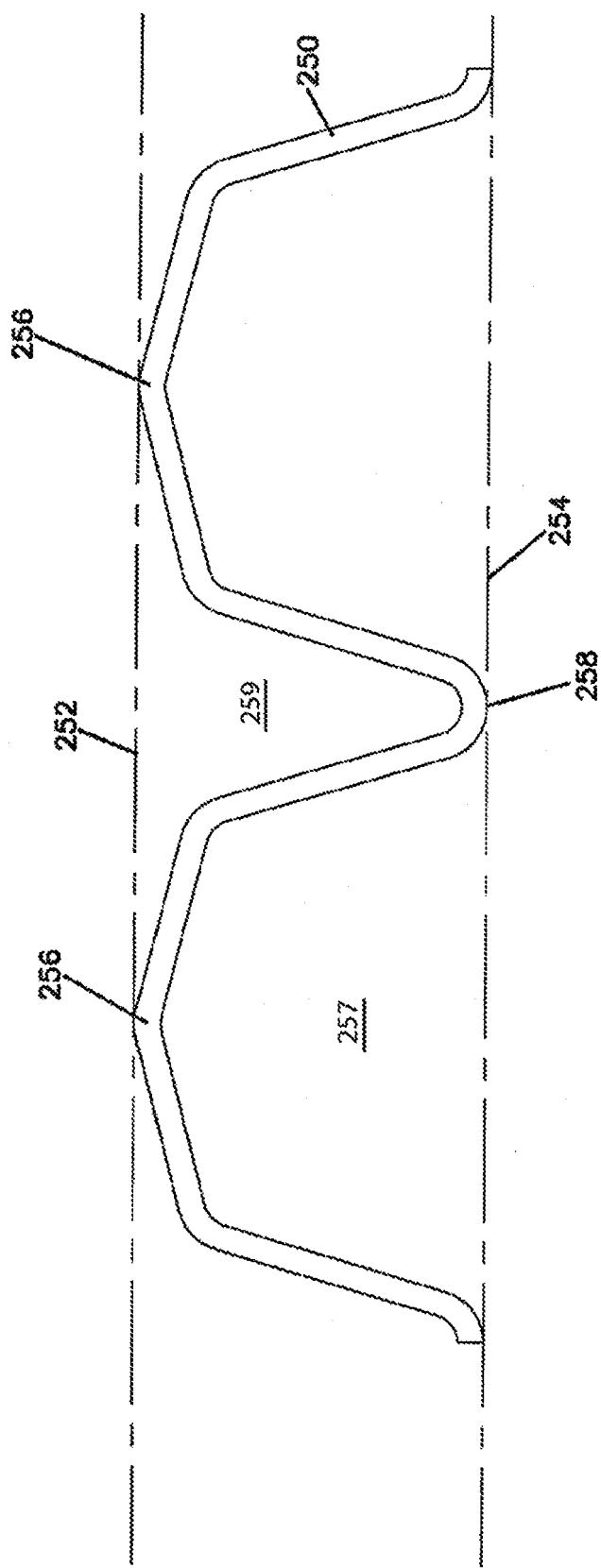
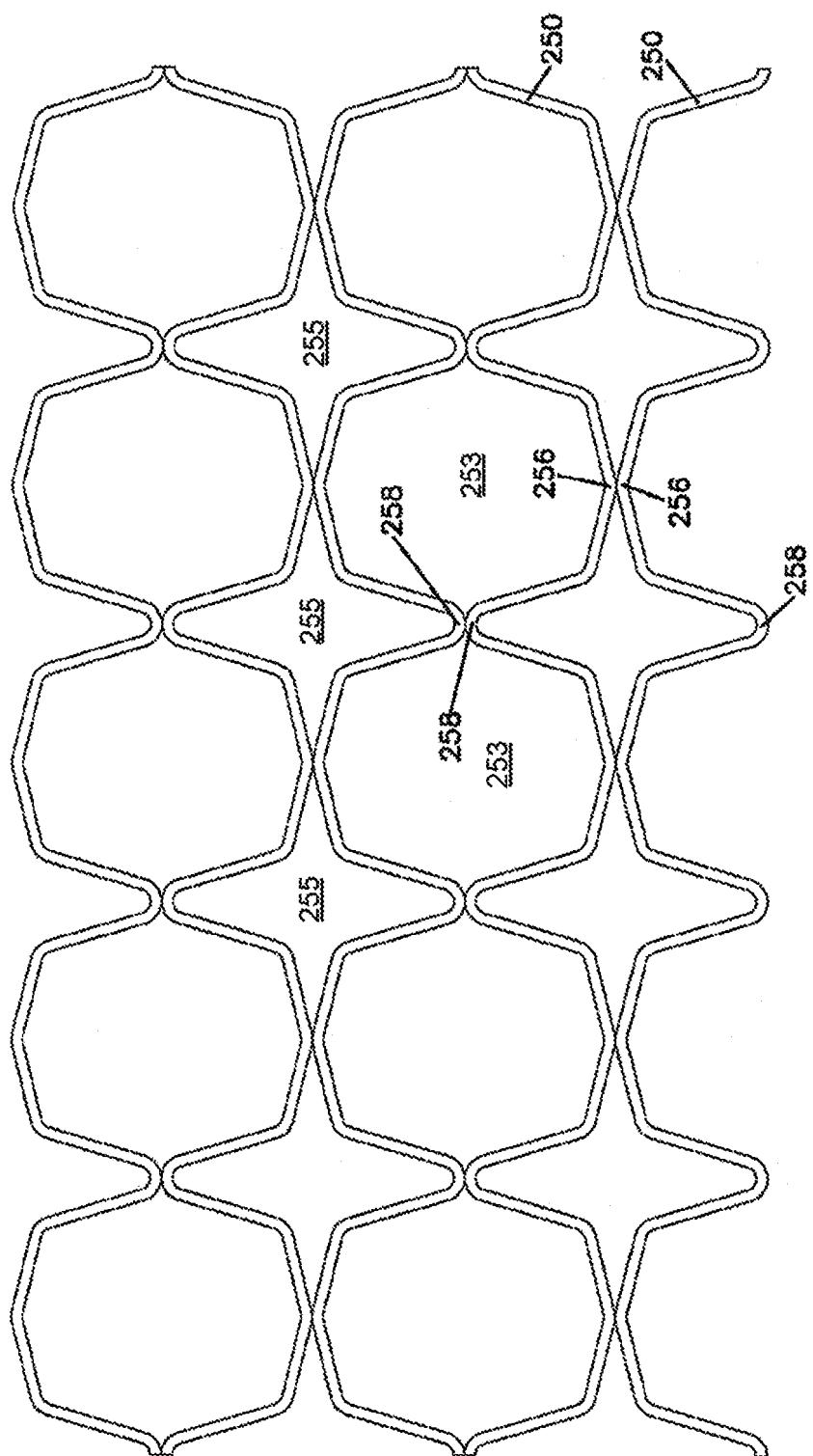


