



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

**(11) PI 0703962-0 B1**

**(22) Data do Depósito:** 18/10/2007

**(45) Data de Concessão:** 02/05/2017



---

**(54) Título:** PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA MANTA NÃO TECIDO, E APARELHO PARA FORMAÇÃO DE FIBRAS DE TAMANHO SUBMICRÔNICO

**(51) Int.Cl.:** D01D 5/42

**(30) Prioridade Unionista:** 18/10/2006 US 11/550,624

**(73) Titular(es):** POLYMER GROUP, INC.

**(72) Inventor(es):** TIMOTHY KRAUSE; MICHAEL W. HAYES; MICHAEL H. JOHNSON; RAJEEV CHHABRA; SAVAS AYDORE; OLAF ERIK ALEXANDER ISELE; HAN XU

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA MANTA NÃO TECIDO, E APARELHO PARA FORMAÇÃO DE FIBRAS DE TAMANHO SUBMICRÔNICO"**.

CAMPO DA TÉCNICA

5                   A presente invenção refere-se, de modo geral, à produção de fibras submicrônicas, e, mais especificamente, se refere a um processo e a um aparelho para realizar a formação de fibras submicrônicas por meio da fibrilação de filmes de polímero, e de materiais não tecidos e artigos incorporando as mesmas.

10    ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

                  As tecnologias de fiação de filamentos contínuos e descontínuos são bem conhecidas na técnica, e são geralmente referidas como as tecnologias de fusão por fiação. As tecnologias de fusão por fiação incluem o processo soprado em fusão e o processo ligado por fiação. Um processo ligado  
15    por fiação envolve o suprimento de um polímero fundido, que é em seguida extrusada sob pressão através de um grande número de orifícios em uma chapa conhecida como fieira ou molde. Os filamentos contínuos resultantes são temperados e arrastados por meio de qualquer dentre diversos métodos, tais como pelos sistemas de arrasto de fenda, por pistolas atenuadoras, ou  
20    pelos rolos de Godet. Os filamentos contínuos são coletados como uma manta solta sobre uma superfície foraminosa móvel, como, por exemplo, sobre uma correia transportadora de malha de fio. Quando mais de uma fieira é usada na linha de produção com a finalidade de formar um pano de múltiplas camadas, as mantas subsequêntes são coletadas sobre a superfície  
25    mais superior da manta anteriormente formada.

                  O processo soprado em fusão se refere a um meio do processo ligado por fiação para a formação de uma camada de pano não tecido, no qual um polímero fundido é extrusado sob pressão através de orifícios em uma fieira ou molde. Um gás de alta velocidade incide sobre e atenua os  
30    filamentos conforme os mesmos saem do molde. A energia desta etapa é tal que os filamentos formados ficam muito reduzidos em diâmetro e são fraturados de modo a produzir microfibras de um comprimento indeterminado.

Isto é diferente do processo ligado por fiação, por meio do qual a continuidade dos filamentos é preservada.

As companhias de fabricação de equipamento de fusão por fiação, tais como a Reifenhäuser, a Ason Neumag, a Nordson, e a Accurate Products, 5 engenharam inúmeros modelos de fabricação soprados por fusão e/ou ligados por fusão que oferecem uma variedade de atributos desejáveis, tais como uma maior produção de polímero, um melhor gerenciamento do fluxo de ar de processo ou da distribuição de polímero, a maior controle dos desvios de filamentos, para citar alguns. As Patentes U.S. Nºs 4 708 619, 4 813 864, 4 820 142, 4 838 774, 5 087 186, 6 427 745, e 6 565 344, 10 todas incorporadas ao presente documento a guisa de referência, apresentam exemplos de equipamento de fabricação para o processamento de materiais ligados por fiação ou soprados por fusão.

Há uma demanda crescente por artigos feitos de não tecido 15 contendo fibras submicrônicas. Os diâmetros das fibras submicrônicas são de modo geral entendidos como menores que cerca de 1000 nanômetros (isto é, um micron). As mantas de fibras submicrônicas são desejadas devido a sua grande área de superfície, tamanho pequeno de poro, e outras características. As fibras submicrônicas podem ser produzidas por meio de 20 uma variedade de métodos e a partir de uma variedade de materiais. Embora diversos métodos tenham sido usados, existem falhas em cada um dos métodos e a produção de fibras submicrônicas econômicas é difícil. As disposições de equipamento de fusão por fiação convencionais não podem prover fibras de alta qualidade, de baixo defeito ou mantas que sejam 25 predominantemente microfinas, incluindo as fibras de diâmetro submicrônicas com distribuições de fibras de tamanho estreito.

Os métodos de produção das fibras submicrônicas incluem uma classe de métodos descritos como fibrilação por fusão. Exemplos não limitantes de métodos de fibrilação por fusão incluem o sopro por fusão, a explosão de fibra por fusão, e a fibrilação de filme por fusão. Os métodos de 30 produção das fibras submicrônicas, não a partir de fusões, são os de fibrilação de filme, de eletrofiação, e de fiação em solução. Outros métodos de

produção das fibras submicrônicas incluem a fiação de uma fibra bicomponente de diâmetro maior em uma configuração de ilha-no-mar, de torta segmentada, ou outra configuração, na qual a fibra é em seguida mais processada de modo a resultar fibras submicrônicas.

5           A fibrilação por fusão é uma classe geral de produção de fibras definida pelo fato de que um ou mais polímeros são fundidos e extrusados em muitas configurações possíveis (por exemplo, filmes ou filamentos homogêneos ou bicomponentes por co-extrusão) e em seguida fibrilados ou fibrilizados em filamentos.

10           A fibrilação de filme fundido é um outro método de produção de fibras. Um filme fundido é produzido a partir da fusão e em seguida um fluido é usado para formar fibras a partir do filme fundido. Dois exemplos deste método incluem as Patentes U.S. Nºs 6 315 806, 5 183 670, e 4 536 361 de Torobin e as Patentes U.S. Nºs 6 382 256, 6 520 425, e 6 695 992 de Rene-  
15           ker, cedidas para a University of Akron.

          A eletrofiação é um método de produção de fibras submicrônicas geralmente usado. Em uma manifestação deste método, um polímero é dissolvido em um solvente e colocado em uma câmara selada em uma extremidade com uma pequena abertura em uma porção inferior de pescoço na  
20           outra extremidade. Um potencial de alta voltagem é em seguida aplicado entre a solução polimérica e um coletor próximo à extremidade aberta da câmara. As taxas de produção deste processo são muito lentas e as fibras são tipicamente produzidas em pequenas quantidades. Uma outra técnica de fiação para a produção de fibras submicrônicas é a fiação por solução ou  
25           instantânea que utiliza um solvente.

          Uma das maneiras de se obter um cisalhamento em alta fusão para um processo de fibrilação de filme fundido é através de um gás de alta velocidade (isto é, próximo às velocidades de gás sônicas ou supersônicas). Para se obter velocidades supersônicas ou transônicas (próximas às sônicas), o fluxo tipicamente precisa convergir para uma garganta (parte mais  
30           estreita do bocal no qual a velocidade atinge níveis sônicos) e em seguida se expande em uma seção divergente. Bocais adiabáticos (sem nenhum

calor obtido ou perdido através dos limites do sistema de bocal) que atendem a critérios gerais são conhecidos na técnica, e incluem os assim chamados bocais de Laval. O uso dos bocais tipo Laval na formação de fibras é apresentado, por exemplo, na Publicação do Pedido de Patente U.S. N. 5 2004/0099981 A1, e nas Patentes U.S. Nºs 5 075 161 e 5 260 003. Estes métodos utilizam os bocais de Laval a fim de agilizar as velocidades de gás para uma faixa sônica e/ou supersônica. Quando a fusão de polímero é exposta a estas altas velocidades de gás, o mesmo explode em uma multiplicidade de fibras finas. Os mesmos de modo geral usam entradas concêntricas e canalização de gás e de fusão de polímero nos bocais de descarga, o que pode ser uma solução não ótima a partir do ponto de vista da complexidade de perfil do equipamento e da manutenção do equipamento, etc. No entanto, outras configurações de bocal, tais como os perfis não concêntricos (não anulares) de bocais, impõem seus próprios desafios. Por exemplo, em um sistema de bocal de fibra ou filamento no qual a introdução de fusão de polímero e gás é feita a partir de unidades lado a lado, tende a surgir um problema quando o gás de fibralização flui entre um lado com uma superfície ou parede aquecida a uma alta temperatura (por exemplo, devido à introdução de fluxo de fusão de polímero a partir daquele lado) e uma superfície ou parede de um lado oposto (por exemplo, um lado de introdução de gás) a uma temperatura inferior que o lado de fusão de polímero. Em tal cenário, o fluxo de gás tende a se tornar instável na seção divergente nas configurações anteriores de bocal, como por exemplo, com um bocal de Laval. Isto resulta em problemas de falta de cisalhamento de polímero, refluxo ou acúmulo de polímero no lado gasoso da passagem de gás, e subseqüentemente um fluxo de polímero e fibralização desigual, variando entre excessivo e pequeno. Depois de ocorrer uma formação de fusão suficiente a montante no lado gasoso, a fusão de polímero se separa e é tipicamente soprada para fora como um "shot" (baixo percentual de partículas não fibralizadas), uma vez que a fusão localmente se resfria e não mais consegue formar fibras devido ao cisalhamento insuficiente do polímero. Quando o fluxo de polímero não recebe lubrificação como a outra extremidade desta variação, o cisalhamento

se torna excessivo, ocasionando uma poeira indesejada. São necessários novos avanços para se permitir a produção de fibras submicrônicas consistentes de alta qualidade para artigos descartáveis de uma maneira mais eficaz em níveis de produção comercialmente interessantes.

## 5 SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção trata de fibras submicrônicas de baixo defeito e de alta qualidade e de não tecidos que incorporam as fibras submicrônicas produzidas em uma única etapa, da fibrilação de filmes fundidos, do processo de alta produção, e de um dispositivo de bocal usado para este fim. São obtidos produtos não tecidos contendo um teor de microfibras de alta qualidade, que, em um aspecto, excede 99% do teor de fibra submicrônica, em produção de escala comercial. O maior cisalhamento do polímero e a redução do refluxo de polímero ou dos problemas de acúmulo que, de outra forma, levam a defeitos de fibra indesejados, tais como o desenvolvimento de um baixo percentual de shot dentro de um sistema de bocal, são também obtidos com a presente invenção. Com a presente invenção, são providos produtos não tecidos de microfibras de alta qualidade tendo melhores propriedades de barreira, maciez, absorvência, opacidade e/ou alta área de superfície, adequados para uma grande variedade de produtos fibrosos de interesse industrial ou do consumidor.

Um processo para a produção de uma manta não tecida foi descoberto para a fabricação de uma fibra submicrônica de alta produção e alta qualidade por meio da provisão de um fluxo de gás pressurizado que flui dentro uma passagem de gás confinada entre uma primeira e uma segunda paredes opostas que definem respectivas superfícies de parede convergentes a montante e divergentes a jusante para as quais a fusão de polímero é introduzida de modo a prover um filme de polímero extrusado sobre uma superfície de parede aquecida sobre a qual se incide o fluxo de gás que flui dentro da passagem de gás, suficiente para fibrilar o filme de polímero em fibras de diâmetro submicrônico. "Convergente" significa que a área em seção transversal diminui na direção do fluxo de gás; e "divergente" significa que a área em seção transversal aumenta na direção do fluxo de gás. Em

uma modalidade, a passagem de gás compreende uma primeira seção a montante dentro da qual o gás entra a partir de uma extremidade de suprimento, uma região de transição, e uma segunda seção a jusante na qual o gás flui para uma extremidade de saída, onde a região de transição conecta de maneira fluida a primeira seção à segunda seção, e a passagem de gás termina na extremidade de saída da segunda seção. Em uma modalidade particular, a primeira seção da passagem de gás tem uma área em seção transversal monotonicamente decrescente a partir da extremidade de suprimento para a região de transição, e a segunda seção da passagem de gás tem uma área em seção transversal monotonicamente crescente a partir da região de transição para a extremidade de saída da segunda seção. Pelo menos um fluxo de fluido polimérico fluente é transmitido através de pelo menos uma passagem de polímero limitada, que termina em pelo menos uma abertura de pelo menos uma das paredes aquecidas opostas. O polímero é aquecido suficientemente em trânsito para tornar e manter o mesmo fluente até que introduzido na passagem de gás. Cada fluxo de fluido polimérico extrusa na forma de um filme a partir de cada abertura. Cada filme de polímero extrusado se junta ao fluxo de gás e o filme de polímero é fibrilado de modo a formar fibras submicrônicas que saem pela extremidade de saída da segunda seção da passagem de gás. Para fins do presente documento, "área em seção transversal monotonicamente decrescente" significa uma "área em seção transversal estritamente decrescente" a partir da extremidade superior (entrada) para a extremidade inferior da seção de bocal a montante, e "área em seção transversal monotonicamente crescente" significa uma "área em seção transversal estritamente crescente" a partir da extremidade superior da extremidade de saída da seção de bocal a jusante.

Embora não se deseja ficar ligado a qualquer teoria, pensa-se que a introdução do polímero aquecido como um filme sobre uma parede de suporte aquecida que em parte define a passagem de gás dentro do bocal, conforme descrito no presente documento, torna possível se manter e controlar a uniformidade do fluxo de gás de uma maneira aperfeiçoada, de tal modo que o produto de fibra fibrilada apresente uma distribuição de tamanho

aperfeiçoada que é pesada na ou é até mesmo exclusivamente na faixa de tamanho de fibra submicrônica.

Em uma modalidade particular, cada filme de polímero extrusado se junta ao fluxo de gás na segunda seção da passagem de gás. Descobriu-se que a introdução da fusão de polímero na segunda seção do sistema de bocal sobre uma parede de suporte divergente aquecida facilita de maneira especial a produção de fibras submicrônicas de alto teor e alta qualidade e resulta em mantas de saída comercial. Em uma outra modalidade, a localização na qual o filme de polímero extrusado se junta ao gás da segunda seção a jusante a fim de produzir as fibras e mantas de melhor qualidade depende do tipo de gás, da geometria de bocal, incluindo ângulos e transições, e da pressão do gás, e de preferência se situa na metade superior da segunda seção, por exemplo, para as condições de baixa pressão de gás, e de preferência se situa na metade inferior a jusante da segunda seção, por exemplo, para as condições de alta pressão de gás. Em uma modalidade particular, apenas um filme de polímero se forma sobre pelo menos uma das paredes aquecidas opostas, com a pressão do gás excedendo cerca de 69 KPa (10 psi), e cada abertura de passagem de polímero a partir da qual o filme de polímero se extrusa se situa em uma segunda metade a jusante da segunda seção entre a região de transição e a extremidade de saída da segunda seção. Foi descoberto que a segunda metade da segunda seção a jusante pode prover uma ótima região de velocidade de gás na qual a fibrilação de filme fundido é feita de uma forma muito eficaz, produzindo uma microfibrila de alta qualidade.

