



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

(11) **PI 0517587-9 B1**

(22) **Data do Depósito:** 28/12/2005

(45) **Data de Concessão:** 13/12/2016



(54) **Título:** MEIO DE FILTRAÇÃO, PROCESSO PARA A FILTRAÇÃO DA MATÉRIA PARTICULADA DA CORRENTE DE AR E PROCESSO DE FORMAÇÃO DE UM MEIO DE FILTRAÇÃO

(51) **Int.Cl.:** B01D 39/16; B01D 39/18; B01D 46/22; B01D 46/52; B01D 46/54; B32B 5/02; B32B 5/26; D04H 13/00; D04H 3/16

(52) **CPC:** B01D 39/1615, B01D 39/163, B01D 39/18, B01D 46/22, B01D 46/521, B01D 46/546, B32B 5/022, B32B 5/024, B32B 5/26, D04H 13/002, D04H 13/007, D04H 3/16

(30) **Prioridade Unionista:** 28/12/2004 US 60/639,771

(73) **Titular(es):** CUMMINS, INC.

(72) **Inventor(es):** MICHAEL ALLEN BRYNER; DAVID CHARLES JONES; HYUN SUNG LIM; JOSEP BRIAN HOVANEC; B. LYNNE WISEMAN

“MEIO DE FILTRAÇÃO, PROCESSO PARA A FILTRAÇÃO DA MATÉRIA PARTICULADA DA CORRENTE DE AR E PROCESSO DE FORMAÇÃO DE UM MEIO DE FILTRAÇÃO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a meios de filtração de ar, para filtrar materiais particulados de correntes gasosas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] O meio de filtração utilizado tipicamente para filtros de ar HVAC que atuam em eficiências inferiores a 99,97% de recusas de 0,3 µm são tanto de base de vidro, de celulose ou de polímero. Os filtros feitos com meios nesse intervalo de desempenho são tipicamente referidos como “filtros ASHRAE” já que a Sociedade Americana de Projetos de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado designam padrões para o desempenho de meios de filtração em tais aplicações. Os meios de filtração com base em polímeros são tipicamente não tecidos de filamentos contínuos ou de processo por via fundida que são, freqüentemente, aumentados eletrostaticamente para fornecer maior eficiência de filtração em menores quedas de pressão quando comparado ao vidro ou aos meios de celulose fabricados por um processo de fabricação de papel via úmida.

[003] Atualmente, os meios de filtração de ar eletrostaticamente aprimorados e os meios fabricados pelo processo via úmida, mais especificamente, com o uso de fibras de vidro, possuem limitações. Os meios de filtração por via fundida tratados eletrostaticamente, conforme descrito nas patentes US 4.874.659 e US 4.178.157, possuem bom desempenho inicialmente, mas perdem rapidamente a eficiência de filtração no uso devido ao carregamento de poeira conforme os meios começam a capturar partículas e a carga eletrostática se torna, desta maneira, isolada. Adicionalmente, como a captura eficaz dos particulados é baseada na carga elétrica, o desempenho

de tais filtros é enormemente influenciado pela umidade do ar, causando a dissipação da carga.

[004] Os meios de filtração que utilizam fibras de micro vidro e as misturas contendo fibras de micro vidro contêm, tipicamente, fibras de vidro de pequeno diâmetro organizadas em uma estrutura tecida ou não tecida, possuindo resistência substancial ao ataque químico e tamanho de poro relativamente pequeno. Tais meios de fibra de vidro estão descritos nas seguintes patentes US Smith et al., patente US 2.797.163; Waggoner, patente US 3.228.825; Raczek, patente US 3.240.663; Young et al., patente US 3.249.491; Bodendorf et al., patente US 3.253.978; Adams, patente US 3.375.155; e Pews et al., patente US 3.882.135. Tipicamente, as fibras de micro vidro e as misturas contendo as fibras de micro-vidro são relativamente frágeis e podem quebrar quando pregueadas, e produzem perdas indesejáveis no rendimento. As fibras de micro vidro quebradas também podem ser liberadas dentro dos filtros de ar contendo as fibras de micro vidro, criando um perigo potencial à saúde caso os micro-vidros forem inalados.

[005] Seria desejável fornecer um meio para atingir um nível de filtração do ar ASHRAE enquanto se evita as limitações listadas acima dos meios de filtração conhecidos.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

[006] Em uma primeira realização, a presente invenção refere-se a um meio de filtração que compreende pelo menos uma camada de nanofibra de fibras poliméricas contínuas, que possuem diâmetros inferiores a cerca de 1.000 nanômetros, cada camada de nanofibra possui um peso base de pelo menos cerca de 2,5 g/m², e pelo menos uma camada de malha, em que o meio possui uma eficiência de filtração de pelo menos cerca de 20% quando testada com partículas que possuem um diâmetro médio de 0,3 µm no fluxo de

ar, em uma velocidade de face de 5,33 cm/s, e uma dureza Handle-o-meter de pelo menos cerca de 45 gramas.