FIG. 9

FIG. 10A



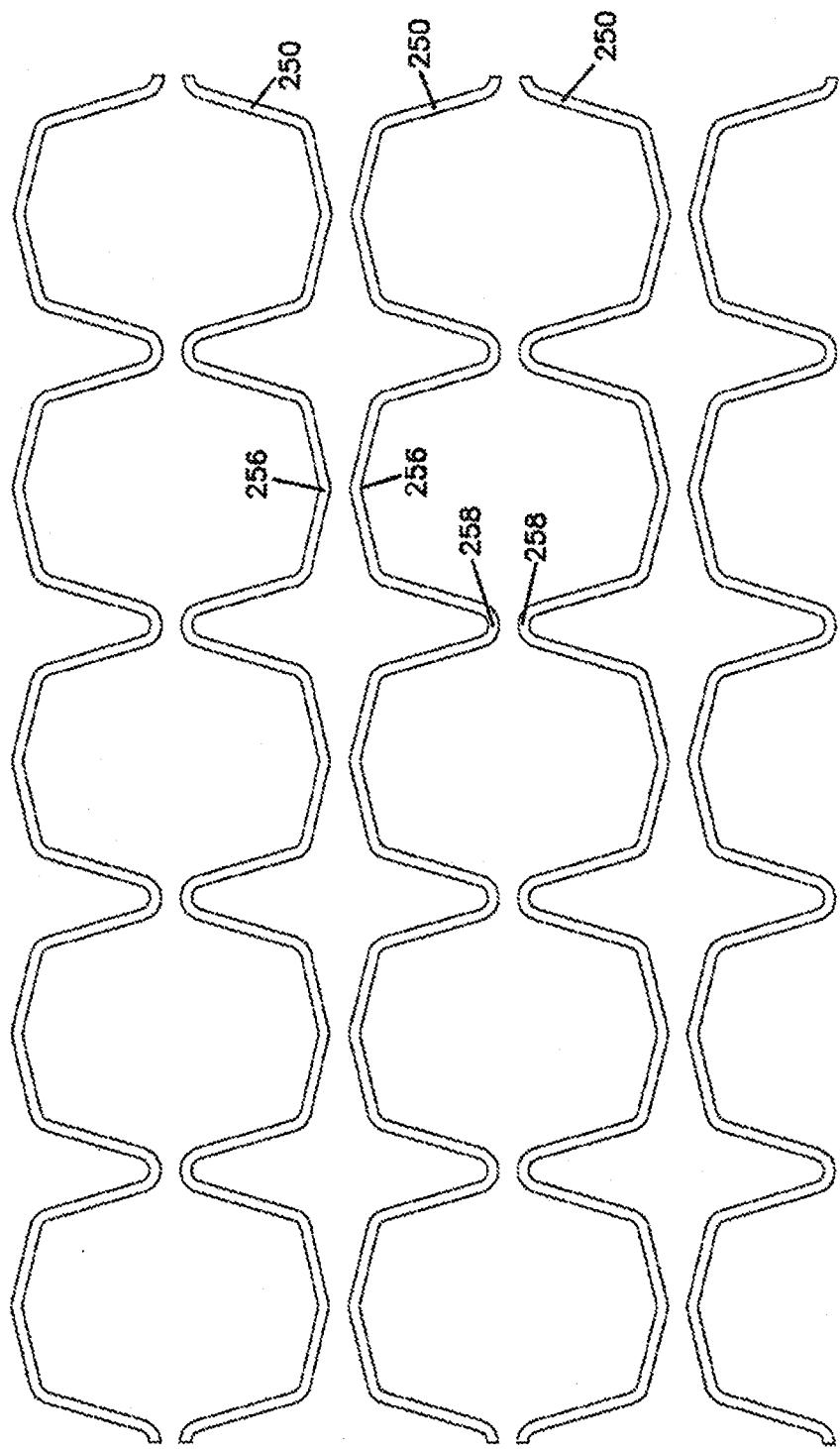


FIG. 10B

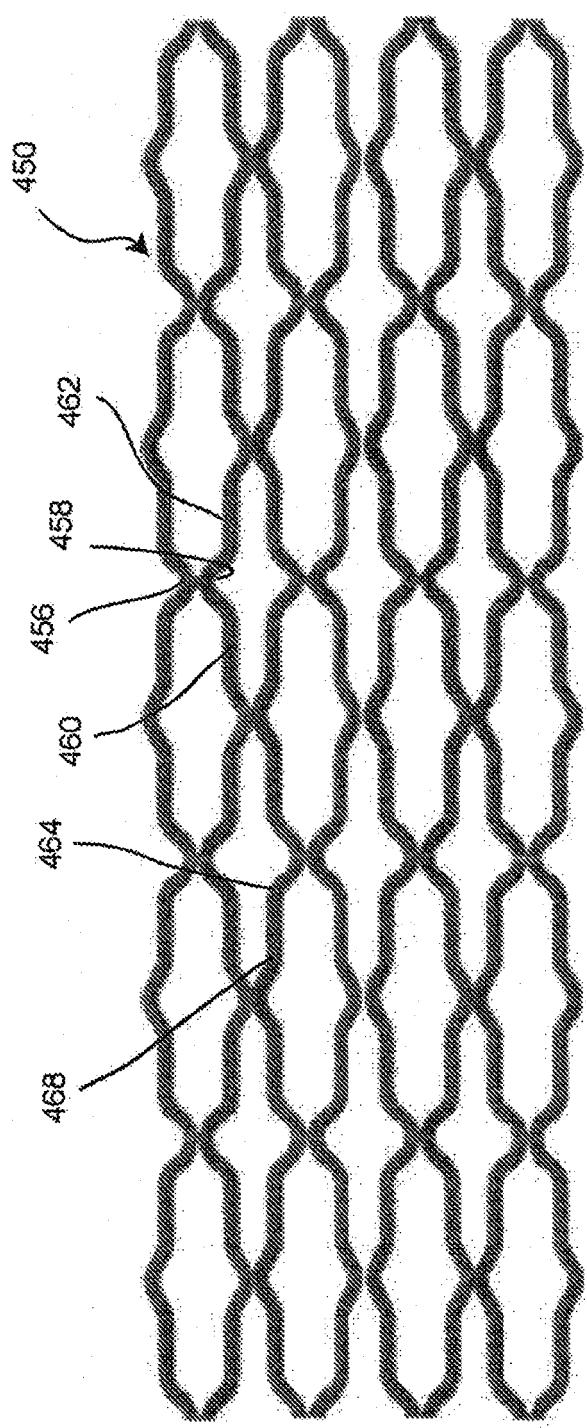
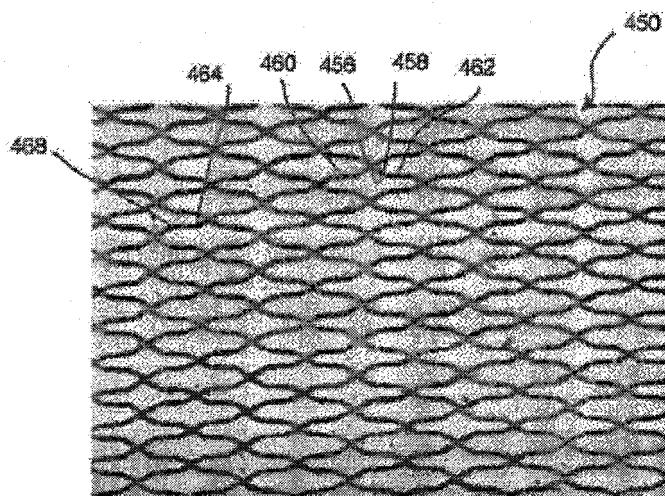


