



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

(21) **PI0618693-9 A2**



(22) Data de Depósito: 21/07/2006
(43) Data da Publicação: 06/09/2011
(RPI 2122)

(51) *Int.Cl.:*
C04B 35/00
B29D 24/00
B29C 65/00
B29C 47/00

(54) **Título:** SUBSTRATO POROSO

(30) **Prioridade Unionista:** 30/12/2005 US 11/322,777,
30/12/2005 US 11/323,429, 30/12/2005 US 11/323,430, 16/11/2005
US 60/737,237, 16/11/2005 US 60/737,237, 16/11/2005 US
60/737,237

(73) **Titular(es):** Geo2 Technologies, Inc.

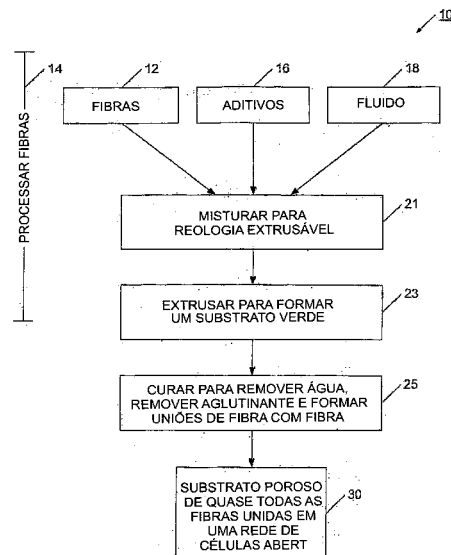
(72) **Inventor(es):** Bilal Zuberi, Robert G. Lachenauer, Sunilkumar
C. Pillai

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler &
Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2006028530 de
21/07/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/061457de
31/05/2007

(57) **Resumo:** SUBSTRATO POROSO. A presente invenção refere-se a uma mistura extrusável que é fornecida para produzir um substrato altamente poroso usando-se um processo de extrusão. Mais particularmente, a presente invenção capacita fibras, tais como fibras orgânicas, inorgânicas, de vidro, cerâmicas ou de metal, para ser misturadas em uma massa que quando extrusada e curada forma um substrato altamente poroso. Dependendo da mistura particular, a presente invenção capacita porosidades de substrato de cerca de 60% a cerca de 90%, e igualmente capacita vantagens de processo em outras porosidades. A mistura extrusável pode usar uma grande variedade de fibras e aditivos, e é adaptável a uma grande variedade de ambientes e aplicações de operação. Fibras, as quais têm uma relação de aspecto maior que 1, são selecionadas de acordo com exigências de substrato, e são misturadas com aglutinantes, formadores de poro, ajudantes de extrusão e fluido para formar uma massa homogênea extrusável. A massa homogênea é extrusada para um substrato verde. O material mais volátil é preferencialmente removido do substrato verde, o que permite às fibras se interligar e entrar em contato entre si. À medida que o processo de cura continua, uniões de fibra com fibra são formadas para produzir uma estrutura tendo uma rede de poros substancialmente abertos. O substrato poroso resultante é útil em muitas aplicações, por exemplo, como um substrato para um hospedeiro de filtro ou de catalisador, ou conversor catalítico.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SUBSTRATO POROSO**".

ANTECEDENTES

1. PEDIDOS RELACIONADOS

5 Este pedido reivindica prioridade para o pedido de patente provisório US número 60/737.237, depositado em 16 de novembro de 2005, e intitulado "System for Extruding a Porous Substrate"; para o pedido de patente U.S. número 11/323.430, depositado em 30 de dezembro de 2005, e intitulado "An Extrudable Mixture for Forming a Porous Block"; para o pedido
10 de patente U.S. número 11/322.777, depositado em 30 de dezembro de 2005, e intitulado "Process for Extruding a Porous Substrate"; e para o pedido de patente U.S. número 11/323.429, depositado em 30 de dezembro de 2005, e intitulado "An Extruded Porous Substrate e Products Using the Same"; todos os quais estão incorporados neste documento em suas totalida-
15 des.

2. CAMPO

A presente invenção refere-se de uma maneira geral, a um processo de extrusão para extrusar um substrato poroso, e em uma implementação particular a um processo de extrusão para extrusar um substrato ce-
20 râmico poroso.

3. DESCRIÇÃO DE TÉCNICA RELACIONADA

Muitos processos exigem substratos rígidos para facilitar e suportar vários processos. Por exemplo, substratos são usados em aplicações de filtragem para filtrar matéria particulada, separar substâncias diferentes,
25 ou remover bactéria ou germes do ar. Estes substratos podem ser construídos para operar em ar, gases de exaustão ou líquidos, e podem ser fabricados para suportar tensões químicas ou ambientais substanciais. Em um outro exemplo, materiais catalíticos são depositados no substrato para facilitar reações químicas. Por exemplo, um metal precioso pode ser depositado em
30 um substrato apropriado, e o substrato pode então agir para converter cataliticamente gases de exaustão perigosos em gases menos nocivos. Tipicamente, estes substratos rígidos operam mais eficazmente com uma porosi-

dade mais alta.

Porosidade é definida de uma maneira geral como a propriedade de um material sólido definindo a porcentagem do volume total desse material que é ocupado por espaço aberto. Por exemplo, um substrato com porosidade de 50% tem metade do volume do substrato ocupado por espaços abertos. Deste modo, um substrato com uma porosidade mais alta tem menos massa por volume do que um substrato com uma porosidade mais baixa. Algumas aplicações se beneficiam de um substrato de massa inferior. Por exemplo, se um substrato for usado para suportar um processo catalítico, e o processo catalítico operar em uma temperatura elevada, um substrato com uma massa térmica inferior esquentará mais rapidamente para a sua temperatura operacional. Deste modo, o tempo para o catalisador ser aquecido para a sua temperatura operacional, isto é, tempo de aquecimento, é reduzido pelo uso de um substrato mais poroso e menos maciço termicamente.

Permeabilidade também é uma importante característica para substratos, particularmente substratos de filtragem e catalíticos. A permeabilidade está relacionada à porosidade, em que a permeabilidade é uma medida de quão facilmente um fluido, tal como um líquido ou gás, pode fluir através do substrato. Muitas aplicações se beneficiam de um substrato altamente permeável. Por exemplo, um motor de combustão interna opera de forma mais eficiente quando o filtro de tratamento posterior fornece menor contrapressão para o motor. Contrapressão baixa é criada pelo uso de um substrato altamente permeável. Uma vez que permeabilidade é mais difícil para medir do que porosidade, porosidade é frequentemente usada como um guia substituto para a permeabilidade de um substrato. Entretanto, esta não é uma caracterização particularmente precisa já que um substrato pode ser bastante poroso, mas ainda ter permeabilidade limitada se os poros não estiverem de uma maneira geral abertos e interligados. Por exemplo, um copo para beber de isopor é formado de um material de espuma altamente porosa, mas não é permeável ao fluxo de líquido. Portanto, na consideração da importância de porosidade e permeabilidade, a estrutura de poro do substrato

to também deve ser examinada. No exemplo do copo de isopor, o material de isopor tem uma rede de poros fechados. Isto significa que a espuma contém muitos poros não-conectados e/ou fechados. Deste modo, existem muitos espaços abertos e vazios dentro da espuma, mas uma vez que os poros não são conectados o fluido ou gás não pode fluir de um lado da espuma para o outro. À medida que mais canais começam a se interligar, então caminhos de fluido começam a se formar de um lado para o outro. Em um caso como este o material é dito possuir rede de poros mais abertos. Quanto mais canais conectados formados através do material, tanto mais alta se torna a permeabilidade para a substância. No caso onde cada poro é conectado a pelo menos um outro canal, e todos os poros levam em conta fluido escoar através da espessura total da parede formada do material, o substrato seria definido como tendo uma rede de poros completamente abertos. É importante notar a diferença entre células e poros. Células se referem aos canais que se desenvolvem (de uma maneira geral paralelos uns aos outros, mas não necessariamente) através do substrato alveolar. Frequentemente, os substratos alveolares são referidos no contexto de quantas células eles têm por polegada quadrada (centímetro quadrado). Por exemplo, um substrato com 200 células por polegada quadrada (31 células por centímetro quadrado) tem 200 canais ao longo do eixo geométrico de início do substrato. Poros, por outro lado, se referem às folgas dentro do material propriamente dito, tais como no material que constitui a parede separando dois canais ou células paralelas. Completamente ou na maioria das vezes substratos de rede de poros abertos não são conhecidos nas indústrias de filtração ou catalíticas. Em vez disto, mesmo os substratos extrusados disponíveis mais porosos são um híbrido de porosidade de poro aberto e poro fechado.

Desta maneira, é altamente desejável para muitas aplicações que substratos sejam formados com alta porosidade, e com uma estrutura interna de poro que capacite uma alta permeabilidade de forma similar. Também, os substratos têm que ser formados com uma estrutura suficientemente rígida para suportar as exigências estruturais e ambientais para aplicações particulares. Por exemplo, um filtro ou conversor catalítico que é

para ser fixado ao motor de combustão interna deve ser capaz de resistir aos prováveis choques ambientais, exigências térmicas e tensões de fabricação e de uso. Finalmente, o substrato necessita ser produzido em um custo baixo o suficiente para levar em conta uso muito difundido. Por exemplo, a fim de afetar o nível de poluição pelo mundo inteiro proveniente de automóveis, um substrato de filtragem deve ser disponível e utilizável em países desenvolvidos assim como em países em desenvolvimento. Desta maneira, a estrutura de custo total para substratos de filtros e conversor catalítico é uma substancial consideração no processo de projeto e seleção do substrato.

Extrusão tem comprovado ser um processo eficiente e de baixo custo para fabricar substratos rígidos de seção transversal constante. Mais particularmente, extrusão de material cerâmico em pó é o processo mais amplamente usado para fazer substratos de filtro e catalíticos para motores de combustão interna. Durante os anos o processo de extrusar cerâmicas pulverizadas avançou de maneira tal que substratos podem agora ser extrusados tendo porosidades se aproximando de 60%. Estes substratos porosos extrusados têm tido boas características de resistência, podem ser fabricados flexivelmente, podem ser fabricados em escala, mantêm altos níveis de qualidade e são de custo muito baixo. Entretanto, extrusão de material cerâmico pulverizado tem alcançado um limite superior prático de porosidade, e aumentos adicionais na porosidade parecem resultar em uma resistência inaceitavelmente baixa. Por exemplo, à medida que a porosidade é aumentada para além de 60%, o substrato de pó cerâmico extrusado não tem se comprovado forte o suficiente para operar no ambiente severo de um filtro particulado de diesel. Em uma outra limitação dos processos de extrusão conhecidos, tem sido desejado aumentar a área de superfície em um substrato para levar em conta conversão catalítica mais eficiente. A fim de aumentar área de superfície, têm-se experimentado em substratos de pó cerâmico extrusados aumentar densidade de célula, mas o aumento na densidade de célula tem resultado em uma inaceitável contrapressão para o motor. Assim, o substrato de pó cerâmico extrusado não tem resistência sufici-

ente em porosidades muito altas, e também produz inaceitável contrapressão quando existe uma necessidade de área de superfície aumentada. Desta maneira, a extrusão de pó cerâmico parece ter alcançado seus limites práticos de utilidade.

5 Em um esforço para obter porosidades mais altas, fornecedores de filtro têm tentado se deslocar para papéis cerâmicos pregados. Usando tais papéis cerâmicos pregados, porosidades de cerca de 80% são possíveis com contrapressão muito baixa. Com tal contrapressão baixa, estes filtros têm sido usados em aplicações, tais como mineração, onde contrapressão
10 extremamente baixa é uma necessidade. Entretanto, o uso dos filtros de papel cerâmico pregado tem sido esporádico, e não tem sido amplamente adotado. Por exemplo, papéis cerâmicos pregados não têm sido eficazmente usados em ambientes severos. A fabricação dos papéis cerâmicos pregados exige o uso de um processo de fazer papel que cria estruturas de papel ce-
15 râmico que são relativamente fracas, e não parecem ser de baixo custo quando comparado aos filtros extrusados. Adicionalmente, a formação de papéis cerâmicos pregados permite muito pouca flexibilidade na forma e densidade de célula. Por exemplo, é difícil criar um filtro de papel pregado com grandes canais de entrada e canais de saída menores, o que pode ser
20 desejável em algumas aplicações de filtragem. Desta maneira, o uso de papéis cerâmicos pregados não tem satisfeito à exigência de substratos de filtro e catalíticos de porosidade mais alta.

 Em um outro exemplo de um esforço para aumentar porosidade e evitar as desvantagens do papel pregado, alguns têm construído substratos pela formação de uma massa com precursores cerâmicos e cuidadosamente processar a massa para desenvolver cristais capilares monocristalinos em um padrão poroso. Entretanto, o desenvolvimento destes cristais no local exige controle cuidadoso e preciso do processo de cura, tornando o processo difícil para escala, relativamente caro e propenso a defeitos. Adicionalmente, este difícil processo somente dá mais alguns pontos porcentuais em porosidade. Finalmente, o processo somente desenvolve um cristal capilar cristalino do tipo mulita, o que limita a aplicabilidade do substrato. Por
25
30

exemplo, mulita é conhecida por ter um grande coeficiente de expansão térmica, o que torna os cristais capilares de mulita cristalina indesejáveis em muitas aplicações necessitando uma ampla faixa operacional de temperatura e transições de temperatura acentuadas.

5 Desta maneira, a indústria tem uma necessidade de um substrato rígido que tenha alta porosidade e uma alta permeabilidade associada. Preferivelmente, o substrato seria formado tal como uma rede de células abertas altamente desejável, seria de baixo custo de fabricação e seria fabricado com propriedades físicas, químicas e de reação flexíveis.

10 SUMÁRIO

Resumidamente, a presente invenção fornece uma mistura extrusável para produzir um substrato altamente poroso usando-se um processo de extrusão. Mais particularmente, a presente invenção capacita fibras, tais como fibras orgânicas, inorgânicas, de vidro, cerâmicas ou de metal, para ser misturadas em uma massa que quando extrusada e curada forma um substrato altamente poroso. Dependendo da mistura particular, a presente invenção capacita porosidades de substrato de cerca de 60% a cerca de 90%, e igualmente capacita vantagens de processo em outras porosidades. A mistura extrusável pode usar uma grande variedade de fibras e aditivos, e é adaptável a uma grande variedade de ambientes e aplicações de operação. Fibras, que tenham uma relação de aspecto maior que 1, são selecionadas de acordo com exigências de substrato, e são misturadas com aglutinantes, formadores de poro, ajudantes de extrusão, e fluido para formar uma massa extrusável homogênea. A massa homogênea é extrusada para um substrato verde. O material mais volátil é preferencialmente removido do substrato verde, o que permite às fibras se interligar e entrar em contato entre si. À medida que o processo de cura continua, uniões de fibra com fibra são formadas para produzir uma estrutura tendo uma rede de poros substancialmente abertos. O substrato poroso resultante é útil em muitas aplicações, por exemplo, tal como um substrato para um hospedeiro de filtro ou de catalisador, ou conversor catalítico.

Em um exemplo mais específico, fibras cerâmicas são selecio-

nadas com uma distribuição de relação de aspecto entre cerca de 3 e cerca de 1.000, embora mais tipicamente esteja na faixa de cerca de 3 a cerca de 500. A relação de aspecto é a razão do comprimento da fibra dividido pelo diâmetro da fibra. As fibras cerâmicas são misturadas com aglutinante, formador de poro e um fluido em uma massa homogênea. Um processo de mistura de cisalhamento é empregado para distribuir de forma mais completa as fibras uniformemente na massa. O material cerâmico pode ser em volume em torno de 8% a cerca de 40% da massa, o que resulta em um substrato tendo porosidade entre cerca de 92% e cerca de 60%. A massa homogênea é extrusada para um substrato verde. O material aglutinante é removido do substrato verde, o que permite às fibras se sobreporem e entrar em contato entre si. À medida que o processo de cura continua, uniões de fibra com fibra são formadas para produzir uma rede de células abertas rígida. Tal como usado nesta descrição, "curar" é definido para incluir duas importantes etapas de processo: 1) remoção de aglutinante e 2) formação de união. O processo de remoção de aglutinante remove água livre, remove a maioria dos aditivos, e capacita contato de fibra com fibra. O substrato poroso resultante é útil em muitas aplicações, por exemplo, tal como um substrato para um filtro ou conversor catalítico.

