



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

(11) PI 0620123-7 B1

(22) Data do Depósito: 07/12/2006

(45) Data de Concessão: 31/01/2017



(54) Título: APARELHO DE AQUECIMENTO PARA ESTIRAR FIBRAS DE POLIOLEFINA DE PESO MOLECULAR ULTRA-ALTO EM UM ESTIRAMENTO DE ESTÁGIO ÚNICO COM AQUECIMENTO CONTÍNUO, E PROCESSO PARA ESTIRAR FIBRAS DE POLIOLEFINA DE PESO MOLECULAR ULTRA-ALTO

(51) Int.Cl.: D02J 1/22; D02J 13/00

(30) Prioridade Unionista: 01/11/2006 US 11/591.090, 20/12/2005 US 60/751.895

(73) Titular(es): HONEYWELL INTERNATIONAL INC.

(72) Inventor(es): THOMAS YIU-TAI TAM

APARELHO DE AQUECIMENTO PARA ESTIRAR FIBRAS DE POLIOLEFINA DE PESO MOLECULAR ULTRA-ALTO EM UM ESTIRAMENTO DE ESTÁGIO ÚNICO COM AQUECIMENTO CONTÍNUO, E PROCESSO PARA ESTIRAR FIBRAS DE POLIOLEFINA DE PESO MOLECULAR ULTRA-ALTO

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

[0001] Essa invenção se refere a um aparelho de aquecimento para estirar fibras de poliolefina e a um processo para estirar tais fibras.

Descrição da Técnica Correlata

[0002] Fibras de poliolefina de alta tenacidade, tais como fibras de polietileno fiadas em gel, são conhecidas na técnica. Poliolefina de peso molecular ultra-alto incluem polietileno, polipropileno, poli(buteno-1), poli(4-metil-penteno-1), seus copolímeros, misturas e aductos. Elas são preparadas a partir de poliolefina de peso molecular ultra-alto e, no caso de polietileno, polietileno de peso molecular ultra-alto (UHMWPE). A preparação e estiramento dessas fibras foram descritos em várias publicações de patente, incluindo as Patentes norte americanas U.S. 4.413.110; 4.430.383; 4.436.689; 4.536.536; 4.545.950; 4.551.296; 4.612.148; 4.617.233; 4.663.101; 5.032.338; 5.246.657; 5.286.435; 5.342.567; 5.578.374; 5.736.244; 5.741.451; 9.958.582; 5.972.498; 6.448.359; 6.969.553; e na publicação do Pedido de Patente norte americano U.S. 2005/0093200, cujas divulgações são aqui expressamente incorporadas para fins de referência na medida não incompatível com o presente documento. Um forno para estirar fibras é também divulgado na publicação do Pedido de Patente norte americano

U.S. 2004/0040176.

[0003] Fios de UHMWPE são usados em muitas aplicações, tais como em produtos à prova de balística e absorção de impacto. Esses incluem armaduras para o corpo, capacetes, blindagens para aeronaves e equipamentos esportivos compostos. Eles são também úteis para linha de pesca, velas, suturas, cordas e tecidos.

[0004] Em uma configuração típica de estiramento, as fibras fiadas em gel são preparadas por fiação de uma solução de polietileno de peso molecular ultra-alto, resfriamento dos filamentos da solução a um estado de gel e, a seguir, remoção da solução fiada. As fibras fiadas são, então, estiradas até um estado altamente orientado. Na operação de estiramento, as fibras tipicamente fiadas são primeiro alimentadas a uma primeira pilha de rolos aquecidos, a seguir, através de um ou mais fornos (tipicamente quatro), a seguir, para uma segunda pilha de rolos aquecidos, a seguir, a um ou mais fornos adicionais (tipicamente dois), e finalmente para uma terceira pilha de rolos aquecidos, antes da fibra ou fio ser bobinado. A velocidade e temperatura dos rolos são ajustadas, assim como a temperatura e o perfil da temperatura, para obter a razão de estiramento desejado e as características de produto na fibra ou fio. As fibras são submetidas a uma operação de estiramento em dois estágios, de acordo com essa configuração.

[0005] Embora uma configuração dessas tenha produzido fibras e fios de excelente qualidade, a operação integral é dispendiosa, devido às zonas de aquecimento múltiplas e aos grupo de rolos, e do resultado ser limitado. Seria desejável propiciar uma configuração de forno para fibras de polietileno que fossem de operação menos dispendiosa e pudesse produzir

fibras ou fios estirados com uma taxa maior.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0006] De acordo com a invenção, é fornecido um aparelho de aquecimento usado para estirar fibras de poliolefina de peso molecular ultra-alto, o aparelho de aquecimento compreendendo:

primeiro grupo de rolos;

pluralidade de fornos alinhados, a pluralidade de fornos tendo uma ponta adjacente ao primeiro grupo de rolos e uma ponta oposta; e

segundo grupo de rolos adjacente à ponta oposta da pluralidade de fornos, os primeiro e segundo grupos de rolos sendo adaptados para propiciar o estiramento desejado das fibras de poliolefina.

