



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

(11) BR 112012020099-2 B1



(22) Data do Depósito: 14/02/2011

(45) Data de Concessão: 13/10/2021

(54) Título: FILTRO PARA FILTRAR COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

(51) Int.Cl.: B01D 39/20.

(30) Prioridade Unionista: 12/02/2010 US 61/304,232.

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

(72) Inventor(es): DEREK O. JONES; KEH B. DEMA; STEPHEN M. LARSEN; MIKE J. MADSEN; ANDREW. J. DALLAS; YEHYA A. ELSAYED; CHUANFANG YANG.

(86) Pedido PCT: PCT US2011024791 de 14/02/2011

(87) Publicação PCT: WO 2011/100712 de 18/08/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/08/2012

(57) Resumo: FILTRO PARA FILTRAR COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS Trata-se de um filtro e um meio de filtro configurados e dispostos para colocação em uma corrente de combustível. O filtro e o meio de filtro permitem a filtração de combustíveis líquidos, tal como combustível diesel. Em certas modalidades, o meio de filtro inclui uma fibra de meio (tal como vidro) e uma fibra ligante (tal como bicomponente) que se combinam para criar uma estrutura de meio que tem baixa solidez e compressibilidade relativamente baixa, e a qual contém uma estrutura de poro que evita incrustação prematura do filtro por produtos de degradação de combustível.

“FILTRO PARA FILTRAR COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS”

Referência Cruzada aos Pedidos Relacionados

[001] Este pedido de patente é depositado como um pedido de patente internacional PCT em 14 de fevereiro de 2011 em nome da Donaldson Company, Inc., uma corporação nacional norte-americana, depositante para a designação de todos os países exceto os EUA, e Derek O. Jones, um cidadão norte-americano; Keh B. Dema, um cidadão norte-americano; Stephen M. Larsen, um cidadão norte-americano; Mike J. Madsen, um cidadão norte-americano; Andrew J. Dallas, um cidadão norte-americano; Yehya A. Elsayed, um cidadão libanês; e Yang Chuanfang, um cidadão norte-americano, depositantes para a designação dos EUA apenas, e reivindica a prioridade para pedido de patente com o número de série US 61/304.232 depositado em 12 de fevereiro de 2010; os conteúdos da qual estão incorporados no presente documento a título de referência.

Campo da Invenção

[002] A presente invenção é direcionada aos meios de filtração, elementos de filtro, e métodos de filtração de combustíveis líquidos. Em particular, a invenção é direcionada aos meios de filtração para a remoção de produtos de degradação de combustível (PDCs) e outros contaminantes de combustíveis líquidos.

Antecedentes

[003] Combustíveis líquidos, tal como combustível diesel, são usados em motores de combustão interna de várias configurações e tamanhos. Tais combustíveis precisam geralmente ser filtrados de modo a remover contaminantes particulados, que podem de outro modo causar problemas significativos no desempenho de motor e podem resultar em danos ao motor. Os meios de filtro para remoção desses contaminantes particulados tem geralmente sido necessários para remover porcentagens muito elevadas de partículas, que precisam usar meios de filtro com estruturas de poros justas. Sem tais estruturas de poros justas, níveis inaceitáveis de partículas podem passar

através dos meios de filtro e afetar de modo prejudicial o desempenho de motor.

[004] Os meios atualmente usados para a remoção de contaminantes particulados das correntes de combustível são os meios produzidos por fiação via sopro que permitem a remoção efetiva de contaminantes particulados. Embora os meios produzidos por fiação via sopro podem executar adequadamente a remoção dos contaminantes particulados dos combustíveis líquidos, os meios produzidos por fiação via sopro podem prontamente se sujar a partir do acúmulo de contaminantes outros que os contaminantes particulados tradicionais. Essa incrustação prematura parece ser particularmente considerável em situações em que o combustível passar por ciclos repetidos de aquecimento e de resfriamento, tal como em sistemas de calhas comuns usados em muitos motores a diesel. Em tais sistemas o combustível diesel é bombeado de um tanque de combustível em pressão elevada ao longo de um conduto comum (ou calha) que é conectado a múltiplos injetores de combustível. Alguns dos combustíveis diesel passam através dos injetores de combustível e são combustos, mas o remanescente é entregue novamente ao tanque de combustível em uma temperatura aumentada como um resultado de percorrer através da calha comum através de porções do motor a diesel quente. Uma vez de volta ao tanque o combustível se resfria rapidamente. Acredita-se que ciclos repetidos de aquecimento e de resfriamento do combustível contribuam na produção de produtos de degradação de combustível que aceleram a incrustação de meios de filtro de combustível tradicionais.

[005] Adicionalmente aos materiais de entupimento de filtro gerados como um resultado dos ciclos de aquecimento e de resfriamento, fontes adicionais de contaminantes que podem reduzir o desempenho do filtro de combustível incluem ingredientes encontrados em várias misturas de biodiesel. Embora frequentemente distintos na origem dos produtos de degradação de combustível formados durante os ciclos de aquecimento e resfriamento, esses contaminantes também podem contribuir para reduções significativas na vida do filtro de combustível mediante a acumulação nos

meios de filtro. Finalmente, até mesmo o envelhecimento normal do combustível, especialmente quando o mesmo ocorre em temperaturas elevadas, pode resultar na produção de contaminantes de combustível que limitam adicionalmente a vida do filtro de combustível devido à incrustação e ao entupimento dos meios de filtro antes do que seria de outro modo esperado se apenas contaminantes de partículas duras estivessem presentes.

[006] Portanto, uma necessidade substancial existe por meios de filtração, elementos de filtro, e métodos de filtração que podem ser usados para remover materiais contaminantes da corrente de combustível líquido. A invenção fornece tais meios, elementos de filtro e métodos.

Sumário da Invenção

[007] A presente invenção é direcionada aos meios de filtro configurados e dispostos para a colocação em uma corrente de combustível fluído, aos elementos de filtro fabricados através do uso dos meios de filtro, e aos métodos de filtração de correntes de combustível. Os meios de filtro e os elementos são configurados para aplicações em que o combustível pode conter vários contaminantes adicionais além de partículas duras convencionais. Esses contaminantes adicionais podem incluir (por exemplo) ceras, asfaltenos, esteróis glucosídeos, esteril glucosídeos, esteróis glicosídeos, e vários produtos de degradação de combustível (PDCs). Coletivamente, esses contaminantes adicionais podem ser denominados como produtos de incrustação de combustível (PICs). Para a filtração de combustível diesel, em particular, os meios de filtro são especialmente configurados para remover os produtos de degradação de combustível (PDCs), assim como produtos similares de incrustação de combustível (PICs).

[008] Em uma primeira modalidade exemplificadora, os meios de filtro compreendem uma camada a montante dos meios de filtro e uma camada a jusante dos meios de filtro. A camada a montante dos meios de filtro contém fibras bicomponentes

poliméricas ligadas termicamente e fibras de vidro. A camada a jusante dos meios de filtro compreende fibras de celulose. Nessa modalidade exemplificadora, a camada a montante dos meios que contém bicomponente e fibras de vidro pode ser laminada nos meios de celulose a jusante. A camada a montante dos meios que contém o bicomponente e as fibras de vidro foi demonstrada para remover os produtos de degradação de combustível de tal maneira que a vida do filtro é preservada, ou até mesmo estendida, em relação aos meios de filtro da técnica anterior. A camada de celulose a jusante executa um papel duplo as a camada de suporte para a camada de filtro a montante, enquanto também funciona para remover partículas duras da corrente de combustível. A remoção a montante dos produtos de degradação de combustível evita a incrustação da camada de celulose a jusante com os produtos de degradação de combustível, que permite assim que a camada de celulose a jusante capture as partículas duras sem incrustação prematura, apesar de uma estrutura de poro justa. Adicionalmente, em determinadas modalidades, a camada de celulose a jusante pode ser construída com uma estrutura de poro mais justa do que seria de outro modo possível sem a camada a montante (ou as camadas) dos meios que contém bicomponente e fibras de vidro, por que a camada a montante (ou as camadas) remove os produtos de degradação de combustível (ou produtos de contaminantes de combustível) que iria de outro modo sujar prematuramente as estruturas de poro mais justas.

[009] De maneira mais geral, a invenção é direcionada às várias construções de filtro que permitem a remoção de contaminantes tais como os produtos de degradação de combustível e outros produtos de incrustação de combustível. Tais construções de filtro podem compreender uma ou mais áreas dos meios de filtro que contém uma mistura de pelo menos dois tipos de fibras: (1) uma fibra de meio e (2) uma fibra ligante.

[010] A fibra de meio é a fibra que fornece propriedades de filtração primárias para os meios, tal como tamanho de poro controlável, permeabilidade e eficiência.

A fibra de meio usada de acordo com a invenção pode ser, por exemplo, fibra de vidro ou fibra de carbono.

[011] A fibra ligante fornece suporte para a fibra de meio, e adiciona manuseio aprimorado, adiciona maior resistência, e resulta em compressibilidade mais baixa para os meios. A fibra ligante pode ser, por exemplo, uma fibra bicomponente. O uso da fibra bicomponente permite a formação de uma camada de meios (ou camadas) ou elemento de filtro com nenhum ligante de resina separado ou com quantidades mínimas de um ligante de resina. A falta de um ligante de resina reduz ou previne substancialmente a formação de filme do ligante de resina e também previne a falta de uniformidade nos meios ou no elemento devido à migração da resina para uma localização particular da camada de meio. O uso da fibra bicomponente reduz a compressibilidade, e permite solidez mais baixa, aumenta a resistência à tração e aprimora a ligação da fibra de meio tal como fibra de vidro e outros materiais de fibra submicrométricos que são adicionados à camada de meios ou ao elemento de filtro. Também, em determinadas implantações, a fibra ligante fornece processabilidade aprimorada durante a formulação de massa, folha ou formação de camada, e o processamento a jusante: inclui o ajuste de espessura, secagem, corte e formação de elemento de filtro.

[012] No geral, a fibra de meio tem um diâmetro muito menor do que a fibra ligante. Na modalidade exemplificadora a fibra de meio tem um diâmetro médio menor do que 5 microns, enquanto a fibra ligante tem um diâmetro médio maior do que 5 microns. Mais tipicamente, a fibra de meio terá um diâmetro médio de 0,1 a 20 microns, e opcionalmente de 0,1 a 15 microns. Em algumas implantações a fibra de meio terá um diâmetro médio de 0,4 a 12 microns, e em algumas implantações de 0,4 a 6,5 microns. As fibras de meio com um diâmetro médio de menos do que 10 microns, menor do que 7,5 microns, menor do que 6,5 microns, e menor do que 5 microns são frequentemente desejáveis.

[013] A fibra ligante tipicamente terá um diâmetro de 5 a 40 microns, mais tipicamente de 7 a 20 microns, e frequentemente de 10 a 14 microns. Será constatado que o diâmetro de ambas as fibras de meio e as fibras ligantes pode ser variável. Em alguns casos, os diâmetros de fibra irão variar ao longo de seus comprimentos, enquanto mais comumente múltiplas fibras diferentes de vários diâmetros serão incorporadas. Será compreendido que, conforme usado no presente documento, os diâmetros de fibra têm como base os diâmetros médios de fibra para as fibras presentes nos meios.

[014] Uma característica adicional dos meios de filtro fabricados de acordo com a presente invenção, e em particular a porção do meio associada aos PDCs sequestrantes (e contaminantes relacionados), é a de que os meios tipicamente têm um nível de solidez relativamente baixo. Conforme usado no presente documento, a solidez é o volume de fibra sólida dividida pelo volume total do meio de filtro em questão, frequentemente expresso como uma porcentagem. Em uma implantação típica, a solidez dos meios de filtro associada aos PDCs sequestrantes é de menos do que 15%, mais tipicamente menor do que 12%, e mais frequentemente menor do que 10%. Em determinadas modalidades a solidez é de menos do que 9%, menor do que 8%, ou menor do que 7%.

[015] Uma característica adicional dos meios de filtro fabricados de acordo com a presente invenção é de que os mesmos são relativamente incompressíveis, especialmente em relação à solidez do meio. Em uma primeira modalidade exemplificadora, os meios de filtro têm uma compressibilidade de menos do que 40% em uma pressão de 1,24 kg/cm². Em outras implantações os meios de filtro têm uma compressibilidade de menos do que 30% em uma pressão de 1,24 kg /cm², menor do que 20% em uma pressão de 1,24 kg /cm², e menor do que 10% em uma pressão de 1,24 kg /cm². Será, portanto, compreendido que os meios de filtro da presente invenção, pelo menos qual porção do meio é mais adequada para a remoção de PDC, tipicamente

terá uma solidez relativamente baixa assim como uma compressibilidade relativamente baixa (ou dureza elevada).

[016] As estruturas de poro do meio fornecem metrificações adicionais pelas quais as propriedades do meio associado aos PDCs sequestrantes podem ser medidas. No geral, é possível caracterizar as propriedades dos meios porosos em termos de tais parâmetros como poro de fluxo médio, poro de fluxo de moda, e poro de fluxo máximo. De acordo com os ensinamentos da presente invenção, é desejável, no geral, ter pelo menos uma porção do meio com os poros de fluxo médio pequenos, enquanto também ter um poro de fluxo máximo grande.

[017] A razão de tamanho de poro máximo para o poro de fluxo médio é frequentemente de pelo menos 2,5, opcionalmente pelo menos 5,0, e em algumas implantações maior do que 7,5. Em determinadas modalidades, em que o poro de fluxo médio é muito pequeno e o poro de fluxo máximo é relativamente alto, essa razão pode ser maior do que 10,0, e opcionalmente maior do que 12,5 ou 15. Razões elevadas do poro de fluxo máximo para o poro de fluxo médio refletem uma distribuição mais ampla de tamanho de poro, que pode fornecer incrustação reduzida dos PDCs contaminantes (e relacionados).

[018] Os meios também podem ser selecionados para ter uma distribuição favorável de tamanho de poro, conforme medido pela razão de tamanhos de poro no 15,9% ao de 50%, que é o desvio de padrão geométrico para uma distribuição log-normal (uma distribuição que é normal para o valor transformado de logaritmo). Enquanto a distribuição de tamanho de poro dos meios não é necessariamente log-normal, a razão é empregada no presente documento para aproximar o desvio de padrão geométrico da distribuição de tamanho de poro. A menos do que mencionado de outra forma, o desvio de padrão geométrico mencionado abaixo irá se referir à razão definida acima. O desvio de padrão geométrico é análogo ao coeficiente angular da curva de diâmetro de poro plotada contra o volume de poro cumulativo. Um desvio de padrão

geométrico de 1,0 fornece um tamanho de poro único, enquanto um desvio maior de padrão geométrico reflete uma ampliação da distribuição de poro. Assim, um desvio de padrão geométrico de 1,2 reflete uma distribuição estreita, e um desvio de padrão geométrico de 2,0 indica uma distribuição significativamente mais ampla. Um desvio de padrão geométrico de 2,5 é uma distribuição relativamente ampla. Um desvio de padrão geométrico de 3,0 é uma distribuição muito ampla. Geralmente, o material de filtro a montante da presente invenção que contém fibra de meio e fibra ligante terá um desvio de padrão geométrico maior do que 2,0, mais tipicamente maior do que 3,0, e em algumas implantações maior do que 4,0.

[019] Conforme citado acima, os meios de filtro fabricados de acordo com a presente invenção frequentemente compreendem duas ou mais camadas: um material de filtro a montante (que contém fibra de meio e fibra ligante, tal como fibra de vidro e fibra bicomponente) é desejavelmente combinado com um material de filtro a jusante. Esse material de filtro a jusante é geralmente selecionado para a remoção favorável de contaminantes particulados. O material a jusante pode compreender, por exemplo, fibra de celulose.

[020] Em algumas modalidades, o tamanho de poro de moda da porção a montante é maior do que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de moda da porção a montante (bicomponente/vidro) pode ser pelo menos 20% ou pelo menos 40% maior do que o tamanho de poro de moda da porção a jusante (meios de celulose). Em outra modalidade, o tamanho de poro de moda da porção a montante é pelo menos 20% maior do que o tamanho de poro de moda da porção a jusante; e o tamanho de poro de fluxo médio da porção a montante é de menos do que 90% do tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de moda da porção a montante é maior do que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de moda da porção a montante pode ser pelo menos 40% maior ou pelo menos

60% maior do que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de fluxo médio da porção a montante é de menos do que o tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de fluxo médio da porção a montante pode ser menor do que 70% ou menor do que 50% do tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante.

[021] Será constatado que a porção a jusante pode conter fibra que tem um diâmetro médio ou uma seção transversal maior do que o diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante.

[022] Por todo este relatório descritivo, descrições são fornecidas como as propriedades das várias porções dos meios de filtro. Em particular, propriedades são descritas para os meios de filtro que tem atributos específicos, tal como diâmetro de fibra, solidez, compressibilidade, poro de fluxo médio, fluxo de poro de moda, e poro máximo. Será compreendido que os meios fabricados de acordo com a presente invenção irão frequentemente mostrar variabilidade não intencional nessas propriedades, tal como variabilidade ao longo de uma rede de meios, assim como variabilidade não intencional ao longo da espessura ou da profundidade de uma folha dos meios. Adicionalmente, pode haver variação intencional das propriedades dos meios de filtro, tal como mediante o fornecimento de múltiplas camadas dos meios com propriedades intencionalmente diferentes, ou mediante o fornecimento de meios com uma construção gradiente de modo que as propriedades dos meios mudam gradualmente ao longo da profundidade do meio. Será compreendido que tal variabilidade não intencional, assim como a variação intencional, deve estar dentro do escopo da presente invenção.

[023] O sumário acima da presente invenção não é destinado a descrever cada modalidade discutida da presente invenção. Isso é o propósito das Figuras e da descrição detalhada que se segue.

Figuras

[024] A invenção pode ser mais completamente compreendida em conexão com os seguintes desenhos, em que:

[025] A Figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de combustível para um motor a diesel.

