



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

(21) PI 0715159-4 A2



(22) Data de Depósito: 19/09/2007
(43) Data da Publicação: 11/06/2013
(RPI 2214)

(51) Int.Cl.:

D04H 1/56
D04H 3/03
D04H 3/14
D04H 3/16
D04H 13/00
H01M 2/16
B01D 39/16
D04H 1/44
D04H 1/54

(54) Título: NANOTEIAS NÃO-TECIDAS, PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE UMA NANOTEIA POLIMÉRICA, MEIO DE FILTRAGEM E SEPARADOR DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAGEM DE ENERGIA

(30) Prioridade Unionista: 20/09/2006 US 11/523,827

(73) Titular(es): E.I DU PONT DE MOURS AND COMPANY

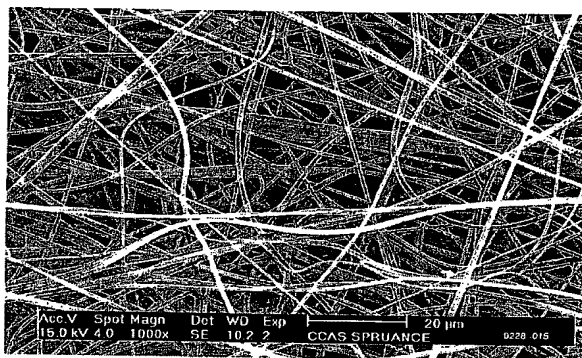
(72) Inventor(es): DAVID KEITH GRAHAM JR., GUANGHUI CHEN, Hageun Suh, Pankaj Arora, Robert Anthony Marin, SIMON FRISK

(74) Procurador(es): Cristiane Araújo Rodrigues

(86) Pedido Internacional: PCT US2007020334 de 19/09/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/036332 de 27/03/2008

(57) Resumo: NANOTEIAS NÃO-TECIDAS, PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE UMA NANOTEIA POLIMÉRICA, MEIO DE FILTRAGEM E SEPARADOR DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAGEM DE ENERGIA. Tela não-tecida de fibras que possuem um diâmetro numérico médio de menos de um micron. A teia pode possuir uma Razão Poisson de menos de cerca de 0,8, solidez de pelo menos cerca de 20%, peso base de pelo menos cerca de 1 gsm e espessura de pelo menos 1 μm .



**“NANOTEIAS NÃO-TECIDAS, PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO DA
SUPERFÍCIE DE UMA NANOTEIA POLIMÉRICA, MEIO DE FILTRAGEM E
SEPARADOR DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAGEM DE ENERGIA”**

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a uma teia não-tecida aprimorada que compreende nanofibras e um processo de consolidação e estabilização dessa teia.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

“Nanoteias” são teias não-tecidas que compreendem principalmente, ou mesmo exclusivamente, fibras que possuem um diâmetro
10 numérico médio de menos de 1 μm . Devido às suas dimensões de poros extremamente pequenas e alta relação entre extensão e volume, espera-se que as nanoteias sejam utilizadas como substratos para muitas aplicações, tais como filtragem de ar com alto desempenho, filtragem de resíduos de água, membranas de filtragem para contaminantes biológicos, separadores para pilhas e outros
15 dispositivos de armazenagem de energia. Uma desvantagem das nanoteias para essas aplicações, entretanto, é a sua baixa integridade mecânica.

O diâmetro numérico médio de nanofibras é de menos de 1000 nm e, às vezes, até 20 nm. Nesta dimensão, mesmo se forem colocadas em camadas e moldadas na forma de membranas espessas, a resistência
20 mecânica das estruturas resultantes não é suficiente para suportar impactos macroscópicos para aplicações de filtragem, tais como fluxos de ar ou líquido normais que passam através delas, ou resistência mais alta necessária para enrolamento e manipulação durante etapas de fabricação de uso final. Nanoteias fabricadas, por exemplo, por meio de eletrofiação ou eletrossopro
25 também tendem a apresentar baixo teor de volume de sólidos (solidez), tipicamente de menos de cerca de 20%.

Nanoteias não-sustentadas também exibem uma redução excessiva da largura (“afunilamento”) ao aplicar-se tensão na direção da

máquina (MD), tal como durante o enrolamento ou pós-processamento, por exemplo, ao aplicar-se tratamentos de superfície e laminação para algumas aplicações de produtos. Quando o material for desenrolado e novamente enrolado, as tensões variáveis podem resultar em larguras diferentes e potencialmente criar variações das propriedades de folhas. Deseja-se um material que seja mais robusto com relação à tensão aplicada.

A baixa estabilidade na superfície de nanoteias eletrofiadas e eletrossopradas também cria problemas na manipulação da folha ou quando a folha trafega sobre rolos ou outras superfícies. As fibras são removidas da folha e recolhidas sobre várias superfícies de contato, tais como mãos, rolos, guias, etc, e as propriedades das folhas podem ser potencialmente alteradas e/ou o equipamento de processo é contaminado com fibras. Deseja-se um material com uma superfície mais estável.

A estrutura aberta de nanoteias “conforme fiadas” tipicamente gera estruturas com uma solidez na faixa de 20% a 10% ou até inferior. Esta estrutura aberta fornece baixa resistência ao fluxo de fluido e/ou fluxo de íons devido à baixa solidez que, por outro lado, pode ser relatada como grande percentual total de volume de poros ou “porosidade”. Tipicamente, nanoteias fiadas possuem tamanhos máximos de poros entre as fibras na faixa de cerca de 0,5 a 10 μm , até 20 μm e o tamanho médio de poros de fluxo varia de cerca de 0,05 a 10 μm .

Algumas aplicações de tecido necessitam de tamanho de poro menor e, portanto, solidez de fibra mais alta, aproximando-se ou mesmo dentro da faixa de 40% a 90%. Estes tecidos exibem eficiência de filtragem mais alta e, geralmente, melhores propriedades gerais de barreira para fluidos e resistência a “curto-circuito” em separador de bateria e outras aplicações de armazenagem de energia. Outras aplicações necessitam de baixo fluxo de ar e baixo fluxo de líquido, enquanto geram uma baixa resistência à transmissão de

vapor d'água e necessitam de percentual mais alto de materiais de solidez ou poros pequenos. Nanoteias convencionais são atualmente excluídas destas aplicações que necessitam de solidez mais alta, pois tipicamente não existe material de nanoteia suficiente para modificar para solidez mais alta e tamanho de poros menor. Por outro lado, teias não-tecidas que podem ser produzidas em pesos base e tamanhos comercialmente aceitáveis, tais como teias sopradas por fusão, são frequentemente utilizadas nessas aplicações. Teias sopradas por fusão consistem, entretanto, de fibras muito maiores, tipicamente cerca de 2 a 10 μm de diâmetro, e modificação de teias sopradas por fusão conforme fiadas para atender às limitações de tamanho de poros pequenos necessárias para alta eficiência de filtração necessita de alta solidez, mesmo até cerca de 80%, e resulta em reduções dramáticas de taxas de fluxo de fluido através dessas teias sopradas por fusão modificadas.

Nanoteias “conforme fiadas” também exibem fricção ou arrasto na superfície relativamente alto, um coeficiente de fricção na superfície de até cerca de 2,5. Algumas aplicações de material necessitam de contato com baixa fricção, mais mole ou mais macio. Outras aplicações necessitam de uma superfície externa macia para liberação do aglomerado de filtração ou baixa resistência ao fluxo de líquidos. Para o uso de um material nessas aplicações, ele necessita de uma superfície “macia” que promova baixa fricção e alta resistência ao desgaste.