[0007] Ainda de acordo com a invenção, é fornecido um processo para estirar fibras de poliolefina de peso molecular ultra-alto, o processo compreendendo a passagem das fibras através de um aparelho de aquecimento, o aparelho de aquecimento compreendendo:

pluralidade de fornos alinhados, a pluralidade de fornos tendo uma ponta adjacente ao primeiro grupo de rolos e uma ponta oposta; e

segundo grupo de rolos adjacente à ponta oposta da pluralidade de fornos, os primeiro e segundo grupos de rolos sendo operados sob condições para propiciar o estiramento desejado das fibras de poliolefina, e

estiramento das fibras entre o primeiro grupo de rolos e o segundo grupo de rolos, a uma razão de estiramento predeterminada.

[0008] Foi verificado que, através da modificação da configuração de estiramento anterior por eliminação do segundo

grupo de rolos e provisão de uma série de fornos horizontais, fibras de poliolefina, tais como fibras de polietileno tendo propriedades desejáveis, podem ser obtidas com menores custos de capital, operacional e com uma maior produção. Tais fibras também possuem melhores propriedades.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0009] Essa invenção será mais bem entendida e vantagens adicionais ficarão evidentes, quando for feita referência à descrição detalhada a seguir das modalidades preferidas da invenção e aos desenhos anexos, onde:

a fig. 1 é uma vista esquemática de uma configuração típica de forno empregada no estiramento de fibras de polietileno.

a fig. 2 é uma vista esquemática da configuração do forno dessa invenção, que é usada no estiramento de fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00010] A presente invenção compreende um aparelho de aquecimento para estirar fibras de poliolefina de peso molecular ultra-alto e um processo para estirar essas fibras.

[00011] Para os fins da presente invenção, uma fibra é um corpo alongado, cuja dimensão de comprimento é muito maior do que as dimensões transversais da largura e espessura. Por conseguinte, o termo "fibra" inclui um, ou uma pluralidade de, monofilamentos, multifilamentos, fitas, tiras, grampos e outros formatos de fibras picadas, cortadas ou descontínuas e semelhantes tendo seções transversais regulares ou irregulares. O termo "fibra" inclui uma pluralidade de qualquer um do anterior ou sua combinação. Um fio é um trança contínua

composta de muitas fibras ou filamentos.

[00012] As seções transversais das fibras aqui usadas podem variar de modo considerável. Elas podem ser de seção transversal circular, plana ou oblonga. Elas podem ser também de seção transversal com múltiplos lóbulos irregulares ou regulares, tendo um ou mais lóbulos regulares ou irregulares projetando-se a partir do eixo linear ou longitudinal das fibras. Prefere-se que as fibras sejam de seção transversal substancialmente circular, plana ou oblonga, mais preferivelmente substancialmente circular.

[00013] Poliolefinas de peso molecular ultra-alto usadas na presente invenção incluem polietileno, polipropileno, poli(buteno-1), poli(4-metil-penteno-1), seus copolímeros, misturas e aductos. Esses polímeros possuem tipicamente uma viscosidade intrínseca, quando medida em decalina a 135° C e de cerca de 5 a cerca de 45 dl/g.

[00014] De preferência, o fio de alimentação a ser estirado compreende um polietileno tendo uma viscosidade intrínseca em decalina de cerca de 8 a 40 dl/g, mais preferivelmente de cerca de 10 a 30 dl/g, e mais preferivelmente ainda de cerca de 12 a 30 dl/g. De preferência, o fio a ser estirado compreende um polietileno tendo menos do que cerca de 1 grupo metila por mil átomos de carbono, mais preferivelmente menos do que 0,5 grupos metila por mil átomos de carbono, e menos do que cerca de 1% em peso de outros constituintes. As poliolefinas de peso molecular ultra-alto podem conter pequenas quantidades, em geral inferiores a cerca de 5% em peso e, de preferência, inferiores a cerca de 3% em peso, de aditivos tais como antioxidantes, estabilizantes térmicos, colorantes, promovedores de fluxo, solventes e semelhantes.