[026] A Figura 2A é uma fotografia dos meios de filtro da técnica anterior antes da exposição ao combustível diesel.

[027] A Figura 2B é uma fotografia dos meios de filtro da técnica anterior após a exposição ao combustível diesel.

[028] A Figura 3 é um gráfico que mostra desempenho relativo dos elementos de filtro fabricados de acordo com a presente invenção em comparação às configurações de filtro da técnica anterior que passaram por testes abrangentes em um motor a diesel, que mostra as milhas dirigidas em cada filtro antes que a substituição fosse necessária.

[029] A Figura 4 é um gráfico da densidade de poro versus o diâmetro para mostrar o tamanho de poro de moda para os meios.

[030] A Figura 5 é um gráfico da distribuição cumulativa de tamanho de poro para mostrar o tamanho de poro de fluxo médio para os meios.

[031] A Figura 6A é uma vista esquemática transversal da construção dos meios realizada de acordo com uma implantação da invenção.

[032] A Figura 6B é uma vista esquemática transversal de uma segunda construção dos meios realizada de acordo com uma implantação da invenção.

[033] A Figura 6C é uma vista esquemática transversal de uma terceira construção dos meios realizada de acordo com uma implantação da invenção.

[034] A Figura 6D é uma vista esquemática transversal de uma quarta construção dos meios realizada de acordo com uma implantação da invenção.

[035] A Figura 7 é uma representação esquemática de uma seção transversal de uma porção de uma estrutura de filtro de acordo com uma modalidade da

invenção, que mostra os tamanhos de poro relativos.

[036] A Figura 8 é um filtro de combustível de estágios múltiplos de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[037] A Figura 9 é um gráfico da densidade de poro versus o diâmetro que compara a produção por fiação via sopro, celulose, e os meios de bicomponente e vidro.

[038] A Figura 10 é um gráfico da distribuição cumulativa de tamanho de poro que compara a produção por fiação via sopro, celulose, e os meios de bicomponente e vidro.

[039] A Figura 11A mostra duas imagens de microscópio de elétron de varredura dos meios de filtro antes e após a filtração de combustível, sendo que os meios de filtro compreendem os meios de bicomponente e vidro.

[040] A Figura 11B mostra duas imagens de microscópio de elétron de varredura dos meios de filtro antes e após a filtração de combustível, sendo que os meios de filtro compreendem meios de celulose posicionados a jusante dos meios de bicomponente e vidro.

[041] A Figura 12 é um gráfico que mostra o teste comparativo da vida através do uso de contaminantes de combustível gerados em laboratório.

[042] A Figura 13 é um gráfico que mostra o teste comparativo da vida dos vários meios de filtro da presente invenção e da técnica anterior.

[043] Embora a invenção seja suscetível a várias modificações e formas alternativas, as especificações da mesma foram mostradas por meio de exemplo e de desenhos, e serão descritas em detalhes. Deveria ser compreendido, no entanto, que a invenção não é limitada às modalidades particulares descritas. Pelo contrário, é a de cobrir todas as modificações, equivalentes, e alternativas que se enquadram dentro do espírito e do escopo da invenção.

Descrição Detalhada

[044] A presente invenção é direcionada em parte aos meios de filtro e aos elementos de filtro para a remoção de material contaminante de uma corrente de combustível líquido. Os elementos de filtro e os meios são configurados para a remoção de contaminantes adicionais além de partículas duras, esses contaminantes adicionais que incluem (por exemplo) ceras, asfaltenos, esteróis glucosídeos, esteril glucosídeos, esteróis glicosídeos, e produtos de degradação de combustível – coletivamente denominados como produtos de incrustação de combustível. Os elementos de filtro e os meios permitem desempenho e longevidade de filtro aprimorado.

[045] Embora existam meios de filtração de combustível, tal como os meios de produção por fiação via sopro, que podem executar adequadamente a remoção dos contaminantes particulados dos combustíveis líquidos, os meios de produção por fiação via sopro podem sujar prematuramente mediante o acúmulo de contaminantes outros que os particulados tradicionais. Essa incrustação prematura parece ser particularmente considerável em situações em que o combustível passa por ciclos repetidos de aquecimento e de resfriamento, tal como em sistemas de calhas comuns usados em muitos motores a diesel.

[046] A Figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de combustível calha comum para um motor a diesel. Na Figura 1, um tanque de combustível 100 está em comunicação fluída com uma bomba de combustível 102 e um filtro de combustível 104. O combustível é bombeado do tanque de combustível 100 através do filtro 104, e então em uma calha comum 106 que age como uma tubulação a partir da qual o combustível diesel é distribuído para uma pluralidade de injetores 108. Alguns dos combustíveis passam através dos injetores 108 para dentro das câmaras de combustão, mas o combustível excedente é permitido fluir de volta por meio de uma linha de retorno 110 para o tanque de combustível 100. O combustível que é entregue novamente ao tanque de combustível é tipicamente retornado em uma temperatura aumentada e como um resultado disso, o mesmo percorre através da calha comum

através das porções do motor a diesel quente. O combustível resfria mediante o retorno ao tanque de combustível. Dessa maneira, as porções do combustível no tanque são continuamente aquecidas e resfriadas se o motor estiver durante a ativação.

[047] Acredita-se que os ciclos repetidos de aquecimento e de resfriamento do combustível resultem na produção de produtos de degradação de combustível (PDCs). Os PDCs podem se acumular rapidamente nos meios de filtração de combustível tradicionais, o que resulta na incrustação prematura do meio. Tal incrustação pode ocorrer, por exemplo, nos meios de filtro de poliéster produzidos por fiação via sopro, assim como nos meios de celulose de filtro. A incrustação ocorre conforme os PDCs, e potencialmente outros produtos de contaminantes de combustível (tal como várias ceras, asfaltenos, esteróis glucosídeos, esteril glucosídeos, esteróis glicosídeos) se acumulam nos meios de filtro, que causa o entupimento dos poros e falha prematura.

[048] As Figuras 2A e 2B mostram os meios de produção por fiação via sopro de filtro de um filtro de combustível de comercialmente disponível antes e após operação prolongada em um caminhão com um sistema de combustível de calha comum de diesel. Como pode ser visto na Figura 2A, os meios de produção por fiação via sopro de filtro são limpos e livres de contaminantes. No entanto, após o uso em campo do material produzido por fiação via sopro o mesmo é substancialmente coberto mediante um acúmulo de material contaminante, conforme mostrado na Figura 2B. O resultado é que o filtro rapidamente entupido, que desenvolve contrapressão alta de modo inaceitável e tem que ser substituído. Na modalidade testada, o desempenho do filtro foi significativamente curto de um objetivo de 64,37 km a 80,47 km (40.000 a 50.000 milhas).

[049] A presente invenção ultrapassa a desvantagem da técnica anterior mediante o fornecimento de uma construção dos meios que remove os contaminantes de combustível de tal maneira que o seu impacto no desempenho de filtro e na vida

do filtro pode ser limitada. Em particular, a presente invenção fornece uma ou mais camadas ou áreas dos meios que sequestram de modo efetivo os contaminantes tais como os PDCs, enquanto é construída para evitar se tornar prematuramente entupida. Mediante o sequestro efetivo dos PDCs, outros componentes dentro do filtro (que incluem, em alguns casos, outras camadas dentro dos meios com múltiplas camadas) evitam entupimento prematuro. O resultado é uma vida mais longa, execução melhor dos meios de filtro e do elemento de filtro.

[050] Em uma modalidade exemplificadora da invenção, os meios de filtro compreendem fibras bicomponentes de vidro e poliéster ligadas termicamente laminadas no lado a montante dos meios de celulose, com a celulose também desempenhando um papel duplo como um filtro de partícula dura e um suporte para o vidro ligado termicamente. The meios bicomponentes de vidro e poliéster agem para remover os PDCs de uma maneira tal que os PDCs são removidos enquanto o entupimento prematuro da camada de celulose é evitado. Esse desempenho aprimorado é alcançado, em parte, através da seleção da mistura de vidro e fibra bicomponente de modo que os meios tenham uma solidez relativamente baixa, enquanto retém uma compressibilidade relativamente baixa. Adicionalmente, as fibras de vidro, que são relativamente finas e tipicamente em concentrações elevadas, resultam em meios que tem tamanho de poro de fluxo médios pequeno, mas também tipicamente relativamente tamanhos de poro máximos elevados. O uso de um meio que tenha solidez relativamente baixa e compressibilidade baixa, enquanto também que tem um tamanho de poro de fluxo médio pequeno, mas um tamanho de poro de fluxo máximo elevado resulta em uma construção dos meios que removem efetivamente os compostos de PDC sem o entupimento prematuro.

[051] A Figura 3 é um gráfico que mostra o desempenho relativo exemplificador dos elementos de filtro fabricados de acordo com a presente invenção em comparação às configurações de filtro da técnica anterior. Conforme mostrado na Figura

3, os meios fabricados com uma primeira região de fibras de vidro ligadas termicamente com fibras bicomponentes, sobrepostas a uma segunda região de filtro de fibras de celulose desempenharam significativamente melhor percentualmente do que o elemento de filtro exemplificador disponível comercialmente da técnica anterior construído através do uso de meios de filtro de poliéster produzidos por fiação via sopro. Será compreendido que os meios aprimorados da presente invenção irão mostrar aprimoramentos de desempenho diferentes sobre a técnica anterior dependendo de vários fatores, que incluem a natureza e a extensão de quaisquer PDCs presentes no suprimento de combustível, que é observado pela variação nos resultados entre os quatro caminhões descritos. No entanto, será constatado que, no geral, os meios de filtro da presente invenção têm um desempenho melhor do que os meios produzidos por fiação via sopro da técnica anterior quando expostos ao combustível diesel em que se acredita que os PDCs estejam presentes.

[052] Os materiais e as configurações adequadas dos meios de filtro e dos elementos serão agora descritos em maiores detalhes, que incluem a discussão do meio para remover os produtos de contaminantes de combustível (especialmente PDCs), seguido por uma discussão das várias configurações de meios que tem camadas de meios adicionais ou áreas para remover tanto dos contaminantes PDC quanto dos contaminantes tradicionais, uma discussão das configurações de elemento de filtro, e uma discussão dos resultados experimentais.

A. Meios para a Remoção de Produtos de Incrustação de combustível (Que Incluem Produtos de Degradação de Combustível)

[053] A presente invenção é direcionada em parte às várias construções de filtro que permitem a remoção de contaminantes tais como os produtos de degradação de combustível, e em algumas implantações, contaminantes adicionais tais como ceras, asfaltenos, esteróis glucosídeos, esteril glucosídeos, e esteróis glicosídeos. Tais construções de filtro podem conter uma ou mais camadas ou áreas dos meios de filtro

que contém uma mistura de dois (ou mais) tipos de fibras: (1) uma fibra de meio e (2) uma fibra ligante. Essas camadas ou áreas dos meios podem compreender vidro ligado termicamente e fibras poliméricas conforme apresentado, por exemplo, na publicação Nº US 2007/0039300, depositada em 1 de novembro de 2006, os conteúdos estão incorporados no presente documento a título de referência.

Fibra de meio

[054] A fibra de meio é a fibra que fornece as propriedades de filtração primárias aos meios, tais como tamanho de poro controlável, permeabilidade e eficiência. A fibra de meio usada de acordo com a invenção pode ser, por exemplo, fibra de vidro, fibra de carbono, fibras cerâmicas, poliéster ou celulose. Uma proporção substancial de fibra de vidro pode ser usada em uma implantação exemplificadora do meio da invenção. A fibra de vidro fornece controle de tamanho de poro e coopera com as outras fibras nos meios para obter meios de taxa de fluxo substancial, capacidade elevada, eficiência substancial e resistência à umidade elevada.

[055] O termo "fonte" de fibra de vidro significa uma composição de fibra de vidro caracterizada por um diâmetro médio e uma razão de aspecto que é tornada disponível como material bruto distinto. A fibra de meio adequada compreende uma fibra de vidro usada nos meios da presente invenção inclui tipos de vidro conhecidos pelas designações: A, C, D, E, Zero Boron E, ECR, AR, R, S, S-2, N, e similares, e geralmente, qualquer vidro que pode ser transformado em fibras ou através de processos de extração usados para fabricar fibras de reforço ou processos de fiação usados para fabricar fibras de isolamento térmico. Tal fibra é tipicamente usada com um diâmetro de cerca de 0,1 a 10 µm e uma razão de aspecto (comprimento dividido pelo diâmetro) de cerca de 10 a 10.000. Essas fibras disponíveis comercialmente são caracteristicamente dimensionadas com um revestimento por dimensionamento. Geralmente, fibras de vidro adequadas deveriam ter um diâmetro médio de menos do que 15 microns, mais desejavelmente menor do que 10 microns, e preferencialmente

menor do que 5 microns. Fontes comerciais de materiais de vidro adequados incluem os seguintes: Lauscha International, Evanite, Johns Manville, Owen Corning, e outros.

[056] Adicionalmente às fibras de vidro, uma fibra adequada alternativa em algumas implantações para a fibra de meio compreende fibras de carbono.

[057] Geralmente as fibras de carbono adequadas deveriam ter um diâmetro médio de menos do que 25 microns, mais desejavelmente menos do que 15 microns, e preferencialmente menos do que 10 microns. As fontes comerciais de materiais de carbono adequados incluem os seguintes: Unitika, Kynol, e outros. Nas modalidades, os meios de filtro úteis nos meios de embalagens de filtro da invenção contém fibras de vidro em uma quantidade correspondente a cerca de 10% a 90% por peso dos sólidos totais no meio de filtro, ou cerca de 20 a 80% por peso dos sólidos totais no meio de filtro, ou cerca de 25% a 75% por peso dos sólidos totais no meio de filtro, ou cerca de 50% por peso dos sólidos totais no meio de filtro. Em algumas modalidades, uma mescla de mais do que uma fonte de fibra de vidro é empregada, em que a mescla de mais do que uma fonte de fibra de vidro é empregada para formar o peso total percentual de fibra de vidro no meio de filtro. Em algumas de tais modalidades, a mescla de fontes de fibra de vidro é selecionada para controlar a permeabilidade dos meios de filtro. Por exemplo, em algumas modalidades, combinar as fibras de vidro de mais do que uma fonte de fibra de vidro que tem um diâmetro médio de fibra de cerca de 0,3 a 0,5 μm , a fibra de vidro que tem um diâmetro médio de fibra de cerca de 1 a 2 μm , a fibra de vidro que tem um diâmetro médio de fibra cerca de 3 a 6 μm , fibra de vidro com um diâmetro de fibra de cerca de 6 a 10 μm , e a fibra de vidro com diâmetro de fibra de cerca de 10 a 100 μm em proporções variáveis, que inclui mesclas de duas ou mais das mesmas, aumenta a permeabilidade das embalagens de meios de filtro. Em algumas de tais modalidades, as mesclas de fibra de vidro são selecionadas para conferir um tamanho de poro controlado, que resulta em uma permeabilidade definida, para um meio de filtro.

Fibra ligante

[058] A fibra ligante fornece suporte para a fibra de meio, e adiciona manuseio aprimorado, resistência, e resistência à compressão para a fibra de meio. Em determinadas implantações a fibra ligante também fornece processabilidade aprimorada durante a formulação de massa, folha ou a formação de camada e o processamento a jusante (inclui o ajuste de espessura, secagem, corte e formação de elemento de filtro).

[059] A fibra ligante pode ser, por exemplo, uma fibra bicomponente. Conforme usada no presente documento, "fibra bicomponente" significa uma fibra formada de um material termoplástico que tem pelo menos uma porção de fibra com um ponto de derretimento e uma segunda porção termoplástica com um ponto de derretimento mais baixo. A configuração física dessas porções de fibra é tipicamente em uma estrutura lado a lado ou de bainha e núcleo. Na estrutura lado a lado, as duas resinas são tipicamente extrudadas em uma forma conectada em uma estrutura lado a lado. Outras morfologias úteis incluem fibras bicomponentes lobuladas, em que as pontas das fibras têm lóbulos que são formados a partir de um polímero com ponto de derretimento mais baixo do que o resto da fibra.

[060] O uso da fibra bicomponente permite a formação de uma camada de meios ou elemento de filtro que pode ser formado com nenhum ligante de resina separado ou com quantidades mínimas de um ligante de resina que reduz ou previne substancialmente a formação de filme da resina ligante e também previne a falta de uniformidade nos meios ou no elemento devido à migração da resina para uma localização particular da camada de meio. O uso da fibra bicomponente pode permitir compressão reduzida, solidez aprimorada, e resistência à tração aumentada nos meios de filtro e aprimora a utilização da fibra de meio tal como a fibra de vidro e outros materiais de fibra submicrométricos que são adicionados à camada de meios ou ao elemento de filtro.

[061] As fibras de meio e as fibras ligantes se combinam em várias proporções para formar um material de resistência elevada que tem capacidade de filtração substancial, permeabilidade e tempo de vida de filtração. Tais meios podem ser fabricados com fibras secundárias opcionais e outros materiais aditivos. Esses componentes se combinam para formar um material de resistência elevada que tem capacidade de fluxo substancial, permeabilidade e resistência elevada.

[062] Várias combinações de polímeros para a fibra bicomponente podem ser úteis na presente invenção, mas é importante que o primeiro componente de polímero sofra derretimento em uma temperatura menor que a temperatura de derretimento do segundo componente de polímero e tipicamente abaixo de 205° C. Adicionalmente, as fibras bicomponentes são típica e integralmente misturadas e dispersas igualmente com as fibras de meio, tal como fibras de vidro. O derretimento do primeiro componente de polímero da fibra bicomponente é necessário para permitir que as fibras bicomponentes formem uma estrutura esquelética pegajosa, a qual, mediante resfriamento, captura e liga muitas das fibras de meio, bem como se liga a outras fibras bicomponentes. Na estrutura de núcleo-bainha, o termoplástico (por exemplo, cerca de 80 a 205° C) é tipicamente extrudado ao redor de uma fibra do material de ponto de derretimento superior (por exemplo, cerca de 120 a 260° C).