Sabe-se que as propriedades físicas de uma teia podem ser aprimoradas por meio de calandragem, que é o processo de passagem de um material de folha através de um espaço entre rolos ou placas para fornecer uma aparência brilhante e macia para o material de folha ou aprimorar, de outra forma, propriedades físicas selecionadas.

Por meio da calandragem de papel ou outros materiais fibrosos, é realizado um esforço para aprimorar ainda mais a qualidade do papel formado

ou, ao fornecer um nível padrão de qualidade, atingir uma velocidade de condução mais alta ou aumento do volume do papel sendo produzido. Sabe-se bem que a plasticidade ou tendência à moldagem de papel ou fibra pode ser aumentada por meio de elevação da temperatura e/ou do teor de plastificante do papel ou fibra. Uma alteração considerável das propriedades mecânicas, incluindo a plasticidade, ocorre quando a temperatura dos polímeros contidos no papel eleva-se até a chamada temperatura de transição em vidro (T_g) ou além dela, ponto em que o material pode ser mais facilmente moldado, formado ou terminado que abaixo dessa temperatura.

O estado da técnica descreve vários métodos e aparelhos para confinamento da deformação de fibras de teia somente às partes da superfície da teia. A Patente US 4.606.264 fornece um método e aparelho para calandragem de gradiente de temperatura, em que papel ou material similar é passado para pelo menos um espaço formado por um rolo de ferro e um rolo mole. O rolo de ferro é aquecido até pelo menos a temperatura em que as fibras na teia começam a deformar-se; para papel, a temperatura é de cerca de 177°C. Conforme ali descrito, prefere-se que a teia seja passada através de dois espaços sucessivos, um para esmaltar uma face da teia, e o outro para esmaltar a face oposta.

Muitos tecidos não-tecidos são unidos de forma interfilamentar para proporcionar integridade ao tecido. Embora existam vários métodos de união disponíveis, processos de união térmica prevalecem na indústria de não-tecidos tanto em volume quanto em tempo dedicado à pesquisa e desenvolvimento de novos produtos. Estes processos obtiveram ampla aceitação devido à simplicidade e muitas vantagens sobre os métodos de união química tradicionais. Características atraentes incluem baixos custos de energia e matéria prima, aumento das velocidades de produção e versatilidade do produto. Simplificação química, devido à não utilização de aglutinantes

adesivos, reduz as preocupações ambientais. As Patentes US 4.035.219 e US 5.424.115 fornecem exemplos de união de pontos de teias não-tecidas para aprimorar as propriedades físicas.

A Patente US 2.277.049 de Reed introduziu a idéia de utilização de fibras fusíveis para fabricar tecidos não-tecidos por meio de mistura de fibras fusíveis e não fusíveis com denier similar e comprimento de corte e tratamento da teia com solvente ou calor. As fibras fusíveis tornam-se pegajosas e agem como um aglutinante. Um tecido não-tecido resulta após a pressão e o resfriamento da teia pegajosa.

O uso de temperaturas próximas do ponto de fusão (T_m) da fibra em uma nanoteia, entretanto, é prejudicial para a qualidade da teia. O pequeno tamanho das fibras combinado com o aquecimento irregular inerente na maquinaria de calandragem tendem a produzir fusão e união irregulares e tornar a teia menos eficaz para filtragem e separador de bateria e outras aplicações de armazenagem de energia. A deficiência no estado da técnica na área de fortalecimento de teias com baixo peso base e que compreende fibra com denier fino é exemplificada em EP 1.042.549, em que a união térmica em um padrão é utilizada para produzir uma teia menos deformável. O fator Razão de Poisson vezes o peso base (em onças por jarda quadrada) é descrito como sendo limitado a menos de 1,2, mas Razões de Poisson da ordem de 2,5 a 4 são exemplificadas. De forma similar, na Patente US 5.858.515, é descrito um padrão de união que fortalece uma teia, mas ao custo de uma redução considerável da área aberta ou porosidade.

Estes métodos do estado da técnica, entretanto, não se referem nem se dirigem à estabilização de estruturas de nanoteias e a natureza delicada de nanoteias evitou, portanto, a aplicação desses métodos à sua estabilização. A aplicação de temperaturas que fundem ou deformam essas teias finas resulta essencialmente na destruição da rede de fibras da teia.

Existe, portanto, a necessidade de um processo de fortalecimento de nanoteias, mantendo ao mesmo tempo a sua porosidade e uniformidade.

A presente invenção refere-se ao aumento da utilidade de nanoteias por meio do aumento das suas propriedades físicas, mantendo ao mesmo tempo uma alta área aberta e, portanto, a porosidade e às teias produzidas desta forma.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

Em uma realização, o produto de acordo com a presente invenção é uma nanoteia não-tecida que compreende uma teia de nanofibras de polímeros que possuem uma Razão de Poisson de menos de cerca de 0,8, uma solidez de pelo menos cerca de 20%, um peso base de pelo menos cerca de um grama por metro quadrado (GSM) e uma espessura de pelo menos cerca de 1 μm .

A presente invenção também se refere a uma teia não-tecida formada por meio da calandragem de uma nanoteia polimérica através de um espaço entre o primeiro rolo e um segundo rolo e aplicação de uma pressão à teia através da espessura da teia, em que um dentre o primeiro rolo e o segundo rolo é um rolo duro e o outro rolo é um rolo mole que possui uma dureza inferior a Rockwell B 70, e o aquecimento da teia até uma temperatura entre T_g e T_{om} do polímero de nanoteia, em que T_{om} é definida como a temperatura do início da fusão, em que a nanoteia possui menos de cerca de 15% em área no plano da teia que compreende regiões fundidas.

A presente invenção também se refere a um processo de estabilização da superfície de uma nanoteia polimérica, eletrossoprada ou eletrofiada, que compreende a calandragem da teia através de um espaço entre um primeiro rolo e um segundo rolo, a aplicação de pressão à teia através da espessura da teia, em que um, dentre o primeiro rolo e o segundo rolo, é um rolo duro e o outro rolo é um rolo mole, e o aquecimento da teia até entre a sua T_g e a sua T_{om} .

Em uma outra realização, a presente invenção refere-se a uma nanoteia não-tecida que compreende nanofibras de polímero que possuem uma solidez de pelo menos cerca de 20%, um peso base de pelo menos cerca de 1 gsm, uma espessura de cerca de 1 μm a 400 μm e um tamanho máximo de poros de cerca de 5 μm , em que a nanoteia possui menos de cerca de 15% em área no plano da teia que compreende regiões fundidas.

Em uma realização adicional, a presente invenção refere-se a uma nanoteia não-tecida que compreende nanofibras de polímero que possuem uma solidez de pelo menos cerca de 20%, peso base de pelo menos de cerca de 1 gsm, espessura de pelo menos cerca de 1 μm e resistência à tensão na quebra na direção da máquina de pelo menos cerca de 4,1 MPa, em que a nanoteia possui menos de cerca de 15% em área no plano da teia que compreende regiões fundidas.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A Fig. 1 é uma fotomicrografia de uma nanoteia fiada derivada do processo de eletrossopro, descrita no presente pedido como Exemplo Comparativo 1.

A Fig. 2 é uma fotomicrografia de uma nanoteia calandrada entre dois rolos duros, que exhibe regiões fundidas na nanoteia.

As Fig. 3a e Fig. 3b são fotomicrografias de uma nanoteia calandrada de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um processo de aprimoramento da integridade mecânica, que inclui estabilidade na superfície, resistência e razão de Poisson de nanoteias poliméricas, ao mesmo tempo em que preserva a sua porosidade, de forma que as nanoteias sejam apropriadas para várias aplicações em alto desempenho, tais como para filtragem de líquidos e separadores em baterias ou outros dispositivos de armazenagem de energia,

tais como capacitores e similares. O processo estabiliza a superfície das nanoteias e sua dimensão de largura em direção cruzada, sem afetar significativamente a porosidade das nanoteias, evitando a fusão das nanofibras das teias em pontos de união e sem união adesiva. Pode-se utilizar um processo de calandragem e estiramento para controlar o tamanho dos poros e/ou a solidez de nanoteias poliméricas.