Como uma outra vantagem da presente invenção, é obtida uma maior produção de fibra submicrônica com menor demanda de gás. A menor demanda de gás torna possível se reduzir o consumo de energia e/ou o uso de operações em unidades em menor escala para ainda assim prover níveis de produção de fibra submicrônica comercialmente interessantes. Em uma modalidade, o fluxo de gás e o fluxo de polímero são introduzidos na segunda seção em uma razão de proporção de escoamento de massa de fluxo de gás/fluxo de polímero menor que cerca de 40:1, particularmente menor que



cerca de 30:1, mais particularmente menor que cerca de 15:1. A razão de proporção de escoamento de fluxo de gás para fluxo de polímero é calculada em quilogramas por hora por metro de fluxo de gás através da passagem de gás para quilograma por hora por metro de fluxo de polímero através de todas as aberturas de polímero da segunda seção da passagem de gás.

Em modalidades mais particulares, cada abertura de passagem de polímero pode ser uma fenda com um diâmetro hidráulico definido como quatro vezes a área em seção transversal da abertura de passagem de polímero dividida pelo perímetro interno da abertura de passagem de polímero, o dito diâmetro hidráulico de cada abertura de passagem de polímero variando de cerca de 25,4  $\mu\text{m}$  (0,001 polegada) a cerca de 25,4  $\mu\text{m}$  (0,100 polegada). O filme de polímero de modo geral tem uma espessura de filme de polímero não maior que o diâmetro hidráulico da abertura de passagem de polímero. O fluido polimérico pode se expandir após sair pela abertura de passagem de polímero, por exemplo, devido a fenômeno de inchamento de molde, sem ficar limitado à teoria. No entanto, a espessura de filme do fluido polimérico quase instantaneamente fica menor que ou igual ao diâmetro hidráulico da abertura de passagem de polímero.

Ao caracterizar a geometria da passagem de gás definida pela parede do bocal da presente invenção, uma primeira superfície bissetora, definida como uma bissetriz angular do ângulo entre a primeira e a segunda paredes da primeira seção, geometricamente divide a primeira seção em duas metades com volumes aproximadamente iguais, e uma segunda superfície bissetora, definida como uma bissetriz angular do ângulo entre a primeira e a segunda paredes da segunda seção, geometricamente divide a segunda seção em duas metades com volumes aproximadamente iguais. A superfície bissetora pode ser planar ou curvilínea, dependendo da modalidade da presente invenção, conforme ficará mais aparente a partir das descrições detalhadas no presente documento. Em uma modalidade geral, o ângulo de bisseção da primeira e da segunda paredes com relação à primeira superfície bissetora varia de cerca de 15 a cerca de 40 graus na primeira seção, e o ângulo de bisseção da primeira e da segunda paredes com rela-

ção à segunda superfície bissetora varia de cerca de 2 a cerca de 20 graus na segunda seção da passagem de gás.

As paredes opostas do bocal por onde o polímero é introduzido na passagem de gás podem ser operadas de tal modo que as mesmas fi-  
5 quem termicamente similares ou diferentes. Em uma modalidade, a primeira e a segunda paredes da passagem de gás são aquecidas aproximadamente à mesma temperatura de modo a prover estados térmicos simétricos com relação à primeira e à segunda superfícies bissetoras. Em uma modalidade alternativa, uma das paredes opostas pode ser uma parede quente, enquan-  
10 to a outra parede pode ser uma parede fria, em que a temperatura da parede quente é pelo menos mais alta que a da parede fria, tal como, pelo menos 50°C mais alta, e somente a parede quente tem pelo menos uma abertura de passagem de fluido polimérico. Nesta configuração, as microfibras podem ser produzidas em um ambiente de fibrilação de fusão quente/gás "frio" (por  
15 exemplo, ar não-aquecido) que reduz a complexidade do processo e os custos. Nesta modalidade, a parede quente da segunda seção diverge para fora da primeira superfície bissetora em um ângulo que varia de cerca de 1 grau a 20 graus, e a parede fria da segunda seção converge para a primeira su-  
20 perfície bissetora em um ângulo que varia de cerca de 0,1 grau a cerca de 15 graus. A razão entre o ângulo divergente da parede quente com relação à primeira superfície bissetora e o ângulo convergente da parede fria com re-  
lação à primeira superfície bissetora varia de cerca de 1:1 a cerca de 500:1. O ângulo entre a linha de centro de cada passagem de polímero e a parede  
25 contendo a abertura de passagem de polímero correspondente pode variar de cerca de 10 graus a cerca de 100 graus. O filme de polímero que extrusa a partir de cada abertura de passagem de polímero pode fluir com o fluxo de gás ao longo de uma superfície de fibralização de polímero, que tem um ân-  
gulo de orientação com relação à primeira superfície bissetora que varia de cerca de 90 graus medidos no sentido horário a cerca de 45 graus medidos  
30 no sentido anti-horário. O comprimento da superfície de fibralização de polímero correspondente a cada abertura de passagem de polímero pode ser menor aproximadamente mil vezes o diâmetro hidráulico da abertura de

passagem de polímero correspondente.

Em uma outra modalidade, a primeira e a segunda paredes da passagem de gás são ligeiramente curvadas de tal modo que a curvatura das paredes opostas da primeira seção transite suavemente sem nenhuma aresta aguda para a curvatura das paredes opostas da segunda seção na região da menor área em seção transversal da passagem de gás. As paredes opostas da segunda seção da passagem de gás podem ser curvadas de tal modo que a parede quente tenha um formato convexo que se curva para fora da segunda superfície bissetora e a parede fria tenha um formato côncavo que se curva para a segunda superfície bissetora conforme visto de dentro da segunda seção da passagem de gás. A razão do raio de curvatura da parede quente para o raio de curvatura da parede fria da segunda seção da passagem de gás varia de cerca de 1:10.000 a cerca de 100:1. O fluxo de gás é introduzido na passagem de gás em uma proporção de escoamento de massa que varia de cerca de 150 quilogramas por hora por metro a cerca de 3500 quilogramas por hora por metro.

O bocal usado nos processos descritos no presente documento para a fabricação de mantas não tecidas compreendendo fibras submicrônicas representa uma outra modalidade da presente invenção. O dispositivo de bocal da presente invenção não se limita a nenhum tipo particular de material polimérico ou gás fibrilante e permite que o polímero seja independentemente selecionado para uma aplicação específica dentre uma ampla variedade de materiais poliméricos. Particularmente, o gás fibrilante é um material gasoso, tal como o ar, o nitrogênio, o vapor, etc. O gás pode ser usado como um único tipo do mesmo ou como combinações de diferentes gases. Além disso, gases adequados podem incluir gases reativos ou gases com componentes reativos, ou combinações dos mesmos. Nas modalidades, o gás de modo geral pode ser inerte aos materiais de parede do bocal. Para fins da presente invenção, os termos "sistema de bocal" e "bocal" são usados de maneira intercambiável.

As microfibras de alta qualidade providas pela presente invenção são providas dentro de distribuições estreitas de tamanho de fibra com defei-

tos mínimos de fibra. Os materiais brutos de manta não tecida diretamente coletados a partir do processo da presente invenção de modo geral podem compreender mais de 35%, particularmente mais de 75%, e mais particularmente mais de 99% de fibras submicrônicas. O desvio padrão de distribuição de diâmetro de fibra de modo geral pode ser menor que cerca de 0,5 micron, particularmente menor que cerca de 0,3 micron. A presente invenção também pode ser usada na produção de microfibras na faixa de fibras sopradas em fusão. A presente invenção pode ser implementada em uma ampla variedade de materiais poliméricos. As fibras podem ser constituídas de um polímero, por exemplo, selecionado dentre as poliolefinas, os poliésteres, as poliamidas, os polímeros biodegradáveis, os poliuretanos, os poliestirenos, as resinas de alquida, os poliácidos de hidróxi alcanóicos, os adesivos ou outros compostos capazes de produzir fibras, ou combinações dos mesmos. A manta não tecida pode ser usada em uma ampla variedade de artigos por si sós ou em combinação com outros materiais. A manta não tecida pode ser usada, por exemplo, em filtros, em aparelhos médicos, em lenços medicinais de limpeza, em materiais de construção de revestimentos térmico-acústicos residenciais, em bandagens, em roupas de proteção, em separadores de bateria, em carregador catalítico, em fraldas, em calças de treinamento, em chumaços para incontinência adulta, em produtos catameniais, tais como os absorventes femininos e forros de calcinha, em tampões, em artigos de limpeza pessoal, em artigos de cuidado pessoal, e em lenços de cuidado pessoal, tais como os lenços para bebês, lenços faciais, lenços corporais, e lenços higiênicos femininos, e suas combinações.

Outros aspectos e vantagens da presente invenção ficarão prontamente aparentes a partir da seguinte descrição detalhada, dos desenhos em anexo e das reivindicações em apenso.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

A Figura 1 é uma vista em seção generalizada ampliada de um sistema de bocal da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

A Figura 2 é uma vista em seção tomada na seção 120 mostra-

da na Figura 12 de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal com uma única passagem de introdução de fusão de polímero de acordo com uma modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

5                   A Figura 3 é uma vista em seção de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal com múltiplas passagem de introdução de fusão de polímero de acordo com uma outra modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

10                   A Figura 4 é uma vista em seção de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal incluindo uma parede divergente sobre o lado de introdução de polímero e uma parede convergente oposta na seção de bocal a jusante de acordo com uma outra modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

15                   A Figura 5 é uma vista em seção de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal com superfícies de parede curvadas de acordo com uma outra modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

20                   A Figura 6 é uma vista em seção de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal incluindo uma superfície de incidência definida de acordo com uma outra modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

                  A Figura 7 é uma vista em seção ampliada de uma porção a jusante do sistema de bocal de acordo com a Figura 6.

25                   A Figura 8 é uma vista em seção de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal com uma superfície bissetora curvilínea para a passagem de gás nas seções a montante e a jusante de acordo com uma outra modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

                  A Figura 9 é uma vista em seção de uma modalidade alternativa do sistema de bocal da Figura 8

30                   A Figura 10 é uma vista em seção de uma modalidade ilustrativa de um sistema de bocal de uma outra modalidade da presente invenção para a formação de fibras submicrônicas.

A Figura 11 é uma vista em seção de uma modalidade alternativa do sistema de bocal da Figura 10.

A Figura 12 é uma vista isométrica do sistema de bocal da Figura 1.

5 A Figura 13 é uma vista em planta do lado de topo do bocal da Figura 12.

A Figura 14 é uma vista em planta do lado de fundo do bocal da Figura 12.

10 A Figura 15 é uma microfotografia SEM (500x) das microfibras com um baixo percentual de shot.

A Figura 16 é uma microfotografia SEM (500x) de microfibras com muito pouco percentual ou nenhum shot.

15 Os aspectos ilustrados nas figuras não são necessariamente desenhados em escala. Os elementos numerados similarmente nas diferentes figuras representam componentes similares a menos que de outra forma indicado.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Embora a presente invenção seja suscetível de modalidade em várias formas, é mostrada nos desenhos e em seguida será descrita uma modalidade presentemente preferida da presente invenção, com o entendimento de que a presente invenção deve ser considerada como uma exemplificação da presente invenção, e não pretende limitar a presente invenção à modalidade específica ilustrada.

25 Com referência à Figura 1, um sistema de bocal geral 800 é ilustrado para a produção de fibras, e, a guisa de exemplo, um sistema eixo-simétrico anular é mostrado. O gás é pressurizado no elemento 700, a partir do qual o fluxo de gás 3 é suprido e entra em uma primeira seção de bocal 8 tendo uma geometria de modo geral convergente e flui para e através de uma região de transição 9, e, em seguida, o fluxo de gás entra e se expande em uma segunda seção de bocal 10 tendo uma geometria de modo geral divergente antes de sair do sistema de bocal através do plano de saída 101 para o ambiente atmosférico 900. A região de transição 9 representa uma

seção de garganta estreitada do bocal na qual a seção convergente a montante transita para a seção divergente a jusante. A região de transição ou garganta inclui a menor área em seção transversal do bocal. A fusão de polímero é alimentada a partir de um corpo de extrusão de polímero 801 ou  
5 outra fonte de polímero fundido para a passagem de gás 802 ou interior do bocal 800. Conforme indicado pelas linhas pontilhadas não limitantes 804-805 ilustradas na figura, a fusão de polímero pode ser introduzida em qualquer lugar no bocal 800 desde que um filme de polímero seja provido sobre uma superfície de parede aquecida interna 803 do bocal 800 incidida pelo  
10 fluxo de gás 3 que flui dentro da passagem de gás 802, eficaz para fibrilar o filme de polímero em fibras de diâmetro submicrônico.

Com referência à Figura 2, um sistema de bocal 1 é ilustrado para a produção de microfibras, e, particularmente, produtos não tecidos compreendendo fibras de diâmetro submicrônico em manta ou em forma de  
15 esteira, de acordo com as modalidades da presente invenção. O sistema de bocal 1 mostrado na Figura 2 ilustra uma passagem de gás simétrica 4, a guisa de exemplo. Um fluxo de fluido polimérico 2 é introduzido no sistema de bocal 1 ao longo de um conduto de polímero curvado, reto ou de outra forma geometricamente adequada 200. Um eixo geométrico ou plano bissetor imaginário 7 bisseca geometricamente o espaço entre as paredes opostas  
20 51 e 61 na primeira seção 8, e ainda as paredes opostas 5 e 6 na segunda seção 10. Como se pode apreciar, quando as paredes opostas são superfícies inclinadas retilíneas (isto é, de modo geral planares), a bissetriz 7 é um plano, enquanto, se as paredes opostas se curvam de modo a prover uma superfície concêntrica contínua, a bissetriz 7 será um eixo geométrico  
25 longitudinal. Quando as mesmas são paredes opostas inclinadas de modo geral planares, as paredes laterais dianteiras e traseiras retas espaçadas entre si são igualmente providas, as quais se conectam às paredes inclinadas (5, 6, e 51, 61), eficazes para completar o encerro da passagem de gás  
30 4 de uma maneira hermética a fluidos. Por exemplo, uma parede lateral traseira 43 é indicada na Figura 2. A parede lateral dianteira correspondente é similar, porém não mostrada na Figura 2 a fim de simplificar a ilustração.