Em um outro exemplo específico, um substrato poroso pode ser produzido sem o uso de formadores de poro. Neste caso, o material cerâmico pode ser, em volume, em torno de 40% a cerca de 60% ou mais da massa, o que resulta em um substrato tendo porosidade entre cerca de 60% e cerca de 40%. Uma vez que nenhum formador de poro não é usado, o processo de extrusão é simplificado, e é de custo muito compensador. Também, a estrutura resultante é uma rede de poros substancialmente abertos altamente desejável.

Vantajosamente, o sistema de extrusão de fibra revelado produz um substrato tendo alta porosidade, e tendo uma rede de poros abertos que capacita uma alta permeabilidade associada, assim como tendo resistência suficiente de acordo com as necessidades de aplicação. O sistema de extrusão de fibra também produz um substrato com custo suficientemente baixo

para capacitar uso muito difundido dos filtros e conversores catalíticos resultantes. O sistema de extrusão é facilmente escalável para produção em massa, e leva em conta químicas e construções flexíveis para suportar grandes quantidades de aplicações. A presente invenção representa um uso
5 pioneiro de material de fibra em uma mistura extrusável. Esta mistura extrusável fibrosa capacita extrusão de substratos com porosidades muito altas, em uma produção escalável, e em uma maneira de baixo custo. Por capacitar fibras para ser usadas no processo de extrusão repetível e robusto, a presente invenção capacita produção em massa de filtros e substratos cata-
10 líticos para amplo uso por todo o mundo.

Estes e outros recursos da presente invenção tornar-se-ão aparentes a partir de uma leitura da descrição a seguir, e podem ser realizados com uso dos meios e combinações particularmente salientados nas reivindicações anexas.

15 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os desenhos constituem uma parte desta especificação e incluem modalidades exemplares da invenção, a qual pode ser incorporada em várias formas. Deve ser entendido que em alguns casos vários aspectos da invenção podem estar mostrados exagerados ou ampliados para facilitar um
20 entendimento da invenção.

A figura 1 é um diagrama de blocos de um sistema para extrusar um substrato poroso de acordo com a presente invenção.

A figura 2 é uma ilustração de uma mistura extrusável fibrosa de acordo com a presente invenção.

25 As figuras 3A e 3B são ilustrações de uma rede de poros abertos de acordo com a presente invenção.

A figura 4 é uma imagem de microscópio eletrônico de uma rede de poros abertos de acordo com a presente invenção e de uma rede de poros fechados da técnica anterior.

30 A figura 5 é uma ilustração de um bloco de filtro usando um substrato poroso de acordo com a presente invenção.

A figura 6 são tabelas de fibras, aglutinantes, formadores de po-

ro, fluidos e reologias úteis com a presente invenção.

A figura 7 é um diagrama de blocos de um sistema para extrusar um substrato poroso de acordo com a presente invenção.

5 A figura 8 é um diagrama de blocos de um sistema para curar um substrato poroso de acordo com a presente invenção.

A figura 9 é um diagrama de blocos de um sistema para processar fibras para um substrato poroso de acordo com a presente invenção.

A figura 10 é um diagrama para extrusar um substrato poroso de gradiente de acordo com a presente invenção.

10 A figura 11 é um diagrama para extrusar um substrato poroso de gradiente de acordo com a presente invenção.

A figura 12 é um diagrama para extrusar um substrato poroso de gradiente de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

15 Descrições detalhadas de exemplos da invenção são fornecidas neste documento. Deve ser entendido, entretanto, que a presente invenção pode ser exemplificada em várias formas. Portanto, os detalhes específicos revelados neste documento não são para ser interpretados como limitações, mas ao invés disso como uma base representativa para mostrar aos versa-
20 dos na técnica como empregar a presente invenção em sistema, estrutura ou maneira virtualmente toda detalhada.

Referindo-se agora à figura 1, está ilustrado um sistema para extrusar um substrato poroso. De uma maneira geral, o sistema 10 usa um processo de extrusão para extrusar um substrato verde que pode ser curado
25 para o produto de substrato altamente poroso final. O sistema 10 vantajosamente produz um substrato tendo alta porosidade, tendo uma rede de poros substancialmente abertos capacitando uma alta permeabilidade associada, assim como tendo resistência suficiente de acordo com as necessidades de aplicação. O sistema 10 também produz um substrato com custo suficiente-
30 mente baixo para capacitar uso muito difundido dos filtros e conversores catalíticos resultantes. O sistema 10 é facilmente escalável para produção em massa, e leva em conta químicas e construções flexíveis para suportar

grandes quantidades de aplicações.

O sistema 10 capacita um processo de extrusão altamente flexível e assim é capaz de acomodar uma faixa ampla de aplicações específicas. Ao usar o sistema 10, o projetista de substrato primeiro estabelece as

5 exigências para o substrato. Estas exigências podem incluir, por exemplo, tamanho, permeabilidade ao fluido, porosidade desejada, tamanho de poro, características de resistência mecânica e choque, estabilidade térmica, e limitações de reatividade química. De acordo com estas e outras exigências, o projetista seleciona materiais para usar na formação de uma mistura extru-

10 sável. Com importância, o sistema 10 capacita o uso das fibras 12 na formação de um substrato extrusado. Estas fibras podem ser, por exemplo, fibras cerâmicas, fibras orgânicas, fibras inorgânicas, fibras poliméricas, fibras óxidas, fibras vítreas, fibras de vidro, fibras amorfas, fibras cristalinas, fibras não-óxidas, fibras de carbetto, fibras de metal, outras estruturas de fibras in-

15 norgânicas, ou uma combinação destas. Entretanto, para facilidade de explicação, o uso de fibras cerâmicas será descrito, embora deva ser percebido que outras fibras podem ser usadas. Também, o substrato frequentemente será descrito como um substrato de filtragem ou um substrato catalítico, embora outros usos estejam considerados e dentro do escopo deste preceito. O

20 projetista seleciona o tipo particular de fibra com base nas necessidades específicas de aplicação. Por exemplo, a fibra cerâmica pode ser selecionada como uma fibra de mulita, uma fibra de silicato de alumínio, ou outro material de fibra cerâmica comumente disponível. As fibras tipicamente necessitam ser processadas 14 para cortar as fibras em um comprimento utilizável, o

25 que pode incluir um processo de corte antes de misturar as fibras com aditivos. Também, as várias etapas de mistura e formação no processo de extrusão cortarão adicionalmente as fibras.

De acordo com exigências específicas, os aditivos 16 são adicionados. Estes aditivos 16 podem incluir aglutinantes, dispersantes, formadores de poro, plastificadores, ajudantes de processamento, e materiais de

30 reforço. Também, o fluido 18, o qual é tipicamente água, é combinado com os aditivos 16 e as fibras 12. As fibras, aditivos e o fluido são misturados em

uma reologia extrusável 21. Esta mistura pode incluir mistura seca, mistura molhada e mistura de cisalhamento. As fibras, aditivos e o fluido são misturados até que uma massa homogênea é produzida, a qual distribui e arranja uniformemente as fibras dentro da massa. A massa fibrosa e homogênea é então extrusada para formar um substrato verde 23. O substrato verde tem resistência suficiente para se manter conjuntamente através do processo remanescente.

O substrato verde é então curado 25. Tal como usado nesta descrição, "curar" é definido para incluir duas importantes etapas de processo: 1) remoção de aglutinante e 2) formação de união. O processo de remoção de aglutinante remove água livre, remove a maioria dos aditivos e capacita contato de fibra com fibra. Frequentemente o aglutinante é removido usando-se um processo de aquecimento que queima o aglutinante, mas deve ser entendido que outros processos de remoção podem ser usados dependendo do aglutinante específico usado. Por exemplo, alguns aglutinantes podem ser removidos usando-se um processo de evaporação ou sublimação. Alguns aglutinantes e ou outros componentes orgânicos podem se fundir antes de degradar para uma fase de vapor. À medida que o processo de cura continua uniões de fibra com fibra são formadas. Estas uniões facilitam a rigidez estrutural global, assim como criam a porosidade e a permeabilidade desejáveis para o substrato. Desta maneira, o substrato curado 30 é um substrato altamente poroso de quase todas as fibras unidas em uma rede de poros abertos 30. O substrato pode então ser usado como um substrato para muitas aplicações, incluindo um substrato para aplicações de filtragem e aplicações de conversão catalítica. Vantajosamente, o sistema 10 tem capacitado um processo de extrusão desejável para produzir substratos tendo porosidades de até cerca de 90%.

Referindo-se agora à figura 2, está ilustrado um material extrusável 50. O material extrusável 50 está pronto para extrusão por uma extrusora, tal como uma extrusora de pistão ou de rosca. A mistura extrusável 52 é uma massa homogênea incluindo fibras, plastificadores e outros aditivos, tal como exigido pela aplicação específica. A figura 2 ilustra uma parte am-

pliada 54 da massa homogênea. Deve ser percebido que a parte ampliada 54 pode não estar desenhada em escala, mas é fornecida como uma ajuda para esta descrição. A mistura extrusável 52 contém fibras, tais como as fibras 56, 57 e 58. Estas fibras foram selecionadas para produzir um substrato final altamente poroso e rígido com características térmicas, químicas, mecânicas e de filtragem desejadas. Tal como deve ser percebido, corpos substancialmente fibrosos não foram considerados para ser extrusáveis uma vez que eles não têm plasticidade deles próprios. Entretanto, constatou-se que por meio de seleção apropriada de plastificadores e controle de processo, uma mistura extrusável 52 compreendendo fibras pode ser extrusada. Deste modo, as vantagens de custo, escala e flexibilidade de extrusão podem ser estendidas para incluir os benefícios disponíveis ao usar material fibroso.

De uma maneira geral, uma fibra é considerada para ser um material com um diâmetro relativamente pequeno tendo uma relação de aspecto maior que um. A relação de aspecto é a razão do comprimento da fibra dividido pelo diâmetro da fibra. Tal como usado neste documento, o 'diâmetro' da fibra assume para simplicidade que a forma seccional da fibra é um círculo; esta suposição de simplificação é aplicada às fibras independentemente da sua verdadeira forma seccional. Por exemplo, uma fibra com uma relação de aspecto de 10 tem um comprimento que é 10 vezes o diâmetro da fibra. O diâmetro da fibra pode ser de 6 micros, embora diâmetros na faixa de cerca de 1 micron a cerca de 25 microns são prontamente disponíveis. Será entendido que fibras de diâmetros e relações de aspecto muito diferentes podem ser usadas de forma bem-sucedida no sistema 10. Tal como será descrito com mais detalhes com referência às figuras posteriores, existem diversas alternativas para selecionar relações de aspecto para as fibras. Também deve ser percebido que a forma das fibras está em contraste acentuado para o pó cerâmico típico, onde a relação de aspecto de cada partícula cerâmica é aproximadamente 1.

As fibras para a mistura extrusável 52 podem ser metálicas (algumas vezes também referidas como fios metálicos de pequeno diâmetro),

embora a figura 2 seja discutida com referência às fibras cerâmicas. As fibras cerâmicas podem estar em um estado amorfo, um estado vítreo, um estado cristalino, um estado policristalino, um estado monocristalino, ou em um estado de vidro-cerâmico. Ao fazer a mistura extrusável 52, um volume relativamente pequeno de fibra cerâmica é usado para criar o substrato poroso. Por exemplo, a mistura extrusável 52 pode ter somente cerca de 10% a 40% de material de fibra cerâmica em volume. Deste modo, depois de curar, o substrato poroso resultante terá uma porosidade de cerca de 90% a cerca de 60%. Deve ser percebido que outras quantidades de material de fibra cerâmica podem ser selecionadas para produzir outros valores de porosidade.

A fim de produzir uma mistura extrusável, as fibras são tipicamente combinadas com um plastificador. Deste modo, as fibras são combinadas com outros aditivos orgânicos ou inorgânicos selecionados. Estes aditivos fornecem três propriedades chaves para o extrusado. Primeiro, os aditivos permitem que a mistura extrusável tenha uma reologia apropriada para extrusão. Segundo, os aditivos fornecem ao substrato extrusado, o qual é tipicamente chamado de um substrato verde, resistência suficiente para manter a sua forma e posição das fibras até que estes aditivos sejam removidos durante o processo de cura. E terceiro, os aditivos são selecionados de maneira que eles queimam no processo de cura em um modo que facilita arranjar as fibras em uma construção de sobreposição, e em um modo que não enfraquece a estrutura rígida formada. Tipicamente, os aditivos incluirão um aglutinante, tal como o aglutinante 61. O aglutinante 61 age como um meio para reter as fibras na posição e fornecer resistência para o substrato verde. As fibras e aglutinante(s) podem ser usados para produzir um substrato poroso tendo uma porosidade relativamente alta. Entretanto, para aumentar porosidade ainda mais, formadores adicionais de poro, tais como o formador de poro 63, podem ser adicionados. Formadores de poro são adicionados para aumentar espaço aberto no substrato curado final. Formadores de poro podem ser esféricos, alongados, fibrosos, ou irregulares em forma. Formadores de poro são selecionados não somente pela sua capacidade

de para criar espaço aberto e com base no seu comportamento de degradação térmica, mas também para auxiliar na orientação das fibras. Deste modo, os formadores de poro auxiliam no arranjo das fibras em um padrão de sobreposição para facilitar união apropriada entre fibras durante estágio posterior da cura. Adicionalmente, formadores de poro também desempenham um papel no alinhamento das fibras em direções preferidas, o que afeta a expansão térmica do material extrusado e a resistência ao longo de diferentes eixos geométricos.

Tal como descrito anteriormente de forma resumida, a mistura extrusável 52 pode usar uma ou mais fibras selecionadas dos muitos tipos de fibras disponíveis. Adicionalmente, a fibra selecionada pode ser combinada com um ou mais aglutinantes selecionados de uma grande variedade de aglutinantes. Também, um ou mais formadores de poro podem ser adicionados selecionados de uma grande variedade de formadores de poro. A mistura extrusável pode usar água ou outro fluido como o seu agente plastificante, e pode ter outros aditivos adicionados. Esta flexibilidade na formação química capacita a mistura extrusável 52 para ser vantajosamente usada em muitos tipos diferentes de aplicações. Por exemplo, combinações de mistura podem ser selecionadas de acordo com necessidades ambientais, de temperatura, químicas, físicas exigidas, ou com outra exigência. Adicionalmente, uma vez que a mistura extrusável 52 é preparada para extrusão, o produto extrusado final pode ser formado flexivelmente e de modo econômico. Embora não ilustrado na figura 2, a mistura extrusável 52 é extrusada por meio de uma extrusora de rosca ou de pistão para formar um substrato verde, o qual é então curado para o produto de substrato poroso final.

A presente invenção representa um uso pioneiro de material de fibra em um lote ou mistura plástica para extrusão. Esta mistura extrusável fibrosa capacita extrusão de substratos com porosidades muito altas, em uma produção escalável, e em uma maneira de baixo custo. Por capacitar fibras para ser usadas no processo de extrusão repetível e robusto, a presente invenção capacita produção em massa de substratos de filtros e catalíticos para amplo uso por todo o mundo.