[007] Uma segunda realização da presente invenção está direcionada a um processo para a filtração da matéria particulada a partir da corrente de ar, que compreende a passagem de uma corrente de ar que contém a matéria particulada através de um meio de filtração que compreende pelo menos uma camada de nanofibra de fibras poliméricas contínuas, e pelo menos uma camada de malha, em que as fibras poliméricas contínuas da camada de nanofibra possuem diâmetros inferiores a cerca de 1.000 nanômetros, e em que cada camada de nanofibra possui um peso base de pelo menos cerca de 2,5 g/m² e uma espessura inferior a cerca de 100 µm, e em que o meio de filtração possui uma dureza Handle-o-meter de pelo menos cerca de 45 g, e filtra até cerca de 99,97% de partículas possuindo um diâmetro médio de 0,3 µm em uma corrente de ar que move-se a uma velocidade de face de 5,33 cm/s.

[008] Outra realização da presente invenção está direcionada a um processo para a formação do meio de filtração que compreende fornecer pelo menos uma camada de malha possuindo uma dureza Handle-o-meter de pelo menos cerca de 10 g em uma correia coletora móvel, e depositar nanofibras na camada de malha para formar uma única camada de nanofibra, possuindo um peso base de pelo menos cerca de 2,5 g/m² para formar um meio de filtração que possui uma dureza Handle-o-meter de pelo menos cerca de 10 g e uma queda de pressão de menos que cerca de 30 mm de H₂O.

DEFINIÇÕES

[009] O termo “nanofibras” refere-se a fibras que possuem diâmetros inferiores a 1.000 nanômetro.

[010] O termo “meio de filtro” ou “meio” refere-se a um material ou conjunto de materiais através do qual passa um fluido carregador de

partículas, com uma deposição concomitante e pelo menos temporária do material particulado dentro do meio ou sobre estes.

[011] O termo “filtro ASHRAE” refere-se a qualquer filtro apropriado para o uso em sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado para a filtração de partículas do ar.

[012] O termo “estrutura SN” refere-se a um material não tecido multicamadas contendo uma camada de filamentos contínuos (S) e uma camada de nanofibra (N).

[013] O termo “estrutura SNS” refere-se a um material não tecido multicamadas contendo uma camada de nanofibra colocada entre duas camadas de filamentos contínuos.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[014] A Figura 1 é uma ilustração de um equipamento de eletro sopro do estado da técnica anterior para formar nanofibras adequadas para o uso na presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[015] A presente invenção refere-se a um meio de filtração que compreende pelo menos uma camada de nanofibra e pelo menos uma camada de malha. A camada de nanofibra compreende um conjunto de nanofibras poliméricas orgânicas substancialmente contínuas em uma camada de meio de filtração, as nanofibras possuem diâmetros inferiores a cerca de 1 μm ou 1.000 nm. Tais meios de filtração podem ser utilizados em aplicações de filtração para remover o material particulado de uma corrente de fluido, em particular, o material particulado de uma corrente gasosa, tal como o ar.

[016] Os meios de filtração, apropriados para o uso em aplicações de filtração de ar, incluindo a filtração ASHRAE e a filtração de ar de cabine veicular, podem ser feitos pela deposição de uma ou mais camada(s) de nanofibras com uma camada de malha para formar uma estrutura SN_x, ou ao

colocar uma ou mais camadas de nanofibras entre duas camadas de malha para formar uma estrutura SNxS, onde x é pelo menos 1. Cada camada de nanofibra possui um peso base de pelo menos cerca de 2,5 g/m², e o peso base total das camadas de nanofibras é de cerca de 25 g/m².

[017] Adicionalmente, o meio de filtração pode conter outras camadas, tal como uma ou mais camadas via fundida (M).

[018] No meio da presente invenção, a camada de nanofibra possui uma espessura inferior à cerca de 100 µm; vantajosamente, a espessura da camada de nanofibra é superior a 5 µm e inferior a 100 µm. A espessura da camada de nanofibra pode variar dependendo da densidade do polímero de nanofibra. A espessura da camada de nanofibra pode ser reduzida sem a redução substancial na eficiência ou outras propriedades de filtração se a fração de volume de sólidos da camada de nanofibra for aumentada, tal como pela prensa ou pela coleta da camada de nanofibra sob forte vácuo. Ao aumentar a solidez, em espessura de camada constante, reduz-se o tamanho do poro e aumenta-se o armazenamento do particulado.

[019] A camada de nanofibra na presente invenção pode ser feita de acordo com as redes de barreira descritas no pedido de patente US 2004/0116028 A1, que é incorporado no presente como referência.