Com referência à Figura 12, o mesmo sistema de bocal 1 é ilustrado de uma maneira mostrando a parede lateral traseira 43 e uma parede lateral dianteira 44. As paredes 43 e 44 são ligadas de uma maneira hermética ao fluido às extremidades opostas 1210/1211 e 1221/1222 dos componentes de molde 121 e 122, respectivamente, os quais incluem as paredes opostas acima descritas que definem a passagem de gás que se estende através da primeira e segunda seções do bocal. O molde e os componentes de parede podem ser feitos de um material, por exemplo, polímero, metal, cerâmica, etc., que pode ser formado, por exemplo, por meio de moldagem, fundição, usinagem, etc., nas formas apropriadas, e são componentes que podem tolerar as condições do processo de produção de microfibras, tais como as descritas no presente documento. Na Figura 2, o local e a forma do formato em funil duplo empilhado definido pelas paredes opostas são traçados com linhas imaginárias nas paredes de extremidade 43 e 44 de modo a facilitar a ilustração, embora seja apreciado que as paredes de extremidade 43 e 44 fechem a passagem de gás 4 e as extremidades opostas traseira e dianteira do bocal. Conforme ilustrado na Figura 12, a entrada de bocal superior 41 é um espaço definido entre as bordas superiores 510 e 610 dos moldes 121 e 122, respectivamente.

As Figuras 13 e 14 mostram uma área em seção transversal de entrada de bocal 1001 (indicada pela área em seção transversal na Figura 13 definida entre as bordas 610 e 510) e uma área em seção transversal de saída de bocal 1002 (indicada pela área em seção transversal na Figura 14 definida entre as bordas 500 e 600) da abertura de entrada 41 e da abertura de saída 42 do bocal, respectivamente, definidas pelos componentes de molde 121 e 122. É também mostrada na Figura 13 uma área em seção transversal intermediária 1003 definida entre os locais de parede oposta 1004 e 1005 (indicados pelas linhas ranhuradas) situados entre a entrada de bocal 41 e a região de transição 9 do bocal. É também mostrada na Figura 14 uma área em seção transversal intermediária 1006 definida entre os locais de parede oposta 1007 e 1008 (indicados pelas linhas ranhuradas) situados entre a região de transição 9 e a saída de bocal 42 do bocal. Nas Figu-



ras 13 e 14, as bordas de molde que definem a passagem de gás que não se encontram visíveis na vista apresentada possuem locais indicados de modo geral por linhas pontilhadas.

Conforme ilustrado, a área em seção transversal da primeira  
 5 seção 8 é decrescente, de preferência pelo menos de uma forma substancialmente contínua, no sentido a jusante entre a entrada 41 através da área intermediária 1003 e ainda até atingir a região de transição 9. A área em seção transversal da segunda seção 10 é crescente, de preferência pelo menos de uma forma substancialmente contínua, no sentido a jusante entre a  
 10 região de transição 9 através da área intermediária 1006 e ainda até atingir a abertura de saída 42 do bocal. Em uma modalidade particular, a primeira seção 8 da passagem de gás 4 possui uma área em seção transversal monotonicamente decrescente 1001 a partir da extremidade de suprimento 41 para a extremidade de descarga inferior 410 da primeira seção 8, isto é, no  
 15 início da região de transição 9, e a segunda seção 10 da passagem de gás 4 possui uma área em seção transversal monotonicamente crescente 1002 a partir da entrada 420 ou início da segunda seção 10 (isto é, a extremidade inferior da região de transição 9) para a extremidade de saída 42 da segunda seção 10. Estes critérios são também usados nas seguintes modalidades  
 20 adicionais da presente invenção.

Com referência à Figura 13, múltiplos fluxos de fluido polimérico  
 2 podem também ser introduzidos de forma concorrente a partir de múltiplas passagens de introdução de polímero correspondentes 200a-d que se alimentam na passagem de gás 4. O número de fluxos de fluido polimérico não  
 25 é limitado, a não ser pelas limitações práticas de uma dada configuração de bocal. Um fluxo de gás pressurizado 3 é introduzido na passagem de gás 4 e flui em uma direção 30 a partir da seção de bocal a montante 8 através da região de transição 9 para a seção de bocal a jusante 10.

As primeira e segunda paredes opostas 5, 6 compreendem a  
 30 primeira seção 8 e uma segunda seção 10. A primeira e a segunda paredes opostas 5, 6 convergem na primeira seção 8 para a região de transição ou seção de garganta 9, que vem a ser a seção transversal mais estreita da

passagem de gás 4, conforme medida em uma direção normal ao plano bis-setor imaginário 7 entre a entrada de bocal 41 e a saída de bocal 42. Sendo assim, a seção de garganta 9 conecta a primeira seção 8 à segunda seção 10 e conduz o gás de uma seção para a outra. Pelo menos uma das paredes

5 opostas 5 ou 6 diverge do plano 7 na segunda seção 10. Nesta ilustração, a primeira seção 8 possui uma área em seção transversal contínua, progressivamente decrescente 65 medida entre as paredes opostas 51 e 61 na direção de fluxo de gás 30 a partir da entrada 41 para a garganta 9. A segunda

10 seção 10 possui uma área em seção transversal contínua, progressivamente crescente 66 medida entre as paredes opostas 5 e 6 na direção de fluxo de gás 30 a partir da garganta 9 para a saída 42. Estas áreas em seção transversal 65 e 66 são medidas normais com relação ao plano 7 entre as paredes opostas (isto é, 51, 61 ou 5, 6, conforme aplicável) na direção do fluxo de gás 3. Os fluxos de fluido polimérico 2 saem pela passagem de introdu-

15 ção de polímero 200 ou pelas passagens 200a-d das aberturas de passagem de polímero 20 e fluem para fora sobre as paredes opostas 5 e 6, e se combinam com o fluxo de gás de alta velocidade 3, de preferência na segunda seção 10 da passagem de gás 4, de modo a formar os filmes 11, isto é, a fusão de polímero que sai pelas aberturas da passagem de polímero se

20 espalha em córregos na forma de um filme ou de outra forma espalha uniformemente o fluido de polímero. O filme ou filmes são fibrilados de modo a formar as fibras 12 compreendendo as fibras de diâmetro submicrônico coletadas abaixo do sistema de bocal 1 como uma manta fibrosa ou material de esteira 13. A quantidade de fibrilação de filmes 11 a partir de fluxos de fluido

25 de polímero 2 pode ser diferente dependendo do local das passagens 200a-d na passagem de gás 4. Em uma modalidade não limitante, a fusão de polímero fibrilado na forma de filamentos ou partículas fundidas contínuas ou discretas, por exemplo, devido ao cisalhamento excessivo dos filmes 11 a partir das passagens 200b w 200c, pode se combinar com os filmes de fusão

30 de polímero fibrilado 11 a partir das passagens 200a e 200d, respectivamente. Em tal modalidade, se os fluxos de fluido polimérico 200b e 200c forem, respectivamente, de tipos dissimilares de polímero a partir dos fluxos de flui-

do polimérico 200a e 200d, o material de manta fibrosa poderá compreender fibras de múltiplos componentes, ou mais especificamente, fibras bicomponentes. Foi observado que a introdução da fusão de polímero na segunda seção do sistema de bocal sobre uma parede de suporte divergente aquecida facilita especialmente a produção de fibras submicrônicas de alto teor e de alta qualidade e de mantas resultantes em produção comercial. As aberturas de passagem de polímero 20 para a passagem de gás 4 podem ter seções transversais ovais, redondas, retangulares, ou outras formas geométricas. Pode haver uma única abertura de passagem de polímero ou múltiplas aberturas de passagem de polímero na passagem de gás tanto na superfície como na parede oposta. A única abertura ou as múltiplas aberturas na modalidade preferida se encontra no lado mais quente, no lado de fusão de polímero (por exemplo, vide a Figura 6 descrita em mais detalhes mais adiante).

Com referência novamente à Figura 3, foi observado que a localização da abertura de passagem de polímero 20 para a produção de fibras de alta qualidade depende do tipo de gás usado, da geometria das seções de bocal, e da pressão do gás. Em uma modalidade preferida, a pressão do gás que entra é relativamente baixa, menor que cerca de 69 KPa (10 psi), e o filme de polímero extrusado se junta ao gás na metade superior (50%) da segunda seção a jusante 10, indicada como a seção 101, na qual a fusão de polímero é extrusada a partir da passagem de gás 200c. Foi observado, neste caso, que a metade superior da segunda seção a jusante 10 pode prover uma região de velocidade de gás ótima na qual a fibrilação de filme fundido é feita de maneira muito eficaz, produzindo um produto de microfibra de qualidade superior. Conseqüentemente, é uma modalidade preferida, no caso de a pressão do gás de entrada, que excede de cerca de 69 a 103,4 KPa (10 a 15 psi), que o filme de polímero extrusado se junte ao gás na metade a jusante inferior (50%) da segunda seção a jusante 10, indicada como restante após a seção 101, na qual a fusão de polímero é extrusada a partir da passagem de gás 200a. Quando a pressão de gás aumenta, o local preferido para a junção dos fluxos de gás e polímero se movimenta a jusante, isto

é, a partir da passagem 200c para a passagem 200b para a passagem 200d e para a passagem 200a para a faixa mais alta de pressões de gás.

A manta fibrosa 13, como, por exemplo, mostrada nas Figuras 2 e 3, pode ser compreendida de uma pilha de fibras soltas ou de maneira alternativa de uma manta unitária autossustentável de fibras, dependendo das condições de processo, tais como, temperatura, distância do coletor 100, e assim por diante. As fibras podem também ser depositadas sobre uma manta de substrato móvel de modo a formar uma camada adicional. A coleta das fibras descarregadas a partir do sistema de bocal 1 pode ser feita, por exemplo, sobre uma correia ou substrato 300 auxiliada por um vácuo sob a correia ou substrato ou outro meio a fim de manter as fibras depositadas sobre a correia ou substrato até outro processamento. A estrutura de coleta de fibra pode ser, por exemplo, uma malha ou correia através de um vácuo que puxa as fibras sobre a estrutura. A mesma pode compreender ainda uma manta fibrosa pré-formada. É óbvio àqueles versados na técnica que o sistema de bocal pode ser um desenho essencialmente de fenda ou de um desenho anular com menores modificações. Embora as Figuras 2 e 3 mostrem um bocal com uma geometria essencialmente plana e simétrica, esta é mostrada apenas para fins de uma ilustração não limitante tão somente.

A Figura 4 mostra mais detalhes de um sistema de bocal 1, e nesta ilustração mostra um sistema com um aparelho mais frio que o limitado pela primeira parede oposta mais fria 5, e um lado de aparelho mais quente contendo os componentes de fusão de polímero que são limitados pela segunda parede oposta mais quente 6. Um eixo geométrico ou plano 7 geometricamente bisseca o espaço entre as paredes opostas 5 e 6 na primeira seção 8, também definindo assim a bisseção de contração ou meio ângulos  $\alpha$ . De preferência, o ângulo de bisseção  $\alpha$  é dentre 0,5 e 89,5 graus, mais preferivelmente dentre 1 e 45 graus, e o mais preferível dentre 15 e 40 graus. Em uma das modalidades, a bisseção  $\alpha$  é de cerca de 30 graus. A parede oposta 6 diverge do eixo geométrico ou plano da segunda seção 10, enquanto a área em seção transversal geral 66 da passagem de gás 4 na segunda seção 10, conforme medida em uma direção normal à direção 30

do fluxo de gás, na verdade ainda aumenta, permitindo que o gás se expanda após a seção de garganta 9. A parede mais fria oposta 5 é de modo geral convergente com relação ao eixo geométrico ou plano 7 em um anterior  $\theta$ . O ângulo  $\theta$  é medido a partir da parede oposta mais quente 6 para o eixo geométrico bissetor ou plano 7, e o ângulo  $\theta$  é medido a partir do eixo geométrico ou plano 7 para a parede oposta mais fria 5. Sendo assim, o ângulo  $\theta$  é zero se a parede oposta 5 for paralela ao eixo geométrico ou plano 7 bissetor, e é negativo se o mesmo for convergente, e positivo se o mesmo for divergente. A parede oposta 6 possui um ângulo divergente  $\beta$  que deve ser de modo geral de cerca de 1 grau para menos que cerca de 90 graus com relação ao eixo geométrico ou plano 7, ou de preferência a partir de cerca de 2 para menos que cerca de 20 graus. Em uma modalidade, este ângulo divergente  $\beta$  é de aproximadamente 15 graus. A parede oposta 5 possui um ângulo divergente que deve ser menor que cerca de +45 graus com relação ao eixo geométrico ou plano 7, mas de preferência possui um ângulo convergente que é de cerca de -45 graus a cerca de zero grau. A soma de  $\beta$  e  $\theta$  deve de preferência ser de cerca de 0,1 grau a cerca de 30 graus. O polímero é direcionado através das passagens de introdução de polímero 200 e sai para a passagem de gás 4 através de uma ou mais aberturas de passagem de polímero 20 e flui na forma de um filme, de córregos, ou de tubos ocos, e, de preferência, de filme, sobre as superfícies de fibralização de polímero 63, também referidas como superfícies de incidência. As passagens de fusão de polímero 200 podem estar em vários ângulos  $\gamma$  com relação à parede oposta mais quente 6, em qualquer lugar desde perpendicular (90 graus) para quase paralelo (co-fluente) para a superfície de parede oposta mais quente 6 (cerca de 5 graus) ou em contra-fluxo em cerca de 170 graus, mas de preferência de 10 a 100 graus. A superfície de fibralização de polímero 63 se encontra presente abaixo (no sentido do fluxo de gás) de cada abertura de passagem de polímero 20 e tem uma continuação suave da segunda parede oposta 6 desde antes da introdução da fusão de polímero 2, e sobre a qual a fusão de polímero flui para fora antes e durante a fibralização pelo fluxo de gás 4. Quando a superfície de fibralização de polímero 63 não é uma conti-