Referindo-se à figura 3A, está ilustrada uma área curada ampliada de um substrato poroso. A parte de substrato 100 está ilustrada depois da remoção do aglutinante 102 e depois do processo de cura 110. Depois da remoção do aglutinante 102, fibras, tais como as fibras 103 e 104 são inicialmente retidas na posição com material aglutinante, e à medida que o material aglutinante queima, as fibras são expostas para ficar em uma estrutura de sobreposição, mas soltas. Também, um formador de poro 105 pode ser posicionado para produzir espaço aberto adicional, assim como para alinhar ou arranjar fibras. Uma vez que as fibras compreendem somente um volume relativamente pequeno da mistura extrusável, muitos espaços abertos 107 existem entre as fibras. À medida que o aglutinante e o formador de poro são queimados, as fibras podem se ajustar ligeiramente para adicionalmente entrar em contato umas com as outras. O aglutinante e os formadores de poro são selecionados para queimar em uma maneira controlada, assim como para não interromper o arranjo das fibras ou ter o colapso de substrato na queima. Tipicamente, o aglutinante e os formadores de poro são selecionados para degradar ou queimar antes de formar uniões entre as fibras. À medida que o processo de cura continua as fibras de sobrepondo e se tocando começam a formar uniões. Deve ser percebido que as uniões podem ser formadas de diversos modos. Por exemplo, as fibras podem ser aquecidas para permitir a formação de uma união sinterizada auxiliada por líquido na interseção ou nós das fibras. Esta sinterização de estado líquido pode resultar das fibras particulares selecionadas, ou pode resultar de aditivos adicionais adicionados à mistura ou revestidos sobre as fibras. Em outros casos, pode ser desejável formar uma união sinterizada de estado sólido. Neste caso, as uniões de intercessão formam uma estrutura de grão conectando fibras se sobrepondo. No estado verde, as fibras também não têm uniões físicas formadas umas com as outras, mas ainda podem exibir algum grau de resistência verde por causa do enrolamento das fibras umas nas outras. O tipo particular de união selecionada será dependente da seleção de materiais de base, resistência desejada, e químicas e ambientes de operação. Em alguns casos, as uniões são causadas pela presença de agluti-

nantes inorgânicos se apresentando na mistura que retêm as fibras conjuntamente em uma rede conectada. E não queimam durante o processo de cura.

Vantajosamente, a formação de uniões, tais como as uniões 112
5 facilita a formação de uma estrutura substancialmente rígida com as fibras. As uniões também capacitam a formação de uma rede de poros abertos tendo porosidade muito alta. Por exemplo, o espaço aberto 116 é criado naturalmente pelo espaço entre fibras. O espaço aberto 114 é criado à medida que o formador de poro 105 degrada ou queima. Deste modo, o processo de
10 formação de união de fibra cria uma rede de poros abertos sem nenhum ou virtualmente sem canais limitados. Esta rede de poros abertos gera alta permeabilidade, alta eficiência de filtração, e permite alta área de superfície para adição de catalisador, por exemplo. Deve ser percebido que a formação de uniões pode depender do tipo de união desejada, tal como sinterização
15 de estado sólido ou líquido com auxílio/estado líquido, e de aditivos presentes durante o processo de cura. Por exemplo, os aditivos, seleção de fibra particular, o tempo de aquecimento, o nível de aquecimento e o ambiente de reação podem todos ser ajustados para criar um tipo particular de união.

Referindo-se agora à figura 3B, está ilustrada uma outra área
20 curada ampliada de um substrato poroso. A parte de substrato 120 está ilustrada depois da remoção do aglutinante 122 e depois do processo de cura 124. A parte de substrato 120 é similar à parte de substrato 100 descrita com referência à figura 3A, assim não será descrita detalhadamente. O substrato 120 foi formado sem o uso de formadores de poro específicos, assim a rede
25 de poros abertos total 124 resultou do posicionamento das fibras com um material aglutinante. Deste modo, substratos de porosidade moderadamente alta podem ser formados sem o uso de quaisquer formadores de poro específicos, reduzindo assim o custo e complexidade para fabricação de tais substratos de moderada porosidade. Constatou-se que substratos tendo
30 uma porosidade na faixa de cerca de 40% a cerca de 60% podem ser produzidos neste modo.

Referindo-se agora à figura 4, está ilustrado um conjunto de i-

magens de microscópio eletrônico 150. O conjunto de imagens 150 primeiramente ilustra uma rede de poros abertos 152 criada desejavelmente usando uma mistura extrusável fibrosa. Como pode ser visto, fibras têm uniões formadas nos nós de cruzamento de fibras, e o formador de poro e os aglutinantes foram queimados, deixando uma rede porosa de poros abertos. Em 5 contraste acentuado, a imagem 154 ilustra uma típica rede de células fechadas feita usando-se processos conhecidos. A rede de poros parcialmente fechados tem uma porosidade relativamente alta, mas pelo menos parte da porosidade é derivada dos canais fechados. Estes canais fechados não 10 contribuem para a permeabilidade. Deste modo, uma rede de poros abertos e uma rede de poros fechados tendo a mesma porosidade, a rede de poros abertos terá uma característica de permeabilidade mais desejável.

A mistura extrusável e o processo descritos de uma maneira geral até aqui são usados para produzir um substrato altamente vantajoso e 15 poroso. Em um exemplo, o substrato poroso pode ser extrusado para um substrato de bloco de filtro 175 tal como ilustrado na figura 5. O bloco de substrato 175 foi extrusado usando-se uma extrusora de pistão ou de rosca. A extrusora pode ser condicionada para operar em temperatura ambiente, temperatura ligeiramente elevada ou em uma janela de temperatura contro- 20 lada. Adicionalmente, diversas partes da extrusora podem ser aquecidas para diferentes temperaturas para afetar as características lentas, histórico de cisalhamento e características de transformação em gel da mistura de extrusão. Adicionalmente, o tamanho das matrizes de extrusão também pode ser dimensionado desta maneira para ajustar a contração esperada no 25 substrato durante o processo de aquecimento e sinterização. Vantajosamente, a mistura extrusável foi uma mistura extrusável fibrosa tendo plastificador e outros aditivos suficientes para permitir extrusão de material fibroso. O bloco de estado verde extrusado foi curado para remover água livre, queimar aditivos e formar uniões estruturais entre fibras. O bloco resultante 175 tem 30 características de porosidade altamente desejáveis, assim como excelente permeabilidade e alta área de superfície utilizável. Também, dependendo das fibras particulares e dos aditivos selecionados, o bloco 175 pode ser

construído para filtragem de profundidade vantajosa. O bloco 176 tem os canais 179 que se estendem longitudinalmente através do bloco. As entradas para o bloco 178 podem ser aberturas deixadas para um processo de fluxo contínuo, ou cada abertura pode ser encaixada para produzir um efeito de fluxo de parede. Embora o bloco 175 esteja mostrado com canais hexagonais, deve ser percebido que outros padrões e tamanhos podem ser usados. Por exemplo, os canais podem ser formados com um padrão de canal quadrangular, retangular, ou triangular arranjados uniformemente; um padrão de canal quadrangular/retangular ou octogonal/quadrangular tendo maiores canais de entrada; ou em um outro padrão de canal simétrico ou assimétrico. As formas e tamanhos precisos dos canais ou células podem ser ajustados pelo ajuste do projeto da matriz. Por exemplo, um canal quadrado pode ser feito para ter cantos curvos pelo uso de EDM (Usinagem por Eletroerosão) para modelar os pinos na matriz. Tais cantos arredondados são providos para aumentar a resistência do produto final, apesar de uma contrapressão ligeiramente mais alta. Adicionalmente, o projeto de matriz pode ser modificado para extrusar substratos alveolares onde as paredes têm diferentes espessuras e o revestimento tem uma espessura diferente daquela do resto das paredes. De forma similar, em algumas aplicações, um revestimento externo pode ser aplicado ao substrato extrusado para definição final do tamanho, forma, contorno e resistência.

Quando usado como um dispositivo de fluxo contínuo, a alta porosidade do bloco 176 capacita uma grande área de superfície para a aplicação de material catalítico. Deste modo pode ser feito um conversor catalítico altamente eficaz e eficiente, com o conversor tendo uma baixa massa térmica. Com uma massa térmica baixa como esta o conversor catalítico resultante tem boas características de tempo de aquecimento, e usa de forma eficiente material catalítico. Quando usado em um exemplo de fluxo de parede ou filtragem de parede, a alta permeabilidade das paredes de substrato capacitam contrapressões relativamente baixas, ao mesmo tempo que facilitando filtragem de profundidade. Esta filtragem de profundidade capacita remoção particulada eficiente, assim como facilita regeneração mais eficaz.

Em projeto de fluxo de parede, o fluido escoando através do substrato é forçado a se deslocar através das paredes do substrato, capacitando consequentemente um contato mais direto com as fibras compondo a parede. Aquelas fibras apresentam uma alta área de superfície para acontecer potenciais reações, tal como se um catalisador estivesse presente. Uma vez que a mistura extrusável pode ser formada de uma grande variedade de fibras, aditivos e fluidos, a química da mistura extrusável pode ser ajustada para gerar um bloco tendo características específicas. Por exemplo, se o bloco final for desejado para ser um filtro de particulado de diesel, as fibras são selecionadas para considerar operação segura mesmo na temperatura extrema de uma regeneração não controlada. Em um outro exemplo, se o bloco for para ser usado para filtrar um tipo particular de gás de exaustão, a fibra e as uniões são selecionadas assim como não para reagir com o gás de exaustão através da faixa de temperatura operacional esperada. Embora as vantagens do substrato de alta porosidade tenham sido descritas com referência a filtros e conversores catalíticos, deve ser percebido que muitas outras aplicações existem para o substrato altamente poroso.

A mistura extrusável fibrosa, tal como descrita com referência à figura 2, pode ser formada de uma grande variedade de materiais de base. A seleção dos materiais apropriados é baseada de uma maneira geral nas condições químicas, mecânicas e ambientais em que o substrato final deve operar. Desta maneira, uma primeira etapa no projeto de um substrato poroso é entender a aplicação final para o substrato. Com base nestas exigências, fibras particulares, aglutinantes, formadores de poro, fluidos e outros materiais podem ser selecionados. Também deve ser percebido que o processo aplicado aos materiais selecionados pode afetar o produto de substrato final. Uma vez que a fibra é o material estrutural primário no produto de substrato final, a seleção do material de fibra é crítica para capacitar o substrato final para operar na sua aplicação pretendida. Desta maneira, as fibras são selecionadas de acordo com as exigências de união exigidas, e um tipo particular de processo de união é selecionado. O processo de união pode ser uma sinterização de estado líquido, sinterização de estado sólido, ou

uma união exigindo um agente de união tal como formadores de vidro, vidro, argilas, cerâmicas, precursores cerâmicos ou soluções coloidais. O agente de união pode ser parte de uma das construções de fibra, de um revestimento sobre a fibra, ou de um componente em um dos aditivos. Também deve ser percebido que mais de um tipo de fibra pode ser selecionado. Também deve ser percebido que algumas fibras podem ser consumidas durante o processo de cura e união. Na seleção da composição de fibra a temperatura final de operação é uma consideração importante, de maneira que estabilidade térmica da fibra pode ser mantida. Em um outro exemplo, a fibra é selecionada de maneira que ela permanece quimicamente inerte e não-reativa na presença de gases, líquidos ou matéria particulada sólida esperados. A fibra também pode ser selecionada de acordo com seu custo, e algumas fibras podem apresentar preocupações de saúde por causa de seus pequenos tamanhos e, portanto, seu uso pode ser evitado. Dependendo do ambiente mecânico, as fibras são selecionadas de acordo com sua capacidade para formar uma estrutura rígida forte, assim como para manter a integridade mecânica exigida. Deve ser percebido que a seleção de uma fibra ou conjunto de fibras apropriadas pode envolver trocas compensatórias de desempenho e aplicação. A figura 6, tabela 1, mostra diversos tipos de fibras que podem ser usadas para formar um mistura extrusável fibrosa. De uma maneira geral, as fibras podem ser cerâmica óxida ou não-óxida, vidro, orgânica, inorgânica, ou elas podem ser metálicas. Para materiais cerâmicos, as fibras podem estar em diferentes estados, tais como amorfo, vítreo, policristalino ou monocristalino. Embora a tabela 1 illustre muitas fibras disponíveis, deve ser percebido que outros tipos de fibras podem ser usados.

Aglutinantes e formadores de poro podem então ser selecionados de acordo com o tipo de fibra selecionado, assim como outras características desejadas. Em um exemplo, o aglutinante é selecionado para facilitar um tipo particular de união de estado líquido entre as fibras selecionadas. Mais particularmente, o aglutinante tem um componente que em uma temperatura de união reage para facilitar o fluxo de uma união líquida para os nós de fibras se cruzando. Também, o aglutinante é selecionado por sua capaci-

dade para plastificar a fibra selecionada, assim como para manter seu estado de resistência verde. Em um exemplo, o aglutinante também é selecionado de acordo com o tipo de extrusão sendo usado, e a temperatura exigida para a extrusão. Por exemplo, alguns aglutinantes formam uma massa gelatinosa quando aquecidos demais e, portanto, somente podem ser usados em processos de extrusão de temperatura mais baixa. Em um outro exemplo, o aglutinante pode ser selecionado de acordo com seu impacto sobre características de mistura de cisalhamento. Deste modo, o aglutinante pode facilitar corte de fibras para a relação de aspecto desejada durante o processo de mistura. O aglutinante também pode ser selecionado de acordo com suas características de degradação ou queima. O aglutinante necessita ser capaz de reter as fibras de uma maneira geral no lugar, e não desorganizar a estrutura de fibra formada durante a queima. Por exemplo, se o aglutinante queimar muito rapidamente ou violentamente, os gases escapando podem desorganizar a estrutura formada. Também, o aglutinante pode ser selecionado de acordo com a quantidade de resíduo que o aglutinante deixa para trás depois de queimado. Algumas aplicações podem ser altamente sensíveis a tal resíduo.

Formadores de poro podem não ser necessários para a formação de porosidades relativamente moderadas. Por exemplo, o arranjo e acondicionamento natural das fibras dentro do aglutinante pode cooperar para capacitar uma porosidade de cerca de 40% a cerca de 60%. Deste modo, um substrato de porosidade moderada pode ser gerado usando-se um processo de extrusão sem o uso de formadores de poro. Em alguns casos, a eliminação de formadores de poro capacita um substrato poroso mais econômico para ser fabricado quando comparado aos processos conhecidos. Entretanto, quando uma porosidade de mais do que cerca de 60% é exigida, formadores de poro podem ser usados para causar espaço de ar adicional dentro do substrato depois da cura. Os formadores de poro também podem ser selecionados de acordo com suas características de degradação ou queima, e também podem ser selecionados de acordo com seus tamanho e forma. Tamanho de poro pode ser importante, por exemplo, para capturar

tipos particulares de matéria particulada, ou para capacitar permeabilidade particularmente alta. A forma dos poros também pode ser ajustada, por exemplo, para auxiliar no alinhamento apropriado das fibras. Por exemplo, uma forma de poro relativamente alongada pode arranjar fibras em um padrão mais alinhado, enquanto que uma forma mais irregular ou esférica pode arranjar as fibras em um padrão mais aleatório.

A fibra pode ser fornecida de um fabricante como uma fibra cortada e usada diretamente no processo, ou uma fibra pode ser fornecida em um formato de volume, o qual é tipicamente processado antes do uso. De qualquer modo, considerações de processo devem levar em conta como a fibra é para ser processada para a sua distribuição de relação de aspecto desejável final. De uma maneira geral, a fibra é inicialmente cortada antes da mistura com outros aditivos, e então é cortada adicionalmente durante as etapas de mistura, cisalhamento e extrusão. Entretanto, a extrusão também pode ser executada com fibras não cortadas ao se ajustar a reologia para tornar a mistura de extrusão extrusável em pressões de extrusão razoáveis e sem ocasionar fluxos de dilatação na mistura de extrusão quando colocada sob pressão na face de matriz de extrusão. Deve ser percebido que o corte das fibras para a distribuição de relação de aspecto apropriada pode ser feito em vários pontos no processo global. Uma vez que a fibra tenha sido selecionada e cortada para um comprimento utilizável, ela é misturada com aglutinante e formador de poro. Esta mistura pode ser feita primeiramente em uma forma seca para iniciar o processo de mistura, ou pode ser feita como um processo de mistura molhado. Fluido, o qual é tipicamente água, é adicionado à mistura. A fim de obter o nível exigido de distribuição homogênea, a mistura é misturada por cisalhamento em um ou mais estágios. A mistura de cisalhamento ou mistura dispersiva fornece um processo de mistura homogênea altamente desejável para distribuir uniformemente as fibras na mistura, assim como para cortar adicionalmente fibras para a relação de aspecto desejada.