[020] A camada de nanofibra é feita de fibras poliméricas substancialmente contínuas que possuem diâmetros inferiores a 1.000 nm, vantajosamente, entre cerca de 100 nm e cerca de 700 nm, ou mesmo, com maior vantagem, entre cerca de 300 nm e 650 nm. As fibras poliméricas contínuas da camada de nanofibras podem ser formadas por qualquer processo capaz de fabricar fibras contínuas neste intervalo de diâmetro, incluindo a fiação eletrostática ou eletro soprada. Um processo para a formação de nanofibras via eletro sopro é descrito no documento WO 03/080905A (que corresponde ao número de série US 10/477.882, depositado

em 20 de novembro de 2002), que é incorporado no presente como referência. O documento WO 03/080905A descreve um equipamento e um método para a produção de uma rede de nanofibra, sendo o equipamento essencialmente como ilustrado na Figura 1. O método compreende suprir uma corrente de solução polimérica que compreende um polímero e um solvente de um tanque de armazenamento 100 a uma série de bocais de fiação 104 dentro de uma fieira 102 a qual uma alta voltagem é aplicada e através da qual a solução polimérica é descarregada. Enquanto isso, o ar comprimido que é opcionalmente aquecido em um aquecedor de ar 108, é emitido dos bocais de ar 106 dispostos nos lados ou na periferia dos bocais de fiação 104. O ar é geralmente direcionado para baixo como uma corrente de gás soprada que envolve e leva adiante a nova solução polimérica emitida e auxilia na formação da rede fibrosa, que é coletada em um conjunto de correia porosa de base 110 acima de uma câmara de vácuo 114, que possui vácuo aplicado na entrada da ventoinha de ar 112.

[021] O meio de filtração da presente invenção pode ser feito ao laminar de maneira adesiva a camada de nanofibra à camada transportadora (também referida no presente como “malha”), ou pela formação da camada de nanofibra diretamente na camada transportadora ou de malha, ao colocar a camada de malha na correia coletora 110 no processo descrito acima para formar uma estrutura SN, onde a camada de nanofibra é aderida à camada de malha pelo entrelaçamento mecânico. O meio da presente invenção pode ser feito pela formação de uma camada de nanofibra em uma única passagem, ou pela formação da camada de nanofibra na espessura ou peso base desejado utilizando múltiplas passagens, por exemplo, em um processo de eletro sopro. O processo de eletro sopro permite que uma camada de nanofibra de peso base apropriado para o uso em um meio de filtração, seja formada em uma única passagem, pois é possível um maior rendimento do que o previamente

conhecido na produção de nanofibras. A camada de nanofibra pode ser formada com uma velocidade do conjunto de correia de pelo menos 5 m/min e, vantajosamente, pelo menos 10 m/min. O rendimento da solução polimérica no processo de eletro sopro para a formação de nanofibras é de pelo menos cerca de 1 cm³/min/orifício da fieira e, vantajosamente, pelo menos 2 cm³/min/orifício. Portanto, ao configurar a fieira para possuir uma série de bocais ou orifícios de fiação ao longo do comprimento da fieira e ao fornecer a solução polimérica através de cada bocal ou orifício em tais taxas elevadas de fluxo, pode ser formada uma camada de nanofibra de maior peso base do que as conhecidas até o momento, em uma camada de malha em uma única passagem. Dependendo da taxa de fluxo de solução polimérica e da velocidade da correia coletora, as camadas de nanofibras únicas que possuem pesos de base entre cerca de 2,5 g/m² e mesmo até 25 g/m² podem ser formadas em uma única passagem. Nos processos convencionais para a formação dos meios de filtração contendo nanofibra, a formação de uma camada de nanofibra de peso base apropriado, em uma malha, requer passagens repetidas da malha através do processo de formação da nanofibra para desenvolver um peso base de até 1 g/m². Ao formar a camada de nanofibra em uma passagem de acordo com a presente invenção, menos manuseio é requerido, reduzindo a oportunidade de defeitos serem introduzidos no meio de filtração final. O maior rendimento da solução polimérica do processo de eletro sopro proporciona um processo mais econômico do que os previamente conhecidos na produção de nanofibras. Obviamente, os técnicos no assunto irão reconhecer que sob certas circunstâncias, pode ser vantajoso ajustar as condições de fiação para depositar múltiplas camadas de nanofibra de pelo menos 2,5 g/m² em múltiplas passagens, a fim de formar o peso base total da camada de nanofibra tanto quanto cerca de 25 g/m² ou mais. As variações nas condições de fiação para

modificar a velocidade de deposição da nanofibra e, portanto, o peso base de uma única camada de nanofibra, podem ser realizadas na velocidade do conjunto da correia, na taxa de fluxo da solução polimérica e até na variação da concentração do polímero na solução.

[022] As camadas do meio de filtração são feitas a partir de materiais poliméricos. Vantajosamente, as camadas de malha são camadas não tecidas de filamentos contínuos, mas as camadas de malha podem ser redes cardadas de fibras não tecidas e similares. As camadas de malha requerem dureza suficiente para manter as pregas e as dobras não presas. A dureza de uma única camada de malha é, vantajosamente, pelo menos 10 g, conforme medida por um instrumento Handle-o-meter, descrito abaixo. Em particular, a elevada dureza pode ser alcançada pela utilização de uma malha por via úmida ou cardada de ligação acrílica compreendendo fibras têxteis descontínuas ásperas. Também podem ser utilizados os não tecidos de filamentos contínuos. O meio de filtração da presente invenção possui uma dureza Handle-o-meter total de pelo menos 45 g. Vantajosamente, o meio de filtração possui uma estrutura de SNS em que pelo menos duas camadas de malhas contribuem para a dureza.