[063] Em uso, as fibras bicomponentes tipicamente têm um diâmetro de fibra de cerca de 5 a 50 µm, frequentemente cerca de 10 a 20 µm, e tipicamente em uma forma de fibra geralmente tem um comprimento de 0,1 a 20 mm ou frequentemente tem um comprimento de cerca de 0,2 a cerca de 15 mm. Tais fibras podem ser feitas a partir de uma variedade de materiais que incluem poliolefinas (tal como polietilenos, polipropilenos), poliésteres (tal como tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, tereftalato de policiclohexilenedimetileno), náilons que incluem náilon 6, náilon 6,6, náilon 6,12, etc.

[064] As fibras bicomponentes são úteis na formação de meio de filtração

permeável, mas forte, mecanicamente estável que pode aguentar o estresse mecânico da passagem de ar carregado de detritos em alta velocidade e pode manter o carregamento de detritos durante uso, bem como aguentar ciclos de secagem e lavagem repetidos entre carregamentos. As fibras bicomponentes úteis nas montagens de filtro da invenção são de uma morfologia de núcleo/casco (ou embainhada), morfologia lado a lado, morfologia de ilhas no mar, ou morfologia lobada. As fibras bicomponentes são feitas de pelo menos dois materiais termoplásticos que têm pontos de derretimento diferentes. Em algumas modalidades, polímeros termoplásticos úteis na formação do núcleo ou da bainha das fibras bicomponentes úteis no meio de filtro da presente invenção incluem poliolefinas tal como polietileno, polipropileno, polibutileno, poli- α -octeno, e copolímeros dos mesmos que incluem de densidade baixa linear, densidade baixa, densidade alta, densidade ultra-alta, e outras designações composicionais e morfológicas; politetrahaloetilenos tal como politetrafluoroetileno e policlorotri-fluoroetileno; poliésteres tal como tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, ou naftalato de polietileno; acetato de polivinila, álcool polivinílico, e copolímeros dos mesmos; haletos de polivinila tal como cloreto de polivinila, haletos de polivinilideno tal como cloreto de polivinilideno, fluoreto de polivinilideno, e similares e copolímeros dos mesmos; poliacetais tal como polivinil butiral, resinas acrílicas (poliacrilatos) tal como ésteres de polimetacrilato e ésteres de polimetimetacrilato e copolímeros dos mesmos que incluem copolímeros de ácido acrílico e sais dos mesmos; poliamidas tal como náilon 6, náilon 66, náilon 6,10, náilon 46, e similares e copolímeros dos mesmos; poliestireno e copolímeros dos mesmos; poliuretanos; poliuréias; resinas celulósicas, a saber, nitrato de celulose, acetato de celulose, butirato de acetato de celulose, celulose etílica e similares; copolímeros de quaisquer dos materiais acima, tal como copolímeros de etileno-acetato de vinila, copolímeros de etileno-ácido acrílico, copolímeros em bloco de estireno-butadieno, borrachas KRATON®, e similares. Em modalidades, uma fibra bicomponente de núcleo/bainha de poliéster/poliolefina é

empregada, em que a bainha de poliolefina funde em uma temperatura inferior ao núcleo de poliéster. Em outras modalidades, duas poliolefinas, ou dois poliésteres, dois haletos de polivinila, dois haletos de polivinilideno, dois polímeros de poliamida, ou quaisquer outros dois polímeros que são semelhantes ou quimicamente idênticos são empregados como núcleo e bainha, em que diferenças composicionais (por exemplo, a mistura de composição de monômero particular usada para sintetizar o polímero, ou uma blocagem da concentração de monômero em um copolímero), peso molecular, ou morfológicas tal como grau de ramificação ou grau de cristalização de cadeia lateral e similares fornecem derretimento superior e inferior ou materiais de polímero de suavização.

[065] Em algumas modalidades, o componente de ponto de derretimento inferior das fibras bicomponentes é empregado como a bainha em uma morfologia de núcleo/bainha (ou casco em uma morfologia de núcleo/casco), como os lobos em uma morfologia lobada, como as “ilhas” em uma morfologia de ilhas no mar, ou como um lado de uma morfologia lado a lado. O componente de derretimento inferior fornece uma capacidade de fusão por derretimento à embalagem de meio de filtro formado, em que a mantas via aérea ou via úmida não tecidas são aquecidas a uma temperatura acima do ponto de derretimento ou temperatura de transição de vidro do componente de derretimento inferior e abaixo do ponto de derretimento ou temperatura de transição de vidro do componente de derretimento superior. In modalidades, fusão por derretimento é realizada quando os componentes de fibra amolecidos ou derretidos entram em contato com outras fibras bicomponentes, bem como quaisquer outras fibras e aditivos dentro da embalagem de meio de filtro via aérea ou via úmida formado. Em tais modalidades, quando a temperatura é subsequentemente reduzida para ou abaixo da temperatura de uso final pretendido, as fibras bicomponentes se tornaram pelo menos parcialmente fundidas por derretimento em virtude da bainha (ou lobo ou lado), enquanto retém, substancialmente, as características de não tecido de

densidade (loft), permeabilidade, porosidade, peso base, espessura, e similares transmitidos pelo processo de via úmida ou via aérea empregados para formar o meio. Essas características de não tecido são retidas em virtude do núcleo de derretimento superior ou lado da fibra bicomponente que retém sua morfologia fibrosa durante fusão por derretimento. Adicionalmente, a fibra bicomponente fundida por derretimento transmite propriedades desejáveis, sendo que inclui compressão reduzida e resistência tênil aumentada; a fibra bicomponente fundida por derretimento aprimora adicionalmente a utilização e retenção de fibra de vidro e o outras fibra e/ou materiais aditivos secundários no meio de filtro ou montagens de filtro da invenção.

[066] Em algumas modalidades, as fibras bicomponentes de núcleo/bainha conhecidas como Advansa 271P disponíveis pela E. I. Dupont Nemours, Wilmington DE são úteis na formação de ambos o meio de filtro de densidade baixa e densidade alta útil nas montagens de filtro da invenção. Outras fibras bicomponentes úteis incluem a série T-200 de fibras de núcleo/bainha concêntricas disponíveis pela Fiber Innovation Technology, Inc. of Johnson City, TN; Kuraray N720, disponível pela Engineered Fibers Technology, LLC of Shelton, CT; Nichimen 4080, disponível pela Nichimen America Inc. of New York, NY; e materiais semelhantes. Todas essas fibras demonstram as características de fusão por derretimento conforme descrito acima.

[067] Em uma modalidade da invenção, um meio de filtro útil em uma embalagem de meio da invenção inclui cerca de 50%, em peso, de fibra bicomponente Advansa 271P (disponível pela E. I. Dupont Nemours, Wilmington DE) e cerca de 50%, em peso, de microfibras de vidro Lauscha B50 (disponível pela Lauscha Fiber Intl. of Summerville, SC). O meio é formado por um processo do tipo via úmida ou fabricação de papel para resultar em um meio que tem um peso base de cerca de 60 g/m² a 70 g/m², espessura de camada de 0,5 mm a 0,65 mm em 0,861 kPa (0,125 psi), compressibilidade de 15% a 20% entre 0,861 kPa (0,125 psi) e 10,3 kPa (1,5 psi), permeabilidade de 50 m/min a 60 m/min, e solidez de 6 a 7% em 0,861 kPa (0,125 psi).

Propriedades de meio

[068] As propriedades de desempenho do meio de filtro são impactadas, de forma significativa, ao controlar atributos relacionados ao tamanho de fibra, estrutura de poro, solidez, e compressibilidade do meio de filtro. Geralmente, o uso de um meio que tem solidez e compressibilidade relativamente baixas, ao passo que também tem um tamanho médio de poro de fluxo pequeno, mas um tamanho de poro de fluxo máximo grande, resulta em uma construção de meio exemplificativo que pode remover compostos de PDC sem entupimento prematuro.

[069] Em geral, a fibra de meio tem um diâmetro muito menor que a fibra ligante. Em modalidades exemplificativas, a fibra de meio tem um diâmetro médio de menos que 5 microns, enquanto a fibra ligante tem um diâmetro médio de mais que 5 microns. Mais tipicamente, a fibra de meio terá um diâmetro médio de 0,1 a 20 microns, e opcionalmente de 0,1 a 15 microns. Em algumas implantações a fibra de meio terá um diâmetro médio de 0,4 a 12 microns, e em algumas implantações de 0,4 a 6,5 microns. As fibras de meio com um diâmetro médio de menos que 10 microns, menos que 7,5 microns, menos que 6,5 microns, e menos que 5 microns são frequentemente desejáveis. A fibra ligante terá, tipicamente, um diâmetro de 5 a 40 microns, mais tipicamente de 7 a 20 microns, e frequentemente de 10 a 14 microns. Observe que o diâmetro de ambas as fibras de meio e as fibras ligantes pode ser variável. Em alguns casos, os diâmetros de fibra irão variar junto com seus comprimentos, enquanto mais comumente fibras de diâmetros diferentes serão incorporadas. Será compreendido que, conforme usado no presente documento, os diâmetros de fibra são baseados em diâmetros médios de fibra para as fibras presentes no meio.

[070] Uma característica adicional de meio de filtro feito de acordo com a presente invenção, e em particular, aquela porção do meio associada ao sequestro de PDCs (e produtos contaminantes de combustível relacionados), é que tem, tipicamente, um nível de solidez relativamente baixo. Conforme usado no presente

documento, solidez é o volume de fibra sólida dividida pelo volume total do meio de filtro em questão, geralmente expresso como uma porcentagem. Em uma implantação típica, a solidez do meio de filtro associada com o seqüestro de PDCs é de menos que 15%, mais tipicamente menos que 12%, e mais frequentemente, menos que 10%. Em determinadas modalidades a solidez é de menos que 9%, menos que 8%, ou menos que 7%.

[071] Uma característica adicional do meio de filtro feito de acordo com a presente invenção é que é relativamente não compressível, especialmente em relação à solidez do meio. Compressibilidade é a resistência (isto é) a compressão ou deformação na direção de fluxo de fluido através do meio. Um teste adequado para compressão de meio é uma força de compressão vs. teste de distância, em que uma pilha de meio é comprimida sob uma carga para determinar porcentagem de compressão. Um exemplo de tal teste é como a seguir: Uma sonda de diâmetro de 2,54 centímetros e uma célula de carga de 5 kg são usadas para comprimir uma pilha de meio que tem uma espessura total de 25 mm. O teste é realizado em uma velocidade de 1 mm/seg., com uma distância de partida de 30 mm do fundo, e um disparo de dados de 0,5 g. A força final alvo é 4.800 g. O tamanho de amostra de meio pode ser um círculo de diâmetro de 2,22 centímetro, orientado com amostras de meio para formar uma pilha diretamente abaixo da sonda de teste. A pressão sobre o meio em tais implantações é de aproximadamente 1,24 kg/cm². O número de amostras empilhadas usadas deveria ser suficiente para ter uma espessura total de 25 mm, portanto o número total de amostras irá variar dependendo de espessura individual do material testado. Os dados são analisados em termos da seguinte equação:

$$\text{porcentagem de compressão} = x / t_1$$

em que t_1 = espessura do fundo de amostras empilhadas quando força = 0,5 gramas, e t_2 = espessura do fundo de amostras empilhadas quando força = 4,800 g, com x igual à distância que a sonda percorreu durante o teste, o qual é a distância t_1 -

t2. Instrumentos adequados para realizar esse teste incluem, por exemplo, um analisador de textura TA.XT2i da Stable Micro Systems que utiliza software Texture Expert Exceed de versão 2.64.

[072] A força compressiva deve ser suficiente para manter uma espessura do material e, através disso, manter sua estrutura de poro e fluxo de filtração e desempenho de remoção de particulado. A compressibilidade típica de materiais feitos pela invenção é como a seguir: Em uma primeira modalidade exemplificativa, o meio de filtro que contém a fibra ligante e fibra de meio tem uma compressibilidade de menos que 40% em uma pressão de 1,24 kg/cm². Em outras implantações o meio de filtro tem uma compressibilidade de menos que 30% em uma pressão de 1,24 kg/cm², menos que 20% em uma pressão de 1,24 kg/cm², e menos que 10% em uma pressão de 1,24 kg/cm². Adicionalmente, a compressibilidade do meio dividida pela solidez% é frequentemente menos que 4, frequentemente menos que 3, pode ser menos que 2, e em algumas implantações é de menos que 1. Por exemplo, em uma implantação em que a compressibilidade é de 20%, e solidez é de 10%, esse número é 2,0.

[073] As métricas adicionais pelas quais as propriedades do meio associado com o sequestro de PDCs (e opcionalmente outros produtos contaminantes de combustível semelhantes) são descritas se referem à estrutura de poros do meio. Em geral, é possível caracterizar as propriedades de um meio poroso em termos de tais parâmetros como poro de fluxo médio, poro de fluxo de moda, e poro de fluxo máximo. O “tamanho de poro de moda” é o tamanho de poro que ocorre com mais frequência em um material. A Figura 4 mostra distribuição de densidade de tamanho de poro de fluxo de um material de meio exemplificativo feito de acordo com a presente invenção. O “tamanho de poro de moda” (indicado pela seta) é mostrado no pico mais alto da curva. “Tamanho de poro médio” é o tamanho médio dos poros no material, e “tamanho de poro de fluxo acumulativo” é uma medida da porcentagem total de fluxo que passa através do meio como uma função de diâmetro de poro, determinado com o

uso de um instrumento de porômetro de fluxo capilar. “Tamanho médio de poro de fluxo” é definido como o tamanho de poro em que 50% de fluxo acumulativo passa através do meio. “Porosidade” é definida como a quantidade de espaço vazio em um material. A Figura 5 mostra distribuição acumulativa de tamanho de poro de fluxo. O “tamanho médio de poro de fluxo” (indicado pela seta) é o ponto no qual a curva cruza 50% no eixo geométrico y.

[074] Em relação ao tamanho de poro, a porção do meio de filtro primeiramente responsável pela remoção de PDCs e contaminantes relacionados terá, tipicamente, um tamanho médio de poro de fluxo de 5 a 20 microns, ou 5 a 10 microns. Os tamanhos médios de poro de fluxos adequados incluem menos que 20 microns menos que 15 microns, e menos que 10 microns. A porção do meio de filtro primeiramente responsável pela remoção de PDCs e contaminantes relacionados terá, tipicamente, um tamanho médio de poro de fluxo de moda de 10 a 50 microns, de 20 a 40 microns, ou de 25 a 35 microns. Os tamanhos de poro de fluxo adequados incluem, por exemplo, maior que 10, maior que 15, maior que 20 e maior que 25 microns. Em relação ao tamanho de poro de fluxo máximo, a porção do meio de filtro primeiramente responsável pela remoção de PDCs e contaminantes relacionados terá, frequentemente, um tamanho de poro de fluxo máximo maior que aquele de celulose ou meio produzido por fiação via sopro. Os tamanhos de poro de fluxo máximos adequados incluem maior que 10 microns, preferencialmente, maior que 20 microns, e em algumas implantações maior que 30 microns. Em implantações exemplificativas, o tamanho de poro de fluxo máximo é de 20 a 50 microns, ou de 25 a 45 microns.

[075] Tipicamente, o tamanho de poro de moda é maior na porção a montante que na porção a jusante do meio de filtro, e o tamanho médio de poro (ou médio) é menor na porção a montante que na porção a jusante. De acordo com os ensinamentos da presente invenção, é desejável, em geral, ter pelo menos uma porção do meio com poros de fluxo médio pequenos, enquanto também tem um poro de fluxo

máximo grande. A razão de tamanho de poro máximo para poro de fluxo médio é frequentemente pelo menos 2,5, opcionalmente pelo menos 5,0, e em algumas implantações maior que 7,5. Em determinadas modalidades, quando o poro de fluxo médio é muito pequeno e o poro de fluxo máximo relativamente grande, essa razão pode ser maior que 10, e opcionalmente maior que 12,5 ou 15. Números altos refletem uma distribuição de tamanho de partícula mais ampla, a qual pode fornecer remoção aprimorada de PDC (e contaminantes relacionados).

Fibras e Resinas Adicionais

[076] Resinas ligantes podem ser usadas para ajudar a ligar a fibra de meio, e opcionalmente a fibra ligante, em uma camada de meio mecanicamente estável. Tais materiais de resina ligante termoplástica podem ser usados como um sistema de solvente ou pó seco, mas são tipicamente dispersões aquosas de resinas termoplásticas de vinila. Um componente ligante resinoso não é necessário para obter força adequada para os meios dessa invenção, mas pode ser usado.

[077] As resinas incluem materiais de acetato de vinila, resinas de cloreto de vinila, resinas de álcool polivinílico, resinas de acetato de polivinila, resinas de polivinil acetil, resinas acrílicas, resinas metacrílicas, resinas de poliamida, resinas de copolímero de polietileno acetato de vinila, resinas termofixas tal como uréia fenol, uréia formaldeído, melamina, epóxi, poliuretano, resinas de poliéster insaturado curáveis, resinas poliaromáticas, resinas de resorcinol e resinas de elastômero semelhantes.

[078] Os materiais adequados para o polímero ligante dispersível ou solúvel em água são resinas termofixas dispersíveis em água ou solúveis em água tal como resinas acrílicas, resinas metacrílicas, resinas de poliamida, resinas de epóxi, resinas fenólicas, poliuréias, poliuretanos, resinas de melamina formaldeído, poliésteres e resinas alquídicas, geralmente, e especificamente, resinas acrílicas, resinas metacrílicas, e resinas de poliamida solúveis em água. Tais ligantes de líquido são tipicamente

dispersões de plaquetas as quais revestem a fibra e promovem adesão de fibra a fibra na matriz de não tecido final. Resinas suficiente é adicionada à massa para revestir completamente a fibra sem causar filme sobre os poros na folha, meio, ou material de filtro. A resina pode ser adicionada à massa ou pode ser aplicada ao meio após formação.