A figura 6, tabela 2, mostra diversos aglutinantes disponíveis para seleção. Deve ser percebido que um único aglutinante pode ser usado

ou que múltiplos aglutinantes podem ser usados. Os aglutinantes são de uma maneira geral divididos em classificações orgânicas e inorgânicas. Os aglutinantes orgânicos de uma maneira geral queimarão em uma temperatura mais baixa durante a cura, enquanto que os aglutinantes inorgânicos tipicamente formarão uma parte da estrutura final em uma temperatura mais alta. Embora diversas seleções de aglutinante estejam listadas na tabela 2, deve ser percebido que diversos outros aglutinantes podem ser usados. A figura 6, tabela 3, mostra uma lista de formadores de poro disponíveis. Formadores de poro podem ser definidos de uma maneira geral como orgânicos ou inorgânicos, com os orgânicos tipicamente queimando em uma temperatura mais baixa do que os inorgânicos. Embora diversos formadores de poro estejam listados na tabela 3, deve ser percebido que outros formadores de poro podem ser usados. A figura 6, tabela 4, mostra diferentes fluidos que podem ser usados. Embora deva ser percebido que água pode ser o fluido mais econômico e frequentemente usado, algumas aplicações podem exigir outros fluidos. Embora a tabela 4 mostre diversos fluidos que podem ser usados, deve ser percebido que outros fluidos podem ser selecionados de acordo com as exigências específicas de aplicação e processo.

Em geral, a mistura pode ser ajustada para ter uma reologia apropriada para extrusão vantajosa. Tipicamente, reologia apropriada resulta da seleção e mistura apropriadas de fibras, aglutinantes, dispersantes, plastificadores, formadores de poro e fluidos. Um alto grau de mistura é necessário para fornecer adequadamente plasticidade para as fibras. Uma vez que a fibra, aglutinante e o formador de poro apropriados tenham sido selecionados, a quantidade de fluido é tipicamente ajustada de forma final para satisfazer à reologia apropriada. Uma reologia apropriada pode ser indicada tal como por um de dois testes. O primeiro teste é um teste subjetivo e informal onde uma gota de mistura é removida e colocada entre os dedos de um operador de extrusão qualificado. O operador é capaz de identificar quando a mistura desliza de forma apropriada entre os dedos, indicando que a mistura está em uma condição apropriada para extrusão. Um segundo teste mais objetivo conta com medir características físicas da mistura. De uma maneira

geral, a resistência ao cisalhamento versus pressão de compactação pode ser medida usando um reômetro anular confinado (isto é, alta pressão). Medições são feitas e plotadas de acordo com uma comparação de resistência de coesão versus dependência de pressão. Pela medição da mistura em

5 várias misturas e níveis de fluido, um gráfico de reologia identificando pontos de reologia pode ser criado. Por exemplo, a tabela 5, figura 6, ilustra um gráfico de reologia para uma mistura cerâmica fibrosa. O eixo geométrico 232 representa resistência de coesão e o eixo geométrico 234 representa dependência de pressão. A área extrusável 236 representa uma área onde ex-

10 trusão fibrosa é altamente provável de ocorrer. Portanto, uma mistura caracterizada por qualquer medição estando incluída na área 236 é provavelmente mistura para extrusar de forma bem-sucedida. Certamente, deve ser percebido que o gráfico de reologia está sujeito a muitas variações, e assim alguma variação no posicionamento da área 236 é para ser esperada. Adicio-

15 nalmente, existem diversos outros testes diretos e indiretos para medir reologia e plasticidade, e percebe-se que qualquer número deles pode ser empregado para verificar se a mistura tem a reologia certa para ela ser extrusada para a forma final do produto desejado.

Uma vez que a reologia apropriada tenha sido alcançada, a mistura é extrusada por meio de uma extrusora. A extrusora pode ser uma extrusora de pistão, uma extrusora de rosca simples, ou uma extrusora de rosca dupla. O processo de extrusão pode ser altamente automatizado, ou pode exigir intervenção humana. A mistura é extrusada através de uma matriz tendo a forma seccional transversal desejada para o bloco de substrato. A

25 matriz tem sido selecionada para formar de modo suficiente o substrato verde. Deste modo, um substrato verde estável é criado que pode ser manuseado através do processo de cura, ao mesmo tempo que mantendo sua forma e alinhamento de fibra.

O substrato verde é então seco e curado. A secagem pode acontecer em condições ambientes, em condições de temperatura e umidade controladas (tais como em fornos controlados), em fornos de micro-ondas, fornos RF e fornos de convecção. A cura de uma maneira geral exige a re-

30

moção de água livre para secar o substrato verde. É importante secar o substrato verde em uma maneira controlada assim como para não introduzir fissuras ou outros defeitos estruturais. A temperatura pode então ser elevada para queimar aditivos, tais como aglutinantes e formadores de poro. A temperatura é controlada para garantir que os aditivos são queimados em uma maneira controlada. Deve ser percebido que queima de aditivo pode exigir ciclos de temperaturas através de vários ciclos cronometrados e vários níveis de calor. Uma vez que os aditivos são queimados, o substrato é aquecido para a temperatura exigida para formar uniões estruturais nos pontos ou nós de interseção de fibra. A temperatura exigida é selecionada de acordo com o tipo de união exigida e a química das fibras. Por exemplo, uniões sinterizadas auxiliadas por líquido são tipicamente formadas em uma temperatura menor do que uniões de estado sólido. Também deve ser percebido que a quantidade de tempo na temperatura de união pode ser ajustada de acordo com o tipo específico de união sendo produzida. O ciclo térmico total pode ser executado no mesmo forno, em fornos diferentes, em processos por lote ou contínuos e em condições ambientes ou de atmosfera controlada. Depois de as uniões de fibra terem sido formadas, o substrato é resfriado lentamente até a temperatura ambiente. Deve ser percebido que o processo de cura pode ser realizado em um forno ou em múltiplos fornos/fornalhas, e pode ser automatizado em fornos/fornalhas de produção, tais como fornos túneis.

Referindo-se agora à figura 7, está ilustrado um sistema para extrusar um substrato poroso. O sistema 250 é um processo altamente flexível para produzir um substrato poroso. A fim de projetar o substrato, as exigências de substrato são definidas tal como mostrado no bloco 252. Por exemplo, o uso final do substrato define de uma maneira geral as exigências de substrato, as quais podem incluir restrições de tamanho, restrições de temperatura, restrições de resistência e restrições de reação química. Adicionalmente, o custo e a facilidade de fabricação da massa do substrato podem determinar e impulsionar certas seleções. Por exemplo, uma alta taxa de produção pode requerer a geração de temperaturas relativamente altas

na matriz de extrusão e, portanto, são selecionados aglutinantes que operam em uma temperatura elevada sem endurecimento ou formação de gel. Em extrusões usando aglutinantes de alta temperatura, as matrizes e o cilindro podem necessitar ser mantidos em uma temperatura relativamente mais alta tal como 60°C a 180°C. Em um caso como este, o aglutinante pode fundir, reduzindo ou eliminando a necessidade de fluido adicional. Em um outro exemplo, um filtro pode ser projetado para capturar matéria particulada, assim a fibra é selecionada para permanecer não-reativa com a matéria particulada mesmo em temperaturas elevadas. Deve ser percebido que uma faixa ampla de aplicações pode ser acomodada, com uma faixa ampla de possíveis misturas e processos. Os versados na técnica perceberão as trocas compensatórias envolvidas na seleção de fibras, aglutinantes, formadores de poro, fluidos e etapas de processo. De fato, uma das vantagens significativas do sistema 250 é a sua flexibilidade tal como para a seleção de composição de mistura e os ajustes para os processos.

Uma vez que as exigências de substrato tenham sido definidas, uma fibra é selecionada da tabela 1 da figura 6 tal como mostrado no bloco 253. A fibra pode ser de um único tipo, ou pode ser uma combinação de dois ou mais tipos. Também deve ser percebido que algumas fibras podem ser selecionadas para ser consumidas durante o processo de cura. Também, aditivos podem ser adicionados às fibras, tais como revestimentos sobre as fibras, para introduzir outros materiais na mistura. Por exemplo, agentes dispersantes podem ser aplicados às fibras para facilitar separação e arranjo de fibras, ou ajudantes de união podem ser revestidos sobre as fibras. No caso de ajudantes de união, quando as fibras alcançam temperaturas de cura, os ajudantes de união auxiliam na formação e fluxo de uniões de estado líquido.

Uma composição típica para obter porosidade > 80%

		Densidade (g/cc)	Massa (g)	Volume (cc)	Volume (%)
Fibra	Mulita	2,7	300,0	111,1	9,2
Reforço	Bentonita	2,6	30,0	11,5	1,0
Aglutinante	HPMC (Hidroxipropil metilcelulose)	0,5	140,0	280,0	23,1
Plastificador	Propileno Glicol	1,1	15,0	13,6	1,1
Formador de poro	PMMA (Polimetil Metacrilato)	1,19	500,0	420,2	34,7
Fluido	Água	1	375,0	375,0	31
		Total	1.360,0	1211,5	100,0

Um aglutinante é então selecionado da tabela 2 da figura 6 tal como mostrado no bloco 255. O aglutinante é selecionado para facilitar resistência de estado verde, assim como queima controlada. Também, o aglutinante é selecionado para produzir suficiente plasticidade na mistura. Se necessário, um formador de poro é selecionado da tabela 3 da figura 6 tal como mostrado no bloco 256. Em alguns casos, porosidade suficiente pode ser obtida somente por meio do uso de fibras e aglutinantes. A porosidade é alcançada não somente pelas características de acondicionamento natural das fibras, mas também pelo espaço ocupado pelos aglutinantes, solventes e outros componentes voláteis que são liberados durante os estágios de desaglutinação e cura. Para alcançar porosidades mais altas, formadores de poro adicionais podem ser adicionados. Os formadores de poro também são selecionados de acordo com as suas capacidades de queima controlada, e também podem auxiliar na plastificação da mistura. O fluido, o qual é tipicamente água, é selecionado da tabela 4 da figura 6 tal como mostrado no bloco 257. Outros materiais líquidos podem ser adicionados, tais como um dispersante, para auxiliar na separação e arranjo de fibras, e plastificadores e ajudantes de extrusão para melhorar comportamento de fluxo da mistura. Este dispersante pode ser usado para ajustar as cargas eletrônicas de superfície nas fibras. Deste modo, fibras podem ter as suas cargas controladas para fazer com que fibras individuais repilam umas às outras. Isto facilita uma distribuição de fibras mais homogênea e aleatória. Uma composição típica para mistura pretendida para criar um substrato com porosidade

> 80% está mostrada acima. Deve ser percebido que a mistura pode ser ajustada de acordo com a porosidade-alvo, a aplicação específica e considerações de processo.

5 Tal como mostrado no bloco 254, as fibras selecionadas no bloco 252 devem ser processadas para ter uma distribuição de relação de aspecto apropriada. Esta relação de aspecto é preferida para ser na faixa de cerca de 3 a cerca de 500 e pode ter um ou mais modos de distribuição. Deve ser percebido que outras faixas podem ser selecionadas, por exemplo, até cerca de uma relação de aspecto de 1.000. Em um exemplo, a distribuição de relações de aspecto pode ser distribuída aleatoriamente por toda a faixa desejada, e em outros exemplos as relações de aspecto podem ser selecionadas em valores de modo mais distinto. Constatou-se que a relação de aspecto é um importante fator na definição das características de acondicionamento para as fibras. Desta maneira, a relação de aspecto e a distribuição de relações de aspecto são selecionadas para implementar uma particular exigência de resistência e porosidade. Também deve ser percebido que o processamento das fibras na sua distribuição de relação de aspecto preferida pode ser executado em vários pontos no processo. Por exemplo, fibras podem ser cortadas por um processador de entidade externa e entregues em uma predeterminada distribuição de relação de aspecto. Em um outro exemplo, as fibras podem ser fornecidas em uma forma de volume, e processadas para uma relação de aspecto apropriada tal como em uma etapa preliminar no processo de extrusão. Deve ser percebido que a mistura, mistura de cisalhamento ou mistura dispersiva, e aspectos de extrusão do processo 250 também podem contribuir para o corte e divisão das fibras. Desta maneira, a relação de aspecto das fibras introduzidas originalmente na mistura será diferente daquela relação de aspecto no substrato final curado. Desta maneira, o efeito de corte e divisão da mistura, mistura de cisalhamento, e extrusão deve ser considerado durante a seleção da distribuição de relação de aspecto apropriada 254 introduzida no processo.

30 Com as fibras processadas para a distribuição de relação de aspecto apropriada, as fibras, aglutinantes, formadores de poro e fluidos são

misturados em uma massa homogênea, tal como mostrado no bloco 262. Este processo de mistura pode incluir um aspecto de mistura seca, um aspecto de mistura molhada e um aspecto de mistura de cisalhamento. Constatou-se que mistura de cisalhamento ou dispersiva é desejável para produzir uma distribuição altamente homogênea de fibras dentro da massa. Esta distribuição é particularmente importante por causa da concentração relativamente baixa de material cerâmico na mistura. À medida que a mistura homogênea está sendo misturada, a reologia da mistura pode ser ajustada tal como mostrado no bloco 264. À medida que a mistura é misturada a sua reologia continua a mudar. A reologia pode ser testada de forma subjetiva, ou pode ser medida para estar de acordo com a área desejável tal como ilustrado na tabela 5 da figura 6. Mistura estando incluída nesta área desejada tem uma alta probabilidade de ser extrusada de forma apropriada. A mistura é então extrusada para um substrato verde tal como mostrado no bloco 268. No caso de extrusoras de rosca, a mistura também pode acontecer dentro da extrusora propriamente dita, e não em um misturador separado. Em tais casos, a história de cisalhamento da mistura tem que ser cuidadosamente gerenciada e controlada. O substrato verde tem resistência verde suficiente para reter a sua forma e arranjo de fibra durante o processo de cura. O substrato verde é então curado tal como mostrado no bloco 270. O processo de cura inclui remoção de qualquer água remanescente, queima controlada da maioria dos aditivos, e a formação de uniões de fibra com fibra. Durante o processo de queima as fibras mantêm a sua relação de emaranhadas e de cruzamento, e à medida que o processo de cura prossegue, as uniões são formadas nos pontos ou nós de cruzamento. Deve ser percebido que as uniões podem resultar de um processo de união de estado líquido ou de um estado sólido. Também deve ser entendido que parte das uniões pode ser por causa de reações com aditivos fornecidos no aglutinante, formadores de poro, tais como revestimentos sobre as fibras, ou nas fibras propriamente ditas. Depois de as uniões terem sido formadas o substrato é resfriado lentamente para a temperatura ambiente.