[023] O meio da presente invenção pode ser fabricado em qualquer formato de filtro desejado tal como cartuchos, discos planos, canastrel, painéis, sacos e bolsas. Em tais estruturas, os meios podem ser substancialmente pregueados, enrolados ou posicionados de outra maneira nas estruturas suporte. O meio de filtração da presente invenção pode ser utilizado em, virtualmente, qualquer estrutura convencional, incluindo os filtros de painéis planos, filtros ovais, filtros de cartuchos, estruturas de filtros enrolados espirais e podem ser utilizados em pregueados, filtros-Z, banco-V ou outras configurações geométricas envolvendo a formação do meio para formatos ou perfis úteis. As geometrias vantajosas incluem padrões

pregueados e cilíndricos. Tais padrões cilíndricos são, em geral, preferidos porque eles são relativamente fáceis de fabricar, utilizam técnicas de fabricação de filtro convencionais e são relativamente fáceis de utilizar. O pregueamento do meio aumenta a área de superfície média dentro de um dado volume. Em geral, os parâmetros principais com relação a tais posicionamentos dos meios são: profundidade da prega, densidade da prega (medida tipicamente como um número de pregas por polegadas ao longo do diâmetro interno do cilindro dos meios pregueados); e comprimento do cilindro ou profundidade da prega. Em geral, um fator principal com relação à profundidade da prega média do filtro de seleção, o comprimento da prega e a densidade da prega, especialmente para disposições de barreiras, na área de superfície total requerida para qualquer dada aplicação ou situação. Tais princípios se aplicariam, geralmente, ao meio da presente invenção e, de preferência, às disposições do tipo barreira similares.

[024] O meio de filtração da presente invenção pode ser utilizado para a remoção de uma variedade de matérias particuladas a partir das correntes de fluidos. A matéria particulada pode incluir contaminantes orgânicos e inorgânicos. Os contaminantes orgânicos podem incluir produtos naturais particulados, compostos orgânicos, particulados de polímeros, resíduos alimentícios e outros materiais. O resíduo inorgânico pode incluir o pó, particulado de metal, cinza, fumaça, nevoa e outros materiais.

[025] A queda de pressão inicial (também referida no presente como “queda de pressão” ou “diferença de pressão”) do meio de filtração é, vantajosamente, inferior a cerca de 30 mm de H₂O, com maior vantagem, inferior a cerca de 24 mm de H₂O. A queda de pressão através do filtro aumenta ao longo do tempo durante o uso, conforme os particulados obstruem o filtro. Assumindo outras variáveis a serem mantidas constantes, quanto maior a queda de pressão através do filtro, mais curta a vida do filtro. Um filtro,

tipicamente, precisa de substituição quando uma queda de pressão limitante selecionada através do filtro é satisfeita. A queda de pressão limitante varia dependendo da aplicação. Já que a formação da pressão é um resultado da carga de pó (ou particulado), para sistemas de igual eficiência, uma vida maior é, tipicamente, associada diretamente com a maior capacidade de carga. A eficiência é a propensão dos meios para capturar, ao invés de passar, os particulados. Em geral quanto mais eficiente os meios de filtração são na remoção de particulados de uma corrente de fluxo de gás, mais rápido os meios de filtração irão se aproximar da diferença de pressão de “vida útil”, assumindo outras variáveis a serem mantidas constantes. O meio de filtração da presente invenção possui uma eficiência de pelo menos cerca de 20%, significando que o meio é capaz de filtrar pelo menos cerca de 20% das partículas que possuem um diâmetro de $0,3\ \mu\text{m}$ em um fluxo de ar em uma velocidade de face de $5,33\ \text{cm/s}$. Para o uso em filtros ASHRAE, vantajosamente, o meio da presente invenção é capaz de filtrar pelo menos cerca de 30% e até cerca de 99,97% de partículas de $0,3\ \mu\text{m}$ no fluxo de ar em uma velocidade de face de $5,33\ \text{cm/s}$.

[026] Quanto maior a permeabilidade do meio de filtração, menor a queda de pressão, portanto, maior a vida do filtro, assumindo que outras variáveis são mantidas constantes. Vantajosamente, a permeabilidade Frazier do ar do meio de filtração da presente invenção é de pelo menos cerca de $0,91\ \text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ e, tipicamente, até cerca de $48\ \text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2$.

[027] O meio de filtração da presente invenção é, vantajosamente, eletricamente e substancialmente neutro e, portanto, muito menos afetado pela umidade do ar quando comparado com os filtros descritos nas patentes US 4.874.659 e US 4.178.157, descritas acima, que devem suas performances às cargas associadas a elas. Por “eletricamente e

substancialmente neutra” entende-se que os meios não carregam uma carga elétrica detectável.

MÉTODOS DE TESTES

[028] A eficiência de filtração foi determinada por um Filtro de Teste de Eficiência Fracional Modelo 3160, comercialmente disponível pela TSI Incorporated (St. Paul, Minnesota). Os tamanhos de partículas desejados das partículas de aerossol testadas foram colocadas no software do teste e a velocidade de fluxo desejada do filtro foi estabelecida. Foram utilizados uma velocidade do fluxo de ar volumétrica de 32,4 L/min e uma velocidade de face de 5,33 cm/s. O teste continuou automaticamente até o filtro ter sido testado com cada tamanho de partícula selecionada. Um relatório foi então gerado contendo os dados de eficiência do filtro para cada tamanho de partícula com queda de pressão.