FIG. 11A

FIG. 11b

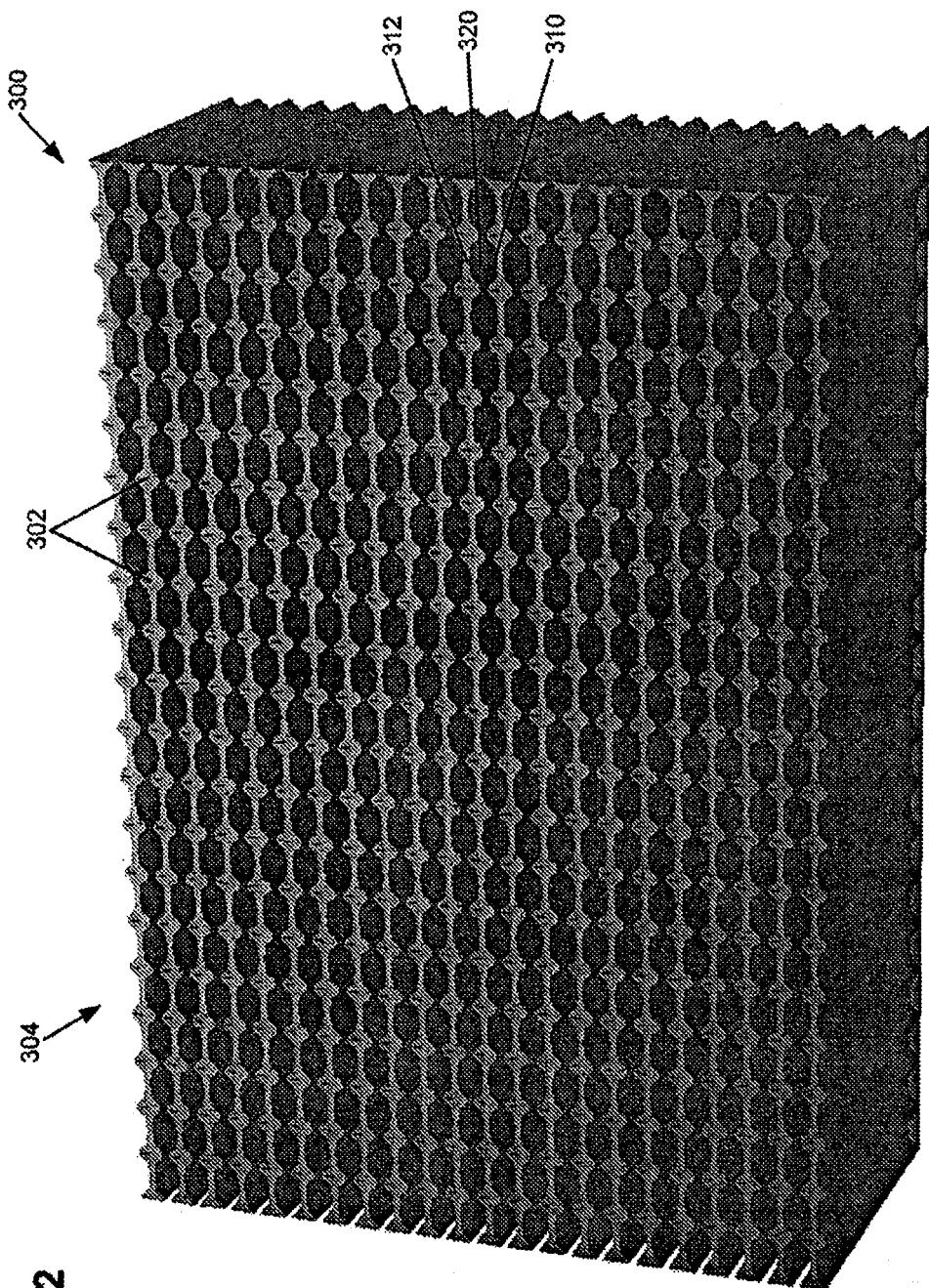


FIG.12

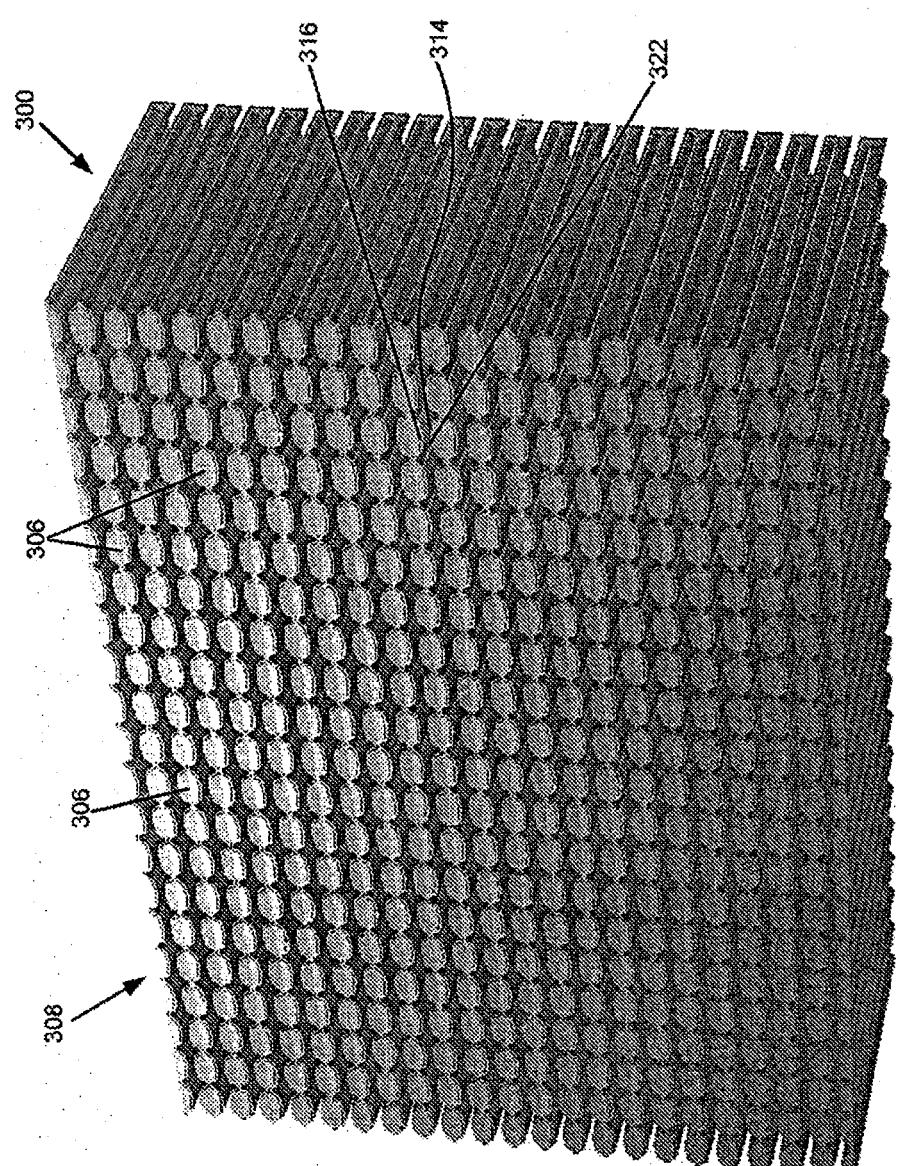


FIG. 13

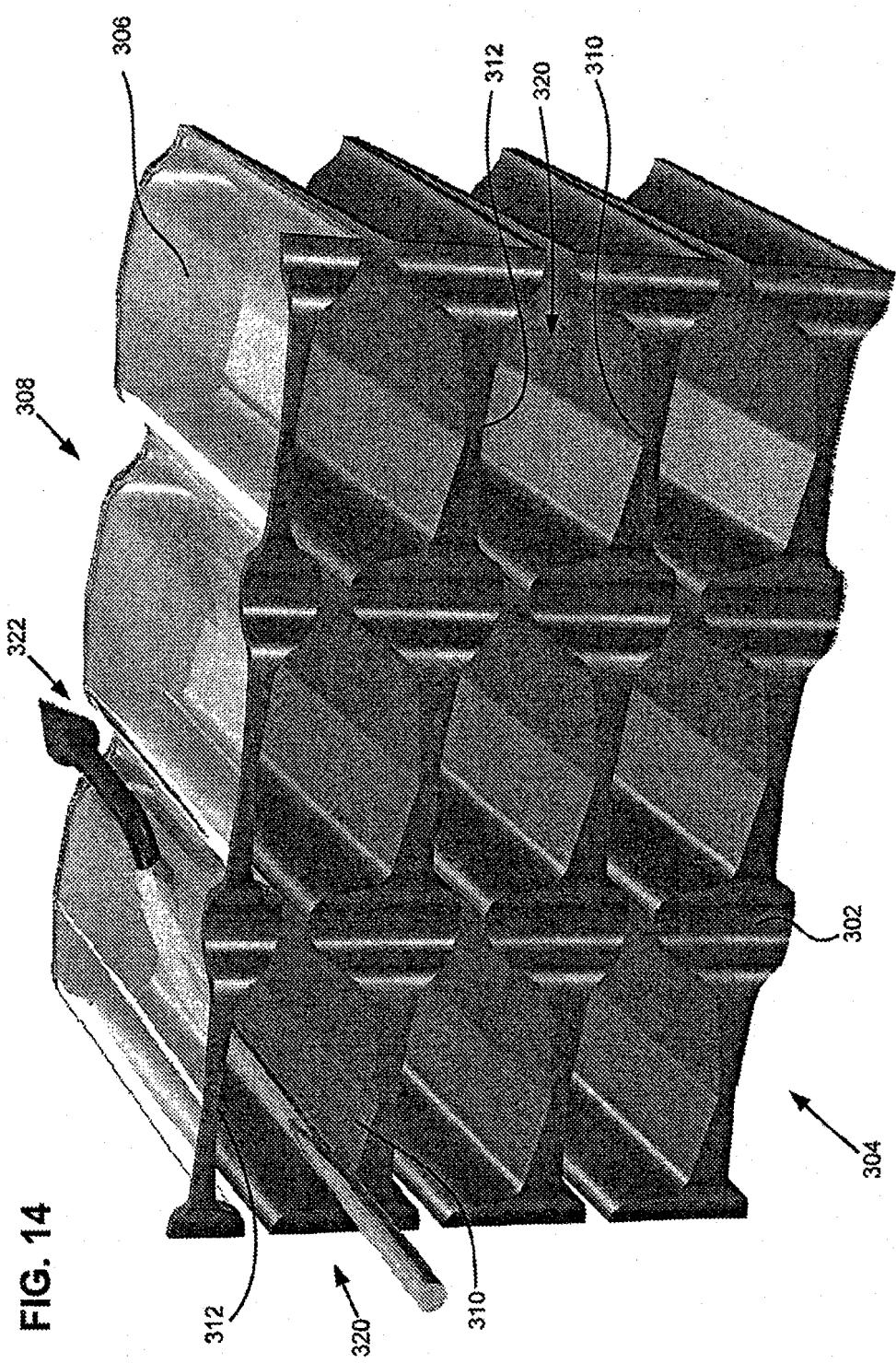