Referindo-se agora à figura 8, está ilustrado um método para

curar um substrato fibroso poroso. O método 275 tem um substrato verde tendo um conteúdo cerâmico fibroso. O processo de cura primeiro remove lentamente a água remanescente do substrato tal como mostrado no bloco 277. Tipicamente, a remoção de água pode ser feita em uma temperatura

5 relativamente baixa em um forno. Depois de a água remanescente ter sido removida, os aditivos orgânicos podem ser queimados tal como mostrado no bloco 279. Estes aditivos são queimados em uma maneira controlada para facilitar arranjo apropriado das fibras, e para assegurar que gases e resíduos escapando não interferem com a estrutura de fibra. À medida que os aditivos

10 queimam, as fibras mantêm seu arranjo de sobreposição, e podem adicionalmente entrar em contato nos pontos ou nós de cruzamento tal como mostrado no bloco 281. As fibras são posicionadas nestes arranjos de sobreposição usando o aglutinante, e podem ter padrões particulares formados por meio do uso de formadores de poro. Em alguns casos, aditivos inorgânicos

15 podem ter sido usados, os quais podem combinar com as fibras, ser consumidos durante o processo de formação de união, ou permanecer como uma parte da estrutura de substrato final. O processo de cura segue para formar uniões de fibra com fibra tal como mostrado no bloco 285. O tempo e temperatura específicos exigidos para criar as uniões depende do tipo das fibras

20 usadas, tipo dos ajudantes ou agentes de união usados, e do tipo de união desejada. Em um exemplo, a união pode ser um aglutinante sinterizado de estado líquido gerada entre fibras tal como mostrado no bloco 286. Tais uniões são auxiliadas por formadores de vidro, vidros, precursores cerâmicos ou fluxos inorgânicos presentes no sistema. Em um outro exemplo, um aglutinante sinterizado de estado líquido pode ser criado usando ajudantes ou

25 agentes de sinterização tal como mostrado no bloco 288. Os ajudantes de sinterização podem ser fornecidos como um revestimento sobre as fibras, como aditivos, de aglutinantes, de formadores de poro, ou da química das fibras propriamente ditas. Também, a união de fibra com fibra pode ser formada por uma sinterização de estado sólido entre fibras tal como mostrado

30 no bloco 291. Neste caso, as fibras que se cruzam exibem crescimento de grão e transferência de massa, resultando na formação de uniões químicas

nos nós e em uma estrutura rígida global. No caso de sinterização de estado líquido, uma massa de material de união se acumula nos nós de cruzamento das fibras, e forma a estrutura rígida. Deve ser percebido que o processo de cura pode ser feito em um ou mais fornos, e pode ser automatizado em um

5 forno industrial tipo túnel ou fornalha.

Referindo-se agora à figura 9, está ilustrado um processo para preparar fibras. O processo 300 mostra que fibras de volume são recebidas tal como mostrado no bloco 305. As fibras de volume tipicamente têm fibras muito longas em um arranjo de agrupadas e entrelaçadas. Tais fibras de vo-

10 lume devem ser processadas para separar e cortar de forma adequada as fibras para uso no processo de mistura. Desta maneira, as fibras de volume são misturadas com a água 307 e possivelmente com um agente dispersante 309 para formar uma pasta fluida 311. O dispersante 309 pode ser, por exemplo, um ajustador de pH ou um ajustador de carga para auxiliar as fi-

15 bras no afastamento de umas das outras. Deve ser percebido que diversos tipos diferentes de dispersantes podem ser usados. Em um exemplo, as fibras de volume são revestidas com um dispersante antes da introdução na pasta fluida. Em um outro exemplo, o dispersante é simplesmente adicionado à mistura de pasta fluida 311. A mistura de pasta fluida é misturada inten-

20 samente tal como mostrado no bloco 314. Esta mistura intensa age para cortar e separar as fibras de volume para uma distribuição de relação de aspecto utilizável. Tal como descrito anteriormente, a relação de aspecto para o uso inicial das fibras será diferente daquele da distribuição no substrato final, já que o processo de mistura e de extrusão corta adicionalmente as fibras.

25 Depois de as fibras terem sido cortadas para uma distribuição de aspecto apropriada, a água é na maioria das vezes removida usando-se um filtro-prensa 316 ou por pressionar contra um filtro em um outro equipamento. Deve ser percebido que outros processos de remoção de água podem ser usados, tais como secagem por congelamento. O filtro-prensa pode usar

30 pressão, vácuo ou outro dispositivo para remover água. Em um exemplo as fibras cortadas são secas adicionalmente para um completo estado seco tal como mostrado no bloco 318. Estas fibras secas podem então ser usadas

em um processo de mistura seca 323 onde elas são misturadas com outros aglutinantes e formadores de poro secos tal como mostrado no bloco 327. Esta mistura inicial seca auxilia na geração de uma massa homogênea. Em um outro exemplo, o conteúdo de água das fibras filtradas é ajustado para conteúdo de umidade apropriada tal como mostrado no bloco 321. Mais particularmente, água suficiente é deixada no pedaço de fibra cortada para facilitar mistura molhada tal como mostrado no bloco 325. Constatou-se que por deixar parte da água de pasta fluida com as fibras, separação e distribuição adicional das fibras podem ser obtidas. Aglutinantes e formadores de poro também podem ser adicionados no estágio de mistura molhada, e a água 329 pode ser acrescentada para se obter a correta reologia. A massa também é misturada por cisalhamento tal como mostrado no bloco 332. A mistura de cisalhamento também pode ser feita pela passagem da mistura através de matrizes em forma de espaguete usando-se uma extrusora de rosca, uma extrusora de rosca dupla, ou um misturador de cisalhamento (tal como misturador tipo lâmina em sigma). A mistura de secagem também pode acontecer em um misturador sigma, um misturador de alto cisalhamento, e dentro da extrusora de rosca. O processo de mistura de cisalhamento é desejável para criar para trabalho uma massa mais homogênea 335 que tenha plasticidade desejável e reologia extrusável para extrusão. A massa homogênea 335 tem uma distribuição de fibras uniforme, com as fibras posicionadas em uma matriz de sobreposição. Deste modo, à medida que a massa homogênea é extrusada para um bloco de substrato e curada, às fibras é permitido que se unam em uma estrutura rígida. Adicionalmente, esta estrutura rígida forma uma rede de poros abertos tendo alta porosidade, alta permeabilidade e alta área de superfície.

Referindo-se agora à figura 10, está ilustrado um método para produzir um bloco de substrato de gradiente. O processo 350 é projetado para capacitar a fabricação e extrusão de um bloco de substrato tendo uma característica de gradiente. Por exemplo, um substrato pode ser produzido tendo um primeiro material na direção do centro do bloco, e um material diferente na direção para fora do bloco. Em um exemplo mais específico, um

material tendo um coeficiente de expansão térmica mais baixo é usado na direção do centro do bloco onde particularmente calor alto é esperado, enquanto que um material com coeficiente de expansão térmica relativamente alto é usado nas áreas externas onde menos calor é esperado. Deste modo, uma propriedade de expansão mais unificada pode ser mantida para o bloco total. Em um outro exemplo, áreas selecionadas de um bloco podem ter material cerâmico de densidade mais alta para fornecer suporte estrutural aumentado. Estes elementos de suporte estrutural podem ser arranjados concentricamente ou arranjados axialmente no bloco. Desta maneira, os materiais específicos podem ser selecionados de acordo com gradientes desejados em porosidade, tamanho de poro ou química de acordo com as exigências de aplicação. Adicionalmente, o gradiente pode requerer o uso de mais de dois materiais.

Em um exemplo, a estrutura de gradiente pode ser produzida pelo fornecimento de um cilindro de um primeiro material 351. Uma lâmina de um segundo material 353 é enrolada em volta do cilindro 351 tal como mostrado pela ilustração 355. Deste modo, a camada B 353 se torna um tubo concêntrico em volta do cilindro interno 351. O cilindro provido de camada 355 é então colocado em uma extrusora de pistão, o ar é retirado e a massa é extrusada através de uma matriz. Durante o processo de extrusão, material misturará na interface entre o material A e o material B, facilitando uma interface sem interrupção. Uma interface como esta capacita a sobreposição e união de fibras entre os dois diferentes tipos de materiais, facilitando assim uma estrutura total mais forte. Uma vez que o material foi extrusado, curado e acondicionado, ele produz um pacote de filtro ou conversor catalítico 357 tendo um substrato de gradiente. Mais particularmente, o material A se forma no centro do substrato, enquanto que o material B 361 se forma nas partes externas. Deve ser percebido que mais de dois materiais podem ser usados, e que tamanho de poro, porosidade e características químicas podem ser ajustadas de forma gradual.

Referindo-se agora à figura 11, um outro processo 375 está descrito para criar um substrato de gradiente. No processo 375, um primeiro

cilindro 379 é fornecido aproximadamente do tamanho do cilindro de extrusão de pistão. Em um exemplo, o cilindro externo 379 é o cilindro real usado na extrusora de pistão. Um tubo interno 377 tendo um diâmetro menor do que o do tubo externo 379 é fornecido. Os tubos são arranjados concentricamente de maneira que o tubo interno 377 é posicionado concentricamente dentro do tubo 379. Péletes de um primeiro material de mistura extrusável 383 são depositados dentro do tubo 377, enquanto que péletes de um segundo material de mistura extrusável 381 são depositados no anel entre o tubo 377 e o tubo 379. O tubo interno é removido cuidadosamente, de maneira que o material A é circundado concentricamente pelo material 381. O arranjo de material é então colocado no pistão de extrusão, o ar é removido, e é extrusado através de uma matriz. Uma vez extrusado, curado e acondicionado, um substrato de gradiente tal como descrito com referência à figura 10 é produzido. Deve ser percebido que mais de dois anéis concêntricos podem ser criados, e que vários tipos de gradientes podem ser produzidos.

Referindo-se agora à figura 12, está ilustrado um outro método de construção de um substrato de gradiente. O método 400 tem uma coluna de mistura extrusável 402 tendo discos alternantes de dois materiais extrusáveis. A mistura extrusável 402 tem um primeiro material 403 adjacente a um segundo material 404. Em um exemplo, o material A é relativamente poroso, enquanto que o material B é menos poroso. Durante a extrusão, o material fluirá através da matriz de extrusão fazendo com que fibras da parte A e da parte B se misturem em um arranjo de sobreposição. Deste modo, cada parte A e B é unida conjuntamente para se tornar um bloco de substrato fibroso. Mediante cura e acondicionamento, um filtro 406 é criado. O filtro 406 tem uma primeira parte 407 tendo porosidade relativamente alta e uma segunda parte 408 tendo menos porosidade. Deste modo, gás fluindo através do filtro 406 é primeiramente filtrado através de uma área de alta porosidade tendo grande tamanho de poro, e então filtrado através de uma área menos porosa tendo menor tamanho de poro. Deste modo, as partículas grandes são capturadas na área 407, enquanto que as partículas menores são capturadas na área 408. Deve ser percebido que o tamanho e número de discos

de material podem ser ajustados de acordo com as necessidades de aplicação.

O sistema de extrusão de fibra oferece grande flexibilidade na implementação. Por exemplo, uma faixa ampla de fibras e aditivos pode ser selecionada para formar a mistura. Diversas opções de mistura e extrusão existem, assim como opções relacionadas a método, tempo e temperatura de cura. Com os preceitos revelados, os versados nas técnicas de extrusão entenderão que muitas variações poderão ser usadas. Substrato alveolar é um projeto comum para ser produzido usando a técnica descrita na presente invenção, mas outras formas, tamanhos, contornos e projetos podem ser extrusados para várias aplicações.

Para certas aplicações, tais como uso em dispositivos de filtração (DPF, filtros de óleo/ar, filtros de gás quente, filtros de ar, filtros de água, etc.) ou dispositivos catalíticos (tais como conversores catalíticos de 3 vias, catalisadores SCR, desionizadores, desodorizadores, reatores biológicos, reatores químicos, catalisadores de oxidação, etc.) os canais em um substrato extrusado podem necessitar ser obstruídos. Material de composição similar ao substrato extrusado é usado para obstruir o substrato. A obstrução pode ser feita no estado verde ou em um substrato sinterizado. A maioria das composições para obstrução exigem tratamento térmico para curar e se unir ao substrato extrusado.

Embora modalidades particulares preferidas e alternativas da presente invenção tenham sido reveladas, estará aparente para os versados na técnica que muitas diferentes modificações e extensões da tecnologia descrita anteriormente podem ser implementadas usando o preceito desta invenção descrita neste documento. Todas as tais modificações e extensões devem ser consideradas para ser incluídas no verdadeiro espírito e escopo da invenção tal como discutido nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Substrato poroso, caracterizado pelo fato de que possui uma porosidade na faixa de cerca de 60% a cerca de 90%, tem uma estrutura formada de fibras inorgânicas unidas, e é produzido por um processo de extrusão compreendendo:
- 5 misturar uma fibra inorgânica com aditivos e um fluido para formar uma mistura extrusável;
- extrusar a mistura extrusável para um substrato verde; e
- curar o substrato verde para o substrato poroso.
- 10 2. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de cura gera uniões de fibra com fibra que formam a estrutura.
3. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as uniões são formadas por sinterização ou por formação de uniões de vidro, vidro-cerâmico ou cerâmicas.
- 15 4. Substrato poroso como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de cura gera uniões de fibra com fibra que formam uma rede de poros abertos.
5. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras inorgânicas têm uma relação de aspecto distribuída de um modo na faixa de 3 a 1.000.
- 20 6. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras inorgânicas são selecionadas da tabela 1 da figura 6.
- 25 7. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos alguns contatos de fibra com fibra não formam uniões.
8. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que substancialmente todos os contatos de fibra com fibra
- 30 formam uniões.
9. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui adicionalmente uma primeira união de seção de

substrato usando um primeiro tipo de união de fibra com fibra, e uma segunda seção de substrato usando um segundo tipo de união de fibra com fibra.

10. Substrato poroso, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras inorgânicas incluem materiais cristalinos, amorfos, de vidro ou cerâmicos.