nuação suave da segunda parede mais quente oposta 6, a mesma pode estar em um ângulo  $\phi$  que é medido entre a superfície de fibralização de polímero abaixo de cada abertura de passagem de polímero no sentido do fluxo de polímero e a respectiva passagem de polímero 2, e é menor que cerca de 180 graus. Com um ângulo  $\phi$  de  $(90-\gamma)$  graus ou menor com relação à passagem de polímero (em uma modalidade com  $\gamma$  menor que 90 graus), a superfície de fibralização de polímero 63 essencialmente se tornaria zero. De maneira alternativa, a orientação da superfície de fibralização de polímero pode ser medida com relação ao plano bissetor ou eixo geométrico 7, o ângulo de orientação de superfície de fibralização de polímero varia de cerca de 90 graus medidos no sentido horário para cerca de 45 graus medidos no sentido anti-horário. O comprimento " $\delta$ " da superfície de fibralização de polímero 63 vem a ser uma questão crítica para um bom processo de fibralização com poucos defeitos de fibra, tais como um baixo percentual de shot, etc., e não deve ser menor aproximadamente mil vezes o diâmetro hidráulico da respectiva abertura de passagem de polímero 20, mas, de preferência, menor que cem vezes o diâmetro hidráulico da respectiva abertura de passagem de polímero 20. Um motivo para este exemplo de configuração é que a parede oposta 6 é aquecida de modo a manter o fluxo de polímero pressurizado 2 fundido e fluente. A parede aquecida 6 na segunda seção 10 da passagem de gás 4 tem um ângulo divergente  $\beta$  menor que 45 graus a partir do eixo geométrico bissetor central 7, de preferência de cerca de 1 a 20 graus. A parede não aquecida, mais fria 5 oposta à parede aquecida 6 na segunda seção 10 da passagem de gás 4 pode ter um ângulo convergente  $\theta$  menor que 30 graus a partir do eixo geométrico central 7, particularmente de cerca de 0,1 a 15 graus. A razão  $\beta/\theta$ , do ângulo divergente  $\beta$  para o ângulo convergente  $\theta$  das paredes opostas 6 e 5, respectivamente, na segunda seção 10 da passagem de gás 4 varia de 1:1 para 500:1. A geometria interna em seção transversal da garganta 9 pode ser, por exemplo, de um formato retangular se as paredes opostas forem inclinadas (veja, por exemplo, a Figura 2), ou de maneira alternativa pode ser arredondada se as paredes opostas curvadas forem usadas, formando um limite interno curvado contí-

nuo que define a passagem de gás. Em uma outra modalidade, a passagem de gás 4 compreende um espaço em seção transversal anular localizado entre as paredes 5 e 6. As paredes da Figura 4 são mostradas como inclinadas, chatas e planares, no entanto as paredes das várias seções podem ser curvadas. Isto pode ser feito com relação às paredes 5 e 6 em ambas a primeira ou a segunda paredes ou nas seções de garganta, ou em uma combinação das mesmas. Uma modalidade particular não limitantes é apresentada na descrição a seguir.

Com referência à Figura 5, em uma outra modalidade do sistema de bocal 1, as paredes opostas 6 e 5 da segunda seção 10 da passagem de gás 4 são curvadas. A porção curvada pode ter uma dimensão vertical de cerca de 101,6  $\mu\text{m}$  (0,004 polegada) a cerca de 50,8  $\mu\text{m}$  (2 polegadas), e a passagem de fusão 200 pode ter um diâmetro hidráulico de cerca de 25,4  $\mu\text{m}$  (0,001 polegada a 0,100 polegada). A razão,  $r_1/r_2$ , do raio de curvatura  $r_1$  da parede mais quente 6 para o raio de curvatura  $r_2$  da parede mais fria na segunda seção 10 da passagem de gás 4 pode variar entre 1:10.000 a cerca de 100:1.

Com referência à Figura 6, em uma outra modalidade do sistema de bocal 1, a geometria da parede aquecida 6 é similar à descrita com relação à Figura 5 acima. No entanto, nesta modalidade, a seção de garganta 9 da passagem de gás 4 tem um comprimento maior em comparação às modalidades das Figuras 2 a 4. A parede 5 oposta à parede aquecida 6 converge para o eixo geométrico bissetor ou plano 7 em um ângulo  $\theta$  tipicamente variando de cerca de 0,1 grau a cerca de 15 graus. A parede aquecida 6 diverge do plano 7 em um ângulo  $\beta$  tipicamente variando de cerca de 1 a cerca de 20 graus. Como melhor visto na Figura 7, o fluxo de fluido de polímero 2 entra na segunda seção 10 da passagem de gás 4 através de uma ou de uma multiplicidade de aberturas 20, e é direcionado em um ângulo  $\gamma$  que pode variar de cerca de 10 a 170 graus, mas tipicamente varia de cerca de 30 a cerca de 150 graus, particularmente de cerca de 60 a cerca de 95 graus, com relação à segunda parede mais quente 6. Conforme mostrado, a parede aquecida 16 compreende uma porção de ponta 65 imediatamente abaixo de

uma passagem de introdução de polímero 2. A porção de ponta integral 65 tem uma superfície de fibralização de polímero menor que cerca de  $1270\ \mu\text{m}$  (0,050 polegada), mais preferivelmente menor que cerca de  $254\ \mu\text{m}$  (0,010 polegada). A porção curvada 64 se localiza imediatamente abaixo da porção de ponta 65 que se curva para fora do eixo geométrico central 7 no sentido a jusante 30, e a parede 5 oposta à parede aquecida se converge para o plano 7 ao longo da porção de parede 151 da mesma e um local lateralmente espaçado da e adjacente à extremidade inferior de porção de ponta 152 é curvado para trás de modo a formar o ângulo  $90+\theta$  com o plano 7. A porção curvada 64 define a porção de ponta 65 em sua extremidade superior e também ajuda a impedir a interrupção de gás dentro da passagem de gás 4 próxima à passagem de introdução de polímero 2. A porção de ponta 65 aperfeiçoa a formação de fibras submicrônicas. Nesta ilustração, a porção de ponta 65 tem um lado 63 que faceia a passagem de gás 4 que pode ser substancialmente plano e define o comprimento de fibralização de polímero  $\delta$ . Quando os ângulos  $\gamma$ ,  $\beta$  e  $\theta$  não se encontram nas faixas prescritas no presente documento, o processo pode ser adversamente impactado. Por exemplo, o mesmo pode negativamente impactar a fibralização, os tamanhos da fibras, e aumentar o baixo percentual indesejável de shots. Como uma ilustração não limitante, a porção de ponta 65 pode ter um comprimento vertical ou comprimento de incidência  $\delta$  de aproximadamente  $127\text{-}1270\ \mu\text{m}$  (0,005 - 0,050 polegada), a porção curvada 64 pode ter uma dimensão vertical de cerca de  $1,0\text{-}2,54\ \text{mm}$  (0,040 - 0,100 polegada) ou mais, e a passagem de fusão 2 pode ter um diâmetro hidráulico de cerca de  $25,4$  a  $254\ \mu\text{m}$  (0,001 a cerca de 0,010 polegada), e de preferência de  $50,8$  a  $203,2\ \mu\text{m}$  (0,002 a cerca de 0,008 polegada).

Com referência às Figuras 8 e 9, a primeira e a segunda paredes (5, 6 e 51, 61) da passagem de gás 4 destas configurações alternativas de bocal 1 são levemente curvadas de tal modo que a curvatura das paredes opostas 5, 6 na primeira seção 8 suavemente transita na região de transição 9 da passagem de gás 4 sem nenhuma aresta aguda para a curvatura das paredes opostas 51, 61 da segunda seção 10 onde o polímero é introduzido



nesta ilustração. Nas paredes opostas da segunda seção 10 da passagem de gás 4 são curvadas de tal modo que a parede quente 6 tenha um formato convexo que se curva para fora a partir da superfície bissetora curvilínea 7 e a parede fria 5 tenha um formato côncavo que se curva para a superfície bissetora curvilínea 7 conforme vista de dentro da segunda seção 10 da passagem de gás 4. A razão do raio de curvatura da parede quente 6 para o raio de curvatura da parede fria 5 da segunda seção 10 da passagem de gás 4 pode variar de cerca de 1:10.000 a cerca de 100:1, particularmente de cerca de 1:4 a cerca de 1:1, e mais particularmente de cerca de 1:2 a cerca de 1:1. Os raios de curvatura da primeira e da segunda paredes 51, 61 da primeira segunda seção 8 pode variar de cerca de 1% a cerca de 1000% do comprimento da primeira e da segunda paredes 5, 6 da segunda seção 10 da passagem de gás 4. Cada abertura de introdução de polímero 20 particularmente pode se localizar na parede quente 6 na segunda seção 10. Cada abertura de polímero 20 pode também se localizar entre cerca de 20% a cerca de 80% do comprimento curvilíneo da parede quente 6 na segunda seção 10 da passagem de gás 4. O filme de polímero pode ser extrusado para a segunda seção 10 através de cada abertura de polímero em um ângulo que varia de cerca de 20 graus a cerca de 160 graus com relação à tangente na parede quente 6 da segunda seção 10 da passagem de gás 4.

Com referência às Figuras 10 e 11, a primeira e a segunda paredes (5, 6, 51, 61) da passagem de gás 4 destas configurações alternativas do bocal 1 são inclinadas e planares e a região de transição 9 tem uma configuração curvada assimétrica localizada entre a seção a montante 8 e a seção a jusante 10 na qual o polímero é introduzido nesta ilustração.

Os dispositivos de bocal usados na prática dos processos descritos no presente documento são configuráveis para ser um cartucho que pode ser montado em corpos de molde convencionais. Os corpos de molde convencionais podem variar. No entanto, a prática da máquina padrão industrial pode ser seguida no sentido de montar o cartucho que incorpora o bocal da presente invenção em um corpo de molde. Por exemplo, o molde que carrega o bocal pode ser montado em um corpo de molde com uma disposi-

ção de parafuso convencional e superfícies planas/formadas. Quando uma gaxeta é necessária, o canal é usinado no topo do molde e/ou o local é definido por corpo de molde específico. Por exemplo, o sistema de bocal da presente invenção pode ser adaptado para se encaixar no corpo de extrusão inferior do equipamento fiado por fusão padrão, por exemplo, um equipamento suprido por fornecedores, tais como a Reifenhäuser, a Ason Neumag, a Lurgi Zimmer, a Accurate Products, e a Nordson. O gás pressurizado pode ser suprido para o sistema de bocal através de tubulações de gás usadas em combinação com corpos extrusores de equipamentos comerciais ou convencionais ou através de uma outra fonte de gás comprimido alimentado para a entrada de bocal através de condutos de fluido herméticos a ar e conexões.

A fim de implementar os processos da presente invenção usando os sistemas de bocal e os equipamentos de suporte ilustrados acima, o polímero de modo geral é aquecido até que forme um líquido e flua facilmente. Conforme indicado nas figuras, a fusão de polímero é introduzida na segunda seção 10 da passagem de gás 4 do sistema de bocal 1 através da abertura 20, e forma um filme conforme o mesmo desce ao longo da superfície de parede 6 onde se localiza abaixo da abertura 20, tal como descrito acima. Para formar a fusão de polímero, o polímero é aquecido suficientemente para formar um fluxo de polímero fundido. Por meio de exemplo e não de limitação, o polímero fundido pode ter uma viscosidade no ponto de fibrilação no bocal como um valor numérico positivo menor que 30 Pa-s, particularmente menor que 20 Pa-s, e pode variar de 0,1 a 20 Pa-s, e particularmente de 0,2 a 15. Estas viscosidades são dadas sobre uma taxa de cisalhamento que varia de cerca de 100 a cerca de 100.000 por segundo (a 240°C). O polímero fundido de modo geral se encontra em uma pressão superior à pressão atmosférica no momento que é conduzido através da abertura do molde de polímero e é introduzido na passagem de gás do desenho de bocal.

As proporções de escoamento de fusão ótimas e adequadas do material de polímero de partida usado para prover a fusão de polímero po-

dem variar dependendo do tipo de material de polímero usado e outras condições de processo, tais como as propriedades de fluxo de gás. No caso de um polipropileno tendo uma temperatura de transição de vidro de aproximadamente menos 18°C, uma proporção de escoamento de fusão adequada  
5 pode variar, por exemplo, de cerca de 35 a mais de 2000 decigramas por minuto, de preferência não superior a 1800. A proporção de escoamento de fusão é medida usando-se o método ASTM D-1238. Se o material polimérico utilizado for o polipropileno, o mesmo poderá ter um índice de polidispersão (PDI) que varia, por exemplo, de cerca de 2,0 a cerca de 4,0. Para os fins da  
10 presente invenção, o índice PDI é uma medida da distribuição de pesos moleculares em uma dada amostra de polímero, na qual o PDI calculado é o peso molecular médio de peso dividido pelo peso molecular médio nominal.

A produção de polímero no processo da presente invenção e aparelho dependerá basicamente do polímero específico usado, do desenho  
15 de bocal, e da temperatura e pressão do polímero. A produção de polímero agregado do sistema de bocal 1 é maior que cerca de 1 kg/h/m, particularmente pode variar de 1 a 200 kg/h/m, mais particularmente de 10 a 200 kg/h/m, e o mais particularmente entre 25 e 70 kg/h/m. Por orifício, a produção de polímero pode ser maior que cerca de 1, particularmente maior que  
20 cerca de 50, e mais particularmente maior que cerca de 1000 gramas por minuto por orifício. Pode haver várias aberturas ou orifícios de introdução operando por vez a fim de aumentar a saída de produção total. A produção, juntamente com a pressão, a temperatura, e a velocidade, é medida na saída do orifício de molde. Uma cortina de gás ou outro fluxo de gás ancilar pode  
25 também ser usado de modo a afetar o padrão de borrifação de fibras submicrônicas a partir de dois ou mais bocais. Este fluxo ou cortina de gás pode ajudar na blindagem das formações de borrifação entre os bocais adjacentes ou pode ajudar na compressão do padrão de borrifação. O fluxo ou cortina de gás pode aperfeiçoar a uniformidade da manta.