A expressão “não-tecido” indica uma teia que inclui uma série de fibras distribuídas aleatoriamente. As fibras podem geralmente ser unidas entre si ou podem não ser unidas. As fibras podem ser fibras básicas ou fibras contínuas. As fibras podem compreender um único material ou uma série de materiais, seja na forma de combinação de diferentes fibras ou de uma combinação de fibras similares, cada qual composta de diferentes materiais.

“Calandragem” é o processo de passagem de uma teia através de um espaço entre dois rolos. Os rolos podem estar em contato entre si ou pode haver um espaço fixo ou variável entre as superfícies de rolo. Convenientemente, no processo de calandragem do presente pedido, o espaço é formado entre um rolo mole e um rolo duro. O “rolo mole” é um rolo que se deforma sob a pressão aplicada para manter dois rolos juntos em uma calandra. O “rolo duro” é um rolo com uma superfície na qual não ocorre nenhuma deformação que possua um efeito significativo sobre o processo ou produto sob a pressão do processo. Um rolo “sem padrão” é aquele que possui uma superfície macia dentro da capacidade do processo utilizado para sua fabricação. Não há pontos ou padrões de produção deliberada de um padrão sobre a teia à medida que ela passa através do espaço, ao contrário de um rolo de união de pontos.

“Forro” é uma camada de sustentação e pode ser qualquer estrutura plana com a qual a nanoteia pode ser unida, aderida ou laminada. Convenientemente, as camadas de forro úteis na presente invenção são

camadas não-tecidas de filamentos contínuos termossoldados (*spunbond*), mas podem ser fabricadas a partir de teias cardadas de fibras não-tecidas e similares. Camadas de forro úteis para algumas aplicações de filtragem necessitam de rigidez suficiente para sustentar dobras e dobras mortas.

5 Da forma utilizada no presente pedido, a expressão “direção da máquina” ou “MD” indica que o comprimento de um tecido é produzido sobre a máquina que o produz. A expressão “direção cruzada” ou “CD” indica a largura de um tecido, ou seja, uma direção geralmente perpendicular à MD e à direção de espessura da teia.

10 Da forma utilizada no presente pedido, a expressão “Razão de Poisson” é uma medida da estabilidade dimensional do tecido na direção cruzada. Quanto mais baixa a Razão de Poisson, melhor a estabilidade dimensional do tecido. Particularmente, a Razão de Poisson é uma medida da alteração relativa da largura com uma alteração do comprimento. Quanto
15 melhor a estabilidade dimensional da o tecido, menor a tendência do tecido a “afunilar-se” durante o processo de conversão. A Razão de Poisson (PR) é um número sem dimensões calculado pela fórmula a seguir:

$$PR = \{(W_0 - W_i)/W_0\} / \{(L_i - L_0)/L_0\}$$

em que W_0 é a largura da amostra inicial, W_i é a largura da amostra em um comprimento estendido L_i , L_0 é o comprimento da amostra inicial, o valor de L_0
20 é no mínimo 4 (quatro) vezes o valor de W_0 e L_i é o comprimento da amostra em uma dada extensão.

A “pegada” é a área da teia que é comprimida à medida que passa entre os dois rolos de calandragem. A pegada pode ser medida pelo comprimento em que a teia é comprimida na MD em qualquer ponto ao longo
25 da CD da teia.

Por “região fundida”, indica-se uma região da teia, atravesse ela ou não toda a teia, que é visível a olho nu ou em uma micrografia e que

compreende fibras que tenham sido fundidas entre si e perdido a sua forma individual. Fotomicrografias de nanoteias calandradas entre dois rolos de aço inoxidável duros, por exemplo, exibem pontos em que as fibras foram fundidas entre si para formar uma união e as fibras perderam a sua característica fibrosa. A

5 Figura 2 exhibe um exemplo dessa fotomicrografia, na qual podem ser observadas áreas de fusão, em que as fibras são essencialmente reunidas entre si.

Por “unido adesivamente”, indica-se que um material é introduzido na teia que une as fibras entre si em áreas selecionadas mediante ação de calor ou remoção de solvente.

10 Por “áreas unidas descontínuas discretas”, indica-se regiões no plano da teia em que fibras separadas são unidas entre si em algum ponto, em que as mencionadas regiões não formam uma região contínua que se estende a partir de qualquer extremidade da teia a uma outra extremidade.

Por “áreas não unidas descontínuas discretas”, indica-se regiões

15 no plano da teia nas quais fibras separadas não são unidas entre si em nenhum ponto, em que as mencionadas regiões não formam uma região contínua que se estende a partir de qualquer extremidade da teia a uma outra extremidade.

O termo “nanofibra”, da forma utilizada no presente pedido, indica

20 fibras que possuem um diâmetro numérico médio ou seção cruzada de menos de cerca de 1000 nm, ainda menos de cerca de 800 nm, ainda de cerca de 50 nm a 500 nm e até de cerca de 100 a 400 nm. O termo diâmetro, da forma utilizada no presente pedido, inclui a maior seção cruzada de formas não redondas.

25 Em uma primeira realização, a presente invenção é uma teia não-tecida que compreende nanofibras poliméricas, em que a mencionada teia possui uma Razão de Poisson de menos de cerca de 0,8, ainda menos de cerca de 0,3, até menos de cerca de 0,2 e até menos de cerca de 0,1.

Em uma outra realização, a presente invenção refere-se a uma teia não-tecida que possui opcionalmente áreas unidas ou não unidas descontínuas discretas e que possui menos de cerca de 15% da área no plano da teia que compreende regiões fundidas e não unidas adesivamente. Em realizações adicionais, a teia não-tecida compreende menos de cerca de 10%,
5 ainda menos de cerca de 5% ou até menos de cerca de 1% de regiões fundidas em área no plano da teia.

As nanoteias aprimoradas de acordo com a presente invenção resistem ao afunilamento, de tal forma que, ao aplicar-se uma tensão de 100
10 g/cm no MD, as nanoteias aprimoradas demonstram afunilamento de menos de cerca de 10%, ainda menos de cerca de 5%, até menos de cerca de 2% ou até menos de cerca de 1%.

A teia não-tecida de acordo com a presente invenção pode possuir uma solidez de cerca de 10% a cerca de 80%, mesmo de cerca de
15 20% a cerca de 60% e até de cerca de 20% a cerca de 40% e o peso base da teia pode ser de pelo menos cerca de 1 gsm, mesmo pelo menos cerca de 2 gsm, até pelo menos cerca de 5 gsm e até pelo menos cerca de 20 gsm. Em uma ainda outra realização, a teia não-tecida possui um peso base de menos de cerca de 50 gsm.

20 A teia não-tecida de acordo com a presente invenção possui uma espessura mínima de cerca de 1 μm e não possui espessura máxima. Em realizações alternativas, a espessura pode ser de, no máximo, cerca de 800 μm ou até cerca de 400 μm .

Em uma realização adicional da presente invenção, a teia não-tecida pode ser qualquer uma das teias mencionadas acima que possua uma
25 tensão MD na quebra de pelo menos cerca de 4,1 MPa, mesmo pelo menos cerca de 6,9 MPa e até pelo menos cerca de 13,8 MPa, ou um módulo de tensão MD de pelo menos cerca de 69 MPa, mesmo pelo menos cerca de 138

MPa e até pelo menos cerca de 276 MPa, ou ambos.