FIG. 14

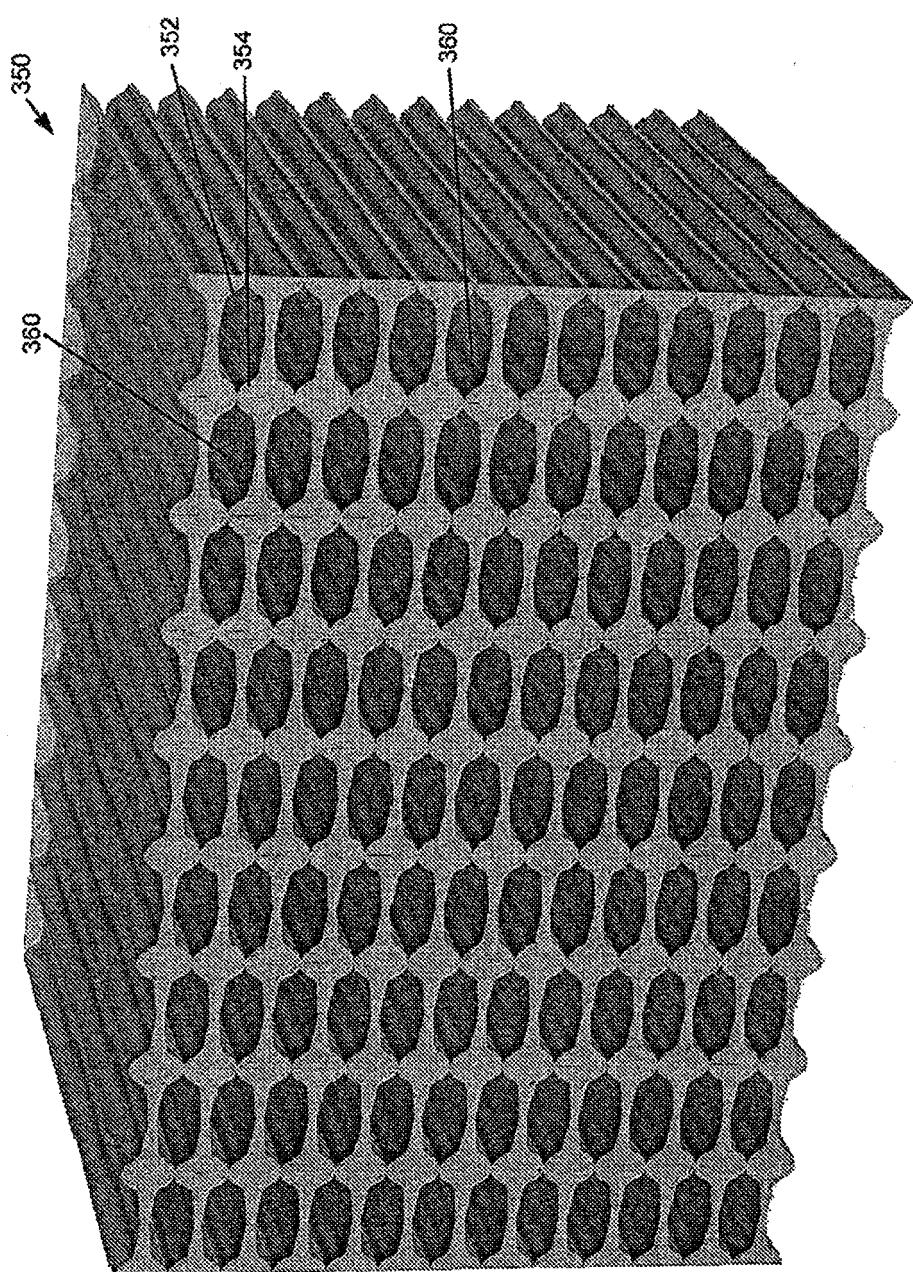


FIG. 15A

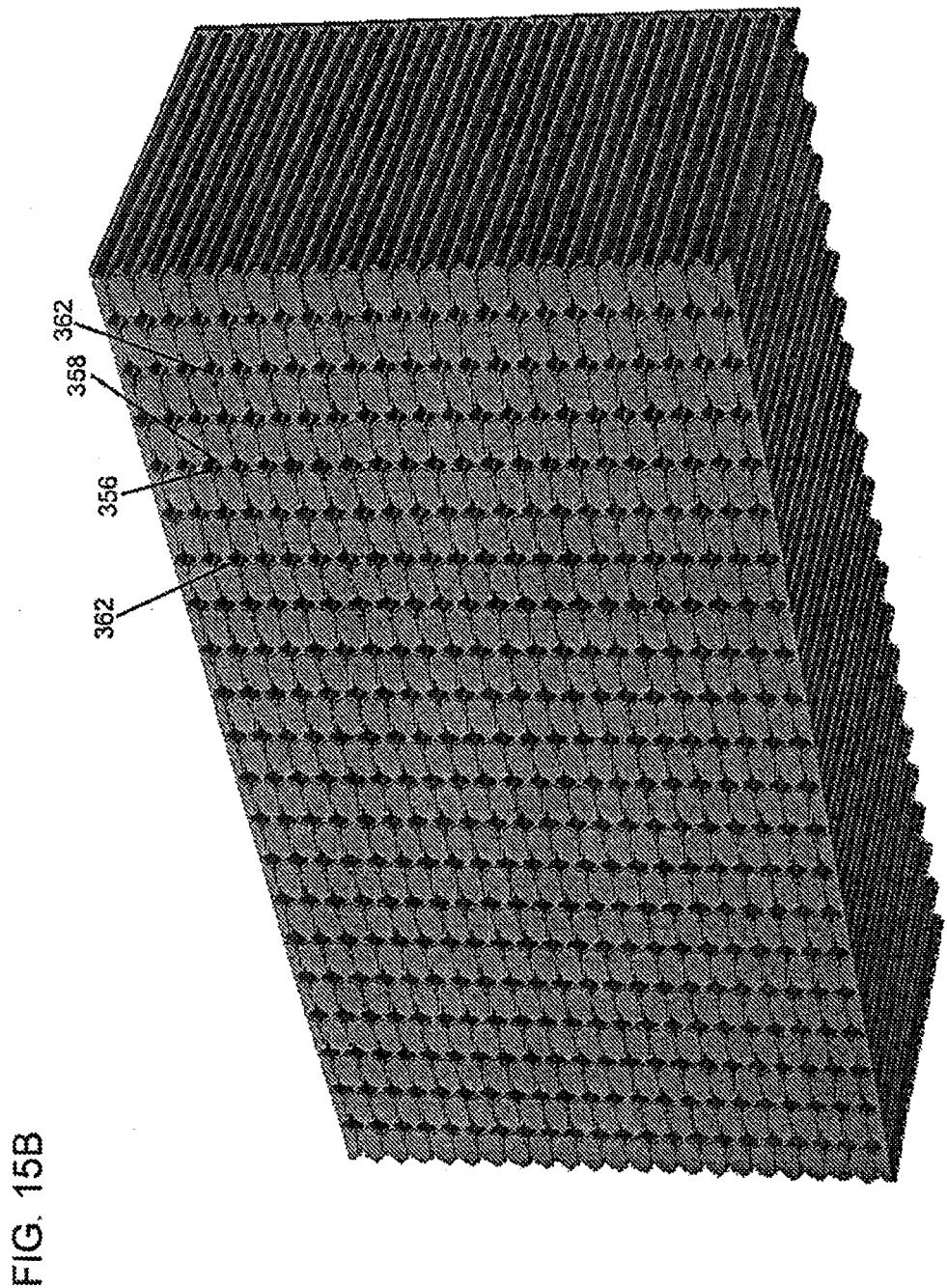
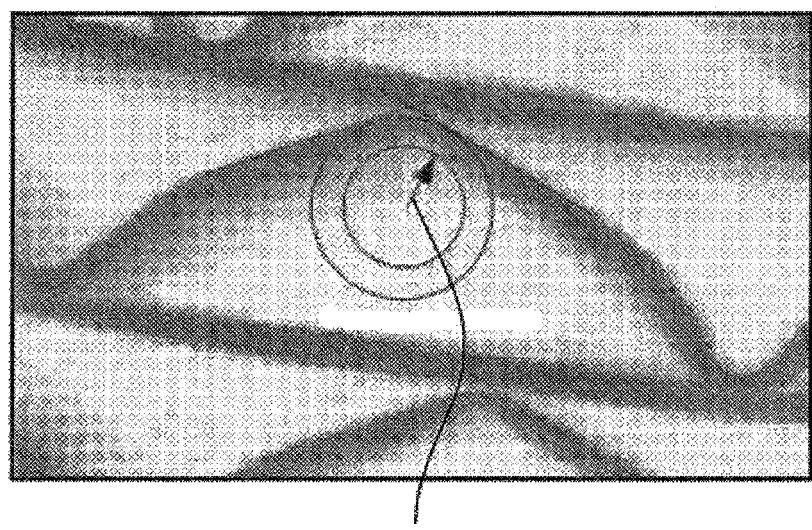