[079] Um ligante de látex usado para ligar a manta de fibra de não tecido tridimensional em cada camada de não tecido, ou usado como o adesivo adicional, pode ser selecionado a partir de vários adesivos de látex conhecidos na técnica. O técnico versado pode selecionar o adesivo de látex particular dependendo do tipo de fibras celulósicas que estão para ser ligadas. O adesivo de látex pode ser aplicado por técnicas conhecidas tal como aspersão ou formação de espuma. Geralmente, adesivos de látex que tem de 15 a 25% de sólidos são usados. A dispersão pode ser feita ao dispersas as fibras e então adicionar o material ligante ou dispersar o material ligante e então adicionar as fibras. A dispersão também pode ser feita ao combinar uma dispersão de fibras com uma dispersão do material ligante. A concentração de fibras totais na dispersão pode estar na faixa de 0,01 a 5 ou 0,005 a 2% de peso com base no peso total da dispersão. A concentração de material ligante na dispersão pode estar na faixa de 10 a 50% de peso com base no peso total das fibras.

[080] A camada de meio para remoção de PDCs e produtos contaminantes semelhantes de combustível podem conter fibras secundárias feitas de diversas fibras hidrofílicas, hidrofóbicas, oleofílicas, e oleofóbicas. Essas fibras cooperam com a fibra de vidro e a fibra bicomponente para formar um meio de filtração permeável, mas forte, mecanicamente estável que pode agüentar o estresse mecânico da passagem de materiais de fluido e podem manter o carregamento de particulado durante uso. As fibras secundárias são, tipicamente, fibras monocomponentes com um diâmetro que está na faixa de cerca de 0,1 a cerca de 50 μm e podem ser feitas de uma variedade de materiais. Um tipo de fibra secundária é uma fibra ligante que coopera com outros

componentes para ligar os materiais em uma folha. Outro tipo de fibra secundária é uma fibra estrutural que coopera com outros componentes para aumentar a resistência ténsil e ao rebentamento dos materiais em condições secas e úmidas. Adicionalmente, a fibra ligante pode incluir fibras feitas de tais polímeros como cloreto de polivinila e álcool polivinílico. As fibras secundárias também podem incluir fibras inorgânicas tal como fibra de grafite/carbono, fibra de metal, fibra de cerâmica e combinações dos mesmos.

[081] As fibras termoplásticas secundárias incluem, mas não são limitadas a, fibras de poliéster, fibras de poliamida, fibras de polipropileno, fibras de copolietéster, fibras de tereftalato de polietileno, fibras de tereftalato de polibutileno, fibras de polietercetonacetona (PEKK), fibras de polieteretercetona (PEEK), fibras de polímero cristalino líquido (LCP), e misturas dos mesmos. As fibras de poliamida incluem, mas não são limitadas a, náilon 6, 66, 11, 12, 612, e "náilons" de temperatura alta (tal como náilon 46) que incluem fibras celulósicas, acetato de polivinila, fibras de álcool polivinílico (que incluem várias hidrólises de álcool polivinílico tal como polímeros 88% hidrolisados, 95% hidrolisados, 98% hidrolisados e 99,5% hidrolisados), algodão, raiom viscoso, termoplástico tal como poliéster, polipropileno, polietileno, etc., acetato de polivinila, ácido poliáctico, e outros tipos de fibra comuns. As fibras termoplásticas são geralmente finas (cerca de 0,5 a 20 denier de diâmetro), curtas (cerca de 0,1 a 5 cm de comprimento), fibras padronizadas, sendo que, possivelmente, contêm aditivos convencionais pré-compostos, tal como antioxidante, estabilizadores, lubrificantes, endurecedores, etc. Adicionalmente, as fibras termoplásticas podem ser tratadas superficialmente com um auxiliar dispersante. As fibras termoplásticas preferenciais são fibras de tereftalato de polietileno e poliamida, sendo que as mais preferenciais são fibras de tereftalato de polietileno.

Produção de Meio de filtro

[082] Na fabricação do meio da invenção, em determinadas modalidades

um material de fibra é formado com o uso de processamento úmido ou seco. A esteira é aquecida para derreter materiais termoplásticos para formar o meio ao aderir internamente as fibras. A fibra bicomponente usada no meio da invenção permite que a fibra se funda em um meio mecanicamente estável. A fibra bicomponente que tem uma bainha externa de termo-ligação faz com que a fibra bicomponente se ligue com outras fibras na camada de meio.

[083] A camada ou camadas de meio para o sequestro de PDCs e produtos contaminantes semelhantes de combustível são tipicamente usada com o uso de processos de fabricação de papel. Entretanto, o meio pode ser feito por processos de via aérea que usam componentes semelhantes adaptados para processamento de via aérea. As máquinas usadas fabricação de folha via úmida incluem equipamento de folha de fabrico manual, máquinas de fabricação de papel de Fourdrinier, máquinas de fabricação de papel cilíndricas, máquinas de fabricação de papel inclinadas, máquinas de fabricação de papel de combinação e outras máquinas que podem pegar um papel misturado apropriadamente, formar uma camada ou camadas dos componentes de massa, e remover os componentes aquosos de fluido para formar uma folha úmida.

[084] No processamento de via úmida exemplificativo, o meio é feito de uma massa aquosa que compreende uma dispersão de material fibroso em um meio aquoso. O líquido aquoso da dispersão é geralmente água, mas pode incluir outros materiais tal como materiais de ajuste de pH, tensoativos, antiespumantes, retardadores de chama, modificadores de viscosidade, tratamentos de meio, colorantes e similares. O líquido aquoso é geralmente drenado da dispersão ao conduzir a dispersão em uma tela ou outro suporte perfurado que tem os sólidos dispersos e que faz com que o líquido renda uma composição de papel úmida. A composição úmida, uma vez que formada no suporte, é, ainda, desidratada por vácuo ou outras forças de pressão e secada adicionalmente ao evaporar o líquido remanescente. Depois que o líquido é

removido, a termo-ligação acontecer tipicamente ao derreter alguma porção da fibra termoplástica, resina ou outra porção do material formado. O material derretido liga o componente em uma camada.

[085] Uma pasta aquosa de fibra que contém os materiais é tipicamente misturada para formar uma pasta aquosa de fibra relativamente uniforme. A pasta aquosa de fibra é então submetida a um processo de fabricação de papel de via úmida. Uma vez que a pasta aquosa é formada em uma folha via úmida, a folha via úmida pode ser então seca, curada ou processada de alguma forma para formar uma folha seca, permeável, mas real ou filtro. Uma vez que suficientemente secas e processadas para o meio de filtração, as folhas têm tipicamente cerca de 0,25 a 1,9 mm de espessura, sendo que tem um peso base de cerca de 20 a 200 ou 30 a 150 g-m⁻². Para um processo de escala comercial, as esteiras bicomponente da invenção são geralmente processadas através do uso de máquinas de fabricação de papel tal como Fourdrinier, máquinas de cilindro de fio Stevens Former, Roto Former, Inver Former, Venti Former, e máquinas Delta Former inclinadas.

[086] Em algumas implantações uma máquina Delta Former inclinada é utilizada. Uma esteira bicomponente da invenção pode ser preparada ao formar pastas aquosas de fibra de vidro e polpa e combinar as pastas aquosas em tanques de mistura, por exemplo. A quantidade de água usada no processo pode variar dependendo do tamanho do equipamento usado. A massa pode ser passada em uma caixa de entrada convencional em que é desaguada e depositada em uma tela de fio em movimento em que é desaguada por sucção ou vácuo para formar uma manta bicomponente de não tecido. A manta pode, então, ser revestida com um ligante por meios convencionais, por exemplo, por um método de inundação e extração e passada através de uma seção de secagem a qual seca a esteira e cura o ligante, e liga termicamente a folha, meio ou filtro. A esteira resultante pode ser coletada em um rolo grande para processamento futuro, para laminar para um segundo material de meio (tal como

uma camada de meio de celulose), ou para formar em elementos de filtro.

B. Configurações que contêm Múltiplas camadas ou Múltiplas áreas funcionais

[087] Conforme observado acima, o material de filtro a montante selecionado para sequestrar PDCs (que contém fibra de meio e fibra ligante, tal como fibra de vidro e fibra bicomponente) é frequentemente combinado com um material de filtro a jusante. Esse material de filtro a jusante é geralmente selecionado para remoção favorável de contaminantes particulados. A porção a jusante pode compreender, por exemplo, celulose. A diferença entre a capacidade da porção a montante e porção a jusante de atrair vários contaminantes, combinada com a distribuição de tamanho de poro das porções a montante e a jusante, permitem que o meio de filtro da presente invenção remova de forma eficaz uma faixa de contaminantes sem entupir prematuramente o filtro.

[088] A porção a montante (por exemplo, fibra bicomponente e fibra de vidro) do meio tem, tipicamente, um tamanho médio de poro de fluxo menor que a porção a jusante (por exemplo, celulose), mas esse tamanho de poro médio menor é frequentemente combinado com um tamanho de poro de moda maior sobre a porção a montante, a qual pode ser útil para aprimorar carregamento de filtro com determinados contaminantes, em produtos de degradação de combustível particulares. Tipicamente, o tamanho de poro de moda (ou mais comum) é maior na porção a montante que na porção a jusante, e o tamanho de poro médio (ou médio) é menor na porção a montante que na porção a jusante.

[089] A porção a montante também pode ter sua variação de tamanho de poro própria, caracterizada pelo menos por tamanhos de poro diferentes em profundidades diferentes da porção a montante. Sobre o “topo” da porção a montante, o tamanho de poro de moda é opcionalmente aumentado. Para alguns meios, o tamanho de poro de moda a jusante da porção a montante é significativamente maior que o

tamanho de poro de moda da porção a jusante, a qual é tipicamente celulose. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de moda da porção a montante é maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de moda da porção a montante pode ser pelo menos 20% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante em algumas implantações, e finalmente 40% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante em outras implantações.

[090] Em uma modalidade exemplificativa, o tamanho de poro de moda da porção a montante é pelo menos 20% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante; e o tamanho médio de poro de fluxo da porção a montante é de menos que 90% do tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante. Será apreciado que a porção a jusante possa conter fibra que tem um diâmetro médio ou seção cruzada maior que o diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de moda da porção a montante é maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de moda da porção a montante pode ser pelo menos 40% maior ou pelo menos 60% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Em algumas modalidades, o tamanho médio de poro de fluxo da porção a montante é de menos que o tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho médio de poro de fluxo da porção a montante pode ser de menos que 70% ou menos que 50% do tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante.

[091] O diâmetro de fibra de meio também pode ser selecionado para aprimorar o desempenho entre as porções a montante e a jusante. Em uma modalidade, a porção a montante contém fibra de meio que tem um diâmetro médio de menos que 10 microns com base na contagem de fibra total; e a porção a jusante contém fibra de meio que tem um diâmetro médio diferente do diâmetro da fibra de meio na porção a montante. Em uma modalidade, a fibra de meio da porção a montante tem um diâmetro médio de menos que 5 microns. Geralmente, a porção a jusante contém fibra que

tem um diâmetro médio ou seção cruzada maior que o diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante. A porção a montante pode compreender, por exemplo, fibra de vidro, fibra ligante, ou fibra bicomponente. Em algumas modalidades, a porção a jusante compreende celulose, fibra poliméricas tal como poliéster, ou uma combinação dos mesmos.

[092] Em uma modalidade, a porção a montante contém fibra de meio que têm um diâmetro médio de menos que 10 microns com base na contagem total de fibras e a porção a jusante contém fibra de meio que tem um diâmetro médio diferente do diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante; em que o tamanho de poro de moda da porção a montante é pelo menos 20% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante; e em que o tamanho de poro de fluxo médio do meio na porção a montante é de menos que 90% do tamanho de fluxo de poro médio do meio na porção a jusante.

[093] Em algumas modalidades, o filtro para filtrar líquidos compreende uma porção a montante que compreende meio que tem uma porosidade de pelo menos 50%, o meio que compreende uma fibra de meio e a fibra ligante que tem um diâmetro médio maior que a fibra de meio; e uma porção a jusante que compreende celulose. A porção a montante pode compreender carbono ou fibra de vidro. Em uma modalidade, a fibra de meio da porção a montante tem um diâmetro médio de menos que 5 microns. Em outra modalidade, a fibra de meio da porção a montante tem um diâmetro médio de menos que 15 microns. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de moda da porção a montante é maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de moda da porção a montante pode ser pelo menos 20% ou pelo menos 40% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante.

[094] Em outra modalidade, a invenção é direcionada a um meio de filtro que compreende uma porção a montante que contém fibras selecionadas dentre

carbono e vidro; e uma porção a jusante que compreende celulose; em que o tamanho de poro de moda da porção a montante é pelo menos 20% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante; e em que o tamanho de poro de fluxo médio da porção a montante é de menos que 90% do tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante. Deve-se perceber que a porção a jusante pode conter uma fibra que tem um diâmetro médio maior que o diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de moda da porção a montante é maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de moda da porção a montante pode ser pelo menos 40% maior ou pelo menos 60% maior que o tamanho de poro de moda da porção a jusante. Em algumas modalidades, o tamanho de poro de fluxo médio da porção a montante é de menos que o tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante. Por exemplo, o tamanho de poro de fluxo médio da porção a montante pode ser menor que 70% ou 50% do tamanho de fluxo de poro médio da porção a jusante.

[095] Em algumas modalidades, a porção de filtro a montante carrega produtos de degradação de combustível a um nível de captura 50% maior que a porção de filtro a jusante. Em algumas modalidades, a primeira porção de filtro carrega produtos de degradação de combustível a um nível de captura 100% maior que a segunda porção de filtro. Em algumas modalidades, a primeira porção de filtro carrega produtos de degradação de combustível a um nível de captura 200% maior que a segunda porção de filtro. A porcentagem pode ser normalizada por volume médio ou por área de superfície média.

[096] Em algumas modalidades, o polímero cristalino de temperatura baixa em pó é suado para laminar o meio sintético e de celulose juntos de forma a produzir o meio compostos facilmente produzível em uma variedade de configurações de elementos de filtro diferentes. Outros métodos de laminação das camadas de meio juntamente tal como laminação adesiva ou meios de ligação térmicas são possíveis

também.

[097] Em referência agora à Figura 6A a 6D, configurações de exemplo para construções de meio de filtro são mostradas. Nesses diagramas esquemáticos em seção transversal, apenas o posicionamento básico dos componentes de meio são descritos e deve-se entender que essas figuras não são desenhadas em escala. Deve-se também entender que as figuras são simplificações das construções de meio e que são modalidades alternativas, mas não limitantes quanto aos tipos de construções possíveis sob a presente invenção. A Figura 6A é uma vista esquemática em seção transversal de uma construção de meio feita em concordância com uma implantação da invenção, que mostra uma construção de duas camadas. Nessa modalidade de exemplo, a construção de meio 120 inclui uma primeira porção que contém meio a montante 122 e uma segunda porção que contém meio a jusante 124. O meio a montante pode ser, por exemplo, uma combinação de fibra de meio de vidro e fibra ligante de bicomponente. A porção a jusante pode ser, por exemplo, meio de celulose.

[098] A Figura 6B é uma vista esquemática em seção transversal de outra construção de meio feita em concordância com uma implantação da invenção, que mostra uma construção de três camadas. Nessa modalidade de exemplo, a construção de meio 130 inclui a primeira e segunda porções que contêm meio a montante 132 e 133, mais uma terceira porção que contém o meio a jusante 134. As porções de meio a montante podem ser, por exemplo, uma combinação de fibra de meio de vidro e fibra ligante de bicomponente. Em algumas modalidades essas porções de meio a montante 132, 133 podem ter propriedades diferentes entre si, tal como diferentes distribuições e tamanhos de posto. Não é necessário que ambas as camadas (ou porções se não nas camadas discretas) removam PDCs ou contaminantes similares, contanto que pelos menos uma camada ou porção o faça. A porção a jusante pode ser, por exemplo, meio de celulose. Modalidades adicionais podem ter, por exemplo, camadas a montante e a jusante adicionais.

[099] A Figura 6C é uma vista esquemática em seção transversal de uma construção de meio feita em concordância com uma implantação da invenção, que mostra uma construção de duas camadas com um espaçador entre as camadas de meio. Nessa modalidade de exemplo, a construção de meio 140 inclui uma primeira porção que contém o meio a montante 142, uma segunda porção que contém o meio a jusante 144 e um espaçador 146 entre as porções a montante e a jusante 142, 144. O meio a montante pode ser, por exemplo, uma combinação de fibra de meio de vidro e fibra ligante biocomponente. A porção a jusante pode ser, por exemplo, meio de celulose. O espaçador 146 pode ser, por exemplo, um material de tela não filtrante.

[0100] A Figura 6D é uma vista esquemática em seção transversal de uma construção de meio feita em concordância com uma implantação da invenção em que a porção a montante 152 e a porção a jusante 154 são ainda separadas entre si por um vão. O meio a montante pode ser, por exemplo, uma combinação de fibra de meio de vidro e fibra ligante biocomponente. A porção a jusante pode ser, por exemplo, meio de celulose. O vão pode ser relativamente pequeno, ou relativamente grande. Nessa modalidade, a orientação funcional dos dois meios é importante: que um meio de porção esteja posicionado a montante da outra porção. Deve-se entender que os materiais de suporte podem ser posicionados intermediários a essas duas porções 152, 154.