[029] A queda da pressão foi relatada pelo Teste de Filtro de Eficiência Fracional 3160 comercialmente disponível pela TSI Incorporated (St. Paul, Minnesota). As condições de teste são descritas sob o método de teste de Eficiência de Filtração. A queda da pressão é relatada em milímetros (mm) de coluna de água, também referida no presente como mm de H₂O.

[030] O peso base foi determinado pela norma ASTM D-3776, que é incorporada no presente como referência e relatada em g/m².

[031] A espessura foi determinada pela norma ASTM D-177-64, que é incorporada no presente como referência e é reportada em micrômetros (μm).

[032] O diâmetro da fibra foi determinado conforme segue. Dez imagens de microscópios de varredura de elétrons (SEM) a 5.000 x de aumento foram tiradas de cada amostra da camada de nanofibra. O diâmetro de onze (11) nanofibras claramente distinguíveis foram medidas das fotografias e gravadas. Os defeitos não foram incluídos (isto é, pedaços de nanofibras,

pedaços de polímeros, intersecções de nanofibras). O diâmetro médio da fibra para cada amostra foi calculado.

[033] A dureza foi medida utilizando um instrumento “Handle-o-meter” fabricada pela Thwing Albert Instrument Co. (Philadelphia, Pennsylvania). O Handle-o-meter mede, em gramas, a resistência que uma lâmina encontra quando força uma amostra (espécime) do material em uma fenda de extremidades paralelas. Esta é uma indicação da dureza do material, que possui uma relação inversa com a flexibilidade do material. A dureza é medida na direção longitudinal (direção da máquina) do material e na direção transversal (direção transversal da máquina).

[034] A permeabilidade Frazier é uma medida da permeabilidade ao ar de materiais porosos e é relatada em unidades de pés³/min/pés². Ela mede o volume do fluxo de ar através de um material em uma diferença de pressão de 0,5 polegada (12,7 mm) de água. Um orifício é montado em um sistema a vácuo para restringir o fluxo de ar através da amostra para uma quantidade mensurável. O tamanho do orifício depende da porosidade do material. A permeabilidade Frazier é medida em unidades de pés³/min/pés² utilizando um manômetro dual Sherman W. Frazier Co. com orifício calibrado e convertido a unidades de m³/min/m².

EXEMPLOS

EXEMPLO 1

[035] As camadas de nanofibras foram feitas por eletro sopro de uma solução de polímero de nylon 6,6 que possui uma densidade de 1,14 g/cc (disponível pela E. I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Delaware) a 24% em peso em ácido fórmico de 99% de pureza (disponível pela Kemira Oyj, Helsinki, Finlândia). O polímero e o solvente foram alimentados em um tanque de mistura de solução, a solução transferida para dentro de um reservatório e medida por uma bomba de marcha a um conjunto de giro do

eletro soprador possuindo bocais de fiação, conforme descrito no documento WO 03/080905. O conjunto de giro era de 0,75 metros de largura e possuía 76 bocais de fiação. O conjunto estava à temperatura ambiente com a pressão da solução no bocal de fiação a 10 bar. A fieira foi eletricamente isolada e foi aplicada uma voltagem de 75 kV. O ar comprimido a uma temperatura de 44° C foi injetado através dos bocais de ar dentro do conjunto de giro a uma velocidade de 7,5 m³/min e uma pressão de 660 mm de H₂O. A solução saiu dos bocais de fiação para o ar a pressão atmosférica, uma umidade relativa de 65% a 70% e a uma temperatura de 29° C. O rendimento da solução polimérica do processo de formação de nanofibra foi cerca de 2 cm³/min/orifício. As fibras foram depositadas a 310 mm abaixo da saída do conjunto sobre uma malha porosa em cima de uma correia porosa movendo-se de 5 a 12 m/min. Uma câmara de vácuo exercendo um vácuo de 100 a 170 mm de H₂O abaixo da correia auxiliou na deposição das fibras. Um material não tecido de filamentos contínuos de peso base de 40 g/m² obtido pela Kolon Company (Coréia do Sul) foi utilizado como a malha. A malha possuía uma dureza de 35 g na direção longitudinal e 55 g na direção transversal.

[036] A estrutura SN produzida foi testada para vários tamanhos de partículas para a eficiência de filtração utilizando um teste TSI 3160, e os resultados são dados na Tabela 1. As eficiências relatadas nos dados abaixo são apenas para partículas testes de 0,3 µm.

EXEMPLO 2

[037] Uma estrutura SN foi feita conforme descrita no Exemplo 1, mas em um peso base maior da camada de nanofibra. A estrutura resultante foi testada em vários tamanhos de partículas para eficiência de filtração e os resultados são dados na Tabela 1.