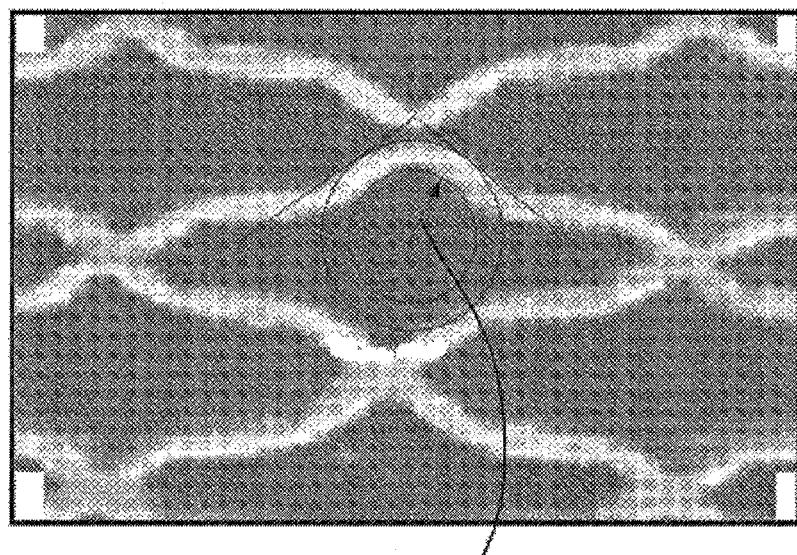
FIG. 15B

FIG. 16A



Raio Interno Real Local

FIG. 16B



Raio Interno Real Local

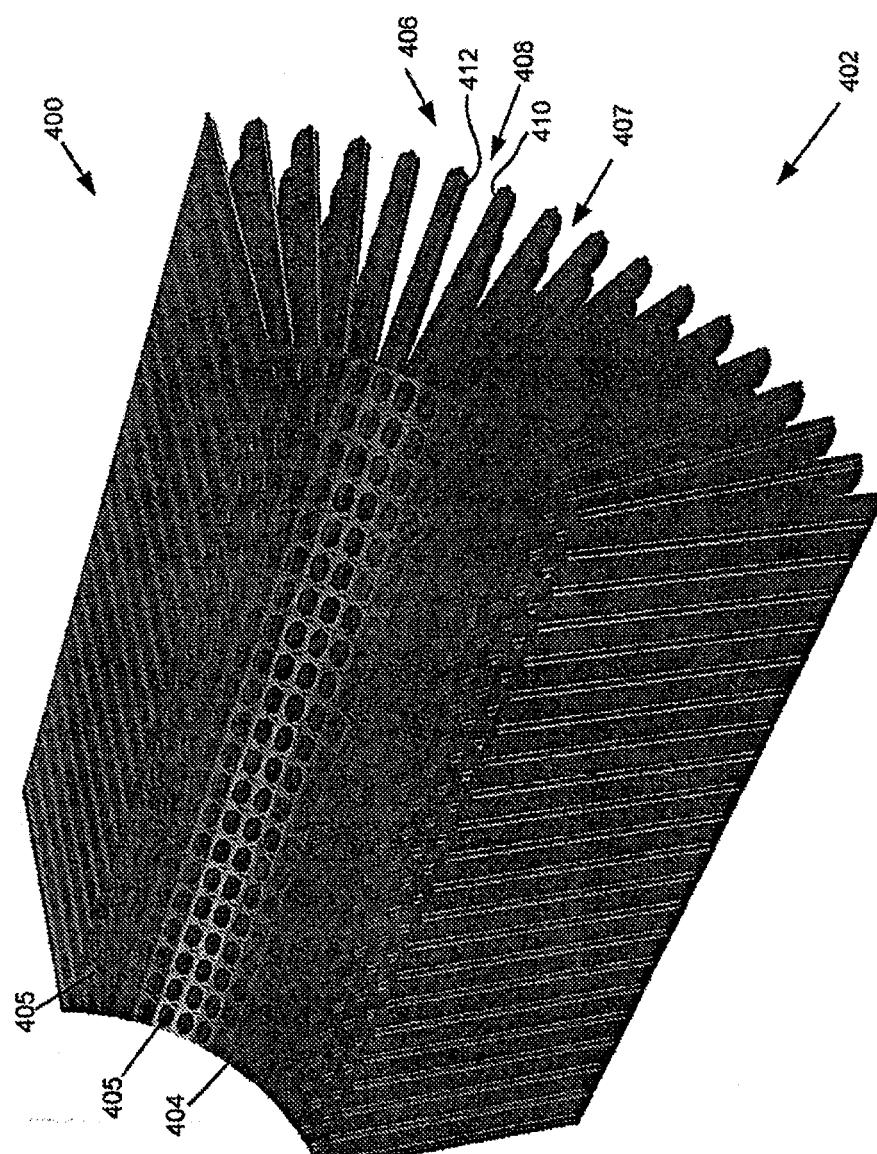


FIG. 17

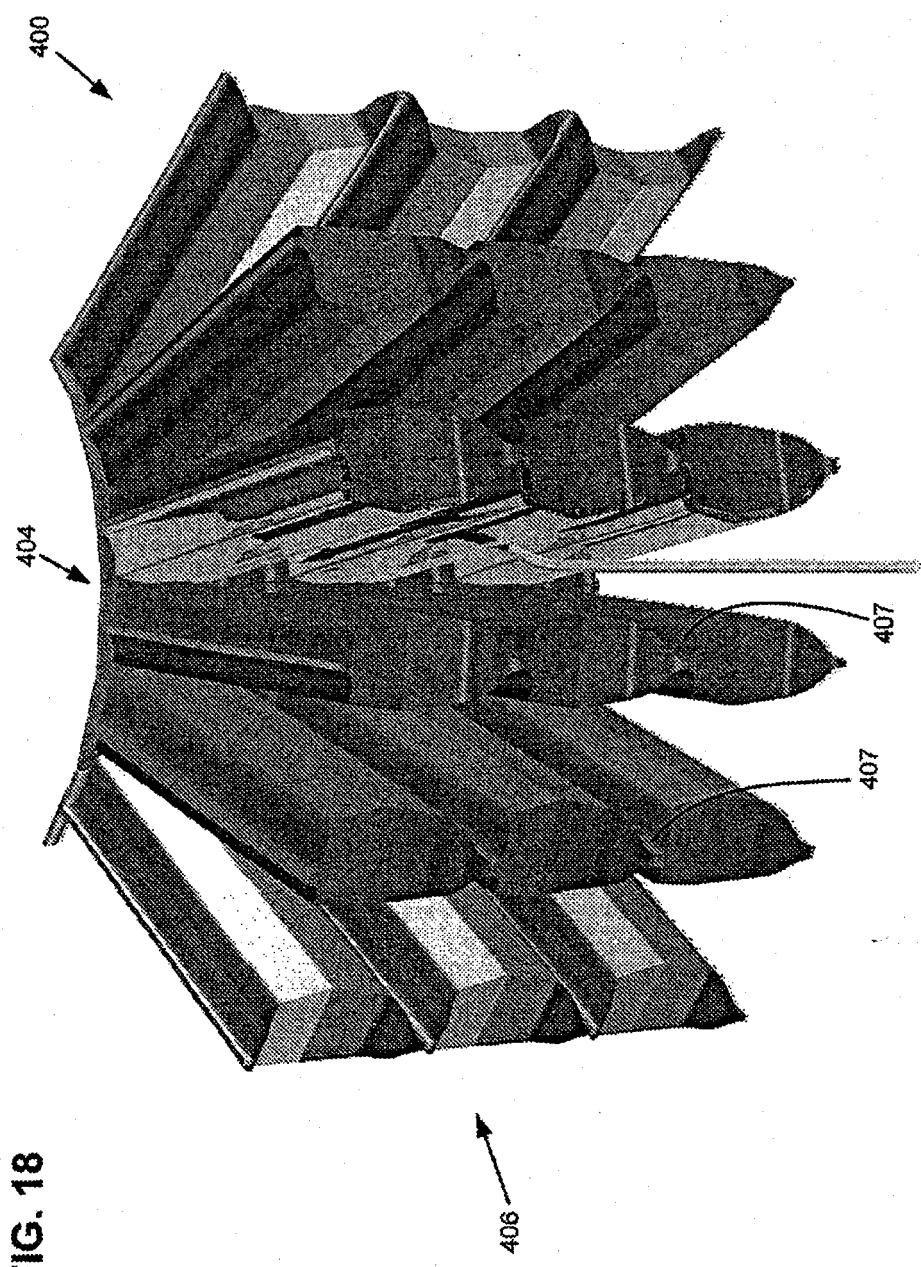