Em ainda outra realização, a teia não-tecida pode ser qualquer das teias mencionadas acima e que possui um índice de Estabilidade de Superfície de mais de cerca de 17513 N/m ou um coeficiente de fricção de superfície de menos de cerca de 0,9, ou ambos.

As nanoteias aprimoradas de acordo com a presente invenção podem demonstrar tamanhos máximos de poros, medidos na forma de Ponto de Borbulhamento (BP), na faixa de cerca de 0,1 μm a cerca de 15 μm , mesmo cerca de 0,5 μm a cerca de 2,5 μm , e tamanhos médios de poros de fluxo (MFP) na faixa de cerca de 0,01 μm a cerca de 5 μm , mesmo cerca de 0,2 μm a cerca de 3 μm o u até cerca de 0,2 μm a 1,5 μm . Uma indicação das distribuições de tamanhos de poros das nanoteias aprimoradas de acordo com a presente invenção pode ser determinada pela razão entre BP e MFP, que pode estar na faixa de cerca de 1,1 a cerca de 6, até cerca de 1,1 a cerca de 4.

A teia não-tecida conforme fiada compreende principal ou exclusivamente nanofibras que são produzidas por meio de eletrofiação, tal como eletrofiação clássica ou eletrossopro e, em certas circunstâncias, por meio de processos de sopro por fusão. Eletrofiação clássica é um método ilustrado na Patente US 4.127.706, integralmente incorporada ao presente pedido, em que é aplicada uma alta voltagem a um polímero em solução para criar nanofibras e esteiras não-tecidas. O rendimento total em processos de eletrofiação, entretanto, é baixo demais para que seja comercialmente viável na formação de teias com peso base maior.

O processo de "eletrossopro" é descrito na Patente Internacional nº WO 03/080905, integralmente incorporada ao presente pedido como referência. Um fluxo de solução polimérica que compreende um polímero e um solvente é alimentado de um tanque de armazenagem para uma série de bocais de fiação no interior de uma fleira, à qual é aplicada uma alta voltagem e

através da qual a solução polimérica é descarregada. Enquanto isso, ar comprimido que é opcionalmente aquecido é emitido por bocais de ar dispostos nos lados ou na periferia do bocal de fiação. O ar é geralmente dirigido para baixo na forma de um fluxo de gás de sopro que engloba e encaminha a
5 solução polimérica recém emitida e auxilia na formação da teia fibrosa, que é recolhida sobre uma correia de coleta porosa polida acima de uma câmara de vácuo. O processo de eletrossopro permite a formação de tamanhos e quantidades comerciais de nanoteias em pesos base de mais de cerca de 1 gsm, mesmo até cerca de 40 gsm ou mais, em um período de tempo
10 relativamente curto.

Um substrato ou forro pode ser disposto sobre o coletor para recolher e combinar a teia de nanofibras fiada sobre o substrato, de tal forma que a teia de fibras combinadas seja utilizada como um filtro com alto desempenho, chumaço e assim por diante. Exemplos do substrato podem
15 incluir vários tecidos não-tecidos, tais como tecido não-tecido soprado por fusão, tecido não-tecido puncionado com agulhas ou hidroentreteido (*spunlace*), material tecido, tecido costurado, papel e similares, e podem ser utilizados sem limitações desde que possa ser adicionada uma camada de nanofibras sobre o substrato.

20 As condições de processo de eletrossopro a seguir podem ser utilizadas para elaborar a teia de acordo com a presente invenção.

A voltagem aplicada à fieira encontra-se preferencialmente na faixa de cerca de 1 a 300 kV e, de maior preferência, cerca de 10 a 100 kV. A solução de polímero pode ser descarregada em uma pressão que varia de
25 cerca de 0,01 a 200 kg/cm² e, preferencialmente, cerca de 0,1 a 20 kg/cm². Isso permite que a solução de polímero seja descarregada em grandes quantidades de uma forma adequada para produção em massa. O processo de acordo com a presente invenção pode descarregar a solução de polímero com

uma velocidade de descarga de cerca de 0,1 a 5 cc/min-orifício.

Ar comprimido injetado por meio do bocal de ar possui uma velocidade de fluxo de cerca de 10 a 10.000 m/min e, preferencialmente, cerca de 100 a 3000 m/min. A temperatura do ar encontra-se preferencialmente na
5 faixa de cerca de 300°C e, de maior preferência, de cerca de 100°C. A distância entre o molde e o coletor (DCD), ou seja, a distância entre a extremidade inferior do bocal de fiação e o coletor de sucção, é preferencialmente de cerca de 1 a 200 cm e, de maior preferência, 10 a 50 cm.

Os materiais poliméricos que podem ser utilizados na formação
10 das nanoteias de acordo com a presente invenção não são particularmente limitados e incluem materiais de polímero de adição e polímero de condensação tais como poliacetal, poliamida, poliéster, poliolefinas, éter e éster de celulose, sulfeto de polialquileno, óxido de poliarileno, polissulfona, polímeros de polissulfona modificados e suas misturas. Materiais preferidos
15 que se enquadram nessas classes genéricas incluem poli(vinilcloroeto), polimetilmetacrilato (e outras resinas acrílicas), poliestireno e seus copolímeros (incluindo copolímeros de bloco do tipo ABA), fluoreto de (poli)vinilideno, cloreto de (poli)vinilideno, álcool polivinílico em vários graus de hidrólise (87% a 99,5%) em formas reticuladas e não reticuladas. Polímeros de adição
20 preferidos tendem a ser vítreos (T_g maior que a temperatura ambiente). Este é o caso para cloreto de polivinila e metacrilato de polimetila, composições de polímero de poliestireno ou ligas ou baixa cristalinidade para fluoreto de polivinilideno e materiais de álcool polivinílico. Uma classe preferida de polímeros de condensação de poliamida são materiais de nylon, tais como
25 nylon 6, nylon 6,6, nylon 6,6-6,10 e similares. Quando as nanoteias de polímero de acordo com a presente invenção são formadas por meio de sopro por fusão, qualquer polímero termoplástico capaz de ser soprado por fusão em nanofibras pode ser utilizado, incluindo poliolefinas, tais como polietileno, polipropileno e

polibutileno, poliésteres tais como tereftalato de (poli)etileno e poliamidas, como os polímeros de nylon relacionados acima.

Pode ser vantajoso adicionar plastificantes conhecidos no estado da técnica aos diversos polímeros descritos acima, a fim de reduzir a T_g do polímero de fibra. Plastificantes apropriados dependerão do polímero a ser eletrofiado ou eletrossoprado, bem como sobre o uso final específico no qual a nanoteia será introduzida. Polímeros de nylon podem ser plastificados com água, por exemplo, ou mesmo solvente residual remanescente do processo de eletrofiação ou eletrossopro. Outros plastificantes conhecidos no estado da técnica que podem ser úteis na redução da T_g do polímero incluem, mas sem limitar-se a glicóis alifáticos, sulfanomidas aromáticas, ésteres de ftalato, que incluem, mas sem limitar-se aos selecionados a partir do grupo que consiste de ftalato de dibutila, ftalato de di-hexila, ftalato de dicitclo-hexila, ftalato de dioctila, ftalato de diisodecila, ftalato de diundecila, ftalato de didodecanila, ftalato de difenila e similares. *Handbook of Plasticizers*, editado por George Wypych, 2004, Chemtec Publishing, incorporado ao presente pedido como referência, descreve outras combinações de polímero e plastificante que podem ser utilizadas na presente invenção.