TABELA 1

Exemplo número	Diâmetro de nanofibra (nm)	Peso base de nanofibra (g/m ²)	Eficiência (%)	Queda de pressão (mm de H ₂ O)	Permeabilidade <i>Frazier</i> ao ar (m ³ /m ² /min)
1	341/387	3	69,9	3,7	37
2	374/362	5	85	6,4	22

*primeira medida/ segunda medida

EXEMPLO 3

[038] O meio de filtração que possui uma estrutura SNS foi formado a mão consistindo em uma camada de nanofibra possuindo um peso base de cerca de 3 g/m² colocado entre duas camadas de filamentos contínuos possuindo, cada uma, um peso base de cerca de 21 g/m² feitas a partir de fibras núcleo-bainha biconstituídas possuindo uma bainha de polietileno (PE) e um núcleo de poli (tereftalato de etileno) (PET). O diâmetro médio das nanofibras era cerca de 651 nm. As nanofibras eram de nylon. A permeabilidade Frazier ao ar, a queda de pressão e a eficiência do meio de filtração estão listadas na Tabela 2.

EXEMPLO 4-10

[039] Os meios de filtração foram formados como no Exemplo 3, com a exceção de que os meios dos Exemplos 4 a 10 possuíam vários números de camadas de nanofibras (N) e camadas via fundida (M) colocadas entre duas camadas de filamentos contínuos (S). As camadas via fundida foram feitas de fibras biconstituídas PET-PE lado a lado, cada camada via fundida possuindo um peso base de cerca de 17 g/m². A estrutura de cada meio, peso base da camada de nanofibra, peso base do meio de filtração, permeabilidade Frazier ao ar, queda de pressão e eficiência do meio de filtração estão listadas na Tabela 2.

EXEMPLOS 11-15

[040] Os meios de filtração foram formados pelas camadas de eletro sopro das nanofibras de nylon 6 em um suporte não tecido de filamentos contínuos. O diâmetro médio das nanofibras estava entre cerca de 300 e 400 nm. O número de passagens para formar a camada de nanofibra, o peso base da camada de nanofibra, a permeabilidade Frazier ao ar dos meios, a queda de pressão e a eficiência de filtração estão listadas na Tabela 2.

EXEMPLOS 16-17

[041] Os meios de filtração foram formados pelo eletro sopro das camadas de nanofibras de nylon 6,6 em uma malha. Os meios dos Exemplos 16 e 17 possuíam estruturas SN incluindo as passagens múltiplas da camada de malha através do processo de eletro sopro. A malha era uma estrutura bicamada contendo uma camada de nylon cardada e uma camada de poliéster cardado que era subsequente ligada termicamente, obtido pela HDK Industries, Inc., possuindo um peso base de cerca de 62 g/m². O diâmetro médio das nanofibras estava entre cerca de 300 e 400 nm. O número de passagens para formar a camada de nanofibra, o peso base da camada de nanofibra e o peso base dos meios de filtração, a permeabilidade Frazier ao ar, a queda de pressão e a eficiência de filtração estão listadas na Tabela 2.

EXEMPLOS 18

[042] Os meios de filtração foram formados pelo eletro sopro de uma camada única de nanofibras de nylon 6,6 em uma correia coletora móvel em um processo de eletro sopro em uma baixa pressão pontual de vácuo, resultando em uma camada de nanofibra grossa. O meio possuía uma camada de nanofibra com peso base de cerca de 20 g/m², formado em uma única passagem através do processo de eletro sopro. O diâmetro médio das nanofibras estava entre cerca de 300 e 400 nm. A permeabilidade Frazier ao

ar, a queda de pressão e a eficiência de filtração do meio de filtração estão listadas na Tabela 2.

Ex. nº.	Estrutura média	Peso base da nanofibra (g/m ²)	Peso base do meio (g/m ²)	Permeabilidade <i>Frazier</i> ao ar (m ³ /m ² /min)	Queda de pressão (mm de H ₂ O)	Eficiência (%)
3	SNS	3,05	45,7	10,8	3,94	62,76
4	SMNNS	6,1	65,7	4,58	8,17	89,07
5	SMNNS	9,2	68,8	3,41	11,1	94,03
6	SMNNNS	12,2	71,8	2,87	14,9	97,53
7	SMMNNS	6,1	82,7	3,57	11,6	92,48
8	SMMNNNS	9,2	85,7	2,86	15,0	97,22
9	SMMNNNS	12,2	88,8,	2,51	17,7	98,14
10	SMMNNNS- SMMNNNS	24,4	178	1,21	35,7	99,93
11	SN (1 passagem)	5	-	14,6	3,30	64,50
12	SNN (2 passagens)	10	-	7,31	6,82	87,14
13	SNNN (3 passagens)	15	-	4,57	10,2	91,94
14	SNNNN (4 passagens)	20	-	3,35	14,0	96,00
15	SNNNNN (5 passagens)	25	-	3,35	16,2	96,99
16	SNNNN	17	79,4	2,74	16,2	99,13
17	SN	3,63	66,0	4,57	10,6	95,50

Ex. nº.	Estrutura média	Peso base da nanofibra (g/m ²)	Peso base do meio (g/m ²)	Permeabilidade <i>Frazier</i> ao ar (m ³ /m ² /min)	Queda de pressão (mm de H ₂ O)	Eficiência (%)
18	N (1 passagem)	20	n/d	3,57	10,2	96,40