[0101] A Figura 7 ilustra a relação de posto do meio em uma modalidade de exemplo da invenção, em que a porção a montante compreende meio biocomponente e vidro sintético e a porção a jusante compreende celulose. Particularmente, uma estrutura em camadas da presente invenção é mostrada nessa implantação de exemplo, em que o tamanho de poro pode variar de amplamente aberto na porção a montante a muito menor na porção a jusante onde filtração de particulado fino ocorre. A porção a montante pode compreender duas ou mais camadas com diferentes tamanhos de poro conforme é mostrado aqui. No entanto, o tamanho de poro de moda da celulose

é menor que os tamanhos de poro de moda de ambas as porções da porção a montante representada.

[0102] Um filtro com uma estrutura em que os poros de meio são menores no lado a jusante que no lado a montante é normalmente útil. Em outras palavras, a estrutura porosa é mais densa indo-se do lado a montante para o lado a jusante. Como resultado, as partículas ou contaminantes a serem filtrados têm a capacidade de penetrar em várias profundidades dependendo do tamanho da partícula. Isso faz com que as partículas ou contaminantes sejam distribuídos por toda a profundidade do material de filtro, reduzindo o aumento na queda de pressão e estendendo a vida útil do filtro. Em uma modalidade, os tamanhos de poro se alteram por etapas, como na Figura 7. Em outra modalidade, o tamanho dos poros aumenta gradualmente de menor no lado a jusante para maior no lado a montante.

[0103] A Figura 8 mostra um exemplo de uma modalidade de um filtro de combustível de múltiplos estágios 180, que tem camadas concêntricas de meio 182, 184, 186. As camadas concêntricas podem compreender camadas de meio e fibras ligantes (tal como vidro e bicomponente) com dimensões de poro variadas do exterior para o interior. Em geral, o tamanho de poro de fluxo médio ficará menor das camadas externas 182 para as camadas internas 186. PDCs e outros produtos similares têm a tendência de adsorver para a superfície externo do meio e criar uma camada ou filme através do meio. A aglomeração dos produtos de degradação começa a preencher os poros. O número maior de poros grandes no meio a montante permite que o meio externo capture e armazene os produtos de degradação sem entupir tão rapidamente. A camada a jusante mais estreita é projetada para ter alta eficácia para partículas.

C. Dados Experimentais

[0104] É possível avaliar o meio de filtro da presente invenção com base na estrutura de poro do meio. A estrutura de poro do meio pode ser caracterizada com base na teoria capilar de porometria. Com base na teoria molecular, a interação entre

as moléculas em um líquido puro é a mesma por todo o líquido exceto por uma interface tal como gás-líquido, gás-sólido, líquido-líquido ou líquido-sólido. Por soma por todo o líquido puro, a média de todas as interações é essencialmente igual para cada molécula, exceto para essas interfaces. Nessas interfaces, as moléculas tipicamente sob uma “tensão” devido a diferenças nas interações intermoleculares em massa e na superfície. Em uma interface de gás-líquido, a energia potencial em excesso na superfície devido a uma densidade inferior de moléculas resulta na superfície estar sob tensão, portanto, o termo "tensão superficial".

[0105] Um líquido que facilmente umedece um material tem um ângulo de contato baixo. Quando a superfície de um líquido encontra um material molhável, por exemplo, como a parede de um recipiente de vidro, as moléculas são mais atraídas para o vidro que são para a superfície do líquido. Essa atração para a superfície do vidro curva a superfície do líquido para cima. Quando a parede está curvada ao redor para formar um tubo, essa força de atração atua ao redor de toda a circunferência do tubo, resultando em uma forma para cima líquida sobre o fluido. Esse fenômeno foi desenvolvido em o que é conhecido como teoria capilar, em que há um equilíbrio de forças entre a pressão de cabeça hidrostática do líquido e as forças da tensão superficial.

$$\sigma \pi d \cos(\theta) - \gamma (\Delta h) \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 0$$

Em que

σ = *Tensão Superficial*

d = *Diâmetro do Tubo*

θ = *Ângulo de Contato do Líquido na Superfície do Tubo*

γ = *Peso Específico de Fluido*

Δh = *Distância de Deslocamento de Fluido no Tubo*

[0106] Para fluidos molháveis, o ângulo de contato é menor e pode-se então assumir:

$$\cos(\theta) \approx 1$$

[0107] Então, após substituir a pressão por peso específico e altura de líquido, a equação pode ser escrita como:

$$d = \frac{4\sigma}{\Delta p}$$

[0108] Esta equação relaciona diâmetro, pressão e tensão superficial e é usada no cálculo de tamanho de poro em testagem de porometria.

[0109] Há três técnicas comumente usadas para medir os tamanhos de poro de um material de poro. Essas três usam a teoria capilar para calcular tamanhos de poro com base na relação da tensão superficial de um líquido, pressão e diâmetro de poro. Cada uma das três pode variar ligeiramente em como realizam suas medições e procedimentos de teste: O primeiro procedimento, porometria de permeabilidade de ar, usa um líquido não reagente que umedece e preenche os poros do material poroso. O material saturado é então pressurizado com um gás não reagente para remover o líquido dos poros. Quanto menor o tamanho de poro, mais alta a pressão necessária para forçar o líquido para fora dos poros. A pressão e o fluxo de ar são medidos até todo o líquido ter sido forçado para fora da amostra. Esses dados são então comparados às medições de pressão e fluxo de uma amostra limpa e seca para calcular a distribuição de tamanho de poro.

[0110] Um segundo procedimento, porometria de intrusão de mercúrio, usa mercúrio como o líquido que preenche os poros de um material poroso. O mercúrio tem uma tensão superficial ângulo de contato muito altos e não entra facilmente nos poros. Essa técnica então usa pressão para forçar o mercúrio nos poros. Quanto menor o poro, mais alta a pressão necessária para forçar o mercúrio no poro. O volume de mercúrio e a pressão usados são medidos e são então usados para calcular a distribuição de tamanho de poro.

[0111] Um terceiro procedimento, porometria de extrusão líquida, usa um líquido não reagente que preenche e umedece completamente os poros de um material poroso. O material saturado é então pressurizado com um gás não reagente para remover o líquido dos poros. Quanto menor o poro, mais alta a pressão necessária para forçar o líquido para fora do poro. O volume de líquido medido que é forçado para fora dos poros, juntamente com a pressão, são usados para calcular a distribuição de tamanho de poro.

[0112] Tal testagem de poro pode ser realizada utilizando, por exemplo, um porômetro de permeabilidade de ar automático fabricado pela Porous Materials, Inc. Conforme usado no presente documento, o modelo foi APP-1200-AEXSC com uso de CAPWIN Versão 6.71.122 software de teste. O procedimento de teste inclui porometria de fluxo capilar, secagem/umidificação com uso de fluido de silicone a uma tensão superficial de fluido de 20,1 dynes/c. O tamanho de testagem efetivo da amostra teve um diâmetro de 1,0 centímetros, com um fluxo de ar máximo de 100.000 cm³/min; pressão diferencial de amostra máxima de 120 kPa e os parâmetros de testagem de máquina de teste a seguir:

Parâmetros de Teste da Porous Materials Inc.

	Curva Seca	Curva Úmida
Maxpres	180 kPa	180
Maxflow	100.000 cm ³ /m	100.000 cm ³ /m
Bubflow	NA	10 cm ³ /m
F/PT	NA	50
minbppres	NA	0 kPa
Zerotime	NA	1 segundo
pulsewidth	0,4 segundo	0,1 segundo
v2incr	160 cts	80 cts
Preginc	16 cts	4,8 cts
Atraso de pulso	2 segundos	2 segundos
mineqtime	30 segundos	45 segundos
Presslew	10 cts	10 cts
Flowslew	50 cts	50 cts
eqiter	3 segundos	20 segundos
aveiter	20 segundos	20 segundos
maxpdif	0,69 kPa	0,69 kPa
maxfdif	50 cm ³ /m	50 cm ³ /m

[0113] Para calcular a distribuição de tamanho de poro a partir dos dados,

precisa-se comparar a curva de amostra seca com a curva de amostra úmida. Isso é feito por cálculo da porcentagem de fluxo de ar que a amostra úmida tem versus a amostra seca. Isso gera o que é chamado de porcentagem de fluxo de filtro.

$$Q(p) = \frac{\text{Fluxo de Ar de Amostra Úmida}_p}{\text{Fluxo de Ar de Amostra Seca}_p}$$

[0114] Esta porcentagem de fluxo de filtro é uma função da pressão. Então, em seguida usa-se a equação da teoria capilar (Que 2.3) para substituir diâmetro por pressão. Agora, chega-se a uma curva de distribuição de tamanho de poro base de 0 a 100%.

$$D(d) = Q\left(\frac{4\sigma}{d}\right) = Q(p)$$

[0115] O tipo de cálculos usados para distribuição de tamanho de poro no software de relatório do fabricante pode magnificar a variabilidade dos dados medidos e pode gerar curvas de distribuição irregulares. Além disso, os resultados de distribuição de tamanho de poro são uma coleta de pontos de dados e assim dificultam o uso em técnicas de análise comparação assim como técnicas de modelação. Sendo assim, a Donaldson Company desenvolveu uma técnica proprietária para ajustar por curva os dados brutos coletados de cada teste. Essa técnica tem a capacidade de ajustar por curva os dados em um formato de distribuição, sem ter que restringir esses em uma curva de distribuição normal clássica.

[0116] Os resultados dessa técnica geram:

[0117] $g(d)$ = Uma função de distribuição cumulativa do diâmetro dos tamanhos de poro da amostra testada.

[0118] $G(d)$ = Uma função de distribuição de densidade do diâmetro dos tamanhos de poro da amostra testada.

[0119] A Figura 9 mostra um gráfico da distribuição de densidade de tamanho de poro de fluxo que compara diferentes meios de combustível de produção por fiação via sopro, celulose e vidro de bicomponente. Conforme evidenciado pelas

distribuições de tamanho de poro de moda por diâmetros de poro no lado a jusante da camada a montante na Figura 9, o exemplo de vidro biocomponente tem um tamanho de poro de moda de quase 30 μm versus aproximadamente 13 μm para o meio produzido por fiação via sopro. Na relação das camadas de vidro de biocomponente e produzidas por fiação via sopro à camada de celulose, o tamanho de poro de moda de pico de quase 30 μm para o vidro de bicomponente é muito maior que a celulose. Pode ser também visto a partir da Figura 9 que o meio produzido por fiação via sopro com uma densidade de tamanho de poro de moda de aproximadamente 13 μm é muito similar à celulose com uma densidade de tamanho de poro de moda de 10 μm .

[0120] O tamanho de poro de moda é uma medida de estrutura de poro de meio. Outra medida de média estrutura de poro de meio é o tamanho de poro de fluxo médio, que é definido como o tamanho de poro em que 50% do fluxo cumulativo passam através do meio.

[0121] A Figura 10 mostra a distribuição de tamanho de poro cumulativa para os componentes do meio produzido por fiação via sopro, celulose e vidro de biocomponente.

[0122] Os materiais usados para produzir os dados mostrados na Figura 10 foram os seguintes:

[0123] Celulose A: Meio de celulose comercial, meio Ahlstrom série 15PS-11.

[0124] Produção por fiação via sopro A: Meio compósito de celulose produzida por fiação via sopro comercial, meio Ahlstrom série 15 PS LFF-1.

[0125] DCI A: Camada de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 30,3 microns laminada à camada de meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 9,2 microns.

[0126] DCI B: Camada de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 20,1 microns laminada à camada de meio de vidro de

poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 9,3 microns.

[0127] DCI C: Camada de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 30,3 microns laminada à segunda camada de meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 20,1 microns.

[0128] Sedimento de combustível de diesel foi criado através da oxigenação de moléculas ricas em elétron similarmente aos métodos apresentados nas seguintes referências: Frankenfeld, J. W.; Taylor, W. F.; Brinkman, D. W., et al, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., 1983, 22, 608 a 614; K. T. Reddy, J. Propulsion, Vol 5(1), 1989, páginas 6 a 13; John W. Frankenfeld, William F. Taylor, Dennis W. Brinkman, Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 1983 22 (4), 622 a 627; John W. Frankenfeld, William F. Taylor, Dennis W. Brinkman, Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 1983 22 (4), 615 a 621; John W. Frankenfeld, William F. Taylor, Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 1980 19 (1), 65 a 70; e W. F. Taylor e J. W. Frankenfeld, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., Vol 17 (1), 1978, páginas 86 a 90. Essas referências revelam que sedimentos similares (ou depósitos) àqueles encontrado em combustíveis de diesel podem ser produzidos em um ambiente de laboratório.

[0129] Pode-se ver que a modalidade da camada de meio de vidro biocomponente de 10 µm tem um tamanho de poro de fluxo médio que é menor que a camada de meio de celulose a despeito de ter um tamanho de poro de moda que é quase três vezes o da celulose. O número significativo de poros grandes é ainda evidenciado na distribuição de tamanho cumulativa na Figura 10 observando-se o tamanho de poro de fluxo de 30%. Para as três amostras de meio de vidro biocomponente, aproximadamente 30%, 23% e 39%, respectivamente, do fluxo total passa através dos poros de 20 µm ou maiores, enquanto o tamanho de poro de fluxo cumulativo de 30% para o meio produzido por fiação via sopro e para celulose é aproximadamente metade

desse tamanho.

[0130] Em resumo, as relações de tamanho de poro entre o biocomponente sintético, produção por fiação via sopro e três amostras de meio de celulose, as razões a seguir podem ser calculadas e mostradas na Tabela 1.

Tabela 1

Compósito de meio	Razão de Poro de fluxo médio	Razão de Tamanho de poro de fluxo a 30%	Razão de Tamanho de poro de moda
Produção por fiação via sopro/Celulose	1,0	1,0	1,3
DCI A/Celulose	0,7	2,0	2,9
DCI B/Celulose	1,1	1,1	2,8
DCI C/Celulose	1,8	2,0	2,4

[0131] Outro aspecto da modalidade de meio de celulose e vidro biocomponente em relação ao meio de celulose e produção por fiação via sopro é o módulo compressor. A Tabela 2 mostra a porcentagem de compressão para amostras de diâmetro e espessura idênticos de meio sintético e produzido por fiação via sopro sob cargas idênticas.

[0132] Os materiais usados para produzir os dados mostrados na Tabela 2 foram os seguintes:

[0133] MB-1: Meio produzido por fiação via sopro comercial atualmente usado em meio Hollingsworth e Vose série TR108802.

[0134] MB-2: Meio produzido por fiação via sopro comercial atualmente usado em meio Ahlstrom série 15 PS LFF-1.

[0135] DCI-1: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 9,2 microns.

[0136] DCI-2: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 9,3 microns.

[0137] DCI-3: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 30,3 microns.

[0138] DCI-4: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 20,1 microns.

Tabela 2

Meio	Teste nº	Amostra nº	Força (g)	Distância (mm)	Dis./Am. (mm)	Distância/Amostra		% Compri- mida
						Média (mm)	Stdev (mm)	
MB-1	1	25	4.836,85	11,412	0,456			
MB-1	2	25	4.837,27	11,106	0,444	0,451	0,006	43,6%
MB-1	3	25	4.830,19	11,343	0,454			
DCI-1	1	45	4.833,58	12,565	0,279			
DCI-1	2	45	4.822,68	12,671	0,282	0,280	0,002	37,0%
DCI-1	3	45	4.830,99	12,539	0,279			
MB-2	1	30	4.831,33	13,253	0,442			
MB-2	2	30	4.838,54	13,413	0,447	0,441	0,007	33,9%
MB-2	3	30	4.827,83	12,982	0,433			
DCI-2	1	45	4.834,25	14,402	0,320			
DCI-2	2	45	4.839,55	14,235	0,316	0,319	0,002	28,2%
DCI-2	3	45	4.830,37	14,439	0,321			
DCI-3	1	35	4.825,99	14,623	0,418			
DCI-3	2	35	4.840,50	14,762	0,422	0,418	0,003	26,8%
DCI-3	3	35	4.839,13	14,551	0,416			
DCI-4	1	40	4.831,39	15,111	0,378			
DCI-4	2	40	4.833,31	14,931	0,373	0,377	0,003	24,7%
DCI-4	3	40	4.837,15	15,145	0,379			

[0139] Pode-se ver que a compressão de meio sintético está na faixa de 24,6 a 37,0% em comparação com a compressão de meio produzido por fiação via sopro de 43,6%. No caso específico da modalidade preferencial, as duas camadas de meio que compreende vidro biocomponente (DCI-1 e DCI-3) têm valores de 26,8 e 37,0%. O módulo comprimido é um ponto importante quando se lida com contaminantes de combustível que são coletados de alguma forma no lado a montante do meio de filtração de combustível e em interfaces entre camadas graduadas. Mesmo uma quantidade pequena de coleta de contaminante localizada no lado a montante de uma camada de meio pode resultar em um aumento de pressão localizado na seção a montante, o que comprime o meio, assim reduzindo o volume de vácuo do meio e resultando em vida de serviço curta.

[0140] A Figura 11A mostra imagens de microscópio de elétrons de varredura de fibras da porção a montante antes (esquerda) e depois (direita) da filtração de combustível. A Figura 11B mostra imagens de microscópio de elétrons de varredura

de fibras da porção a jusante antes (esquerda) e depois (direita) da filtração de combustível. As duas fibras mostradas nas Figuras 11A e 11B são de tamanho similar, diferentes químicas. A formação de camadas de FOP na fibra de porção a montante é mostrada, enquanto apenas poucos PDCs foram adsorvidos na fibra de porção a jusante.

[0141] Assim, a diferença na atração a vários contaminantes entre a porção a montante e a porção a jusante, juntamente com a distribuição de tamanho de poro, permite que o meio de filtro da presente invenção remova de modo eficaz os contaminantes sem obstruir o filtro. A porção a montante pode compreender fibra de vidro, fibra ligante, fibra bicomponente, ou uma combinação de materiais. A porção a jusante pode, por exemplo, compreender celulose.