FIG. 18

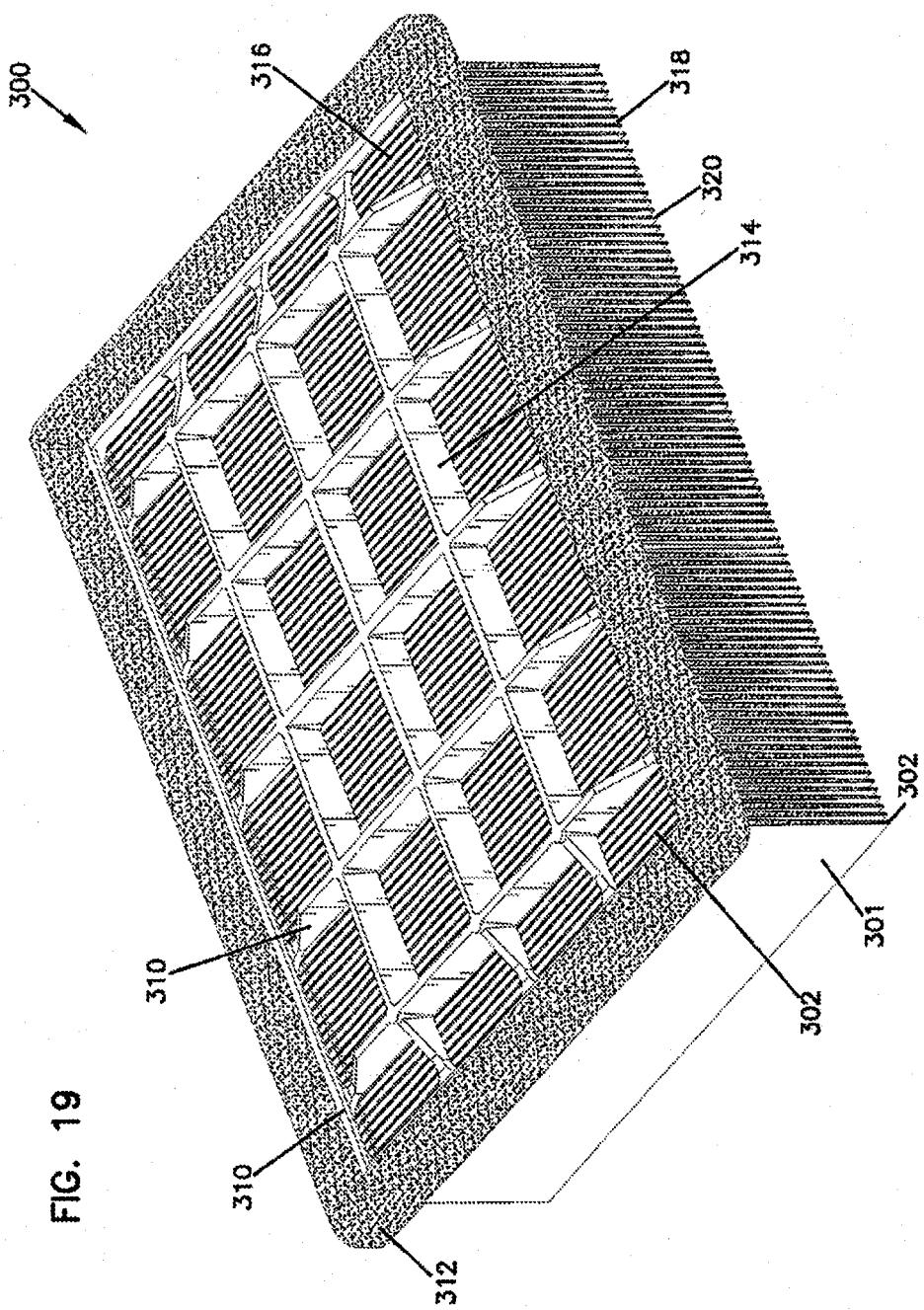


FIG. 19

FIG. 20

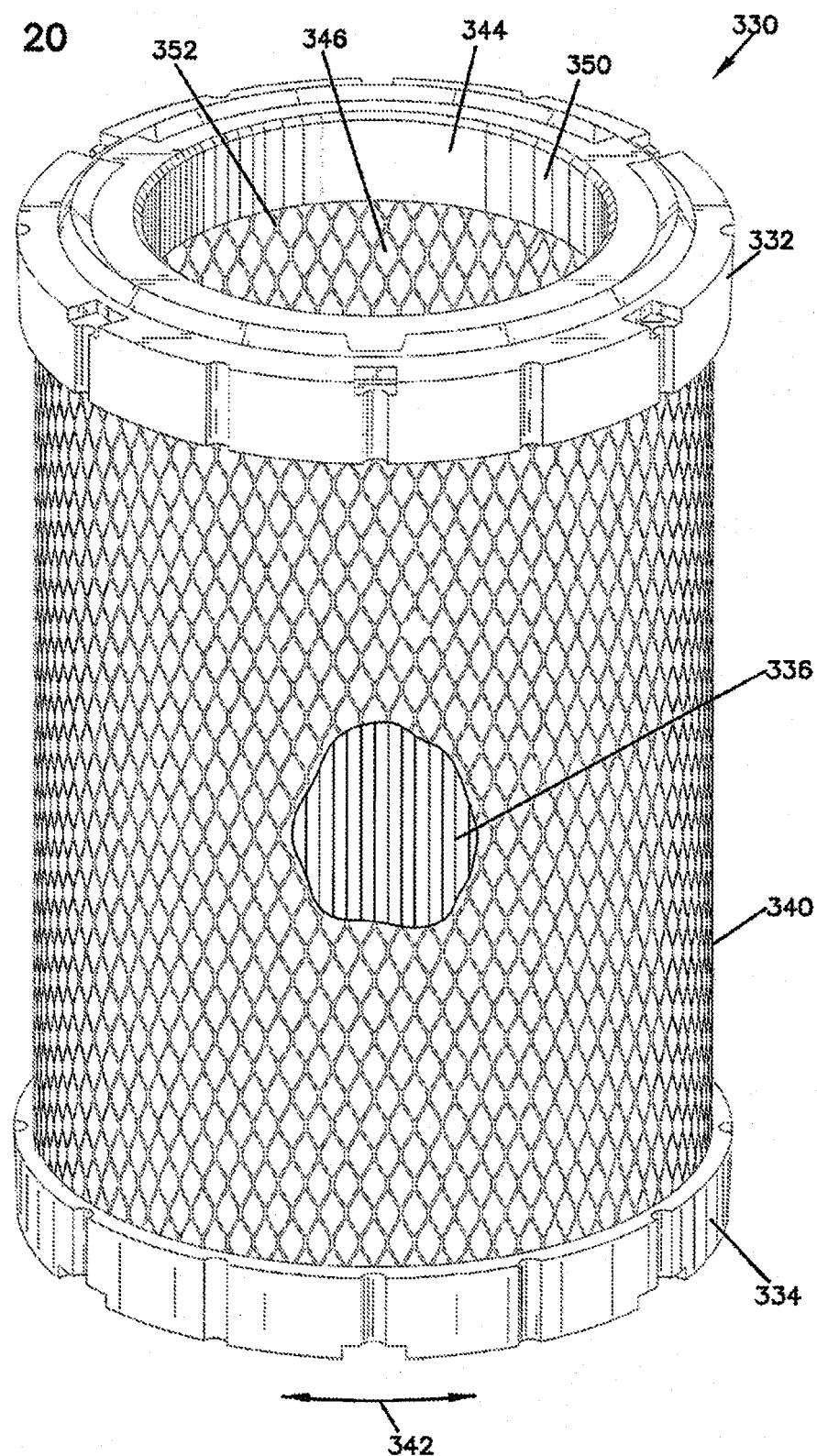
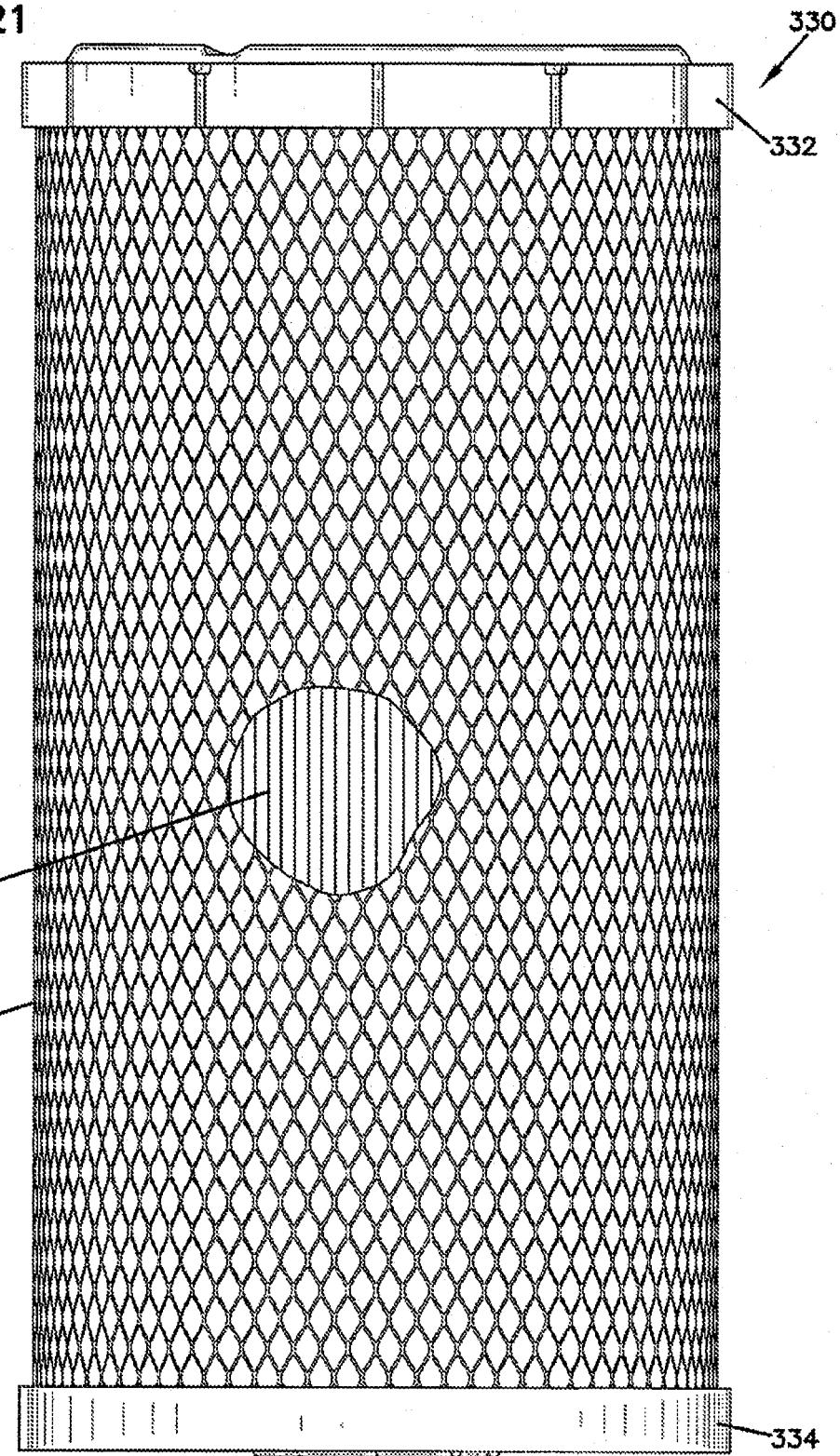
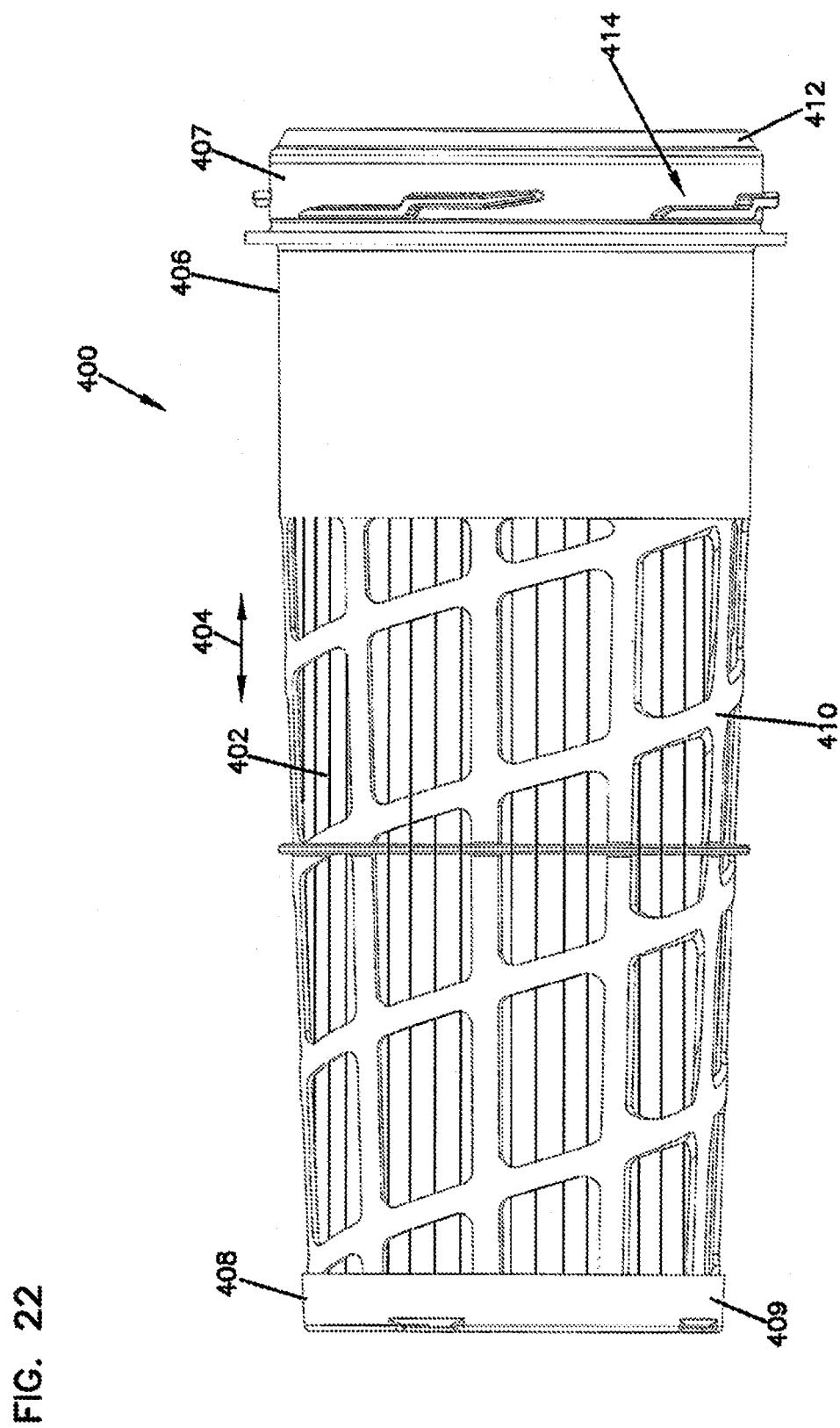