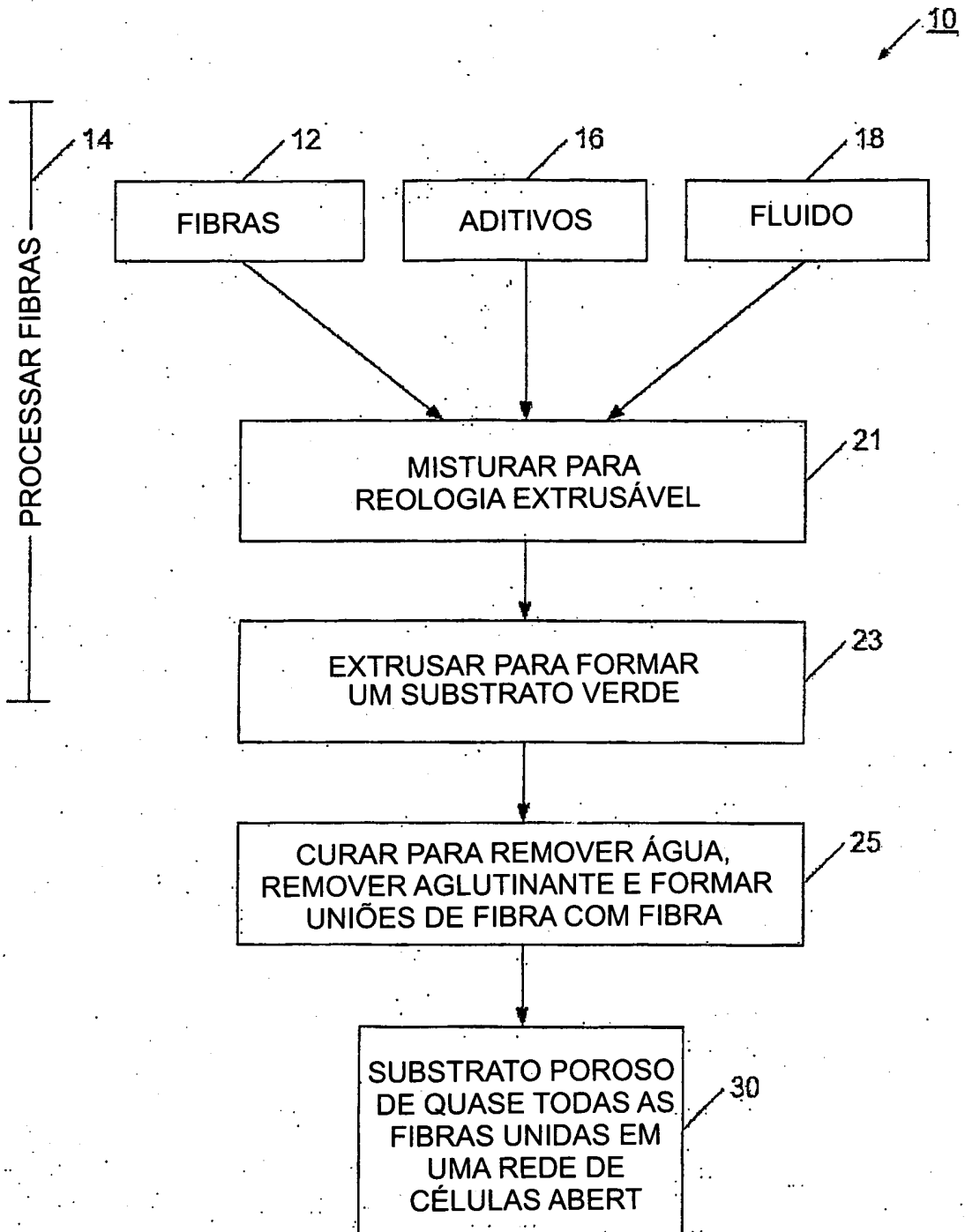


FIG. 1

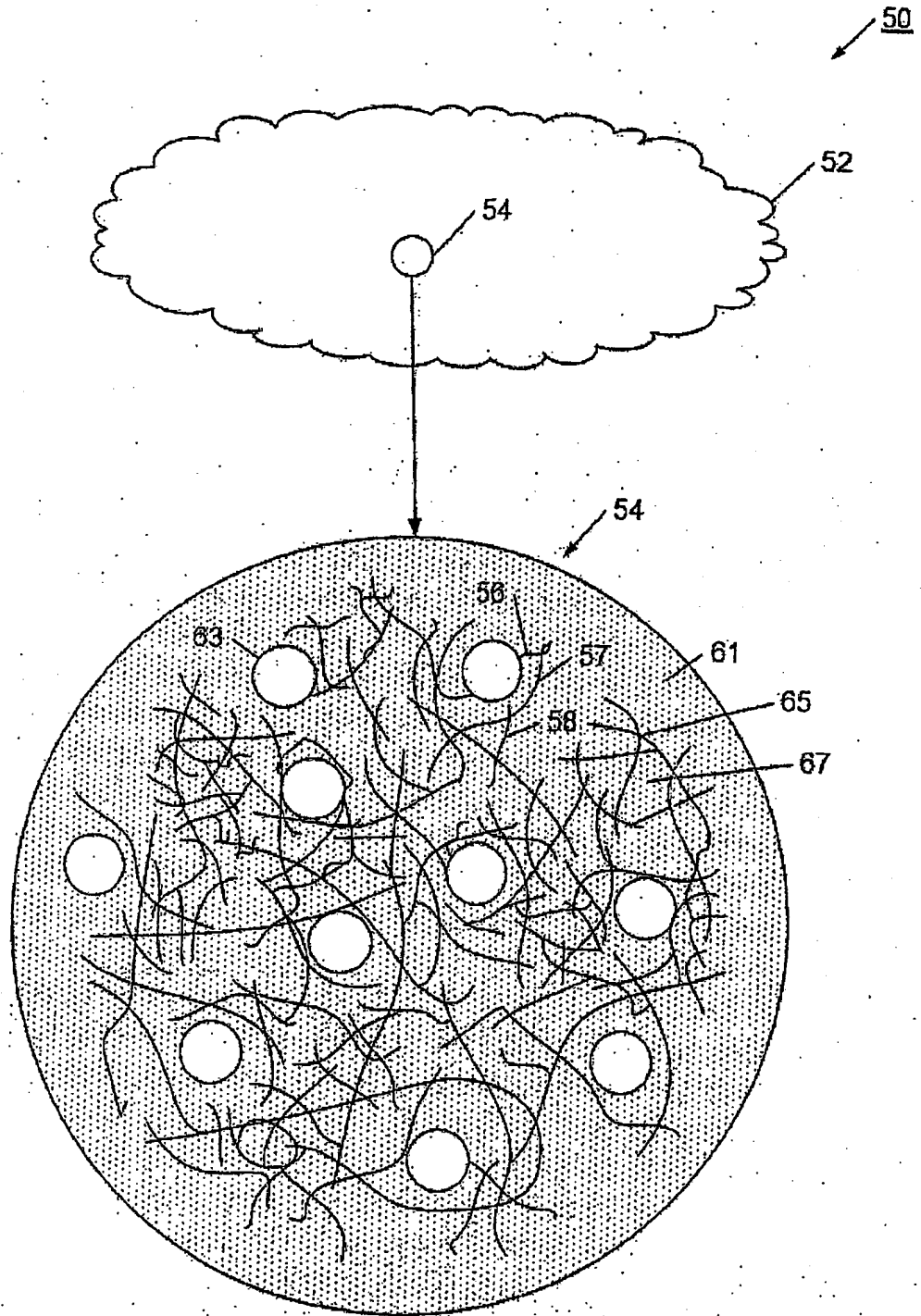


FIG. 2

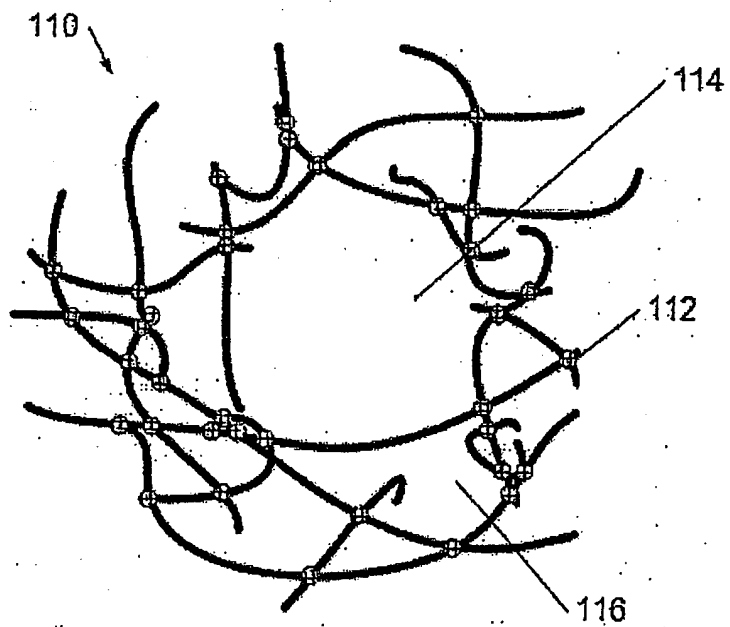
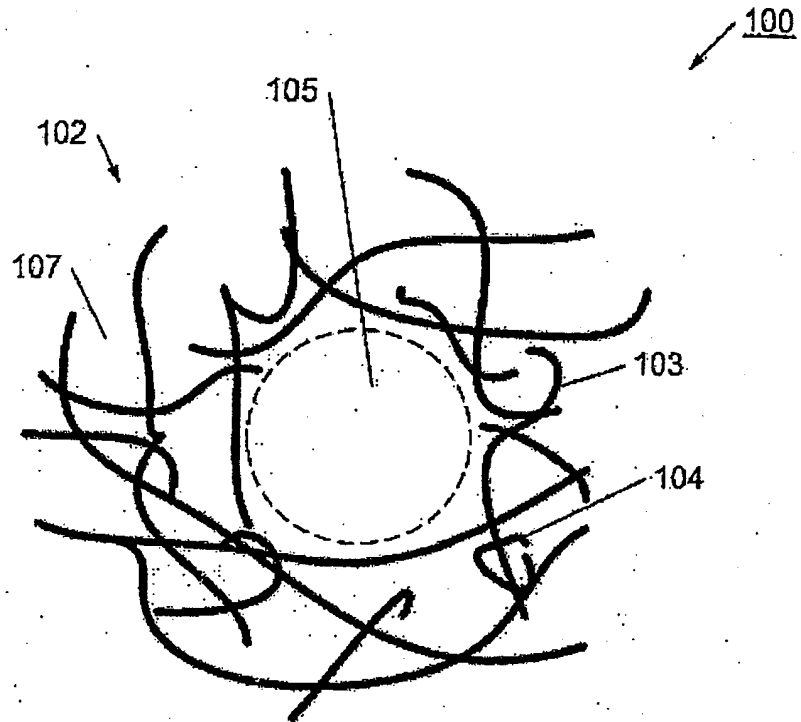


FIG. 3A

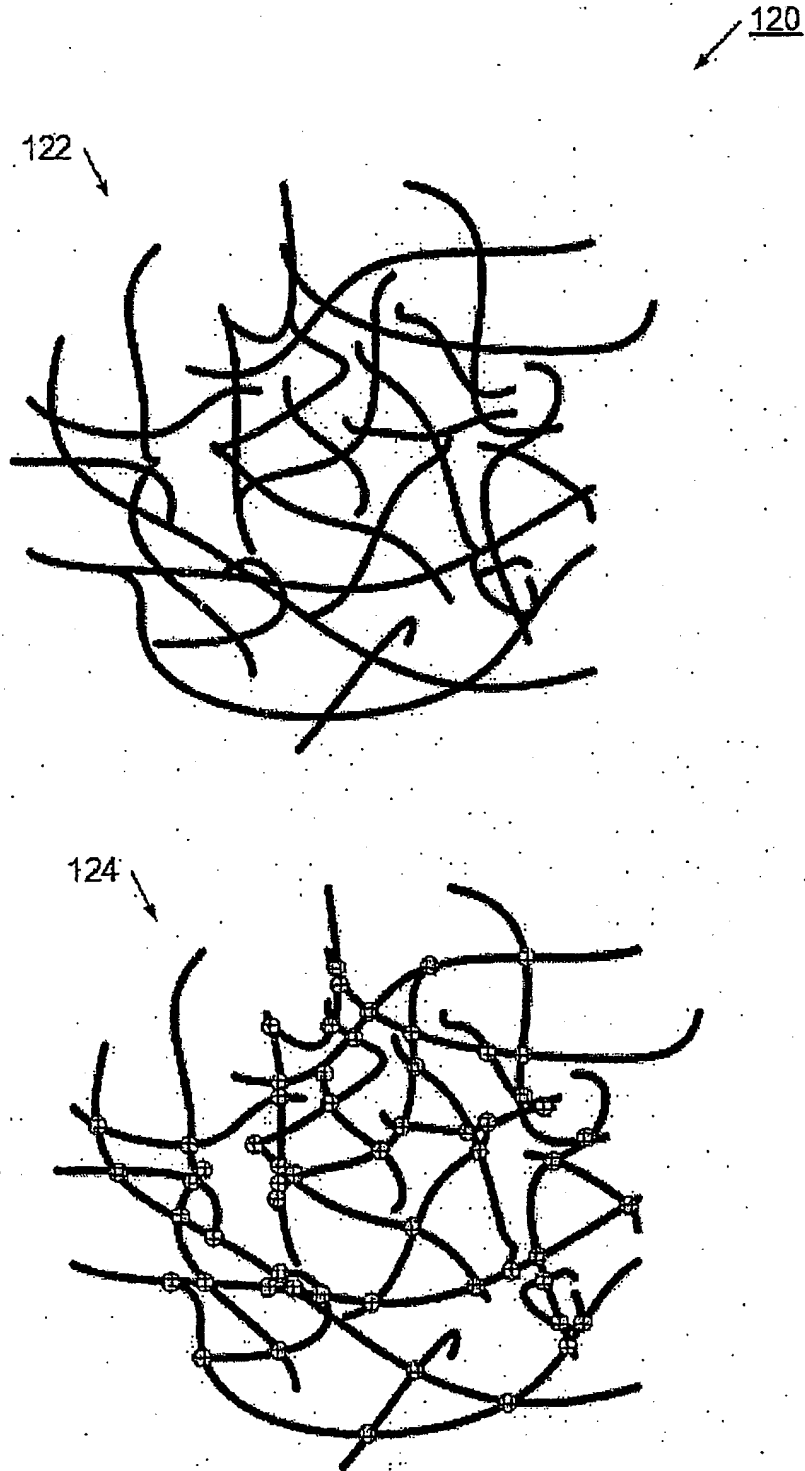


FIG. 3B

150

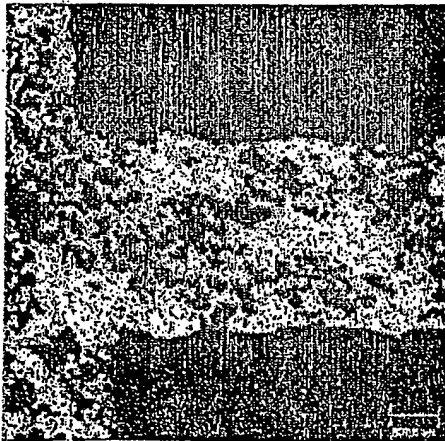


152

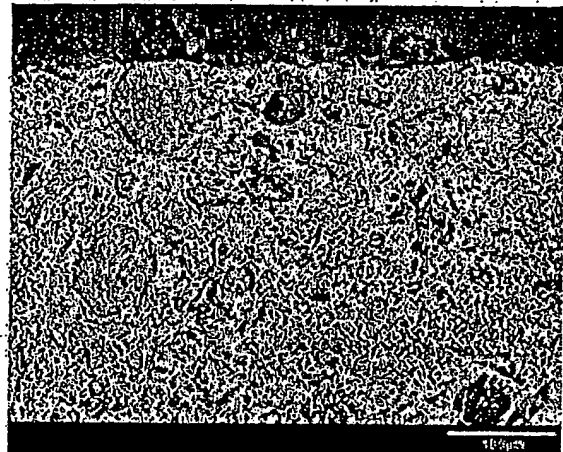


REDE DE CÉLULAS ABERTAS

154



Estrutura de poros
parcialmente abertos
(porosidade de cerca de 55%)



Rede de células
fechadas com porosidade
de cerca de 15% a 30%

REDE DE CÉLULAS FECHADAS
(Técnica Anterior)

FIG. 4

175 ↘

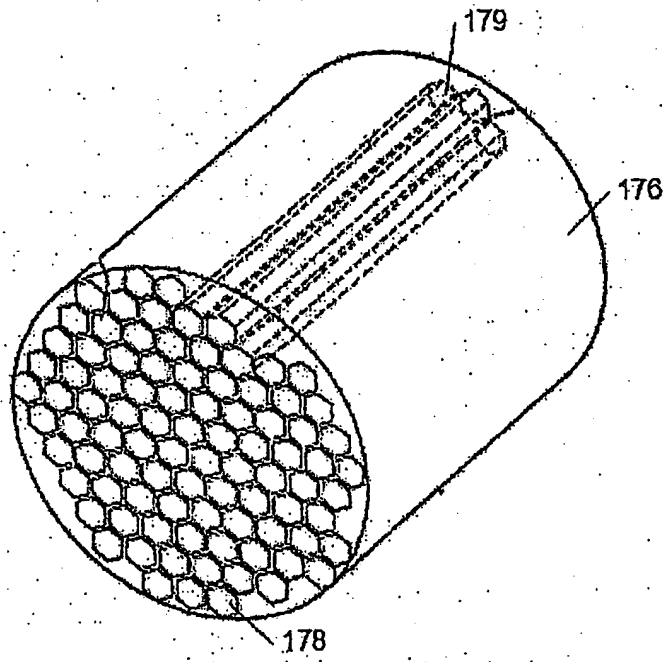


FIG. 5

TABELA 1 – SELEÇÃO DE FIBRA

COMPOSIÇÕES DE FIBRA	COMPOSIÇÕES DE FIBRA (CONTINUAÇÃO)
Mulita	Fibras fenólicas
Alumina	Fibras poliméricas
Sílica	Celulose
Misturas de alumina e sílica	Queratina
Misturas de alumina	Kevlar
Sílica e Aluminossilicato	Náilon
Aluminoborosilicato	PTFE
Carbeto de silício	Teflon
Nitreto de silício	Kynol
Cordierita	Mylar
Nextel 312, 440, 550, 610, 650, 720	Fibras de zircão
Fibras YAG (cristal de ítrio e alumínio)	Níquel
e as composições AETB	Cobre
Alumina mulita	Latão
Alumina-sílica-zircônia	Aço inoxidável
Alumina-sílica-óxido de cromo	Níquel cromo
Silicato de magnésio	Ni3Al
Silicato de estrôncio-magnésio	
Silicato de estrôncio-cálcio-magnésio	CRISTAIS CAPILARES
Fibra de vidro	Al2O3
Fibra de vidro – E	MgO
Fibra de cordierita	MgO-Al2O3
Fibra de titanato de alumínio	Fe2O3
Óxido de titânio-estrôncio	BeO
Fibra de titânia	MoO
Fibra de titanato de alumínio	NiO
Óxido de titânio-estrôncio	Cr2O3
Fibra de titânia	ZnO
Fibra de carbeto de titânio	Si3N4
Aluminossilicato de cálcio	AlN
Fibras Nextel	ZnS
Fibras Almax	CdS
Fibras Fibrox	
Fibras Polyster	
Fibras de aramida	
Fibras de carbono	
Hoskins	LaB6
Inconel	SiC
Hastelloy	B4C
Cristal de írio e níquel	
Ligas de FeCrAl	