[0142] Embora o meio de filtro possa ser projetado com uso de camadas ou estágios distintos, o mesmo não é de forma alguma limitado a estruturas de múltiplas camadas. Em algumas modalidades, o meio de filtro compreende uma estrutura de filtro de gradiente contínuo. Esse gradiente pode ter uma variação contínua suave nas propriedades ou pode ser projetado com alterações aceleradas no gradiente de propriedade. Esse gradiente pode ser também projetado com etapas descontínuas. Em algumas tais implantações, todo o meio de filtro através da estrutura de filtro de gradiente pode servir para remover PDCs e contaminantes relacionados. No entanto, em outras implantações apenas uma porção de tal meio removerá de modo eficaz os PDCs e contaminantes relacionados, dependendo dos materiais e estruturas de meio.

[0143] Em algumas modalidade, a porção a montante contém fibra de meio que têm um diâmetro médio de menos que 10 microns com base na contagem total de fibras e a porção a jusante contém fibra de meio que tem um diâmetro médio diferente do diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante. Em geral, a porção a jusante contém uma fibra que tem um diâmetro médio maior que o diâmetro médio da fibra de meio na porção a montante. Em outras modalidades, as porções a

montante e a jusante do meio de filtro são integralmente formadas.

[0144] A avaliação de meio de filtração de combustível da técnica anterior com contaminantes à base de combustível revelou deficiências de desempenho (vida de serviço encurtada devido à obstrução) causadas por limitações na(s) camada(s) de meio produzido por fiação via sopro. As deficiências reveladas estavam relacionadas aos tamanhos de poro do material produzido por fiação via sopro em relação à celulose e as distribuições de tamanho de poro da matéria produzida por fiação via sopro. A solidez e compressibilidade da camada produzida por fiação via sopro são também limitações da técnica anterior versus as camadas de meio de vidro biocomponente e celulose média da presente invenção. A modalidade de meio de vidro biocomponente/celulose exibiu vantagens de desempenho sobre o meio de filtração da técnica anterior em aplicações de campo em que os contaminantes de incrustação primários são constituintes de um produto químico fluido de hidrocarboneto que forma partículas deformáveis.

[0145] O desenvolvimento da filtração da técnica anterior focou no uso de contaminantes industriais padronizados (poeiras de teste). A poeira de teste padrão é feita de partículas não deformáveis rígidas, que, exceto por alterações eletrostáticas aleatórias, têm pouca atração às fibras de filtro e exibem pouca ou nenhuma adesão às superfícies de fibra que as coletam. Embora essas poeiras de teste possam imitar contaminantes aerotransportados que ingressam em sistemas fluidos ou desgastem resíduos dos componentes do sistema interno, não são representativas dos contaminantes responsáveis pela maior parte da incrustação de filtro em uma variedade de aplicações, tal como filtração de combustível de diesel, particularmente em combustíveis de diesel de teor de enxofre ultra baixo e combustíveis de diesel que contém biodiesel. Isso é confirmado pelo fato de que a capacidade mais alta de poeira em testes de laboratório nem sempre se correlacionam com a vida de serviço de campo mais longa.

[0146] A Figura 12 mostra testagens comparativas de vida útil com uso de contaminantes de combustível gerados em laboratório. Particularmente, a vantagem de desempenho exibida é vida de serviço mais longa em aplicação real quanto mantém eficácia de filtração igual. Para os testes, os contaminantes de PDC gerados em laboratório estavam presentes em uma concentração de 150 mg/L. O combustível de teste foi então bombeado através dos materiais de filtro a uma vazão linear de 0,48 mm/segundo em um laço de múltiplas passagens a uma temperatura de 22°C. A queda de pressão pelo filtro foi medida e o teste foi interrompido quando a queda de pressão alcançou 80 kPa. Contaminante adicional foi adicionado ao combustível em 180 minutos se a queda de pressão através da amostra não alcançou 80 kPa após 180 minutos. As propriedades do contaminante de PDC gerado em laboratório tal como peso molecular, tamanho, etc, variarão com o tipo de combustível assim como com o lote particular de combustível usado. Com base nas calibrações, a concentração de PDCs a partir da diferença na absorbância é aproximadamente 150 mg/L calculada como a diferença nos valores de absorbância e uma curva de calibração de PDC e 150 mg/L foi a concentração dos contaminantes de PDC gerados em laboratório para fins de testagem. Os materiais usados para produzir os dados mostrados na Figura 12 foram os seguintes:

[0147] CM-1: Meio de celulose comercial, meio Ahlstrom série 15PS-11.

[0148] CM-2: Meio de celulose comercial, meio Ahlstrom série 5 PS-1.

[0149] CM-3: meio compósito de celulose produzido por fiação via sopro, meio Ahlstrom série 15 PS LFF-1.

[0150] DCI-5: Meio de vidro de poliéster biocomponente 34-gsm, 0,18 mm de espessura, 125 cfm de permeabilidade.

[0151] DCI-6: Meio de vidro de poliéster biocomponente 38-gsm, 0,20 mm de espessura, 80 cfm de permeabilidade.

[0152] DCI-7: Meio de vidro de poliéster biocomponente 46-gsm, 0,30 mm

de espessura, 190 cfm de permeabilidade.

[0153] DCI-8: Meio de vidro de poliéster biocomponente 62-gsm, 0,30 mm de espessura, 50 cfm de permeabilidade.

[0154] Assim, quando comparado ao meio da técnica anterior, as estruturas e materiais revelados nas modalidades preferenciais e alternativas revelou-se ser particularmente eficaz no fornecimento de vida de serviço de campo significativamente mais longa enquanto mantém eficácia de filtração igual.

[0155] A Figura 13 mostra ainda testagem comparativa de vida útil de certas modalidades das presentes invenções em comparação ao meio de celulose produzido por fiação via sopro da técnica anterior.

[0156] Os materiais usados para produzir os dados mostrados na Figura 13 foram os seguintes:

[0157] CM-1: Meio de celulose comercial, meio Ahlstrom série 15PS-11.

[0158] CM-3: meio compósito de celulose produzido por fiação via sopro, meio Ahlstrom série 15PS PS LFF-1.

[0159] DCI-1: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 9,2 microns.

[0160] DCI-2: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 9,3 microns.

[0161] DCI-3: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 30,3 microns.

[0162] DCI-4: meio de vidro de poliéster biocomponente com um tamanho de poro de fluxo médio de 20,1 microns.

[0163] Conforme mostrado nas Figuras 12 e 13, com o tempo, as modalidades da presente invenção têm um aumento de queda de pressão significativamente inferior, correspondendo à vida de serviço mais longa e menos obstrução. Assim, o meio de filtro da presente invenção fornece vida de serviço mais longa sem

comprometer a eficácia do filtro ou aumentar o tamanho do filtro.

[0164] A vantagem de desempenho potencial de meio de vidro biocomponente nas aplicações de filtração (tipicamente abaixo de 10 μm) é bem entendida na indústria de filtração. Vantagens de desempenho menos significantes em aplicações mais grosseiras (acima de 10 μm) têm sido historicamente demonstradas quando se avalia o meio de filtração de vidro biocomponente versus meio o meio produzido por fiação via sopro com os contaminantes tradicionais usados no desenvolvimento de filtro (isto é, poeira de teste). A tendência de desempenho histórico para meio de vidro em aplicações de filtração fina tem muito de sua base no diâmetro menor das fibras de vidro versus meio produzido por fiação via sopro o volume de vácuo adicionam assim fornecido no meio. Consulte a Tabela 3 para uma comparação de solidez de meio produzido por fiação via sopro e vidro biocomponente. Nas aplicações de filtração fina o diâmetro menor das fibras de vidro vs. produção por fiação via sopro produz um aumento de porcentagem maior no volume de vácuo que em aplicações grosseiras em que as fibras de vidro maiores devem ser incorporadas no meio a fim de atingir a eficácia e propriedades físicas alvejadas.

Tabela 3

Material	Peso base (g/m ²)	Espessura (mm)	Densidade Material 1 (g/cm ³)	Densidade Material 2 (g/cm ³)	% Material 1	% Material 2	Densidade de compósito (g/cm ³)	Solidez
CM-1	150	0,50	-	-				
MB-2	55	0,29	1,4	-	100	-	1,4	0,14
DCI-3/ DCI-1	88	0,56	1,4	2,6	69	31	1,8	0,09
DCI-4/ DCI-2	75	0,48	1,4	2,6	58	42	1,9	0,08
DCI-3/ DCI-4	78	0,50	1,4	2,6	50	50	2,0	0,08

[0165] O uso de meio de vidro biocomponente na técnica anterior normalmente requer um suporte de tela que não tem custo compensador em muitos dos mercados em que esta invenção poderia encontrar utilização. Embora a camada de celulose nesta invenção possa servir como uma camada de suporte de custo compensador, os inventores surpreendentemente revelaram que a capacidade o meio compósito de remover contaminantes com menor aumento na queda de pressão

enquanto mantes a eficácia de particulado foi uma função do(s) tamanho(s) de poro relativo(s) do vidro biocomponente vs. as camadas de celulose e a composição dos meios.

[0166] Em uma modalidade alternativa, o meio a montante não contém fibras de vidro. As fibras poliméricas de tamanho e concentrações similares substituem as fibras de vidro na(s) camada(s) de vidro biocomponente sintético anterior sem alterar significativamente a estrutura e propriedades físicas do meio a montante.

[0167] Outra modalidade alternativa utiliza meio de vidro ligado por resina tradicional em lugar do meio de vidro biocomponente. Como com a modalidade de meio de vidro biocomponente, o projeto exato da estrutura de poro de meio e gradiente do meio de vidro de estrutura graduada juntamente com o módulo compressor do meio de vidro são chave para atingir uma vida de serviço muito longa.

[0168] Será apreciado que, embora a implantação da invenção descrita acima seja direcionada à remoção de PDCs de correntes de combustível, tais como tanques de combustível de motores a diesel ou tanques de armazenamento em massa, o presente dispositivo pode ser usado em outras aplicações de filtro e não é limitado à remoção de PDCs. As modalidades desta invenção poderiam ser também adequadas para remover numerosos contaminantes de um produto químico fluido de hidrocarboneto que incluem tais contaminantes como ceras, asfaltenos, esterol glicosídeos, esteril glicosídeos, esterol glicosídeos e produtos de degradação de combustível. Os contaminantes podem compreender, por exemplo, partículas deformáveis, partículas não deformáveis e de partículas deformáveis e não deformáveis. Hidrocarbonetos tais como lubrificante e óleo hidráulico podem ser também filtrados com uso da presente invenção.

[0169] Apesar de a presente invenção ter sido descrita com referência a diversas implantações particulares, aqueles versados na técnica reconhecerão que muitas alterações podem ser feitas a mesma sem afastamento do espírito e escopo

da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, **CARACTERIZADO** por compreender:

meio de filtro configurado e disposto para colocação em uma corrente líquida, o meio de filtro compreendendo uma camada a montante dos meios e uma camada a jusante dos meios, as camadas a montante e a jusante dos meios sendo distintas uma da outra, em que:

a) a camada a montante contém fibra de meio tendo um diâmetro médio menor que 15 microns; e

b) a camada a jusante contém fibra de meio tendo um diâmetro médio diferente do diâmetro médio da fibra de meio na camada a montante;

em que o tamanho de poro de moda da camada a montante é pelo menos 20% maior que o tamanho de poro de moda da camada a jusante; e

em que o tamanho de poro de fluxo médio do meio na camada a montante é menor que 90% do tamanho de fluxo de poro médio do meio na camada a jusante,

em que o filtro é configurado de modo que após exposição a uma corrente de combustível contendo produtos de degradação de combustível, os produtos de degradação de combustível são principalmente retidos na camada a montante dos meios e em que após exposição a uma corrente de combustível contendo contaminantes particulados, os contaminantes particulados são principalmente retidos na camada a jusante dos meios.

2. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra de meio da camada a montante compreende fibra de vidro e a fibra de meio da camada a jusante compreende celulose.

3. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o tamanho de poro de moda da camada a montante é pelo menos 40% maior que o tamanho de poro de moda da camada a jusante.

4. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o tamanho de poro de fluxo médio da camada a montante é menor que 75% do tamanho de fluxo de poro médio da camada a jusante.

5. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o tamanho de poro de moda da camada a montante é pelo menos 150% maior que o tamanho de poro de moda da camada a jusante.

6. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante tem um desvio de padrão geométrico de distribuição do tamanho de poro maior que 2,5.

7. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante dos meios tem um tamanho de poro de fluxo médio menor que 10 microns.

8. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante dos meios tem um tamanho de poro de moda maior que 15 microns.

9. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra de meio na camada a montante dos meios compreende fibra de vidro.

10. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra de meio na camada a jusante dos meios compreende fibra de celulose.

11. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante compreende uma fibra ligante tendo um diâmetro médio maior que a fibra de meio.

12. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante dos meios tem um tamanho de poro de fluxo médio menor que 10 microns.

13. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante dos meios tem um tamanho de poro de moda maior que 15 microns.

14. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, o filtro **CARACTERIZADO** por compreender:

meio de filtro configurado e disposto para colocação em uma corrente de combustível líquida, o meio de filtro compreendendo uma camada a montante dos meios e uma camada a jusante dos meios, a camada a montante dos meios compreendendo:

a) fibra de meio na camada a montante dos meios; e

b) fibra ligante na camada a montante dos meios tendo um diâmetro médio maior que a fibra de meio;

em que:

a fibra de meio na camada a montante dos meios tendo um diâmetro médio menor que 15 microns;

a camada a jusante dos meios tem um tamanho de poro médio maior que a camada a montante dos meios; e

em que o tamanho de poro de moda da camada a montante dos meios é pelo menos 40% maior que o tamanho de poro de moda da camada a jusante dos meios.

15. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra de meio na camada a montante dos meios compreende fibra de vidro.

16. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra ligante na camada a montante dos meios compreende fibra biocomponente.

17. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra de meio na camada a montante dos meios tem um diâmetro médio menor que 5 microns.

18. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra ligante na camada a montante dos meios tem um diâmetro médio maior que 5 microns.

19. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o meio de filtro tem uma solidez de menos que 12%.

20. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o meio de filtro tem uma solidez de menos que 10%.

21. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante dos meios é livre de resina.

22. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra ligante na camada a montante dos meios tem um diâmetro médio maior que a fibra dos meios na camada a montante dos meios.

23. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada a montante dos meios carrega preferencialmente produtos de degradação de combustível a um nível de captura de pelo menos 50% a mais que a camada a jusante dos meios.

24. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

a camada a montante dos meios tendo uma compressibilidade menor que 40% a uma pressão de 1,24 kg/cm²; e

a fibra ligante da camada a montante dos meios tendo um diâmetro médio maior que a fibra de meio da camada a jusante dos meios,

a camada a montante dos meios carregando preferencialmente produtos de degradação de combustível em relação à camada a jusante dos meios.

25. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 24,

CARACTERIZADO pelo fato de que a fibra de meio da camada a montante dos meios tem um diâmetro médio menor que 5 microns.

26. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com a reivindicação 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um segundo meio de filtro, o segundo meio de filtro compreendendo celulose; em que a camada a montante dos meios é disposta a montante da camada a jusante dos meios no fluxo de combustíveis líquidos durante filtração, e

a camada a montante dos meios carregando preferencialmente produtos de degradação de combustível em relação à camada a jusante dos meios.

27. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra de meio da camada a montante dos meios compreende fibra de vidro.

28. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a fibra ligante da camada a montante dos meios compreende fibra biocomponente.

29. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que fibra de meio da camada a montante dos meios tem um diâmetro médio maior que o diâmetro médio de fibra de meio da camada a jusante dos meios.

30. Filtro para filtrar combustíveis líquidos, de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a solidez da camada a montante dos meios é menor que 10%.