A nanoteia fiada de acordo com a presente invenção pode ser calandrada, a fim de proporcionar os aprimoramentos desejados das propriedades físicas. Em uma realização da presente invenção, a nanoteia fiada é alimentada no espaço entre dois rolos sem padrão em que um rolo é um rolo mole sem padrão e um rolo é um rolo duro sem padrão e a temperatura do rolo duro é mantida sob uma temperatura que se encontra entre a T_g , definida no presente pedido como a temperatura em que o polímero sofre uma transição de estado vítreo para emborrachado, e a T_{om} , definida no presente pedido como a temperatura do início da fusão do polímero, de tal forma que as nanofibras da nanoteia encontrem-se em um estado plastificado ao passarem

através do espaço da calandra. A composição e a dureza dos rolos podem variar para gerar as propriedades de uso final desejadas. Em uma realização da presente invenção, um rolo é um metal duro, tal como aço inoxidável, e o outro é um rolo revestido com polímero ou de metal mole ou um rolo composto

5 que possui uma dureza menor que Rockwell B 70. O tempo de permanência da teia no espaço entre os dois rolos é controlado pela velocidade de linha da teia, preferencialmente cerca de 1 m/min a cerca de 50 m/min, e a pegada entre os dois rolos é a distância MD que a teia trafega em contato com os dois rolos simultaneamente. A pegada é controlada pela pressão exercida no espaço

10 entre os dois rolos e é medida geralmente em força por dimensão de CD linear do rolo, sendo preferencialmente de cerca de 1 mm a cerca de 30 mm.

Além disso, a teia não-tecida pode ser estirada, opcionalmente enquanto é aquecida a uma temperatura entre a T_g e a T_{om} mais baixa do polímero de nanofibras. O estiramento pode ter lugar antes e/ou depois da

15 alimentação da teia para os rolos de calandragem e em MD ou CD.

MÉTODOS DE TESTE

Índice de estabilidade de superfície (SSI) é uma medida da tendência das fibras na superfície da teia ao rompimento ao serem puxadas. O Índice de Estabilidade na Superfície da teia foi medido por meio do método a

20 seguir. Uma barra magnética foi colocada no ponto de montagem inferior sobre um extensômetro (MTS QUEST® 5). Uma placa de aço com cerca de 10,2 cm x 15,2 cm foi colocada sobre o magneto. Sobre a placa de aço, um pedaço de fita dupla face foi fixado firmemente, em que a fita possui cerca de 6,3 cm de largura e cerca de 7,6 cm de comprimento. Um pedaço do material a ser

25 testado com pelo menos 5,1 x 5,1 cm, foi depositado suave mas maciamente sobre a fita dupla face. Tomou-se cuidado para não romper a superfície do material sendo testado; foram evitadas rugas e dobras.

A sonda de teste foi um cilindro de aço, com um diâmetro final de

1,6 cm (área = 7,93 cm²). A extremidade dessa sonda foi coberta com um pedaço da mesma fita dupla face e a fita foi cortada para adequar-se à sonda. A sonda foi montada sobre uma célula de carga de 50 N sobre a cabeça cruzada do extensômetro. A cabeça cruzada foi rebaixada, de forma que a sonda ficasse a 500 µm até 1000 µm acima da superfície da amostra. Este ponto inicial foi denominado extensão zero.

A sonda foi mantida em trajeto para baixo (em direção à amostra) em uma velocidade contínua de 0,127 cm/min. A sonda prosseguiu até o estabelecimento de uma força normal de 0,5 lb entre a amostra e a sonda. A sonda permaneceu nessa posição por dez segundos. A direção da sonda foi revertida em seguida e ela trafegou para longe da amostra em uma velocidade contínua de 0,025 cm/min. Este movimento prosseguiu até que a cabeça cruzada atingisse o seu ponto inicial.

A inclinação de um gráfico de Carga x Extensão perto do eixo Carga = 0 para a parte de descarregamento do teste foi extraída dos dados. O ponto inicial para cálculo da inclinação foi atribuído o mais próximo possível do eixo Carga = 0, com preferência fornecida a um ponto com um valor de carga positiva. O ponto final foi selecionado junto com a parte linear da curva de descarregamento, em um ponto de mais de 10 µm (em extensão) a partir do ponto de início. O software de teste encaixou-se automaticamente em uma linha de tendência linear de mínimos quadrados para os dados entre o ponto inicial e o ponto final e a inclinação da linha de tendência foi relatada em lb/pol (N/m). O valor absoluto da inclinação foi relatada como SSI.

A medição foi realizada duas vezes sobre cada lado de uma dada amostra, mas nenhuma amostra foi reutilizada (ou seja, o teste foi destrutivo). Os dois pedaços de fita (sobre a placa de amostra e a sonda) são substituídos após cada medição. Foi calculada a média dos quatro valores de amostra para gerar um único valor de estabilidade na superfície para a amostra.

Tamanho médio de poros de fluxo e ponto de borbulhamento foram medidos de acordo com a Designação ASTM E 1294-89, *Standard Test Method for Pore Size Characteristics of Membrane Filters Using Automated Liquid Porosimeter*, que mede aproximadamente as características de

5 tamanhos de poros de membranas com um diâmetro de tamanho de poros de 0,05 μm a 300 μm utilizando o método de ponto de borbulhamento automático da Designação ASTM F 316 utilizando um porosímetro de fluxo capilar (modelo número CFP-34RTF8A-3-6-L4, Porous Materials, Inc. (PMI), Ithaca NY). Amostras individuais (diâmetro de 8, 20 ou 30 mm) foram umedecidas com

10 fluido sob baixa tensão superficial (1,1,2,3,3,3-hexafluoropropeno ou “Galwick”, que possui uma tensão superficial de 16 dyne/cm). Cada amostra foi colocada em um suporte, aplicou-se uma pressão diferencial de ar e o fluido foi removido da amostra. A pressão diferencial em que o fluxo úmido é igual à metade do fluxo seco (fluxo sem solvente umectante) é utilizada para calcular o tamanho

15 médio de poros de fluxo utilizando software fornecido. Ponto de borbulhamento designa o maior tamanho de poro.

O peso base (BW) foi determinado por meio da norma ASTM D-3776, que é incorporada ao presente pedido por meio de referência e relatado em g/m^2 (gsm).

20 Solidez foi calculada por meio de divisão do peso base da amostra em g/m^2 pela densidade de polímero em g/cm^3 e pela espessura da amostra em micrômetros e multiplicação por 100, ou seja, Solidez = peso base/(densidade x espessura) x 100%. Percentual de porosidade = 100% - % solidez.

Diâmetro de fibra foi determinado conforme segue. Dez imagens

25 de microscópio eletrônico de varrimento (SEM) em ampliação de 5000x foram tomadas de cada amostra de camada de fibras finas. O diâmetro de 11 (onze) fibras finas claramente diferenciáveis foi medido a partir das fotografias e registrado. Os defeitos não foram incluídos (ou seja, conjuntos de fibras finas,

gotas de polímero, intersecções de fibras finas). Foi calculado o diâmetro médio de fibra para cada amostra.

Espessura foi determinada por meio de ASTM D-645 (ou ISO 534), que é incorporado ao presente pedido como referência, sob uma carga aplicada de 50 kPa e uma extensão de bigorna de 200 mm². A espessura é relatada em mils e convertida em micrômetros. Resistência iônica em eletrólito orgânico é uma medida da resistência de um separador ao fluxo de íons e foi determinada conforme segue. Amostras foram cortadas em pedaços pequenos (1,5 cm de diâmetro) e embebidas em uma solução de LiCl a 2 M em eletrólito de metanol. A resistência de separador foi medida utilizando Interface Eletroquímica Solartron 1287 junto com Analisador de Resposta de Frequências Solartron 1252 e o software Zplot. A célula de teste possuía uma área de eletrodo de 0,3165 cm² que fica em contato com o separador umedecido. Foram realizadas medições em uma amplitude AC de 10 mV e na faixa de frequências de 10 Hz a 500.000 Hz. A alta frequência interceptada na plotagem Nyquist foi a resistência do separador (em ohms). A resistência do separador (ohms) foi multiplicada pela área do eletrodo (0,3165 cm²) para determinar a resistência iônica em ohms-cm².