FIG. 6

TABELA 1 – SELEÇÃO DE FIBRAS (CONTINUAÇÃO)

ESTADOS DA FIBRA

Amorfo
 Vidro
 Vidro-cerâmico
 Policristalino
 Monocristalino (cristal capilar)
Whisker-like

DADOS ESPECÍFICOS DAS FIBRAS SELECIONADAS

<u>Nome comercial</u>	<u>Fabricante</u>	<u>Composição (%Peso)</u>
Fiber FP	DuPont	>99% a-Al ₂ O ₃
PDR-166	Dupont	~80% a-Al ₂ O ₃ ~20% ZrO ₂
Nextel 312	3M	62% Al ₂ O ₃ 24% SiO ₂ 14% B ₂ O ₃
Nextel 720	3M	85% Al ₂ O ₃ 15% SiO ₂
Nextel 550	3M	73% Al ₂ O ₃ 27% SiO ₂
Nextel 610	3M	0,2%-0,3% SiO ₂ 0,4%-0,7% Fe ₂ O ₃ > 99% a-Al ₂ O ₃
Almax	Mitsui Mining	> 99% a-Al ₂ O ₃
Altex	Sumitomo	85% ?-Al ₂ O ₃ 15% SiO ₂
Saphikon	Saphikon	100% Al ₂ O ₃
Nicalon NL 200		Si-C-O
Hi-Nicalon		Si-C
Tyranno Lox M		Si-C-O-Ti
Sylramic		SiC, TiB ₂
Tonen		Si-N-C
SCS-6		SiC
Nextel 610		Al ₂ O ₃
Nextel 720		Al ₂ O ₃ -SiO ₂
Almax		Al ₂ O ₃
Saphikon		Al ₂ O ₃ (monocristal)

Nota: Nextel 312 tem uma composição (em peso) de 62% de alumina, 24% de sílica e 14% de boria; Nextel 440 tem uma composição de 70% de alumina, 28% de sílica e 2% de boria; Nextel 550 é 73% de alumina e 27% de sílica; Nextel 610 é > 99% de alumina; e Nextel 720 é 85% de alumina e 15% de sílica. AETB é acrônimo de barreira térmica aprimorada com alumina, e materiais AETB incluem compostos de alumina-sílica-boria, e combinações de alumina, sílica, boria, e/ou aluminoborosilicatos.

FIG. 6
(CONTINUAÇÃO)

TABELA 2 – SELEÇÃO DE AGLUTINANTE

AGLUTINANTES ORGÂNICOS

Resinas termo-plásticas

polietileno
 polipropileno
 polibuteno
 polistireno
 acetato de polivinil
 poliéster
 polipropileno isotático
 polipropileno atático
 polisulfone
 polímeros poliacetais
 polimetil-metacrilato
 fumaron-indane copolymer
 copolímero de etileno-acetato de vinila
 copolímero de estireno e butadieno
 borracha acrílica
 butiral polivinílico
 resina de ionomero

Aglutinantes termo-estáveis

resina Epóxi
 náilon
 fenol-formaldeído
 fenol-furfural

Ceras

cera de parafina
 emulsões de cera
 cera microcristalina

Outros

celuloses
 dextrinas
 hidrocarbonetos clorados
 alginatos refinados
 amidos
 gelatinas
 ligninas
 borrachas
 acrílicos
 betumes
 caseína
 gomas
 albuminas
 proteínas
 glicóis

AGLUTINANTES INORGÂNICOS

silicatos solúveis
 aluminatos solúveis
 fosfatos solúveis
 argilas de bola
 caulim
 bentonita
 sílica coloidal
 alumina coloidal
 borofosfatos

AGLUTINANTES SOLÚVEIS EM ÁGUA

hidroxipropilmetilcelulose
 hidroxietilcelulose
 hetilcelulose
 carboximetilcelulose de sódio
 alcool de polivinil
 polivinil pirrolidona
 óxido de polietileno
 poliacrilamidas
 polyetherimine
 agar
 agarose
 melaço
 dextrinas
 amido
 lignosulfonatos
 licor de lignina
 alginato de sódio
 goma arábica
 goma xantana
 goma tragacanto
 goma karaia
 goma de alfarroba
 musgo irlandês
 scleroglucan
 acrílicos
 guar catiônico

PLASTIFICANTES

ácido esteárico
 polietilenoglicol
 polipropilenoglicol
 propilenoglicol
 etilenoglicol
 dietilenoglicoltrietilenoglicol
 tetraetilenoglicol
 dimetil ftalato
 dibutil ftalato
 dietil ftalato
 dioctil ftalato
 dialil ftalato
 glicerol
 ácido oléico
 estearato de butila
 cera microcristalina
 cera de parafina
 cera do Japão
 cera de carnaúba
 cera de abelha
 cera de éster
 óleo vegetal
 óleo de peixe
 óleo de silicone
 óleo de amendoim hidrogenado
 tritolil fosfato
 monoestearato de glicerina
 organosilano
 água

TABELA 3 – SELEÇÃO DE FORMADOR DE PORO

carbono preto	<u>polímeros capazes de sofrer pirólise (continuação)</u>
carbono ativado	copolímeros metacrilatos
flocos de grafite	poliisobutileno
grafite sintético	politrimetileno carbonato
pó de madeira	polietileno oxalato
amido modificado	poli(beta-propiolactona)
amido	poli(delta-valerolactona)
celuloses	polietileno carbonato
pó de casca de coco	polipropileno carbonato
cascas	copolímeros viniltolueno/alfa-metil- estireno
esferas de látex	copolímeros estireno/alfa-metil- estireno
sementes de pássaro	copolímeros olefina - dióxido de enxofre
serragem	
<u>polímeros capazes de sofrer pirólise</u>	
- poli(alquil metacrilato)	
- polimetil metacrilato	
- polietil metacrilato	
- poli(n-butil metacrilato)	
- poliéteres	
- politetrahidrofurano	
- poly(1.3-dioxolano)	
- poly(alkalene oxides)	
- óxido de polietileno	
- óxido de polipropileno	

TABELA 4 – SELEÇÃO DE FLUIDO

Água
 Aglutinante derretido (ver Tabela 2)
 Solventes orgânicos

TABELA 3 – GRÁFICO DE REOLOGIA

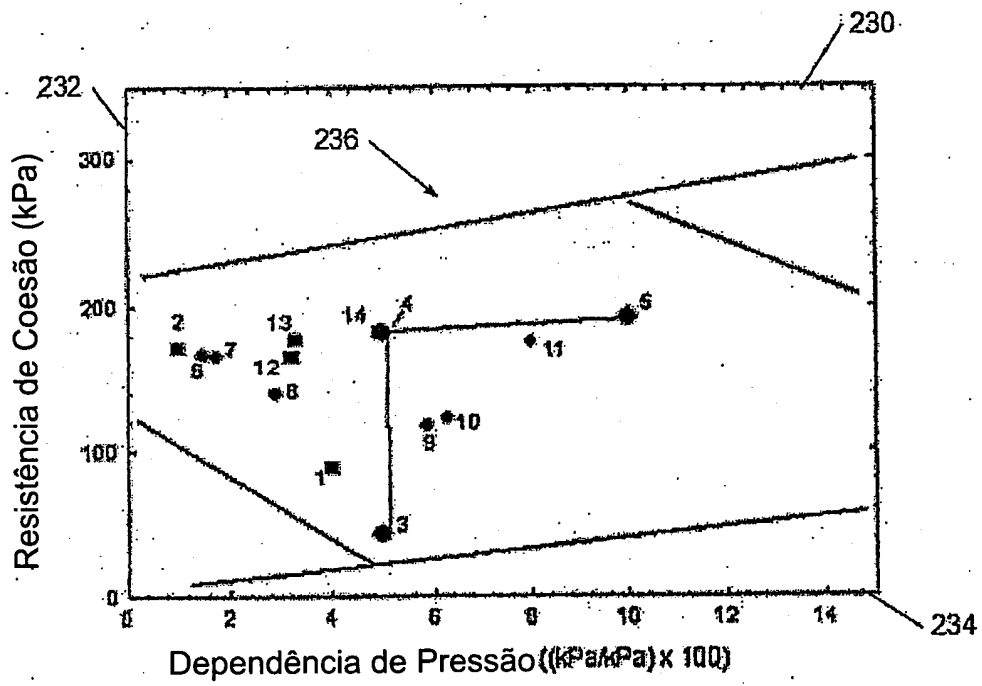


FIG. 6
(CONTINUAÇÃO)