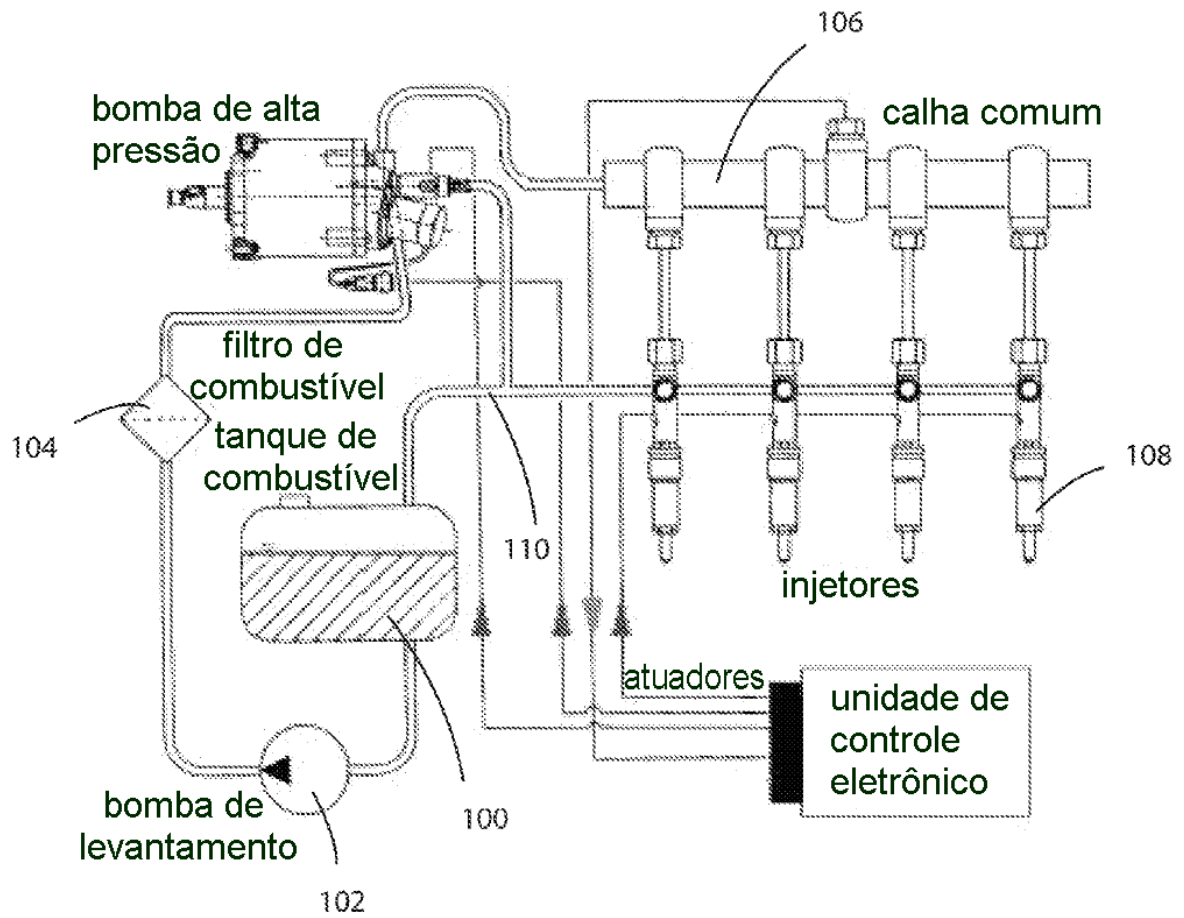


FIG. 1

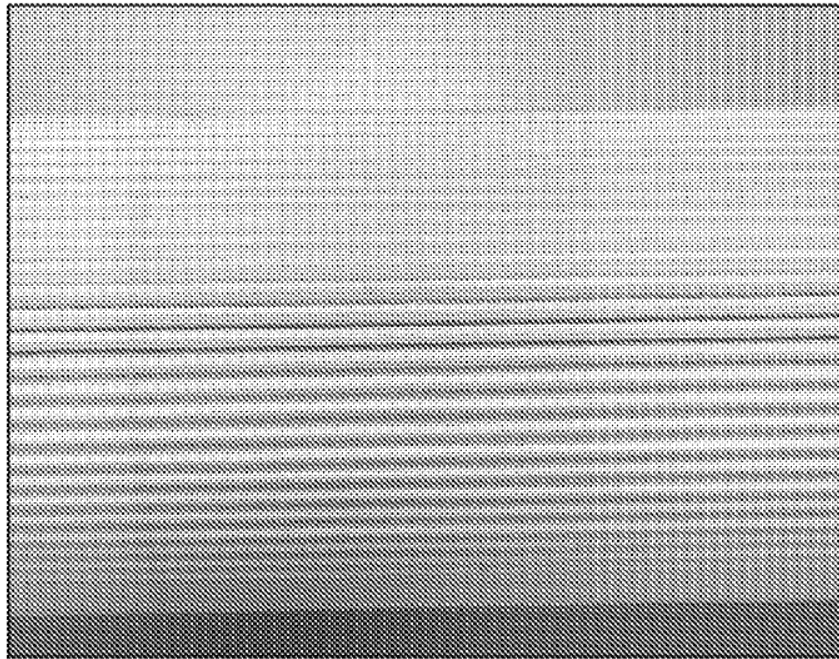


FIG. 2A

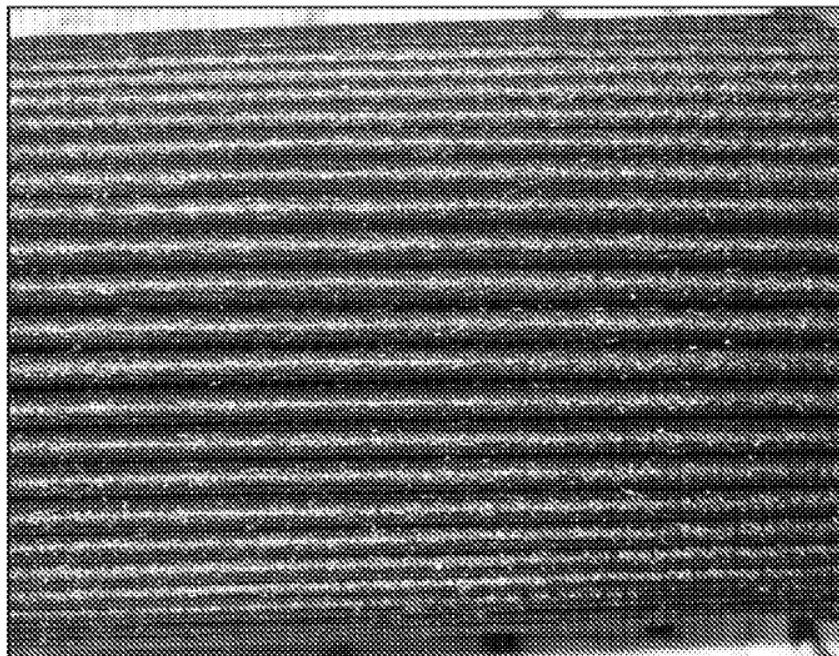


FIG. 2B

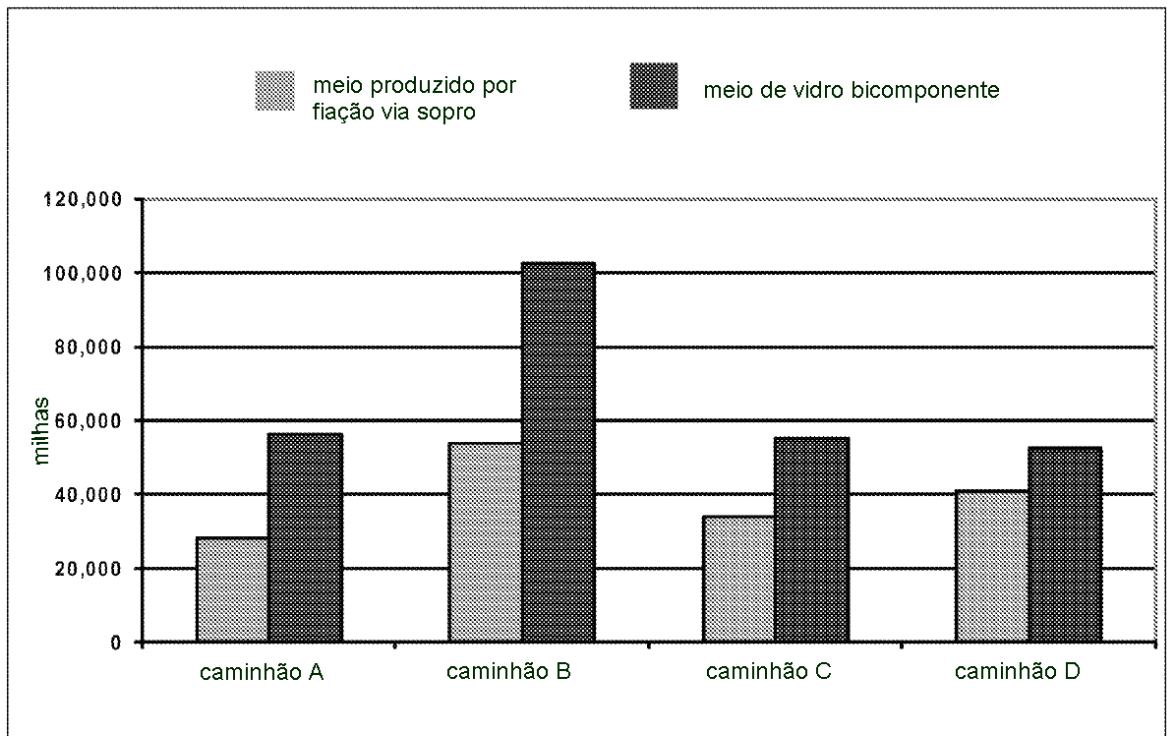


FIG.3

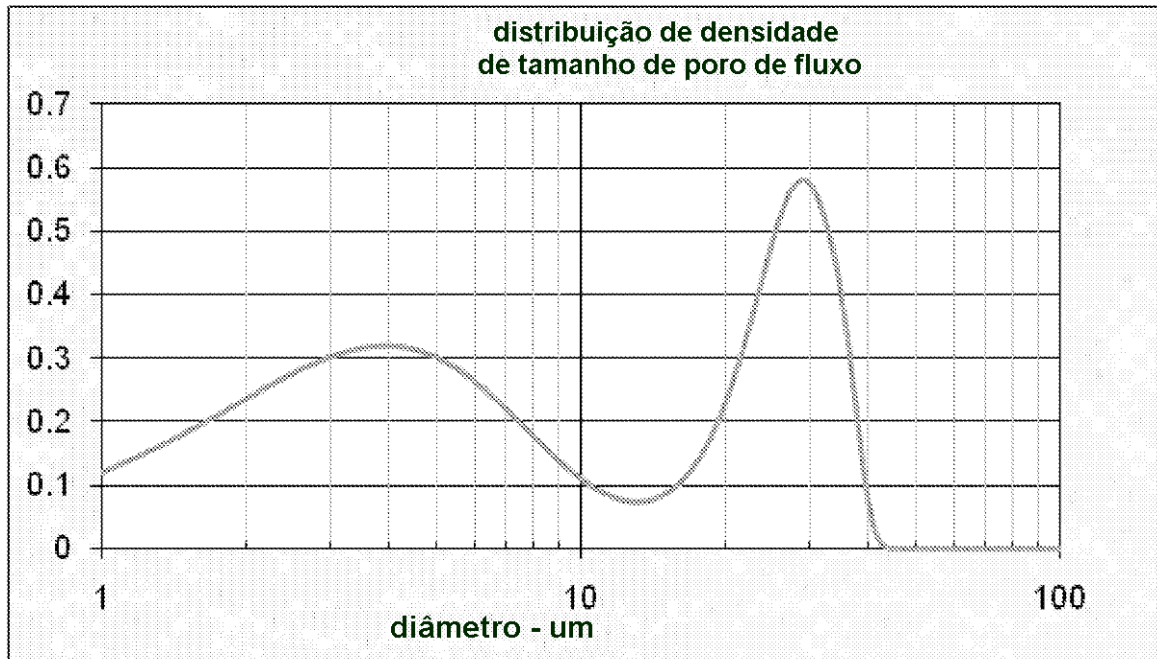


FIG.4

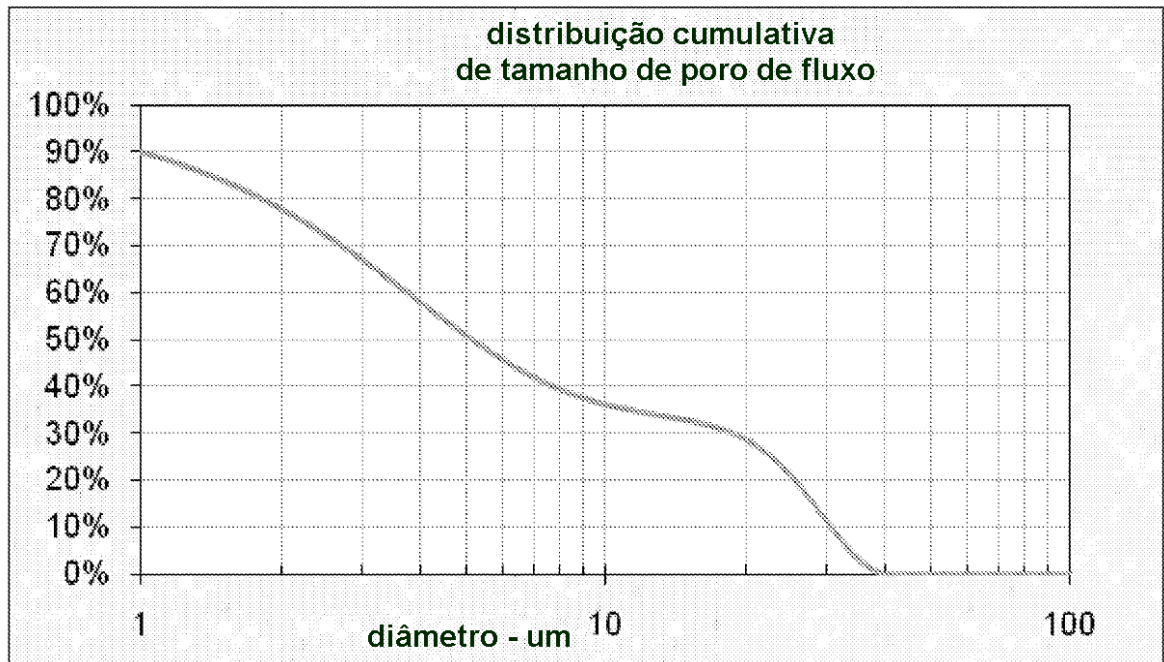
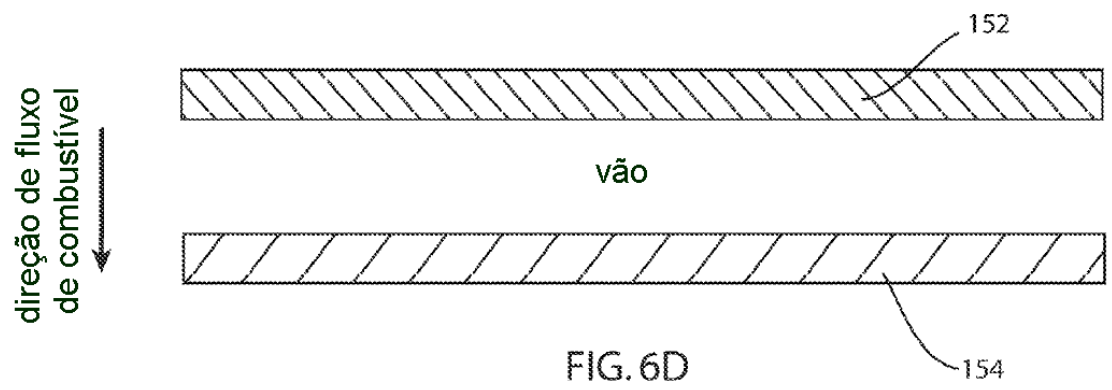
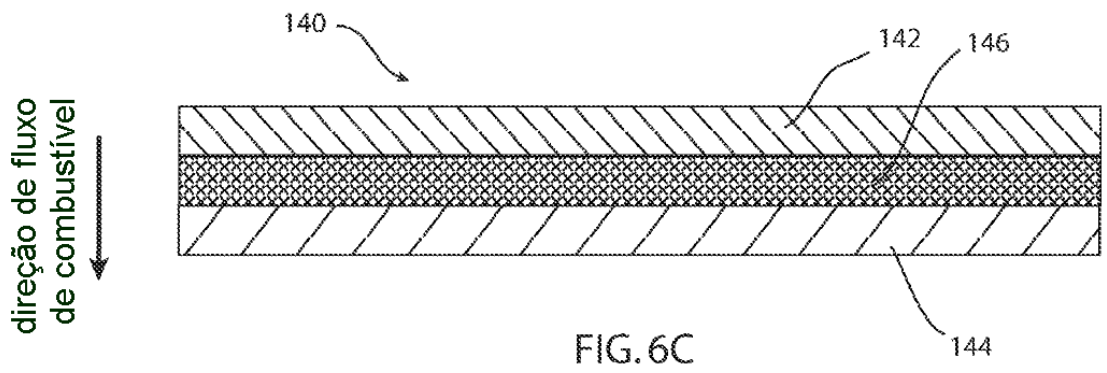
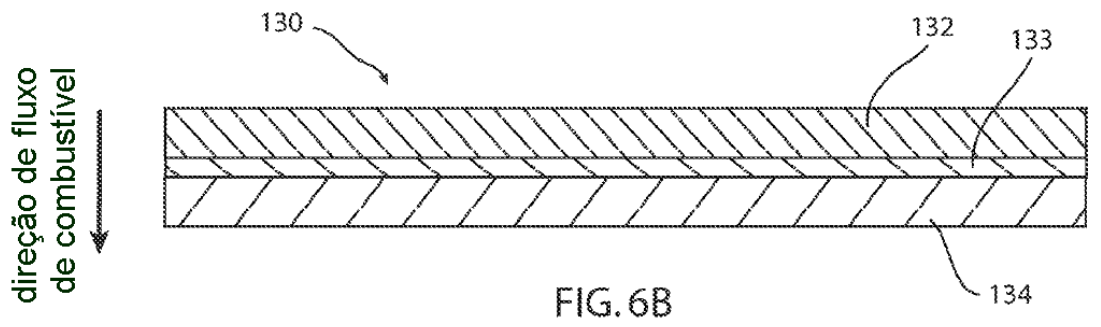
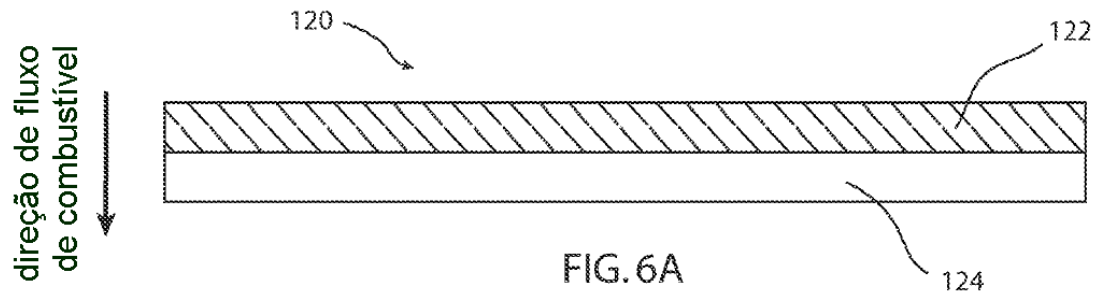