EXEMPLOS COMPARATIVOS 19-26

[043] Os meios de filtração que possuem uma estrutura SNS foram formados à mão por camadas de nanofibras de nylon possuindo entre cerca de 0,3 e 0,5 g/m² de peso base colocados entre duas camadas de malha, cada camada de malha possuindo um peso base de cerca de 17 g/m². Nos Exemplos Comparativos 19 e 20, as camadas de malha eram de filamentos contínuos PET em ambos os lados. Nos Exemplos Comparativos 21 e 22, a camada de malha era um filamento contínuo PET em um lado, e um nylon de filamentos contínuos (obtido pela Cerex Advanced Fabrics) no outro. Nos Exemplos Comparativos 23 e 24, a camada de malha era um PET de filamentos contínuos em um lado, e uma estrutura bicamada contendo uma camada de nylon cardado e uma camada de poliéster cardado que era subsequente ligada termicamente (obtida pela HDK Industries, Inc.) no outro. Nos Exemplos Comparativos 25 e 26, as camadas de malha eram estruturas bicamadas contendo uma camada de nylon cardado e uma camada de poliéster cardado que era subsequente ligado termicamente (obtido pela HDK Industries, Inc.), em ambos os lados. O peso base da camada de nanofibra, o diâmetro médio das nanofibras, a permeabilidade *Frazier* ao ar, a queda de pressão e a eficiência de filtração estão listados na Tabela 3.

TABELA 3

Exemplo Comparativo No.	Peso de da nanofibra (g/m²)	Diâmetro da nanofibra (nm)	Peso base do meio (g/m²)	Permeabilidade <i>Frazier</i> ao ar (m³/m²/min)	Queda de pressão (mm de H₂O)	Eficiência (%)
19	0,3	917	17,66	199	1,58	15,05
20	0,5	-	20,16	90,8	2,30	28,35
21	0,3	947	16,5	173	1,58	14,20
22	0,5	956	16,5	77,1	2,70	23,28
23	0,3	852	19,5	178	1,57	8,61
24	0,5	930	19,0	86,2	2,33	18,41
25	0,4	1275	36,0	109	1,38	10,63
26	0,3	-	-	206	1,25	8,60

REIVINDICAÇÕES

1. MEIO DE FILTRAÇÃO, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos uma camada de nanofibra de fibras poliméricas contínuas que possuem diâmetros inferiores a 1.000 nanômetros, cada camada de nanofibra possuindo um peso base de pelo menos $2,5 \text{ g/m}^2$, e pelo menos uma camada de malha, em que o meio possui uma eficiência de filtração de pelo menos 20% quando testadas com partículas que possuem um diâmetro médio de $0,3 \text{ }\mu\text{m}$ no fluxo de ar em uma velocidade de face de $5,33 \text{ cm/s}$, e uma dureza *Handle-o-meter* de pelo menos 45 gramas.

2. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o peso base total da camada de nanofibra é 25 g/m^2 .

3. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada de nanofibra possui uma espessura inferior a $100 \text{ }\mu\text{m}$.

4. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras poliméricas contínuas da camada de nanofibra possuem diâmetros entre 100 nanômetros e 700 nanômetros.

5. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras poliméricas contínuas da camada de nanofibra possuem diâmetros entre 300 nanômetros e 650 nanômetros.

6. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio possui uma eficácia de filtração de pelo menos 30% e até 99,97%, quando testadas com partículas que possuem um diâmetro médio de $0,3 \text{ }\mu\text{m}$ em fluxo de ar, em uma velocidade de face de $5,33 \text{ cm/s}$.

7. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma segunda camada de malha, em que a camada de nanofibra é colocada entre as duas camadas de malha.

8. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio é eletricamente e substancialmente neutro.

9. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada de malha é uma rede não tecida de filamentos contínuos ou uma rede não tecida cardada.

10. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui uma queda de pressão inicial inferior a 30 mm de H₂O.

11. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui uma queda de pressão inicial inferior a 24 mm de H₂O.

12. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui uma permeabilidade *Frazier* ao ar de pelo menos 0,91 m³/min/m².

13. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que possui uma permeabilidade *Frazier* ao ar entre 0,91 m³/min/m² e 48 m³/min/m².

14. MEIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio de filtração é pregueado.

15. PROCESSO PARA A FILTRAÇÃO DA MATÉRIA PARTICULADA DA CORRENTE DE AR, caracterizado pelo fato de que compreende a passagem de uma corrente de ar que contém matéria particulada através de um meio de filtração consistindo de pelo menos uma camada de nanofibra de fibras poliméricas contínuas e pelo menos uma camada de malha, em que as fibras poliméricas contínuas da camada de nanofibras possuem diâmetros inferiores a 1.000 nanômetros, em que cada camada de nanofibra possui um peso base de pelo menos 2,5 g/m² e uma espessura inferior a 100 µm, onde o meio de filtração possui uma dureza *Handle-o-meter* de pelo menos 45 g, e filtra até 99,97% de partículas possuindo um diâmetro médio de 0,3 µm, em uma corrente de ar que move-se em uma velocidade de face de 5,33 cm/s.

16. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos 20% das partículas de 0,3 µm e

maiores são filtradas.

17. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a queda de pressão inicial do meio de filtração é inferior a 30 mm de H₂O.

18. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o peso base total da camada de nanofibra é de 25 g/m².

19. PROCESSO DE FORMAÇÃO DE UM MEIO DE FILTRAÇÃO, caracterizado pelo fato de que compreende:

fornecer pelo menos uma camada de malha possuindo uma dureza *Handle-o-meter* de pelo menos 10 g em uma correia coletora móvel, e

depositar as nanofibras na camada de malha para formar uma única camada de nanofibra, possuindo um peso base de pelo menos 2,5 g/m² para formar um meio de filtração que possui uma dureza *Handle-o-meter* de pelo menos 45 g e uma queda de pressão de menos que 30 mm de H₂O.

20. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o peso base total da camada de nanofibra é de 25 g/m².

21. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a camada de nanofibra é formada em uma única passagem de camada de malha na correia coletora móvel.

22. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que as nanofibras são formadas por eletro sopro de uma solução polimérica de uma série de orifícios da fieira em uma taxa de pelo menos 1 cm³/min/orifício e a correia coletora move-se em uma velocidade de pelo menos 5 m/min.

23. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que a solução polimérica é eletro soprada de uma

série de orifícios da fieira a uma taxa de pelo menos 2 cm³/min/orifício.

24. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que compreende ainda preguear o meio de filtração.

25. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que compreende ainda aderir pelo menos uma segunda camada de malha em dita camada de nanofibra.

26. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que a dita camada de malha possui uma dureza *Handle-o-meter* de pelo menos 45 gramas.

27. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que as ditas camadas de malha possuem uma dureza *Handle-o-meter* combinada de pelo menos 45 gramas.

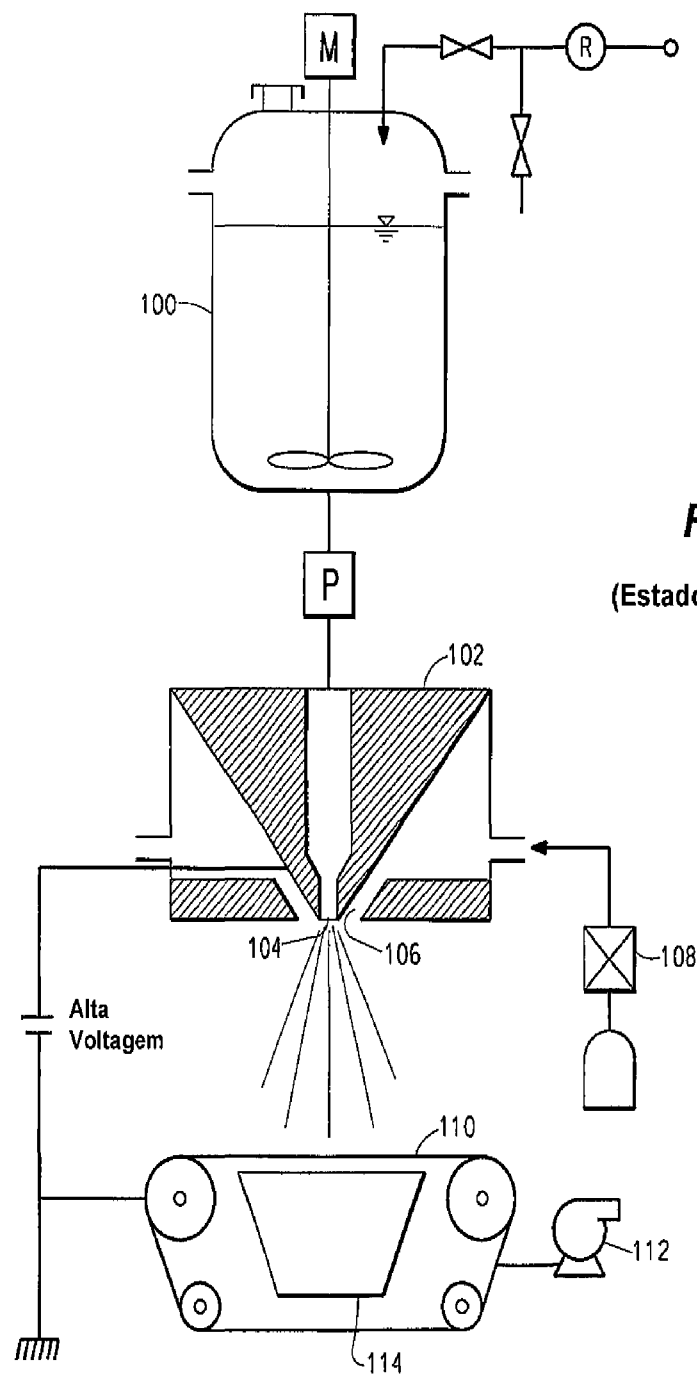


Fig. 1
(Estado da Técnica)