FIG. 21





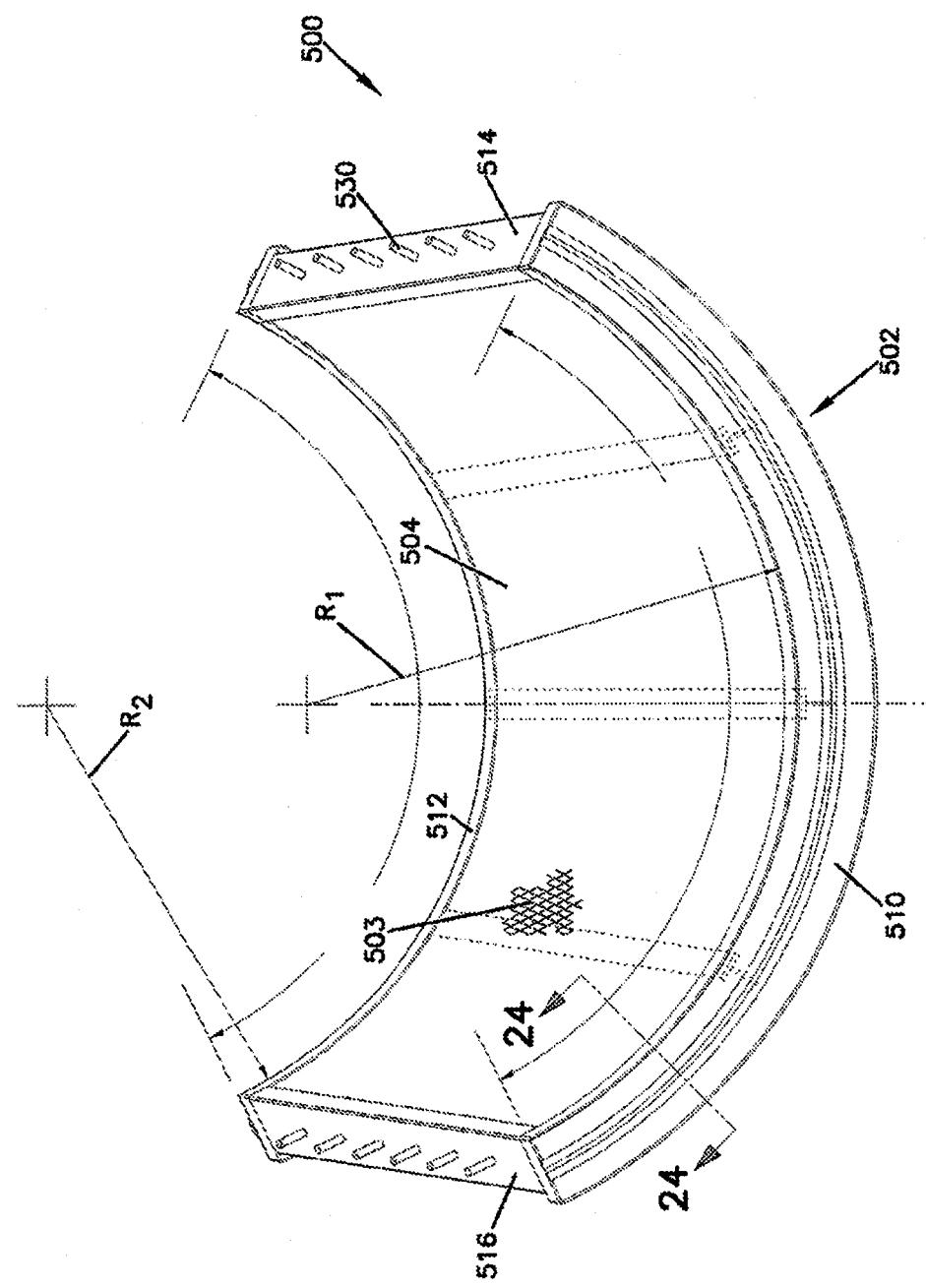


FIG. 24

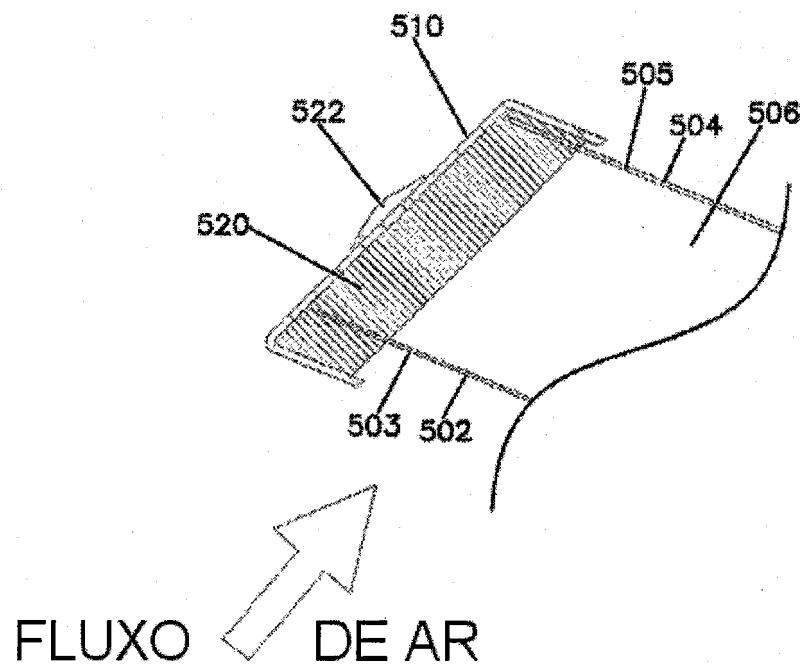


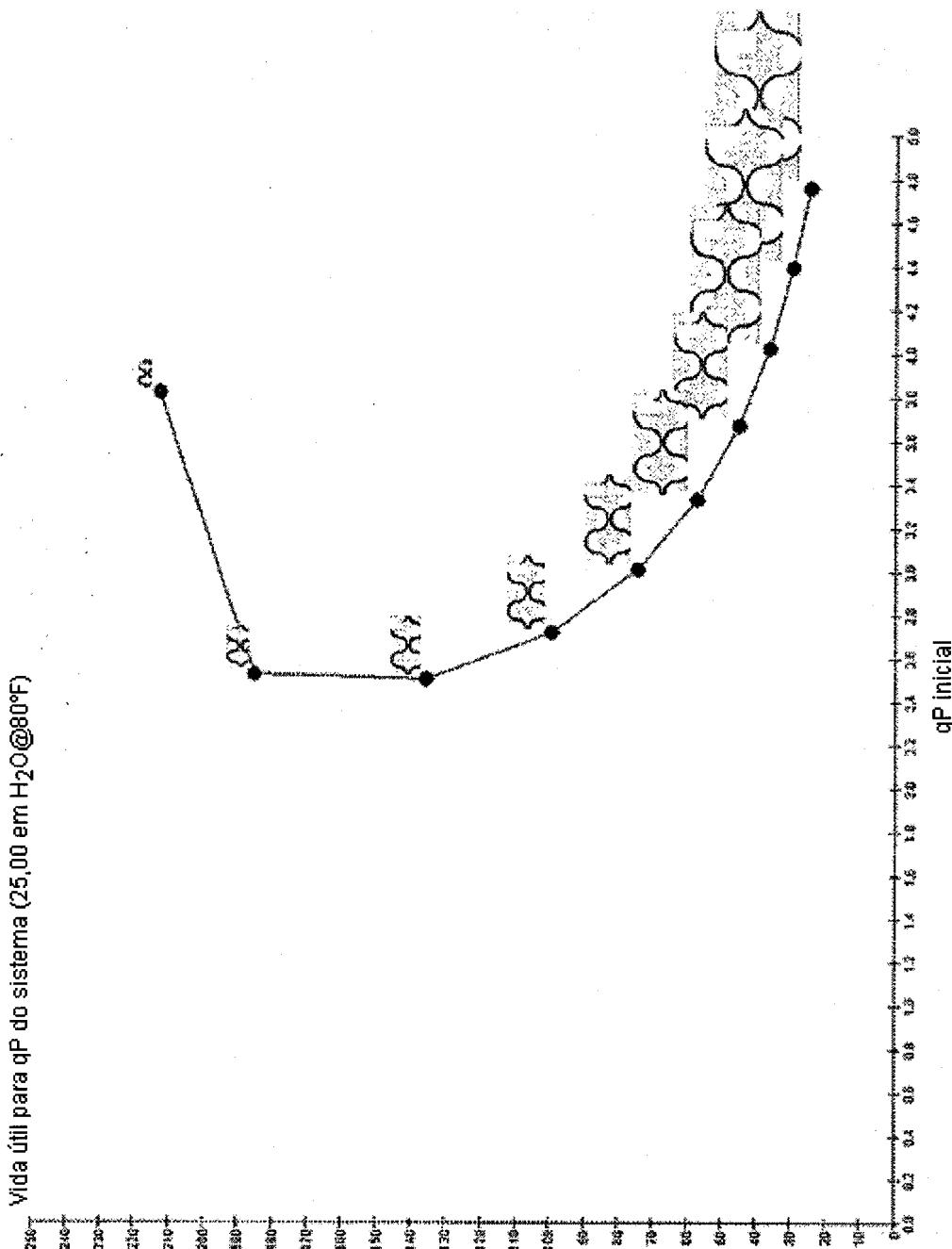
FIG. 25

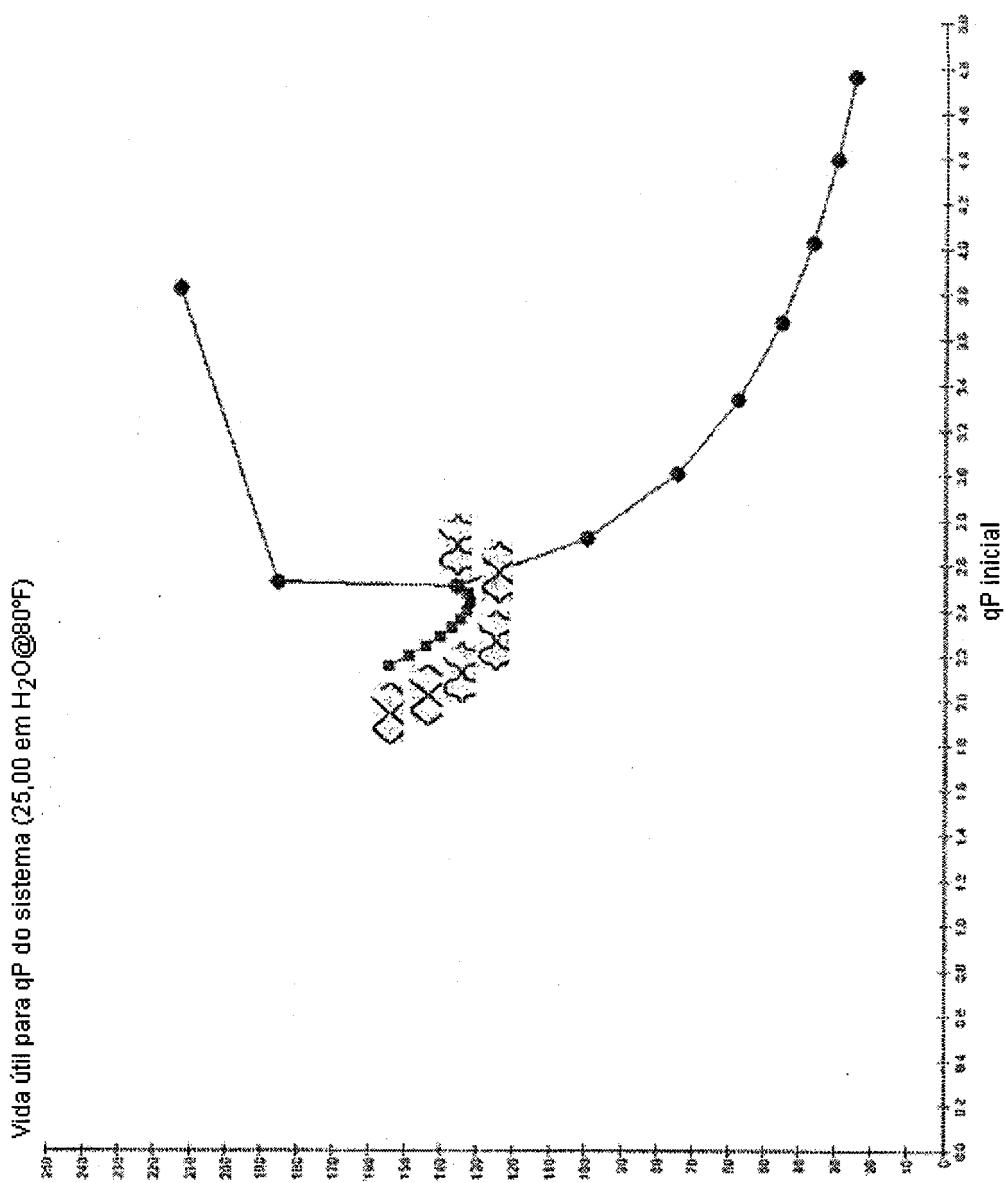
FIG. 26