Número MacMullin (Nm) é um número sem dimensões e é uma medida da resistência iônica do separador, sendo definido como a razão entre a resistividade de uma amostra de separador cheia de eletrólito e a resistividade de um volume equivalente do eletrólito isolado. Ele é expresso por:

$$Nm = (R_{\text{separador}} \times A_{\text{eletrodo}}) / (\rho_{\text{eletrólito}} \times t_{\text{separador}})$$

em que $R_{\text{separador}}$ é a resistência do separador em ohms, A_{eletrodo} é a área do eletrodo em cm², $\rho_{\text{eletrólito}}$ é a resistividade do eletrólito em ohms-cm e $t_{\text{separador}}$ é a espessura de separador em cm. A resistividade de solução de LiCl a 2 M em eletrólito de metanol a 25°C é de 50,5 ohms-cm.

Módulo de tensão foi medido em um extensômetro (MTS

QUEST® 5) sob velocidade de alongamento constante de 5,1 cm por minuto. Amostras foram cortadas até um tamanho de 2,54 cm x 20,3 cm, que é mais longo na direção do carregamento. O comprimento medido de amostras foi de 15,2 cm e a largura inicial das amostras foi de 2,54 cm. O Módulo de Tensão (também conhecido como Módulo de Elasticidade, Módulo de Young) é definido como a inclinação de uma linha tangencial à parte de baixo estiramento de um gráfico de Tensão(s) x Estiramento(e). Amostras foram testadas nas direções da máquina e cruzada.

Resistência à tensão foi medida em um extensômetro (MTS QUEST® 5) em uma velocidade de alongamento constante de 5,1 cm por minuto. Amostras foram cortadas em um tamanho de 2,54 cm x 20,3 cm, que é mais longo na direção do carregamento. O comprimento medido de amostras foi de 15,2 cm e a largura inicial das amostras foi de 2,54 cm. A Resistência de Tensão é definida como a carga máxima sustentada por um pedaço de teste dividida pela sua área de seção cruzada ($A = \text{largura} \times \text{espessura}$). Amostras foram testadas nas direções da máquina e cruzada.

Afunilamento indica quanto da largura uma amostra é reduzida (na direção cruzada) à medida que é aplicada uma carga de tensão na direção da máquina. Este é um teste não padrão conduzido em um extensômetro (MTS QUEST® 5). A extensão da amostra aumentou em intervalos de 0,5 mm, com dados de carga e largura registrados em cada aumento. A largura foi sempre medida no ponto mais estreito sobre a amostra de teste. O comprimento medido de amostras foi de 15,2 cm e a largura inicial das amostras foi de 5,1 cm. O percentual de largura (definido como $\text{largura medida} \div \text{largura inicial} \times 100\%$) foi plotado contra a tensão da linha (definida como $\text{carga} \div \text{largura inicial}$). Um polinômio de terceiro grau com intercepção = 100% recebeu estes dados e o valor de afunilamento foi relatado como o valor desse polinômio a 100 g/cm. O mesmo procedimento de medição foi utilizado para determinar a Razão de Poisson.

O coeficiente estático de fricção foi medido conforme o Método TAPPI T 503, utilizando um Aparelho de Teste de Coeficiente de Fricção da Testing Machines Incorporated (Amityville NY) modelo nº 32-25. Uma amostra foi montada sobre um plano inclinado, com uma amostra coincidente montada no fundo de um trenó metálico quadrado de 6,3 cm. O trenó metálico possuía uma aba condutora fixada que foi montada em um circuito na extremidade esquerda do plano inclinado. Na extremidade direita do plano, havia um motor elétrico que aumentou o ângulo de elevação do plano em comparação com o nível em uma velocidade de 1,5 +/- 0,5 graus por segundo. Mediante a primeira movimentação do trenó metálico, a chave na extremidade esquerda do plano foi rompida e o motor elétrico parou. O ângulo em que o plano repousou foi registrado. O coeficiente estático de fricção foi a tangente deste ângulo.

EXEMPLOS

Os Exemplos foram fiados com poliamida (Nylon 6,6) com T_{om} de cerca de 215°C. Nos Exemplos 1 a 3, folhas de nanofibras fiadas com diâmetros numéricos médios de fibra de cerca de 717 micra e pesos base alvo de cerca de 18 gsm foram calandrados, por meio do fornecimento de uma folha de nanofibras a um espaço de calandra de dois rolos a partir de um desenrolamento. Um dispositivo de espalhamento da folha antes do espaço foi utilizado para manter uma folha plana e livre de rugas ao entrar no espaço. O rolo duro foi um rolo de aço com diâmetro de 24,79 cm e o rolo mole foi um rolo com superfície de nylon que possui dureza Shore D de cerca de 85 e diâmetro de cerca de 26,67 cm.

A Figura 3a exibe uma fotomicrografia de um exemplo de teia típica obtida por meio do processo de acordo com a presente invenção, em que fibras individuais, enquanto aplainadas (Fig. 3b), não são fundidas entre si em uma massa não fibrosa, mas retêm a sua natureza fibrosa.

EXEMPLO COMPARATIVO 1

O exemplo comparativo 1 foi uma nanoteia não calandrada (Fig. 1). Ela apresentou um tamanho máximo de poro de cerca de 7 μm e um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 3 μm .

EXEMPLO 1

A velocidade de enrolamento da folha foi de 3,05 m/min e a temperatura do rolo duro foi de 80°C. A pressão no espaço foi documentada por meio da pegada de espaço de 12,64 mm. A folha foi estirada após calandragem com uma tensão de 62,5 g/cm na saída do espaço. A nanoteia processada apresentou tamanho máximo de poros de cerca de 2,6 μm e um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 1,0 μm .

EXEMPLO 2

A velocidade de enrolamento da folha foi de 3,05 m/min e a temperatura do rolo duro foi de 50°C. A pressão no espaço foi documentada por meio da pegada de espaço de 12,64 mm. A folha foi estirada após calandragem com uma tensão de 62,5 g/cm na saída do espaço. A nanoteia processada apresentou tamanho máximo de poro de cerca de 2,7 μm e um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 1,1 μm .

EXEMPLO 3

Uma nanoteia foi elaborada e calandrada de acordo com o Exemplo 2, mas foi estirada com uma tensão de 198 g/cm na saída do espaço. A nanoteia processada apresentou um tamanho máximo de poros de cerca de 2,3 μm e um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 0,9 μm .

EXEMPLO COMPARATIVO 2

Uma teia soprada por fusão de 17 gsm com um diâmetro médio de fibra de 0,85 μm foi preparada a partir de polipropileno (Basell, Wilmington DE) X11292-36-6 com Velocidade de Fluxo de Fusão de 1200 g/10 minutos (MFR).

EXEMPLO COMPARATIVO 3

Uma teia soprada por fusão de 17 gsm com um diâmetro médio de fibra de 0,94 μm foi preparada a partir de polipropileno (Basell, Wilmington DE) PF017 (2000 MFR, revestido com peróxido).

RESULTADOS

A Tabela 1 exibe os resultados dos Exemplos 1 a 3 e do Exemplo Comparativo 1. Os dados da Tabela 1 demonstram que nanoteias submetidas ao processo de calandragem de acordo com a presente invenção possuem Razão de Poisson e resistência ao Afunilamento grandemente aprimoradas em comparação com as nanoteias fiadas do Exemplo Comparativo 1.