30 O sistema de bocal da presente invenção não se limita a nenhum tipo particular de material polimérico e permite que o polímero seja independentemente selecionado para uma aplicação específica de produto

dentre uma ampla variedade de materiais poliméricos. Os materiais poliméricos para a formação das mantas fibrosas da presente invenção são os polímeros capazes de ser fibrilados em microfibras usando os bocais da presente invenção. estes polímeros incluem, porém não se limitam aos polímeros selecionados dentre o grupo que consiste em poliolefinas, poliésteres, poli-  
5 amidas, polímeros biodegradáveis, poliuretanos, poliestirenos, resinas de alquida, políácidos de hidróxi alcanóicos, adesivos ou outros compostos capazes de produzir fibras, ou combinações dos mesmos. Exemplos particulares dentre os materiais poliméricos são, por exemplo, os polipropilenos. Os  
10 polímeros podem ser selecionados ainda dentre os homopolímeros; os copolímeros, e os conjugados e podem incluir os polímeros tendo incorporado aditivos de fusão ou agentes ativos em superfície ou pigmentos. Mais de um tipo de polímero pode ser usado por vez através do uso das múltiplas passagens de polímero 200a-d conforme ilustrado na Figura 3. Em tal modalidade, uma manta 13 compreendendo fibras submicrônicas de múltiplos  
15 componentes pode ser produzida, conforme descrito anteriormente.

O fluido gasoso pode ser introduzido no sistema de bocal a uma temperatura inferior a da fusão de polímero, e particularmente abaixo de 100°C, mais particularmente menor que 50°C, ou de outra forma à temperatura ambiente (por exemplo, de cerca de 30°C, ou menor). O fluido gasoso  
20 pode ser ainda tratado, embora não requerido para os processos da presente invenção. Exemplos não limitantes do fluido gasoso fibrilante são os gases, tais como o ar, o nitrogênio, o vapor, etc. Adicionalmente, os gases adequados podem incluir os gases reativos ou os gases com componentes  
25 reativos, ou suas combinações. A pressão do fluido gasoso fibrilante (isto é, fibrilante) é uma pressão positiva suficiente para soprar as fibras submicrônicas e pode estar ligeiramente acima da pressão do polímero fundido quando o mesmo é extrusado para fora da abertura a partir da qual o mesmo é introduzido na passagem de gás do sistema de bocal. O fluido gasoso fi-  
30 bralante apresentará de modo geral uma pressão abaixo de 6,9 MPa (1000 psi), particularmente será menor que 0,69 MPa (100 psi), mais particularmente será de cerca de 83 a 552 KPa (12 a cerca de 80 psi). A proporção de

escoamento de gás utilizada é suficiente para cisalhar o filme de polímero a uma taxa suficiente para fibrilar. A proporção de escoamento de gás através do sistema de bocal de modo se encontra na faixa de 150 quilogramas por hora por metro a cerca de 3500 quilogramas por hora por metro, particularmente de 600 a 2000 quilogramas por hora por metro; mais particularmente de 1000 a 1800 quilogramas por hora por metro. Em termos de fluxo de massa de gás, medido como unidade de massa de gás que flui por tempo unitário por área unitária, o fluxo de gás varia de cerca de  $15 \text{ kg/s/m}^2$  a cerca de  $1500 \text{ kg/s/m}^2$ , dependendo da separação entre as paredes opostas 5 e 6 na seção de garganta 9 e a proporção de escoamento de gás usada. Para os fins da presente invenção, a seção transversal da região de transição 9 do bocal 1 de modo geral é usada para os cálculos do fluxo de massa de gás.

Como um benefício da presente invenção, uma saída maior de fibra submicrônica é obtida com uma demanda menor de gás, tornando exequível se reduzir o consumo de energia e/ou o uso de operações unitárias em menor escala e ainda assim prover níveis de saída de fibra submicrônica comercialmente interessantes. Em uma modalidade, o fluxo de gás e o fluxo de fluido polimérico são introduzidos na segunda seção a uma razão de proporção de escoamento de massa de fluxo de gás/fluxo de fluido polimérico de modo geral menor que cerca de 40:1, particularmente menor que cerca de 30:1, mais particularmente menor que cerca de 15:1. Em uma modalidade, a razão de proporção de escoamento de fluxo de gás para fluxo de fluido polimérico pode ser ainda menor que 10:1. A razão de proporção de escoamento de fluxo de gás para fluxo de fluido polimérico é calculada em quilograma por hora por metro de fluxo de gás através da passagem de gás para quilograma por hora por metro de fluxo de fluido polimérico através de todas as aberturas de polímero da segunda seção. De maneira equivalente, a razão de fluxo de gás para fluxo de fluido polimérico é menor que cerca de 20:1, mais preferivelmente menor que cerca de 10:1, e o mais preferivelmente menor que cerca de 7:1. A razão de massa de fluxo de gás/fluxo de fluido polimérico é calculada como  $\text{kg/s/m}^2$  de fluxo de massa de gás através da

passagem de gás para  $\text{kg/s/m}^2$  de fluxo de massa de fluido polimérico que flui através de todas as abas de polímero da segunda seção da passagem de gás. Sendo assim, é provido um desempenho aperfeiçoado através de um processo mais eficiente, de menor custo que libera mantas de microfibras ou de fibra submicrônica de maior qualidade em produções comercialmente viáveis. Entre outras vantagens, o processo é mais eficaz uma vez que impede o refluxo de polímero e/ou a acúmulo no lado gasoso no processo de formação de fibra. A manta ou esteira de produto resultante é de alta qualidade, uma vez que a manta possui boa uniformidade até mesmo nos tamanhos de fibra submicrônica, e com menos defeitos de fibra e de manta.

Microfibras de alta qualidade são providas na presente invenção dentro de distribuições de tamanho estreito de fibras com um mínimo de defeitos de fibra. Para fins da presente invenção, uma fibra de "alta qualidade" é definida como fibras predominantemente submicrônicas em uma distribuição de diâmetro de fibra estreito com um mínimo de defeitos de fibra, tais como um baixo percentual de shot e poeira. "Shot" (baixo percentual de partículas não fibriladas) é definido como uma massa de polímero discreta não fibrilada, muito esférica ou elipsoidal ou suas combinações com a maior dimensão de massa discreta variando de 10 a 500 microns. A guisa de ilustração não limitante, a Figura 15 é uma vista representativa (500x) que mostra microfibras produzidas com baixo percentual de shot em condições de processo e equipamento de produção de fibra padrões. O baixo percentual de shot cria e deixa grandes poros e outros defeitos na manta formada pelas microfibras. A Figura 16 é uma vista representativa (500x) que mostra microfibras produzidas com pouco ou nenhum percentual de shot com o sistema de bocal operado de acordo com uma modalidade da presente invenção. Uma boa distribuição de fibra é provida e uma conversão de qualidade de fibra e manta poliméricas é obtida na manta fibrosa mostrada na Figura 16. "Poeira" é um outro defeito de fibra, na qual o polímero é cisalhado de maneira incontrolada ou excessivamente em uma massa de polímero muito esférica ou elipsoidal ou suas combinações com a maior dimensão sendo menor que 10 microns. Uma baixa qualidade, indesejada de

fibra pode ter uma faixa excessiva de diâmetros de fibra, ou conter uma grande quantidade de poeira ou grandes quantidades de shot. Uma qualidade particularmente baixa de fibra, ou efeito de fibralização, pode conter um grande shot, tipicamente maior que 40 microns de diâmetro, no qual a massa apresenta um momento e energia térmica (isto é, temperatura) suficientes para penetrar toda a espessura da manta não tecida de modo a formar um defeito de "buraco" distinto na mesma que pode ser visualmente identificado bem abaixo de um exame aumentado (isto é, acima de 10 vezes ou 10x a manta. Sendo assim, uma manta feita a partir de uma fibralização, e de fibras, de alta qualidade tem uma distribuição de diâmetro de fibra estreita, nenhuma ou apenas uma pequena quantidade de poeira abaixo de uma média de 10 partículas por milímetro quadrado, nenhuma ou uma baixa quantidade de shot abaixo de uma média de 10 partículas por milímetro quadrado, ou nenhuma ou uma quantidade insignificante de penetração ou buraco que crie um tipo de shot. Estas medidas e avaliações podem ser feitas usando-se microscópios óticos com um aumento de 10x ou de preferência de 100x (para shot), e fotografias microscópicas eletrônicas de varredura (para poeira e shot). A fim de determinar uma média, pelo menos dez ou de preferência mais de vinte amostras precisam ser tiradas de uma condição de produção ou de um período de produção selecionado e avaliadas desta maneira para poeira e shot.

As mantas fibrosas produzidas de acordo com a presente invenção podem incluir fibras que exibem um ou mais diâmetros de fibra. Os diâmetros de fibra podem variar desde diâmetros de fibra submicrônica até diâmetros de microfibras. Para fins da presente invenção, o "diâmetro de fibra" é determinado pela SEM com análise de imagem. Embora não limitada aos mesmos, os diâmetros médios de fibra podem ser, por exemplo, de cerca de 0,1 a cerca de 1 micron, particularmente de cerca de 0,1 a cerca de 0,9 micron, e mais particularmente de cerca de 0,3 a cerca de 0,6 micron. Os materiais de produto bruto de manta não tecida diretamente coletados a partir do processo da presente invenção de modo geral podem compreender mais de 35%, particularmente mais de 75%, mais particularmente mais de 95%, e

mais particularmente mais de 99% de fibras submicrônicas. O desvio padrão de distribuição de diâmetro de fibra de modo geral pode ser menor que cerca de 0,5 micron, particularmente menor que cerca de 0,3 micron. Além disso, o pano não tecido da presente invenção pode exibir gramaturas que variam desde muito leve a muito pesada. por exemplo, e não a guisa de limitação, os panos podem ter uma gramatura que varia de menos de cerca de 5 gramas por metro quadrado (gsm) a panos tendo uma gramatura maior que cerca de 200 gsm. Em uma modalidade particular, as mantas de produto não tecido compreendendo fibras nas faixas de fibra submicrônica indicadas possuem uma gramatura de cerca de 0,01 a 200 gsm, particularmente de cerca de 0,1 a cerca de 50 gsm. A gramatura dos produtos de manta não tecida pode variar dependendo da aplicação da manta desejada. Para algumas aplicações de peso mais leve, a gramatura da camada de fibra submicrônica pode ser, por exemplo, menor que cerca de 10 gsm, dependendo do uso da manta não tecida. Pode ser desejável formar uma manta de diversas camadas superpostas. A camada de fibra submicrônica pode ser combinada com uma, duas, ou mais camadas iguais ou diferentes. Uma manta compósita pode compreender, por exemplo, uma construção de três componentes de camada ligada por fiação/camada de fibra submicrônica/camada ligada por fiação. Um outro exemplo de manta compósita pode compreender uma construção de camada ligada por fiação/camada soprada em fusão de fibra de 1 a 10 microns/camada de fibra de fibrilação de filme fundido submicrônica. As gramaturas para as mantas compostas totais podem variar, por exemplo, de cerca de 5 gsm a cerca de 200 ou mais gsm, porém podem variar dependendo do número e tipos de camadas montadas juntas.

Uma manta de fibra submicrônica uniforme pode ser produzida por meio do processo da presente invenção. A uniformidade de manta pode ser medida através de vários métodos. Além da taxa de shot e poeira descrita acima, outros exemplos de métrica de uniformidade incluem um baixo coeficiente de variação de diâmetro de poro, gramatura, permeabilidade ao ar, e/ou opacidade. A uniformidade pode também significar falta de feixes ou cordoalha de fibra, ou furos visíveis, ou outros defeitos parecidos. A unifor-



midade pode também ser avaliada pela medição da cabeça de água ou outra barreira líquida da manta. O diâmetro de poro pode ser determinado pelos métodos conhecidos aos versados na técnica. O diâmetro de poro mínimo da camada de fibra submicrônica pode ser menor que cerca de 15 microns. A falta de cordoalha pode ser medida por meio da contagem do número de cordas ou feixes em uma área medida da manta; isto é melhor feito juntamente com uma avaliação de shot e poeira. A falta de furos pode também ser medida por meio da contagem do número de furos tendo um diâmetro acima de um certo limite em uma área medida da manta. Um microscópio óptico com 10-100x de aumento, ou um microscópio eletrônico de varredura ou outro meio de ampliação pode ser usado. Por exemplo, os furos podem ser contados quando se encontram visíveis a olho nu usando uma caixa de luz, ou mais de 100 microns de diâmetro.

A presente invenção pode ser implementada em uma ampla variedade de materiais poliméricos e a manta não tecida pode ser usada em uma ampla variedade de artigos sozinha ou em combinação com outros materiais. O pano não tecido produzido de acordo com a presente invenção pode incluir uma ou mais camadas fibrosas, assim como não tecidos, forros, filmes, e suas combinações, e pode ser utilizado na fabricação de inúmeros produtos de limpeza doméstica, de higiene pessoal, médicos, ou para outros usos finais, nos quais um pano não tecido pode ser empregado. A manta não tecida pode ser usada, por exemplo, em filtros de gás ou de líquido, em calças de treinamento, em chumaços para incontinência adulta, em produtos catameniais, tais como os absorventes femininos e forros de calcinha, em tampões, em artigos de limpeza pessoal, em artigos de cuidado pessoal, e em lenços de cuidado pessoal, tais como os lenços para bebês, lenços faciais, lenços corporais, e lenços higiênicos femininos, e suas combinações. Além disso, o pano pode ser utilizado como gaze médica, ou em materiais cirúrgicos absorventes similares, para a absorção de exsudados de ferimentos, e ajudar na remoção de infiltração dos locais cirúrgicos. Outros usos finais incluem os lenços higiênicos umedecidos ou secos, anti-microbianos, ou de superfície dura para os mercados industriais, automotivos, domésti-

cos, alimentícios, e de artes gráficas, os quais podem ser prontamente portáteis para limpeza ou similar.