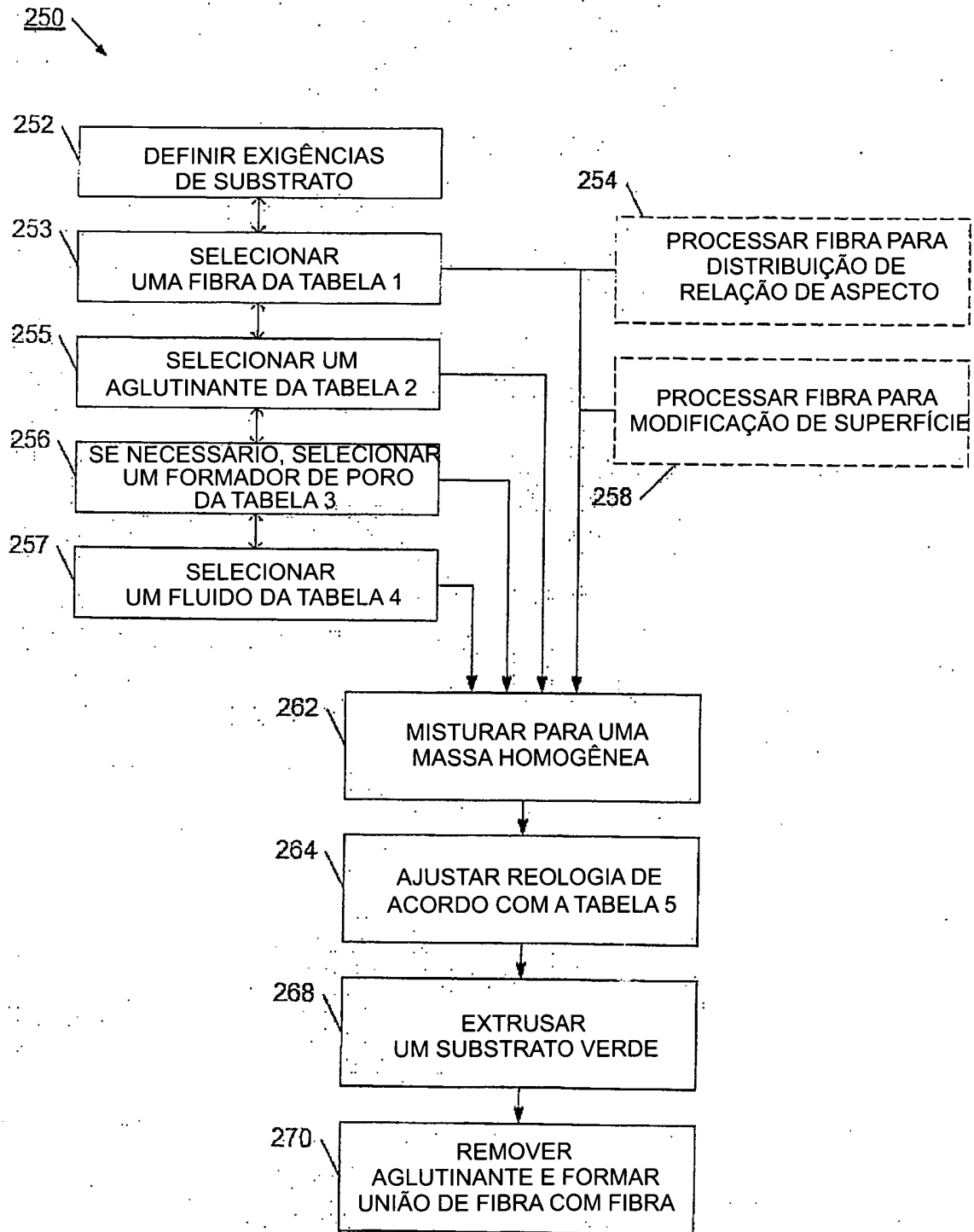


FIG 7

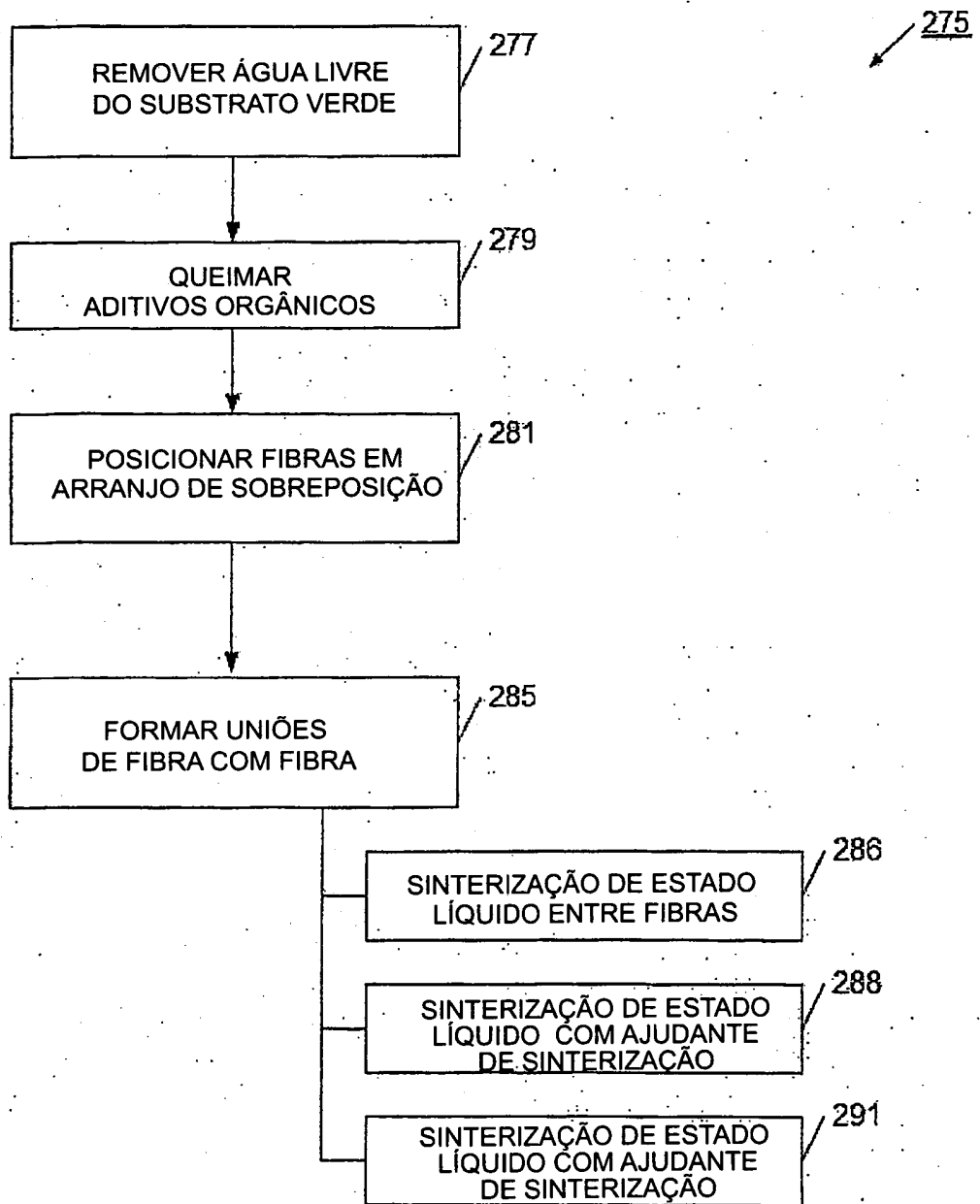


FIG. 8

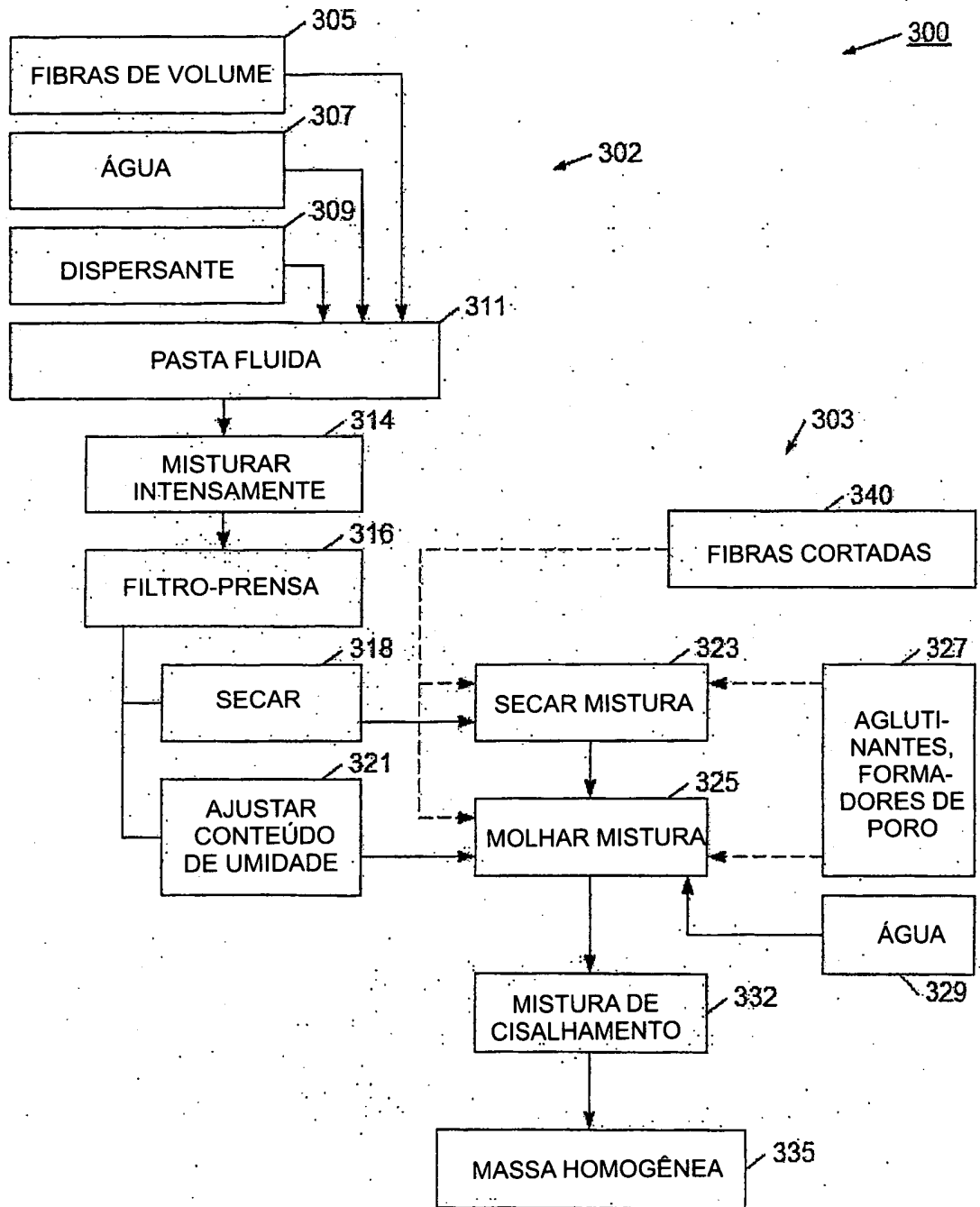


FIG. 9

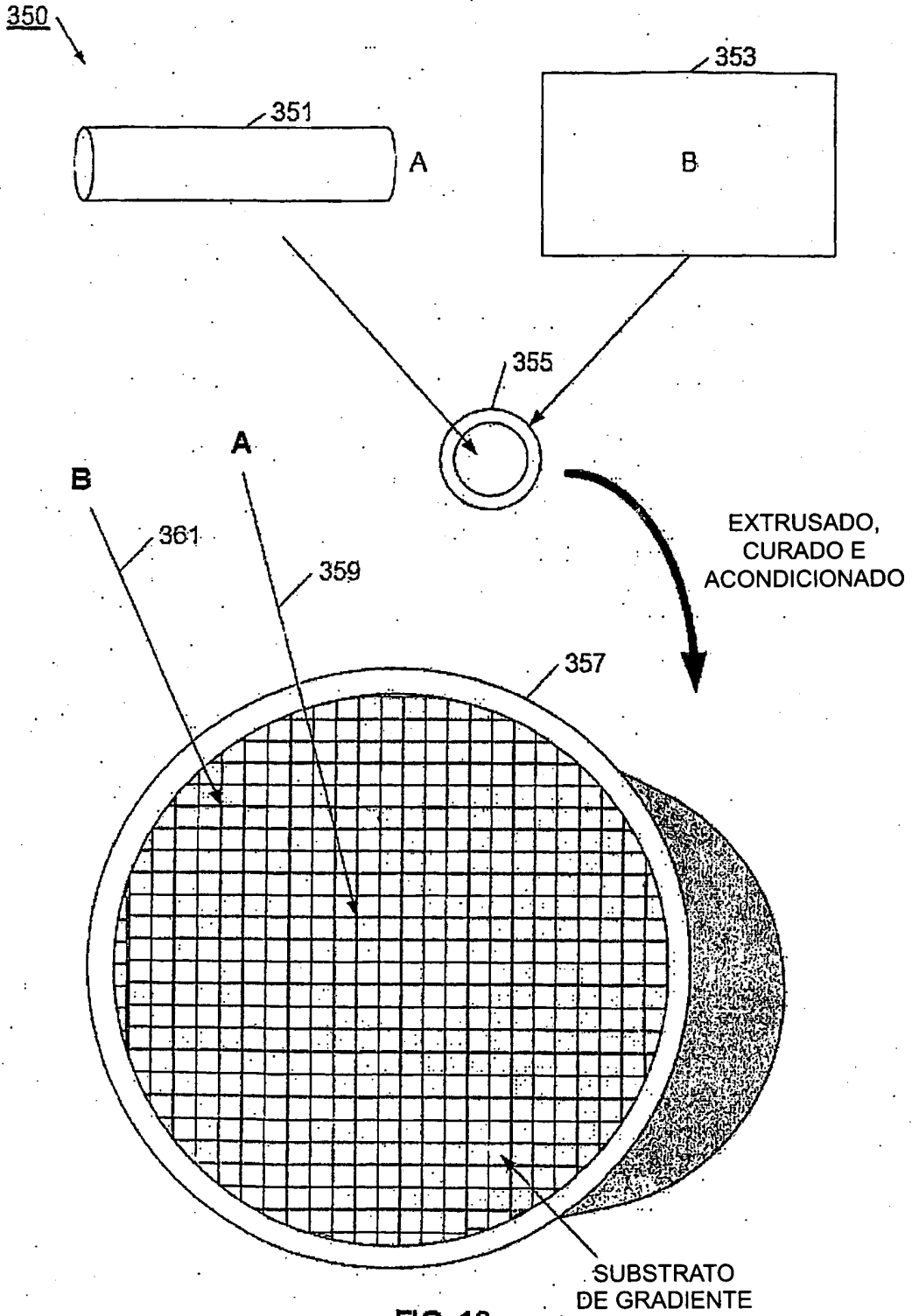
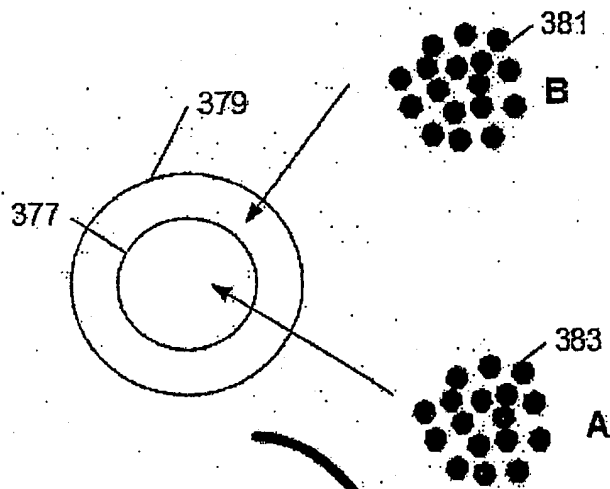
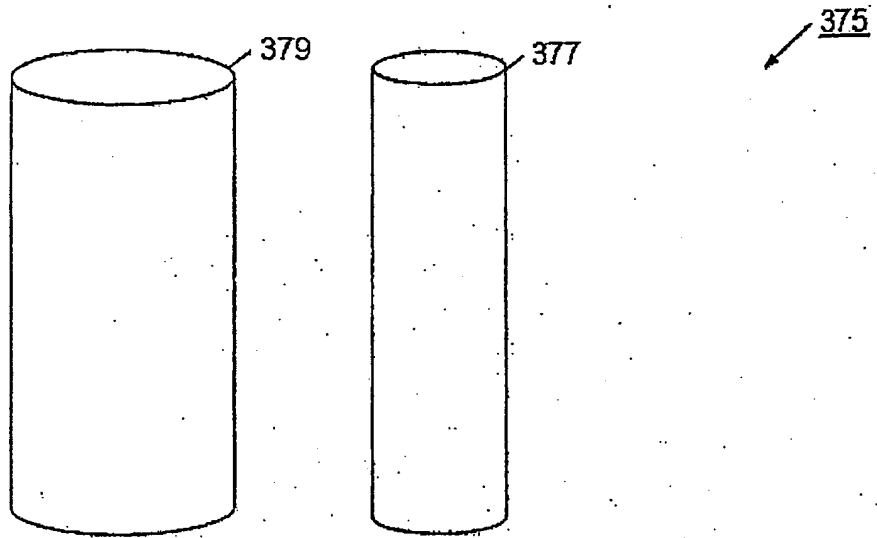


FIG. 10



EXTRUSAR,
CURAR E
ACONDICIONAR

SUBSTRATO
DE GRADIENTE

FIG. 11

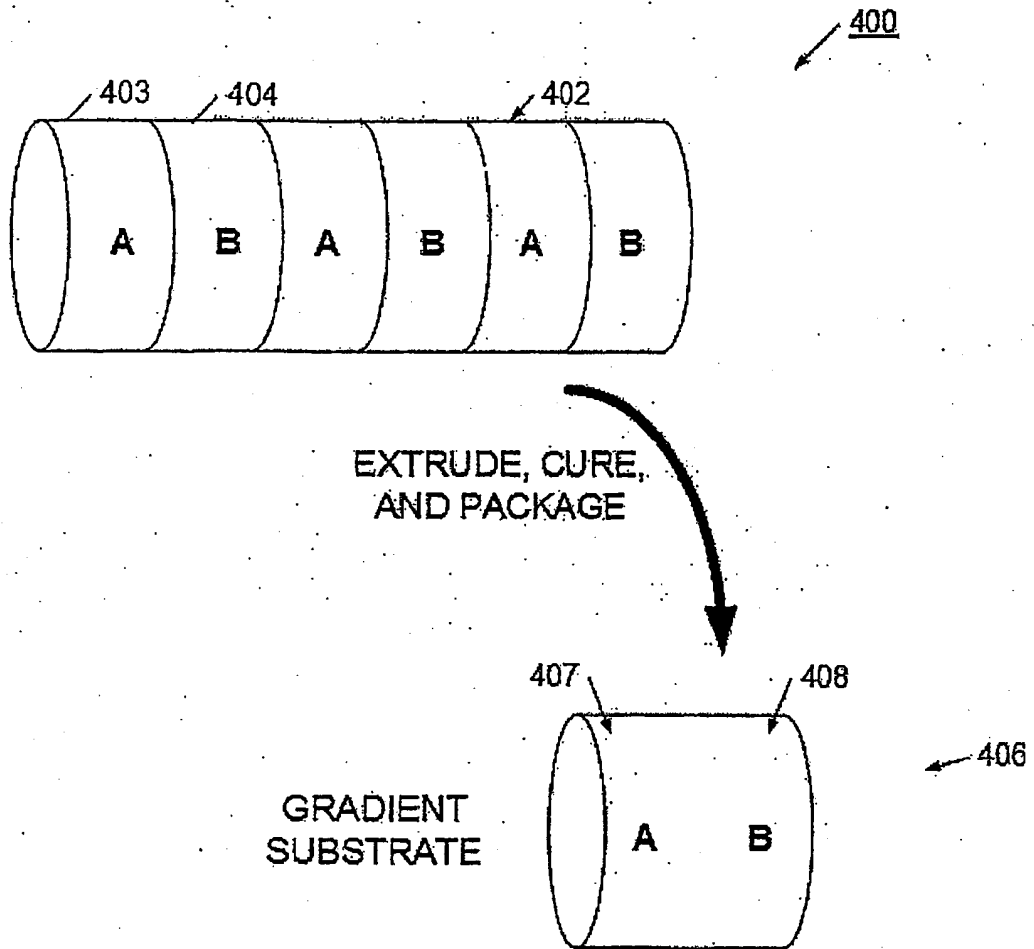


FIG. 12

RESUMO

Patente de Invenção: "**SUBSTRATO POROSO**".

A presente invenção refere-se a uma mistura extrusável que é fornecida para produzir um substrato altamente poroso usando-se um processo de extrusão. Mais particularmente, a presente invenção capacita fibras, tais como fibras orgânicas, inorgânicas, de vidro, cerâmicas ou de metal, para ser misturadas em uma massa que quando extrusada e curada forma um substrato altamente poroso. Dependendo da mistura particular, a presente invenção capacita porosidades de substrato de cerca de 60% a cerca de 90%, e igualmente capacita vantagens de processo em outras porosidades. A mistura extrusável pode usar uma grande variedade de fibras e aditivos, e é adaptável a uma grande variedade de ambientes e aplicações de operação. Fibras, as quais têm uma relação de aspecto maior que 1, são selecionadas de acordo com exigências de substrato, e são misturadas com aglutinantes, formadores de poro, ajudantes de extrusão e fluido para formar uma massa homogênea extrusável. A massa homogênea é extrusada para um substrato verde. O material mais volátil é preferencialmente removido do substrato verde, o que permite às fibras se interligar e entrar em contato entre si. À medida que o processo de cura continua, uniões de fibra com fibra são formadas para produzir uma estrutura tendo uma rede de poros substancialmente abertos. O substrato poroso resultante é útil em muitas aplicações, por exemplo, como um substrato para um hospedeiro de filtro ou de catalisador, ou conversor catalítico.