TABELA 1

Amostra	BW (gsm)	Resistência à tensão (MPa)	Módulo (MPa)	Afunilamento a 100 g/cm (100%)	PR	Solidez (%)
Ex. Comp. 1	15,81	3,5	32,5	12,35	0,99	17,3
Ex. 1	17,05	9,3	155,5	1,05	0,19	34,74
Ex. 2	17,21	8,0	205,1	1,65	0,29	34,13
Ex. 3	15,08	8,9	151,3	0,65	0,14	31,65

A estabilidade na superfície foi medida conforme descrito acima sobre as amostras dos Exemplos 2 e 4, utilizando o Exemplo Comparativo 1 como controle. Os Exemplos Comparativos 2 e 3 também foram testados. A Tabela 2 exibe o aprimoramento que é obtido na estabilidade da superfície por meio do processo de acordo com a presente invenção.

TABELA 2

Amostra	Estabilidade na superfície (N/m)
Comparativo 1	2140
Exemplo 1	84629
Exemplo 3	82267
Comparativo 2	10021
Comparativo 3	1993

Na Tabela 3, é exibido o coeficiente de fricção aprimorado do produto de acordo com a presente invenção.

TABELA 3

Amostra	Coeficiente de Fricção
Comparativo 1	1,042
Exemplo 1	0,881
Exemplo 2	0,580
Exemplo 3	0,636

Na Tabela 4, é exibida a resistência iônica do produto de acordo com a presente invenção. É significativo o fato de que a resistência não aumenta ou aumenta de forma apenas insignificante por meio do processo de acordo com a presente invenção, conforme exibido pelos Exemplos 1 e 2 em comparação com o Exemplo Comparativo 1. Também é significativo o fato de que a resistência iônica pode ser significativamente alterada por meio de estiramento da teia antes e depois da calandragem, conforme exibido pelo Exemplo 3 e pelo Exemplo Comparativo 1. A teia de acordo com a presente invenção é mais forte, possui melhor estabilidade na superfície e possui ainda resistência iônica mais baixa, conforme exibido pelo Exemplo 3 em comparação com CE1.

TABELA 4

Amostra	Resistência iônica (ohm.cm²)
Comparativo 1	0,855
Exemplo 1	0,857
Exemplo 2	1,175
Exemplo 3	0,774

REIVINDICAÇÕES

1. NANOTEIA NÃO-TECIDA, caracterizada pelo fato de que compreende nanofibras de polímeros, em que dita teia possui uma razão de Poisson de menos de cerca de 0,8, uma solidez de pelo menos cerca de 20%,
5 um peso base de pelo menos cerca de 1 gsm e uma espessura de pelo menos cerca de 1 μm .

2. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui opcionalmente áreas unidas ou não unidas descontínuas discretas e que possui menos de 15% em área no plano
10 da teia que compreende regiões fundidas e a teia não é unida adesivamente.

3. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que possui menos de cerca de 1% em área no plano da teia que compreende regiões fundidas.

4. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada
15 pelo fato de que possui peso base de menos de cerca de 50 gsm.

5. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a razão de Poisson é medida sob tensão aplicada na direção da máquina da teia.

6. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1,
20 caracterizada pelo fato de que é uma teia calandrada.

7. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui um tamanho máximo de poros de cerca de 0,1 μm a cerca de 15 μm e um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 0,01 μm a cerca de 5 μm .

8. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1,
25 caracterizada pelo fato de que possui uma resistência elétrica menor ou igual a cerca de 2 ohms-cm² em cloreto de lítio a 2 M em eletrólito de metanol, e um número MacMullin de 2 a 15.

9. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui menos de cerca de 20% de afunilamento na direção cruzada ao aplicar-se uma tensão de 100 g/cm na direção da máquina da teia.

5 10. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui um Índice de Estabilidade na Superfície superior a cerca de 17,513 N/m.

10 11. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui um coeficiente de fricção de menos de cerca de 0,9.

12. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui um módulo de tensão na direção da máquina de pelo menos cerca de 69 MPa.

15 13. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que possui uma resistência à tensão na quebra na direção da máquina de pelo menos cerca de 4,1 MPa.

20 14. NANOTEIA, caracterizada pelo fato de ser formada por meio de um processo que compreende a calandragem de uma nanoteia polimérica entre um espaço entre um primeiro rolo e um segundo rolo, a aplicação de uma pressão à teia ao longo da espessura da mesma, em que um dentre o primeiro rolo e o segundo rolo é um rolo duro, e o outro rolo é um rolo mole que possui uma dureza inferior a Rockwell b 50, e o aquecimento da teia a uma temperatura entre a T_g do polímero de nanoteia e sua T_{om} , em que a nanoteia calandrada possui menos de cerca de 15% em área no plano da teia
25 que compreende regiões fundidas.

15. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que possui uma razão de Poisson de menos de cerca de 0,8, uma solidez de pelo menos cerca de 20%, um peso base de pelo

menos 1 gsm e uma espessura de pelo menos cerca de 1 μm .

16. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que possui um tamanho máximo de poros de cerca de 0,1 μm a cerca de 15 μm e um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 0,01 μm a cerca de 5 μm .

17. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que possui um módulo de tensão na direção da máquina de pelo menos cerca de 69 MPa e resistência à tensão na quebra na direção da máquina de pelo menos cerca de 4,1 MPa.

18. PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE UMA NANOTEIA POLIMÉRICA, caracterizado pelo fato de que compreende a calandragem da nanoteia através de um espaço entre um primeiro rolo e um segundo rolo, a aplicação de pressão à teia ao longo da espessura da teia, em que um, dentre o primeiro rolo e o segundo rolo, é um rolo duro e o outro rolo é um rolo mole que possui dureza inferior a Rockwell B 50, e o aquecimento da teia a uma temperatura entre a T_g do polímero de nanoteia e sua T_{om} .

19. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o rolo duro compreende regiões elevadas que formam um padrão de regiões unidas sobre a nanoteia.

20. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o rolo não possui padrão.

21. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente o estiramento da nanoteia na mencionada temperatura na direção da máquina e/ou na direção cruzada, antes ou depois da calandragem.

22. NANOTEIA NÃO-TECIDA, caracterizada pelo fato de que compreende nanofibras de polímero que possuem uma solidez de pelo menos cerca de 20%, um peso base de pelo menos cerca de 1 gsm, uma espessura

de cerca de 1 μm a 400 μm e um tamanho máximo de poros de cerca de 15 μm , em que a nanoteia possui menos de cerca de 15% em área no plano da teia que compreende regiões fundidas.

23. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 22, caracterizada pelo fato de que o mencionado tamanho máximo de poro é de cerca de 0,1 μm a cerca de 15 μm , em que a mencionada teia possui um tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 0,01 μm a cerca de 5 μm .

24. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 23, caracterizada pelo fato de que possui uma relação entre o tamanho máximo de poros e o tamanho médio de poros de fluxo de cerca de 1,1 a cerca de 6.

25. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 22, caracterizada pelo fato de que possui uma solidez de cerca de 20% a cerca de 80%.

26. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 25, caracterizada pelo fato de que a solidez é de cerca de 20% a cerca de 40%.

27. NANOTEIA NÃO-TECIDA, caracterizada pelo fato de que compreende nanofibras de polímero que possuem uma solidez de pelo menos cerca de 20%, um peso base de pelo menos cerca de 1 gsm, uma espessura de cerca de 1 μm a 400 μm e uma resistência à tensão na quebra na direção da máquina de pelo menos cerca de 4,1 MPa, em que a nanoteia possui menos de cerca de 15% em área no plano da teia que compreende regiões fundidas.