O não tecido da presente invenção pode também ser incluído em construções adequadas para uma roupa de proteção médica ou industrial, tais como em aventais, cortinas, pesos de fundo, roupas de laboratório, máscaras faciais, ou similar, e de coberturas protetoras, incluindo as capas para veículos, tais como, carros, caminhões, barcos, aviões, motocicletas, bicicletas, carros de golfe, assim como coberturas para equipamentos frequentemente deixados ao ar, tais como, churrasqueiras, equipamentos de quintal e jardim, tais como as cortadoras de grama e as escavadeiras, móveis de varanda, revestimentos de piso, toalhas de mesa, e coberturas para áreas de piquenique. Em uma modalidade particular, o não tecido é usado em um artigo selecionado dentre o grupo que consiste em bandagens, fraldas, chumaços para incontinência adulta, produtos catameniais, tais como os absorventes femininos e forros de calcinha, tampões, artigos de limpeza pessoal, em artigos de cuidado pessoal, e em lenços de cuidado pessoal, tais como os lenços para bebês, lenços faciais, lenços corporais, e lenços higiênicos femininos, e suas combinações. O não tecido pode também ser usado em aplicações de forro de cama, incluindo os protetores de colchão, os amaciadores, os acolchoados, os edredons, e as colchas. Além disso, as aplicações acústicas, tais como os componentes automotivos internos e externos, forro de carpete, acessório isolante ou amortecedor de som e envoltórios de maquinário, e revestimentos de parede. O não tecido é ainda vantajoso para várias aplicações de filtração, incluindo casa de máquina, mais piscina e filtros de estação de águas. O não tecido pode também ser usado em outras aplicações, tais como, em separadores de bateria, ou como carreadores de agentes e partículas (por exemplo, os carreadores catalíticos).

Dependendo do uso final desejado, a aplicação do pano não tecido, aditivos específicos podem ser aplicados diretamente na fusão polimérica ou aplicados depois da formação da manta. Exemplos não limitantes adequados de tais aditivos incluem os aditivos intensificadores de absorvência ou detergentes, os estabilizadores de UV, os retardadores de fogo, os

corantes e os pigmentos, as fragrâncias, os protetores epiteliais, os tensoativos, os solventes industriais funcionais aquosos e não aquosos, tais como, os óleos vegetais, os óleos animais, os terpenóides, os óleos de silicone, os óleos minerais, os óleos minerais brancos, os solventes parafínicos, os polibutilenos, os poliisobutilenos, as polialfaolefinas, e suas misturas, os toluenos, os agentes sequestrantes, os inibidores de ferrugem, os abrasivos, os destilados de petróleo, os desengordurantes, e suas combinações. Os aditivos adicionais incluem as composições antimicrobianas, incluindo, porém não se limitando às iodinas, aos álcoois, tais como o etano ou propanol, os biocidas, os abrasivos, os materiais metálicos, tais como o óxido de metal, o sal de metal, o complexo de metal, a liga de metal ou suas misturas, os complexos bacteriostáticos, os complexos bactericidas, e as combinações dos mesmos.

Todas as quantidades, partes, razões, e percentuais descritos no presente documento são em peso, a menos que de outra forma indicado. O exemplo não limitante a seguir também ilustra a presente invenção.

#### EXEMPLO

Um extrusor (extrusor de parafuso único, de 3,175 m (125 polegadas) de diâmetro) e um corpo de molde soprado em fusão convencional (de 25 polegadas de largura) foram usados para prover uma fonte de polipropileno 1800 MFR. A temperatura do extrusor era de 343,3°C (650°F). Um bocal de modo geral tendo a configuração da Figura 4 foi montado em um corpo de molde de extrusor convencional usando uma montagem de parafuso em gaxeta convencional em uma região de superfície plana superior sobre o dispositivo de bocal. Uma fonte de ar pressurizado foi alimentada a partir de um suprimento de ar para a entrada do bocal através de conexões herméticas ao ar e vedações. O bocal tinha os seguintes aspectos geométricos (usando a Figura 4 como um exemplo não limitante): uma distância mínima de 0,016 entre as paredes opostas 5 e 6 na seção de garganta 9; a parede fria 5 convergindo em um ângulo  $\theta$  de 1,5 graus negativos para o plano bissetor 7; a parede quente divergindo para fora em um ângulo  $\beta$  de 2 graus a partir do plano bissetor 7; a passagem de polímero entrou na segun-

da seção na segunda metade a jusante da segunda seção e tinha um diâmetro hidráulico de cerca de 2,0 mm (0,08 polegada) e foi orientada em um ângulo  $\gamma$  de cerca de 32 graus com a parede quente 6; o comprimento de superfície de fibralização de polímero  $\delta$  era de quase zero. A seção convergente 8 tinha um comprimento vertical de cerca de 2,3 mm (0,090 polegada) com o ângulo de bisseção  $\alpha$  de cerca de 30 graus. A seção de garganta 9 tinha um comprimento vertical de cerca de 0,254 mm (0,010 polegada), e a seção divergente 10 tinha um comprimento vertical de cerca de 0,508 mm (0,200 polegada). O ar pressurizado foi introduzido na extremidade de entrada (seção convergente) do bocal a uma proporção de escoamento de 8,5 m<sup>3</sup>/minuto (300 scfm (pés cúbicos padrão por minuto)) e a uma temperatura de ar de 26,7°C (80°F). Um produto de manta não tecida foi coletado e analisado, que revelou que tinha os seguintes atributos de produto: gramatura total de 17,2 gsm da construção de camada ligada por fiação/camada de fibra submicrônica/camada ligada por fiação; o teor de fibra estimado produzido a partir do aparelho de bocal da presente invenção foi de cerca de 15% (27 gsm); o diâmetro mínimo das fibras na camada de fibra submicrônica: 0,45 micron; desvio padrão: 0,15; razão de desvio padrão/distribuição de diâmetro de fibra submicrônica mínima = 0,33; e faixa de diâmetro de fibra: 0,1 a 0,85 microns.

A partir da apresentação acima, será observado que inúmeras modificações e variações podem ser realizadas sem se afastar do verdadeiro espírito e âmbito do conceito novo da presente invenção. Deve-se entender que não se pretende, como também não se deve inferir nenhuma limitação com relação às modalidades específicas ilustradas no presente documento. A apresentação pretende cobrir, por meio das reivindicações em apenso, todas as modificações que recaiam no âmbito das reivindicações.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para produção de uma manta não tecido, caracterizado pelo fato de que compreende:

5       - um fluxo de gás pressurizado, que flui dentro uma passagem de gás confinada entre uma primeira e uma segunda paredes opostas, das quais pelo menos uma é aquecida;

10       - a dita passagem de gás compreendendo uma primeira seção a montante dentro da qual o gás entra a partir de uma extremidade de suprimento, uma região de transição, e uma segunda seção a jusante na qual o gás flui para uma extremidade de saída, de onde a região de transição conecta de maneira fluida a primeira seção à segunda seção, e a passagem de gás termina na extremidade de saída da segunda seção, e na qual a dita primeira seção da passagem de gás apresenta uma área em seção transversal decrescente a partir da extremidade de suprimento para a região de transição, e a dita segunda seção da passagem de gás tem uma área em  
15       seção transversal crescente a partir da região de transição para a extremidade de saída da segunda seção;

20       - pelo menos um fluxo de fluido polimérico fluente através de pelo menos uma passagem de polímero limitada, que termina em pelo menos uma abertura de pelo menos uma das ditas paredes aquecidas opostas, sendo que cada fluxo de fluido polimérico extrusa na forma de um filme a partir de cada dita abertura; e

25       - cada filme de polímero extrusado se junta ao fluxo de gás e o filme de polímero é fibrilado de modo a formar fibras compreendendo fibras de diâmetro submicrônico que saem pela extremidade de saída da dita segunda seção da passagem de gás.

30       2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás é introduzido na passagem de gás em uma proporção de escoamento de fluxo de massa que varia dentre 150 quilogramas por hora por metro a 3500 quilogramas por hora por metro.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás e o fluxo de fluido polimérico são introdu-

zidos a uma razão de proporção de escoamento de massa de fluxo de gás/fluxo de fluido polimérico inferior a 40:1.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás na entrada da passagem de gás está em uma temperatura inferior a 50°C.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o material de manta não tecida compreende mais de 35% de fibras de diâmetro submicrônico.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que as fibras compreendem um polímero selecionado dentre o grupo que consiste em poliolefinas, poliésteres, poliamidas, polímeros biodegradáveis, poliuretanos, poliestirenos, resinas de alquida, políácidos de hidróxi alcanóicos, ou suas combinações.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a dita primeira seção da passagem de gás apresenta uma área de seção transversal monotonicamente diminuindo da extremidade de suprimento à região de transição, e a dita segunda seção da passagem de gás apresentando uma área transversal monotonicamente aumentando da região de transição à extremidade de saída da segunda seção.

8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que cada abertura de passagem de polímero é uma fenda com um diâmetro hidráulico definido como quatro vezes a área em seção transversal da abertura de passagem de polímero dividida pelo perímetro interno da abertura de passagem de polímero, o dito diâmetro hidráulico de cada abertura de passagem de polímero variando de 25,4  $\mu\text{m}$  a 2,54 mm (0,001 polegada a 0,100 polegada).

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o filme de polímero apresenta uma espessura de filme de polímero não superior ao diâmetro hidráulico da abertura de passagem de polímero.

10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1

a 9, caracterizado pelo fato de que um primeiro eixo bissetriz imaginária, definido como um plano bissetriz do ângulo entre a primeira e a segunda paredes, geometricamente divide a primeira seção em duas metades com volumes aproximadamente iguais, e uma segunda superfície bissetora, definida  
5 como uma bissetriz angular do ângulo entre a primeira e a segunda paredes, geometricamente divide a segunda seção em duas metades com volumes aproximadamente iguais.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o ângulo de bisseção da primeira e da segunda paredes  
10 com relação à primeira superfície bissetora varia de 15 a 40 graus na primeira seção, e no qual o ângulo de bisseção da primeira e da segunda paredes com relação à segunda superfície bissetora varia de 2 a 20 graus na segunda seção da passagem de gás.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 10 ou 11, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda paredes da passagem de gás  
15 são aquecidas aproximadamente a mesma temperatura de modo a prover estados térmicos simétricos com relação à primeira e à segunda superfícies bissetoras.

13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1  
20 a 12, caracterizado pelo fato de que apenas um filme de polímero se forma sobre pelo menos uma das paredes opostas aquecidas, e cada abertura de passagem de polímero a partir da qual o filme de polímero extrusa se situa na metade superior da segunda seção, conforme determinado com relação ao comprimento da parede aquecida incluindo a passagem de polímero que  
25 se estende entre a região de transição e a extremidade de saída da segunda seção.

14. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1  
a 13, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda paredes da passagem de gás são ligeiramente curvadas de tal modo que a curvatura das  
30 paredes opostas da primeira seção transite suavemente sem qualquer aresta aguda à curvatura das paredes opostas da segunda seção na região de transição da passagem de gás.

15. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que uma das paredes opostas é uma parede quente e a outra parede é uma parede fria, em que a temperatura da parede quente é pelo menos 50°C superior à parede fria, e apenas a parede quente tem pelo menos uma abertura de passagem de fluido polimérico.

16. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 15, caracterizado pelo fato de que o ângulo de bisseção da primeira e da segunda paredes com relação à primeira superfície bissetora da primeira seção varia de 15 a 40 graus.

17. Processo, de acordo com a reivindicação 15 ou 16, caracterizado pelo fato de que a parede quente da segunda seção diverge para fora da primeira superfície bissetora em um ângulo que varia de 1 grau a 20 graus, e a parede fria da segunda seção converge para a primeira superfície bissetora em um ângulo que varia de 0,1 grau a 15 graus.

18. Processo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a razão entre o ângulo divergente da parede quente com relação à primeira superfície bissetora e o ângulo convergente da parede fria com relação à primeira superfície bissetora varia de 1:1 a 500:1.

19. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 18, caracterizado pelo fato de que o ângulo entre a linha de centro de cada passagem de polímero e a parede contendo a abertura de passagem de polímero correspondente varia de 10 graus a 100 graus.

20. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 19, caracterizado pelo fato de que o filme de polímero que extrusa a partir de cada abertura de passagem de polímero flui com o fluxo de gás ao longo de uma superfície de fibralização de polímero, que tem um ângulo de orientação com relação à primeira superfície bissetora que varia de 90 graus medidos no sentido horário a 45 graus medidos no sentido anti-horário.

21. Processo, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que o comprimento da superfície de fibralização de polímero correspondente a cada abertura de passagem de polímero é menor aproximadamente mil vezes o diâmetro hidráulico da abertura de passagem de



polímero correspondente.

22. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda paredes da passagem de gás são ligeiramente curvadas de tal modo que a curvatura das paredes opostas da primeira seção transite suavemente sem qualquer aresta aguda para a curvatura das paredes opostas da segunda seção na região de transição da passagem de gás.

23. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 22, caracterizado pelo fato de que as paredes opostas da segunda seção da passagem de gás são curvadas de tal modo que a parede quente tenha um formato convexo que se curva para fora da segunda superfície bissetora e a parede fria tenha um formato côncavo que se curva para a segunda superfície bissetora conforme visto de dentro da segunda seção da passagem de gás.

24. Processo, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a razão do raio de curvatura da parede quente para o raio de curvatura da parede fria da segunda seção da passagem de gás varia de 1:10.000 a 100:1.

25. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 24, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás é introduzido na passagem de gás em uma proporção de escoamento de massa que varia de 150 quilogramas por hora por metro a 3500 quilogramas por hora por metro.

26. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 25, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás e o fluxo de fluido polimérico são introduzidos na segunda seção a uma razão de proporção de escoamento de massa de fluxo de gás/fluxo de fluido polimérico inferior a 40:1.

27. Processo, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás e o fluxo de fluido polimérico são introduzidos na segunda seção a uma razão de proporção de escoamento de massa de fluxo de gás/fluxo de fluido polimérico inferior a 15:1.

28. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 27, caracterizado pelo fato de que o fluxo de gás na entrada da passagem

de gás se encontra em uma temperatura inferior a 50°C.

29. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 26, caracterizado pelo fato de que o material de manta não tecida compreende mais de 35% de fibras submicrônicas.

5                   30. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 29, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a provisão de uma pluralidade de materiais poliméricos diferentes como diferentes fluxos de fluido polimérico que fluem através de passagens de polímero limitadas separadas que terminam em uma abertura em pelo menos uma das ditas paredes opostas, em que os diferentes fluxos de fluido polimérico extrusam na  
10                   forma de um filme a partir de cada dita abertura, sendo que o material de manta não tecida compreende fibras de múltiplos componentes.