FIG.5



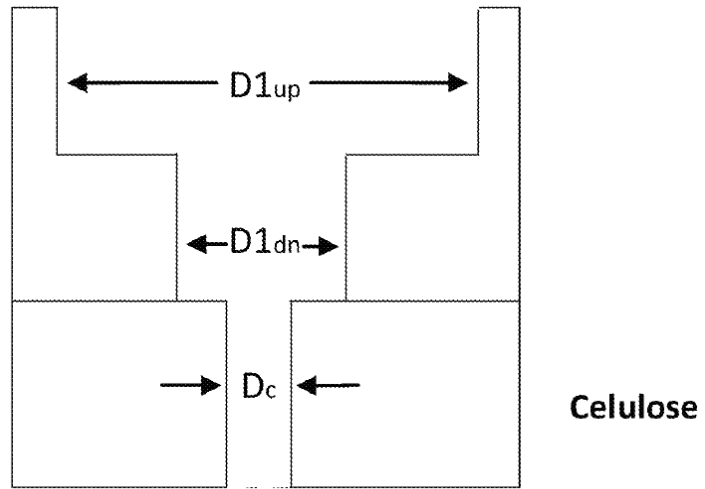


FIG.7

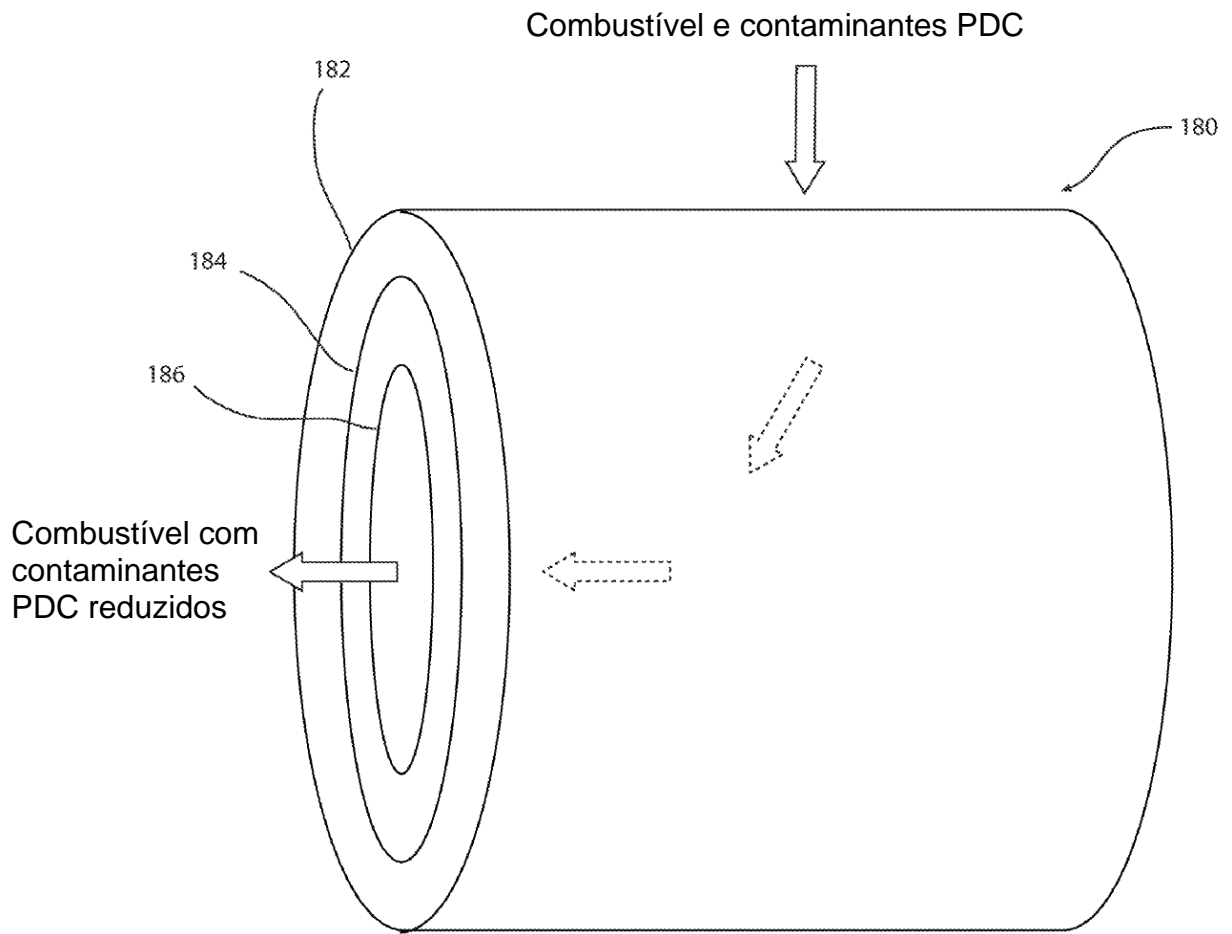


FIG. 8

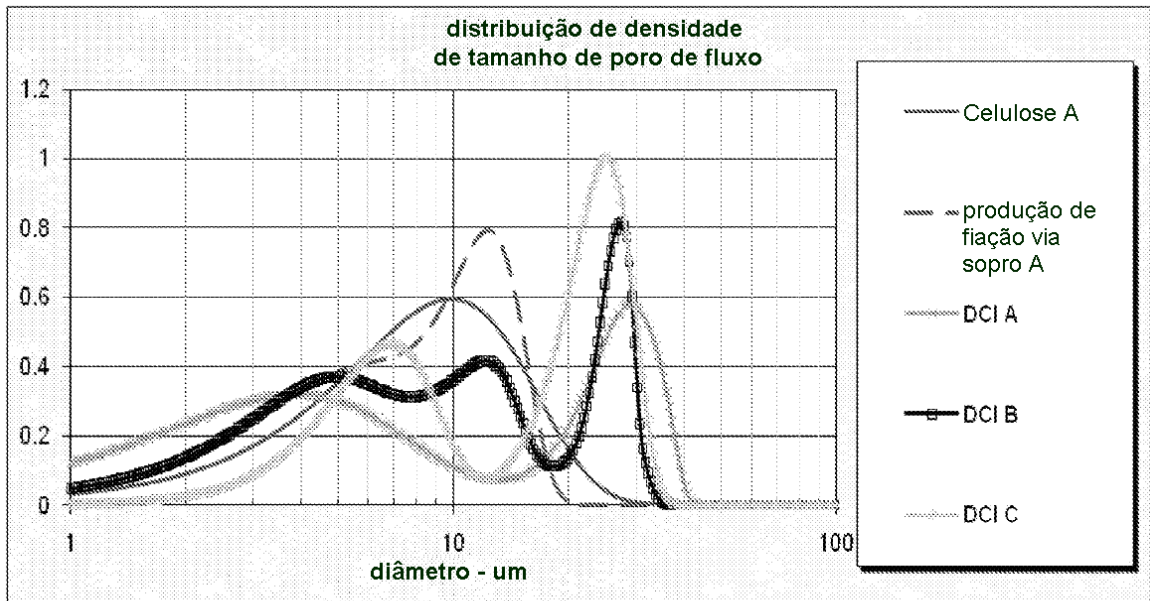


FIG. 9

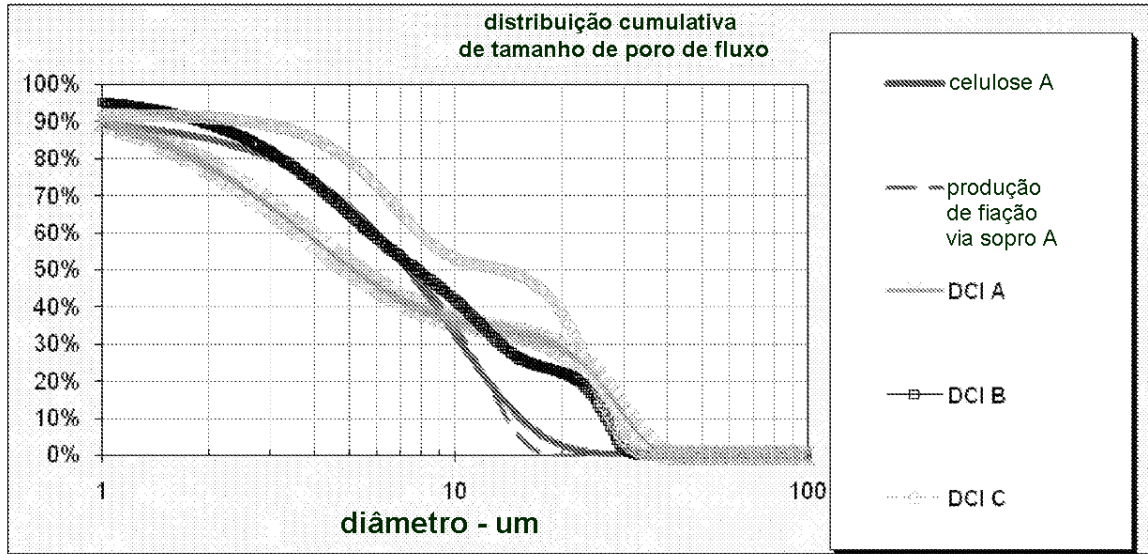


FIG. 10

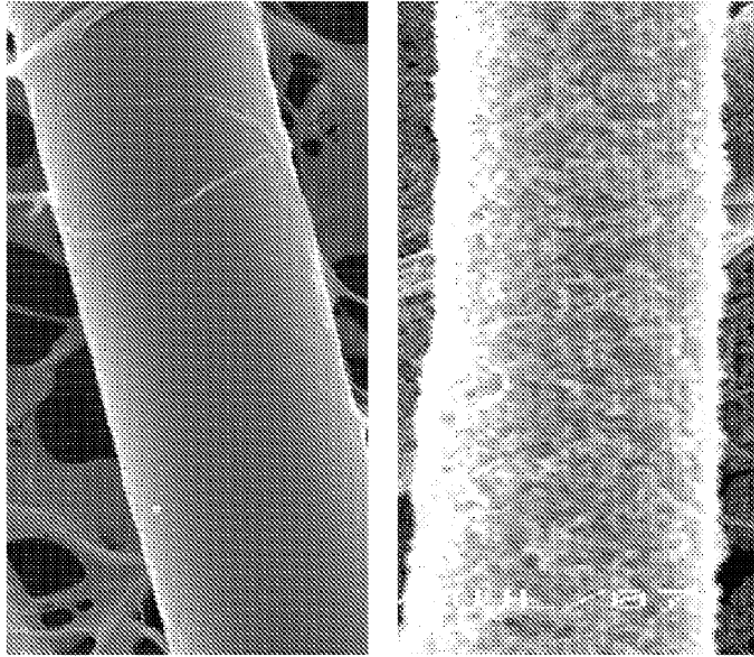


FIG. 11A

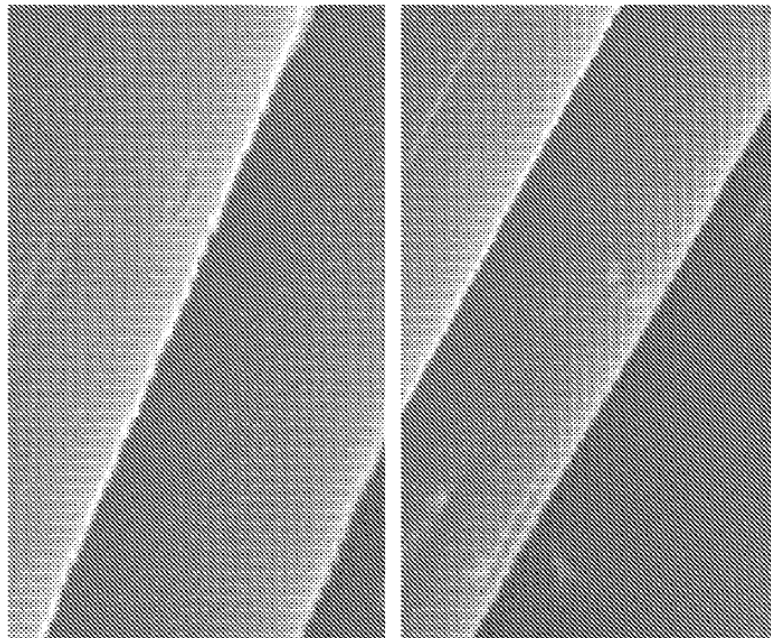


FIG. 11B

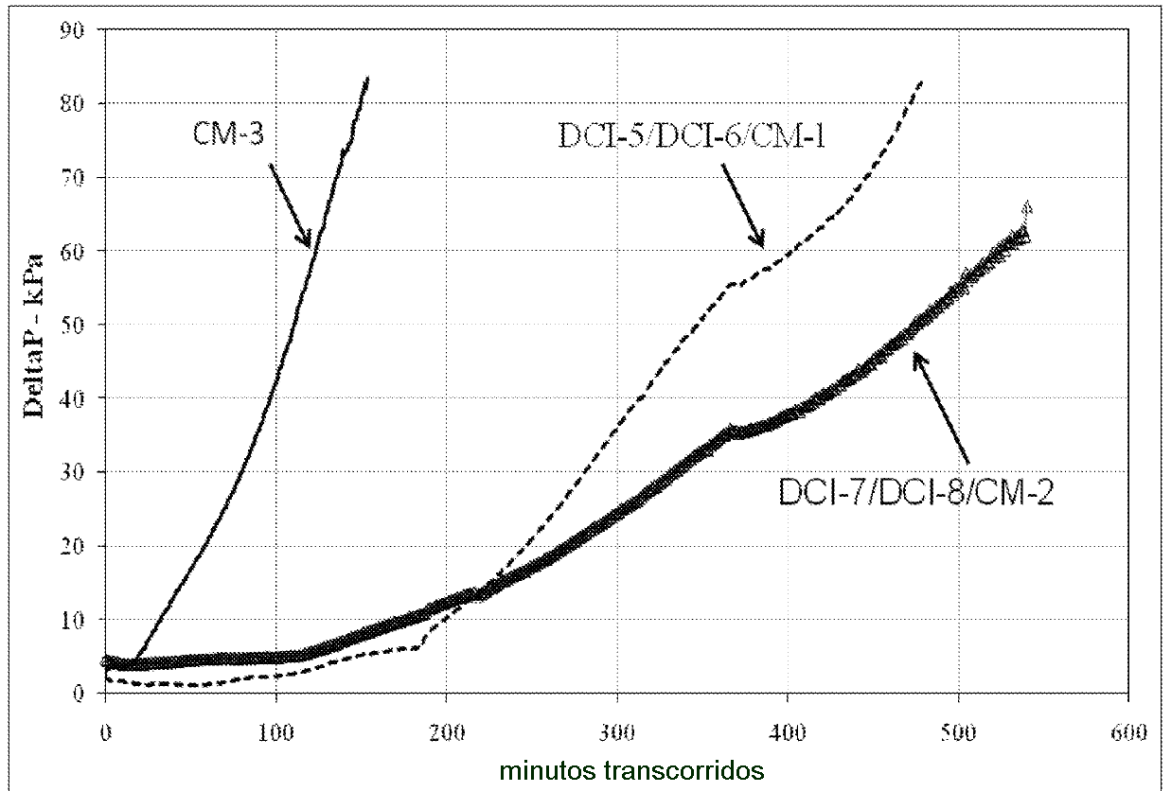


FIG. 12

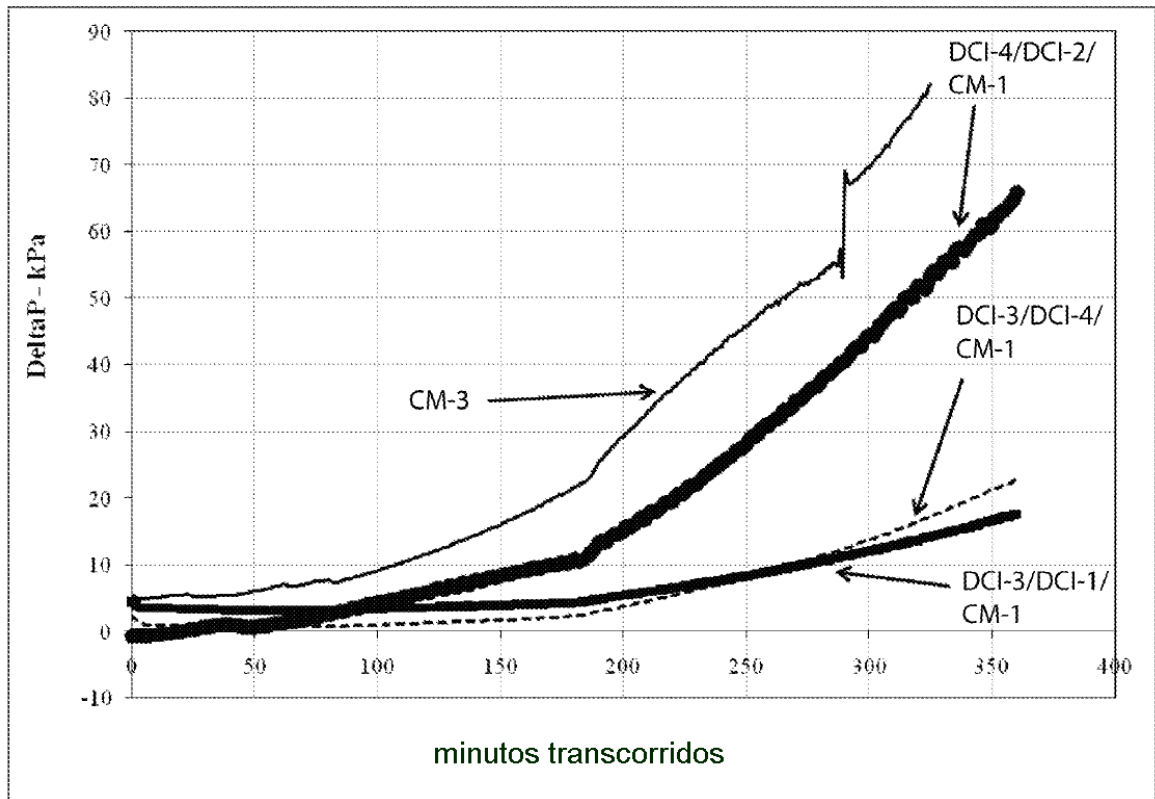


FIG. 13