28. NANOTEIA, de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de que possui um módulo de tensão na direção da máquina de pelo menos cerca de 69 MPa.

29. NANOTEIA, de acordo com uma das reivindicações 1, 14, 22 ou 27, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente uma segunda teia unida, em uma relação face a face, com a teia não-tecida e em que a segunda teia é selecionada a partir do grupo que consiste em uma ou mais nanoteias, um forro, e alguma combinação do laminado anterior entre si.

30. MEIO DE FILTRAGEM, caracterizado pelo fato de que compreende a nanoteia não-tecida, conforme descrita em uma das reivindicações 1, 14, 22 ou 27.

31. SEPARADOR DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAGEM
5 DE ENERGIA, caracterizado pelo fato de que compreende a nanoteia não-tecida, conforme descrita em uma das reivindicações 1, 14, 22 ou 27.

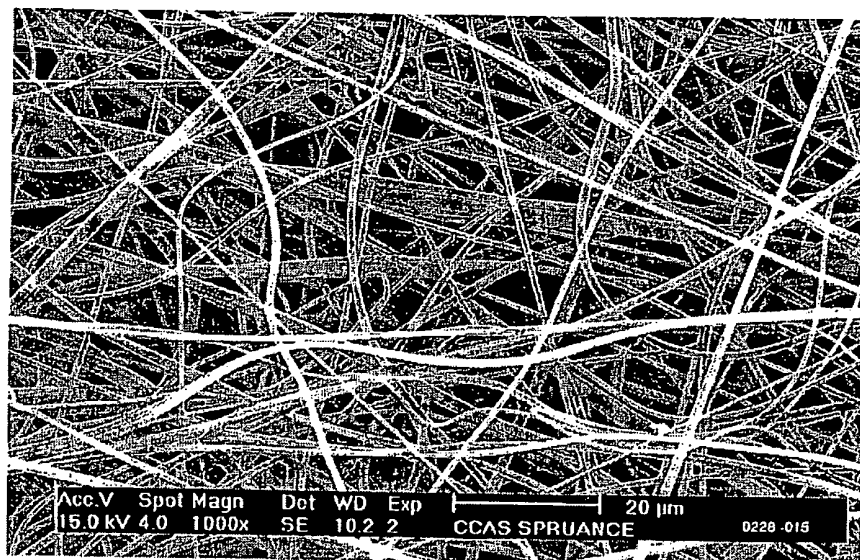


Fig. 1

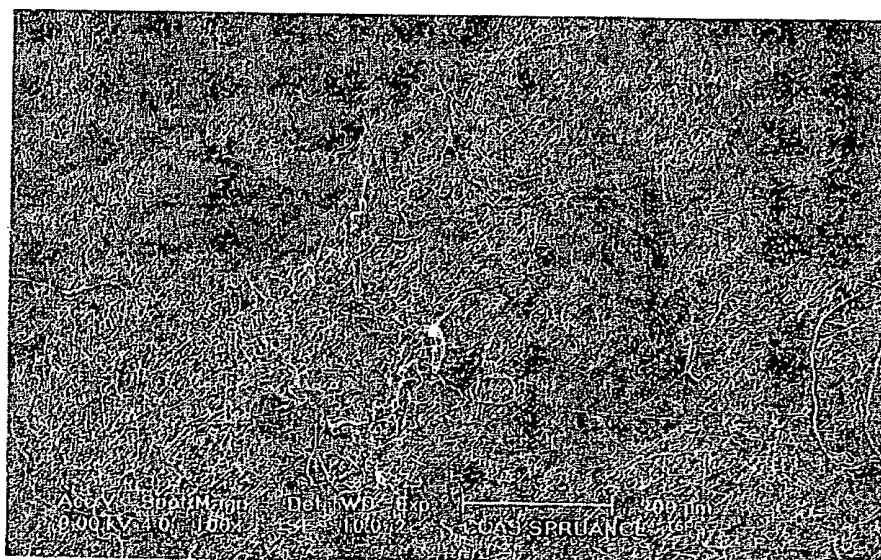


Fig. 2

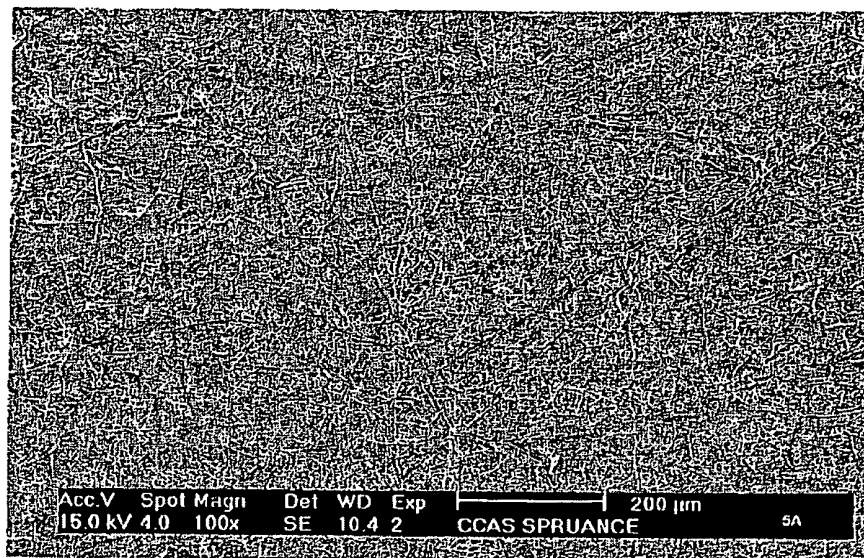


Fig. 3A

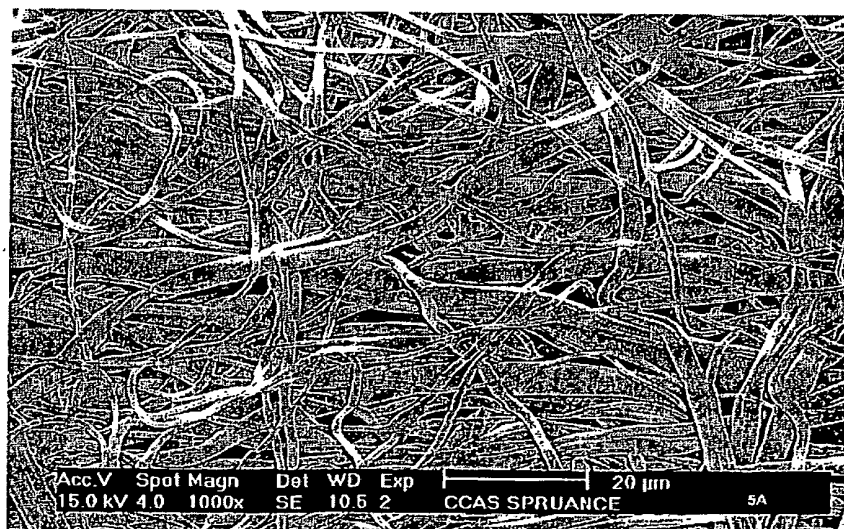


Fig. 3B

RESUMO**“NANOTEIAS NÃO-TECIDAS, PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO DA
SUPERFÍCIE DE UMA NANOTEIA POLIMÉRICA, MEIO DE FILTRAGEM E
SEPARADOR DE UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAGEM DE ENERGIA”**

5 Teia não-tecida de fibras que possuem um diâmetro numérico médio de menos de um micron. A teia pode possuir uma Razão Poisson de menos de cerca de 0,8, solidez de pelo menos cerca de 20%, peso base de pelo menos cerca de 1 gsm e espessura de pelo menos 1 μm .