31. Aparelho para formação de fibras de tamanho submicrônico, caracterizado pelo fato de que compreende:

15                   - uma primeira e uma segunda paredes opostas que definem uma passagem de gás, das quais pelo menos uma pode ser aquecida, sendo que a dita passagem de gás operável no sentido de receber gás pressurizado a partir de uma fonte de gás pressurizado e conduzir o gás pressurizado como um fluxo de gás em uma direção a montante para a jusante dentro  
20                   do bocal, em que a dita passagem de gás compreende uma primeira seção a montante dentro da qual o gás entra a partir de uma extremidade de suprimento, uma região de transição, e uma segunda seção a jusante na qual o gás flui para uma extremidade de saída, em que a região de transição conecta de maneira fluida a primeira seção à segunda seção, e a passagem de  
25                   gás termina na extremidade de saída da segunda seção, e em que a dita primeira seção da passagem de gás tem uma área em seção transversal decrescente a partir da extremidade de suprimento para a região de transição, e a dita segunda seção da passagem de gás tem uma área em seção transversal crescente a partir da região de transição para a extremidade de  
30                   saída da segunda seção;

                    - pelo menos uma passagem de polímero limitada operável de modo a receber um polímero fundido de uma extrusora de polímero e con-

duzir o polímero fundido como pelo menos um fluxo de fluido polimérico fluente para pelo menos uma das ditas paredes aquecidas da passagem de gás, em que cada dita abertura é operável no sentido de extrusar o fluxo de fluido polimérico na forma de um filme para uma parede aquecida na qual o  
5 filme pode ser juntado ao fluxo de gás da passagem de gás de modo a fibrilar o filme de polímero para formar fibras compreendendo fibras submicrônicas que saem pela extremidade de saída da dita segunda seção da passagem de gás.

32. Aparelho, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado  
10 pelo fato de que a pelo menos uma abertura de passagem de polímero a partir da qual o filme de polímero extrusa se localiza na segunda seção da passagem de gás.

33. Aparelho, de acordo com a reivindicação 31 ou 32, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma abertura de passagem de polímero  
15 a partir da qual o filme de polímero extrusa se localiza em uma metade inferior a jusante da segunda seção, conforme determinado com relação ao comprimento da parede aquecida incluindo a passagem de polímero que se estende entre a região de transição e a extremidade de saída da segunda seção.