FIG. 27 Vida útil para qP do sistema (25,00 em H₂O@80°F)

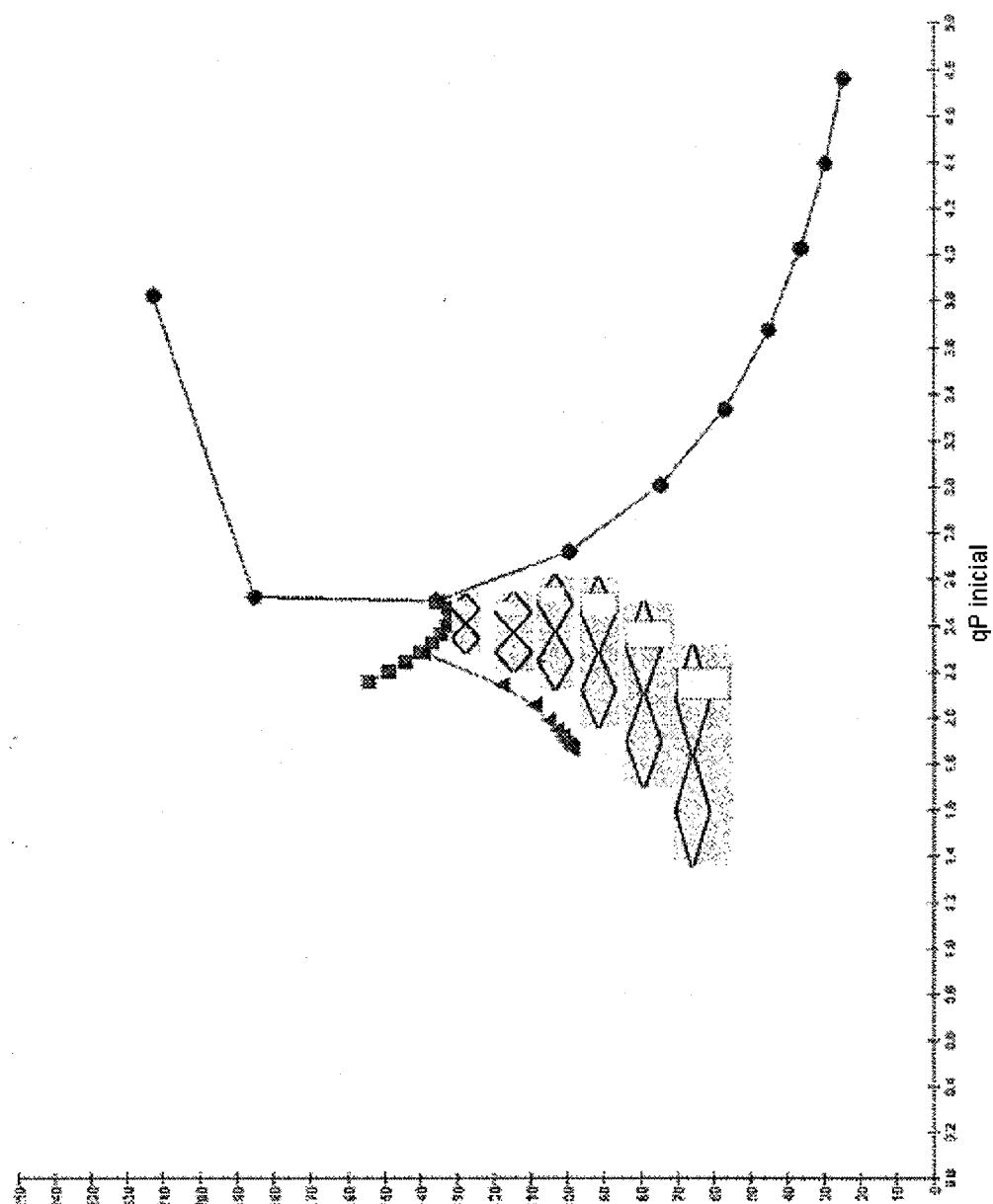


FIG. 28
Vida útil para qP do sistema (25,00 em H₂O@800P)

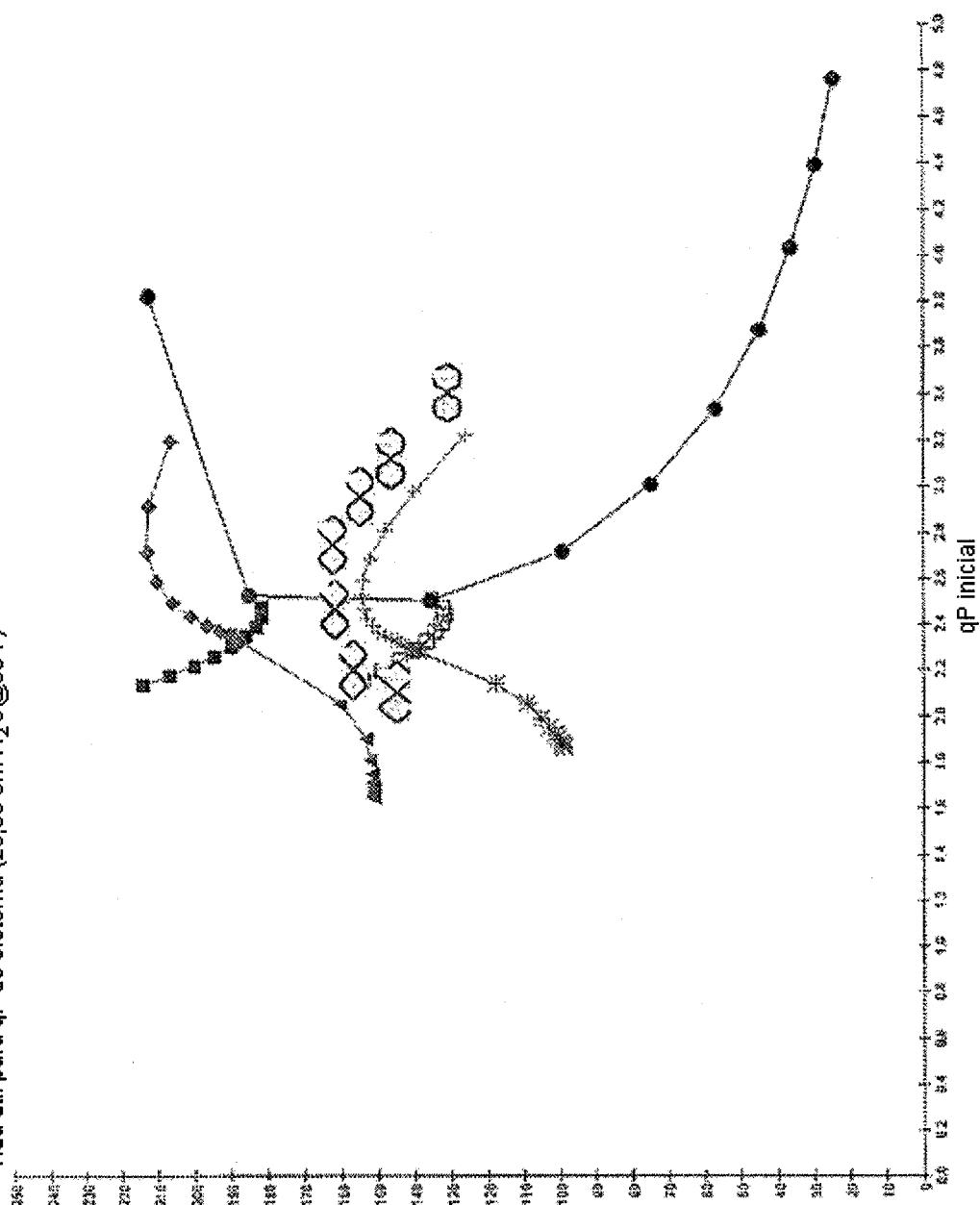


FIG. 29