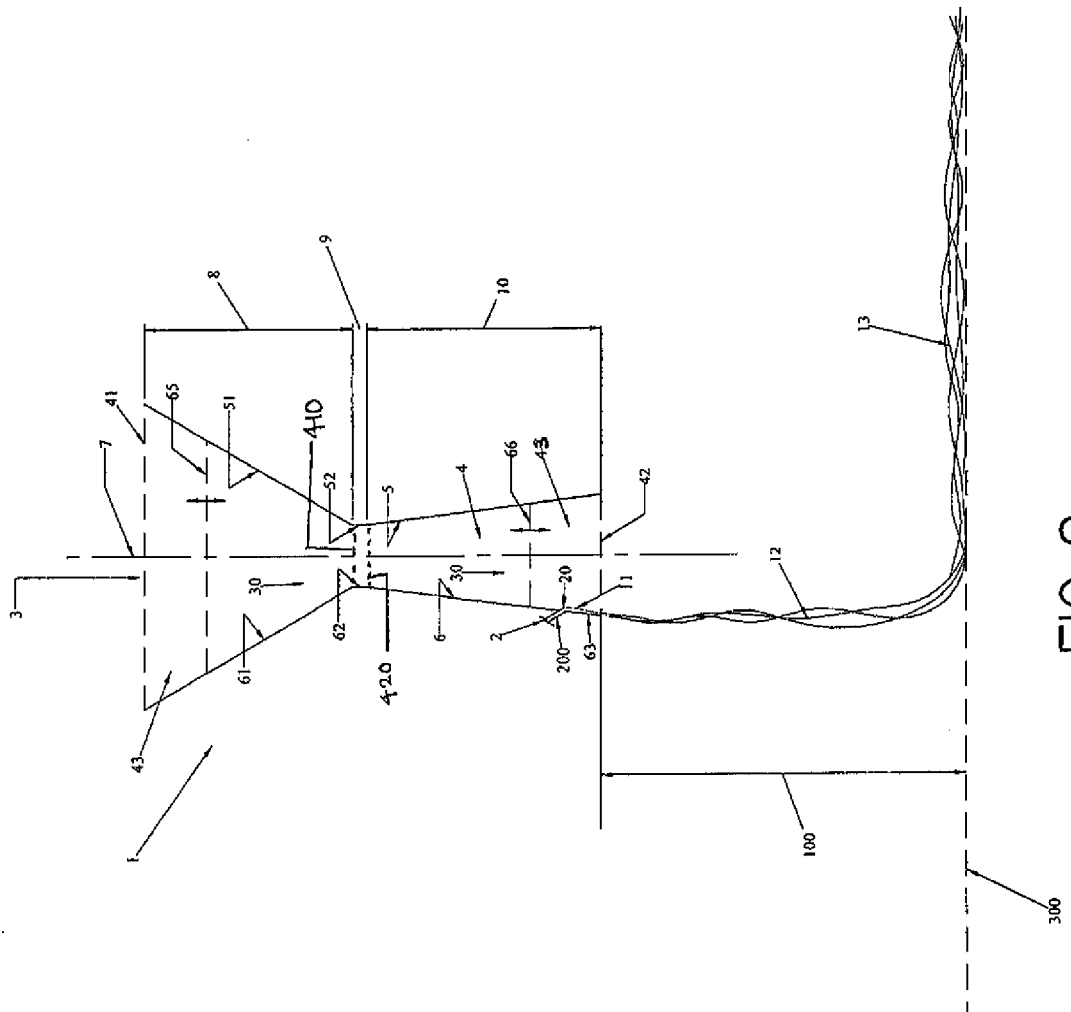


FIG. 2

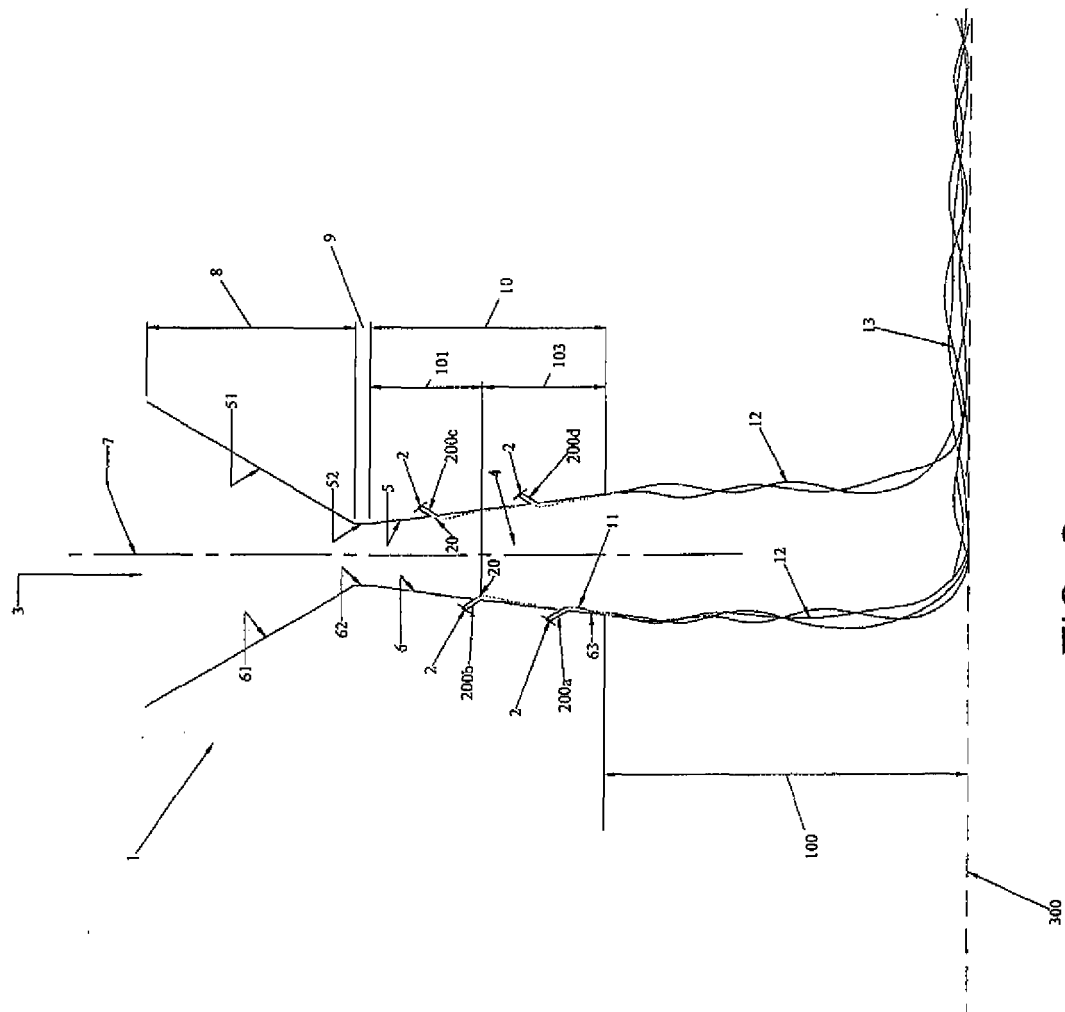


FIG. 3

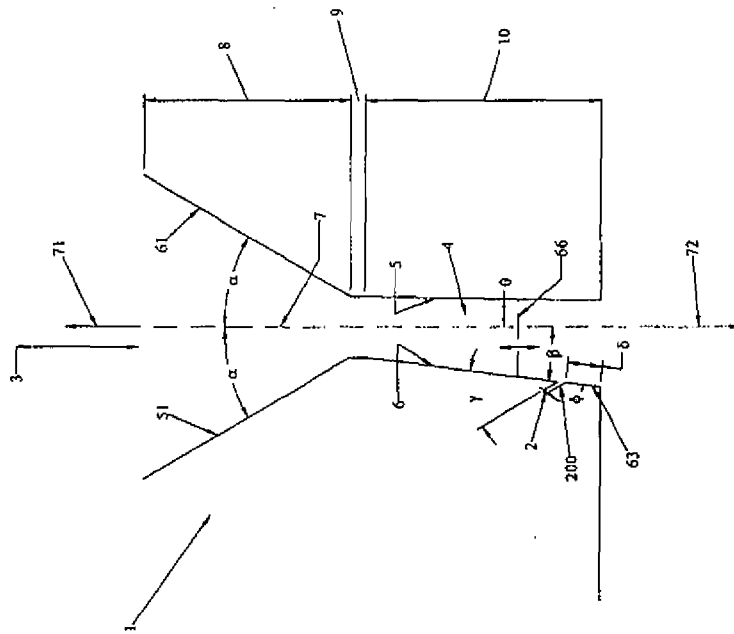


FIG. 4





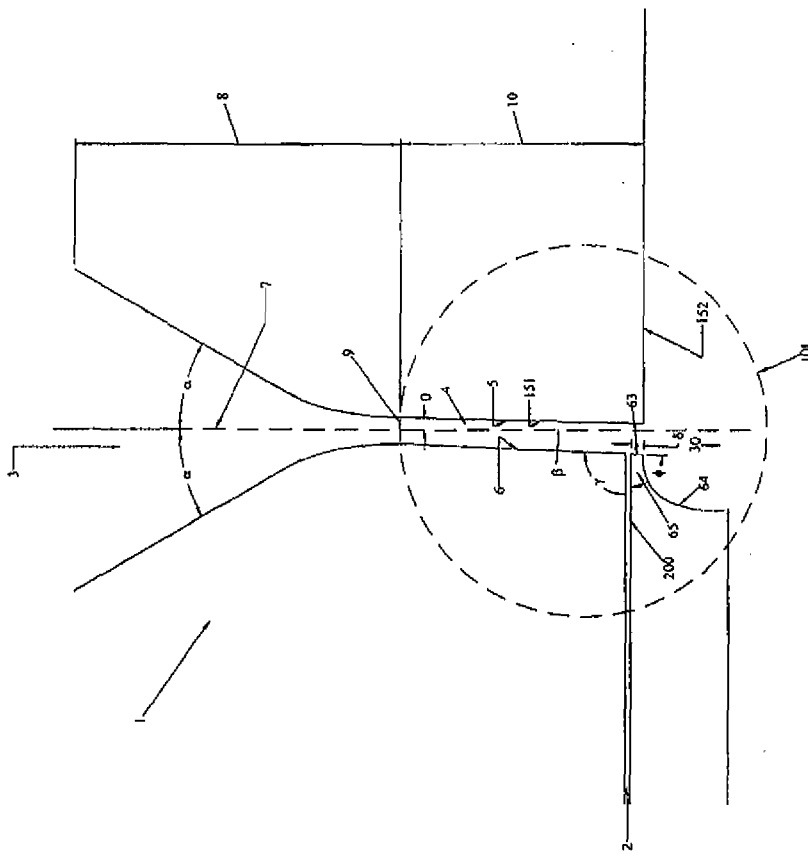


FIG. 6

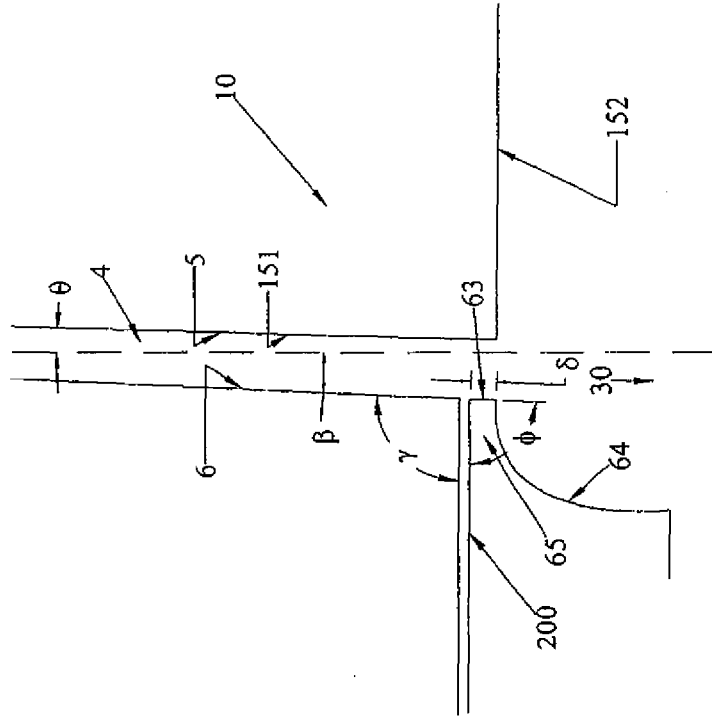


FIG. 7

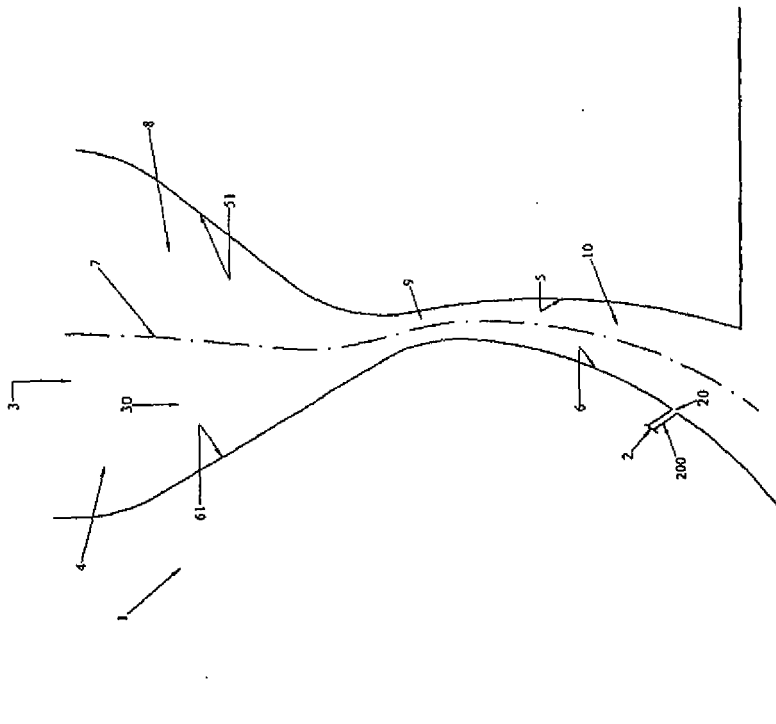


FIG. 8

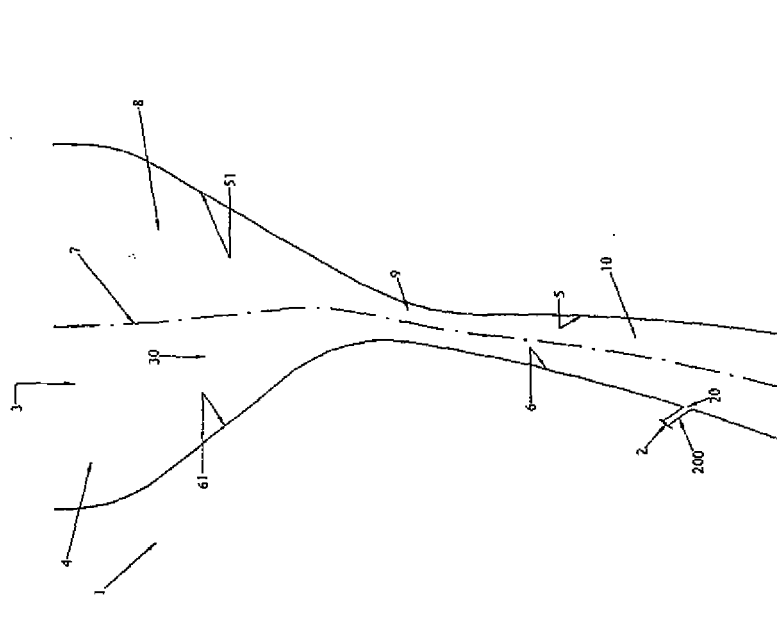


FIG. 9

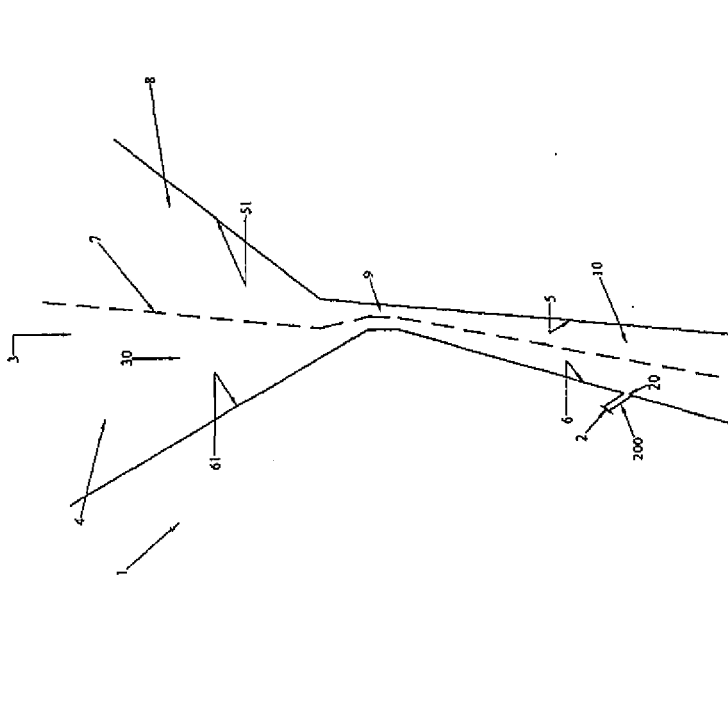


FIG. 10

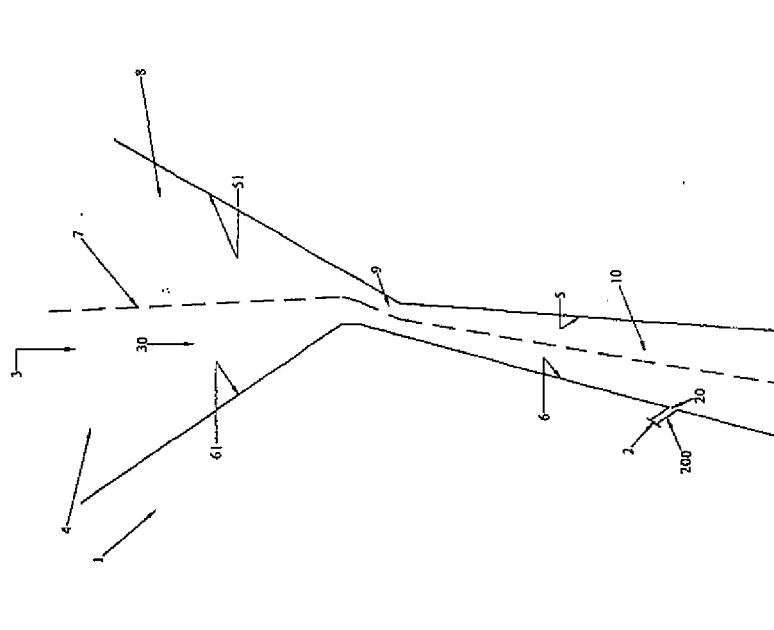


FIG. 11

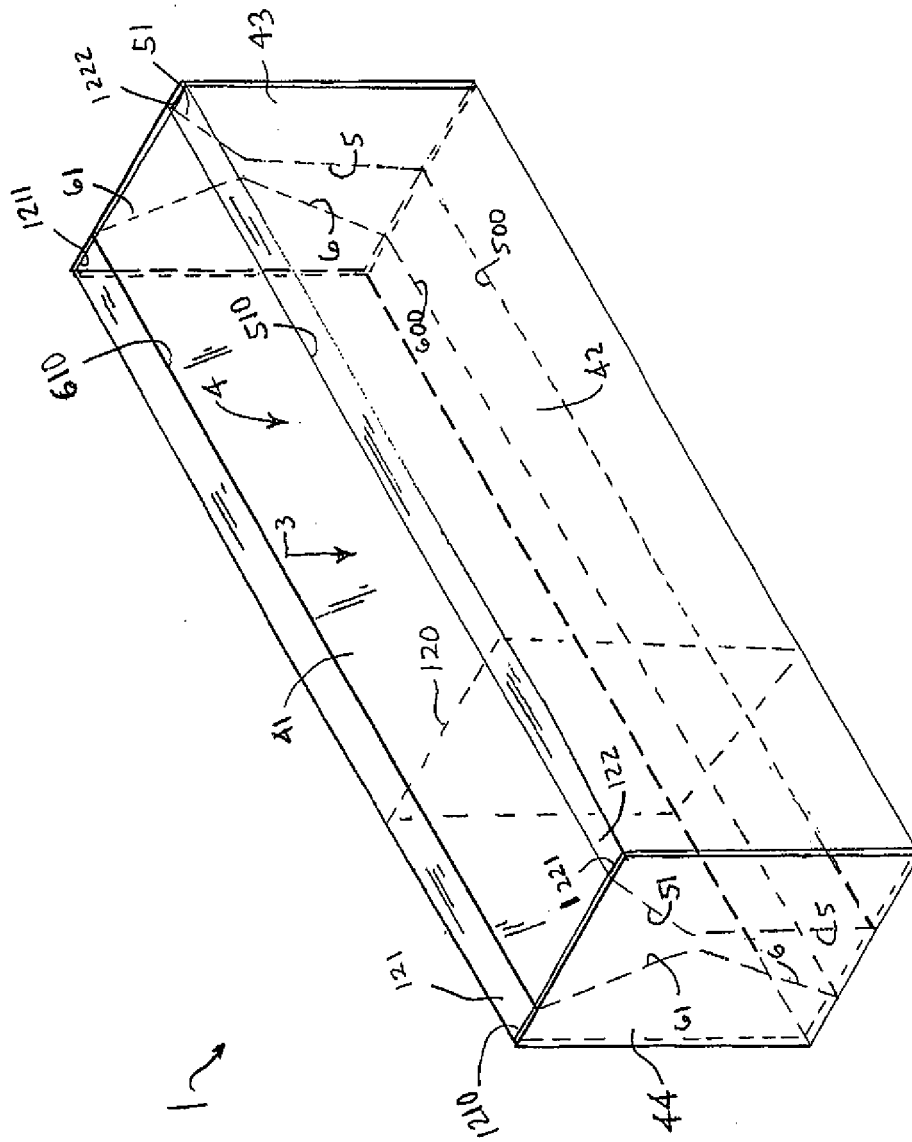


FIG. 12



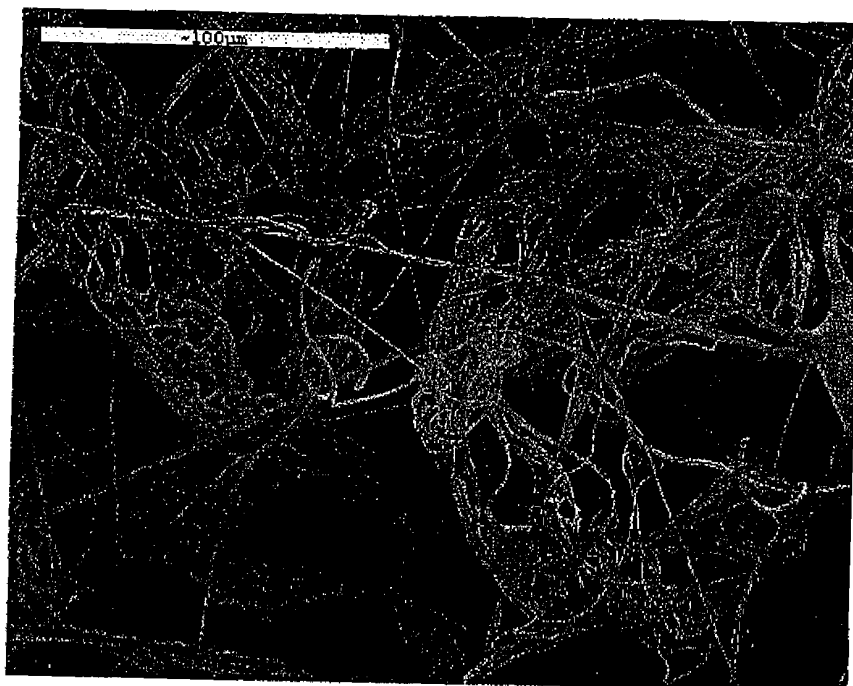


Fig. 15

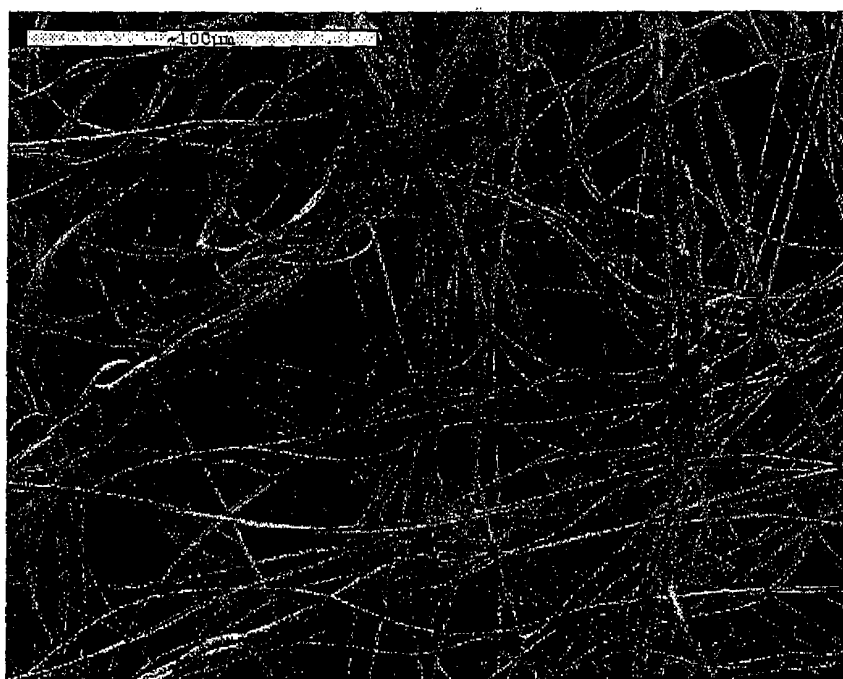


Fig. 16