[00015] As fibras de polietileno fiadas em gel a serem estiradas no processo da invenção podem ter sido previamente estiradas, ou elas podem estar num estado essencialmente não-estirado. O processo para formar o fio de alimentação de polietileno fiado em gel pode ser um dos processos escritos, por exemplo, por qualquer um das Patentes norte americanas U.S. Nº 4.551.296, 4.663.101, 5.741.451, e 6.448.659.

[00016] No caso do polietileno, fibras adequadas são aquelas de molecular médio em peso de pelo menos cerca de 150.000, de preferência de pelo menos cerca de um milhão e, mais preferivelmente, cerca de dois milhões e cerca de cinco milhões. No caso das fibras de polipropileno de alto peso molecular, essas podem ter um peso molecular médio em peso de pelo menos cerca de 200.000, de preferência de pelo menos cerca de um milhão e, mais preferivelmente, de pelo menos cerca de dois milhões.

[00017] A tenacidade do fio de alimentação pode variar de cerca de 2 a 76, de preferência de cerca de 5 a 66, mais preferivelmente de cerca de 7 a 51, gramas por denier (g/d), conforme medido pela ASTM D2256-97 a um comprimento de calibre de 10 pol. (25,4 cm) e a uma taxa de deformação de 100%/ min.

[00018] Na descrição a seguir, é feita referência tipicamente às fibras de polietileno, mas deve ficar claro que tal divulgação também se aplica a outras fibras de poliolefina.

[00019] Com referência à fig. 1, é mostrado, em vista esquemática, uma operação típica de estiramento 10 para fio de polietileno de peso molecular ultra-alto. O fio 12 é alimentado a partir de uma fonte (não mostrada) e é passado sobre um primeiro grupo 14 de rolos 16. Esses rolos são tipicamente aquecidos a uma temperatura desejada. O fio 18 saindo dos rolos

é alimentado no interior de quatro fornos horizontais adjacentes, apenas dois deles 20, 22 sendo mostrados. Esses fornos podem ser fornos com circulação de ar quente. O fio 24 saindo do primeiro grupo de fornos passa então sobre um segundo grupo 26 de rolos 28, e é estirado como fio 30. O fio 30 é então alimentado no interior de mais dois fornos adjacentes 32, 34, que podem ser também fornos com circulação de ar quente, e o fio 36 saindo do forno 34 é então alimentado sobre um terceiro grupo 38 de rolos 40, e é novamente estirado até a extensão desejada. O fio acabado 42 é então alimentado a uma estação de bobinamento (não mostrada). Através do emprego de três grupos de rolos, as fibras são submetidas a uma operação de estiramento em dois estágios.

[00020] Com referência à fig. 2, é mostrado em vista esquemática o aparelho de aquecimento 110 dessa invenção. O fio de polietileno de peso molecular ultra-alto 112 é alimentado a partir de uma fonte (não mostrada), e é passado sobre um primeiro grupo 114 de rolos acionados 116. Esses rolos não precisam ser aquecidos, embora de preferência os primeiros rolos não sejam aquecidos e os rolos restantes sejam aquecidos, a fim de pré-aquecer as fibras antes do estiramento. Embora um total de 7 rolos seja mostrado na fig. 2, o número de rolos pode ser maior ou menor, dependendo da configuração desejada. O fio 118 é alimentado no interior de 6 fornos horizontais adjacentes 120, 122, 124, 126, 128, 130, todos eles sendo de preferência fornos com circulação de ar quente. O fio não é de preferência sustentado nos fornos. O fio 132 saindo do último forno 130 passa então sobre um segundo grupo 134 de rolos acionados 136, e é estirado no fio acabado 138. O segundo grupo 134 de rolos 136 deve estar frio, a fim de que o fio acabado

seja resfriado pelo menos abaixo de cerca de 90 °C sob tensão para preservar sua orientação e morfologia. O número de rolos no segundo grupo 134 pode ser maior ou menor do que aquele dos 7 rolos mostrados na fig. 2, e pode ser igual ou diferente do número de rolos no primeiro grupo de rolos 114. O fio 138 saindo do segundo grupo de rolos 134 é então alimentado a uma estação de bobinamento (não mostrada). Através do emprego de somente dois grupos de rolos, as fibras são submetidas a uma operação de estiramento de um único estágio. As fibras são estiradas entre o primeiro grupo de rolos 114 e o segundo grupo de rolos 134. A tensão é ajustada, a fim de que as fibras não precisem ser sustentadas nos fornos. Assim, não existe necessidade de rolos intermediários ou de outros dispositivos de sustentação nos diversos fornos.

[00021] Pode ser observado que, na modalidade dessa invenção, conforme mostrada na fig. 2, existe um modelo mais simples, onde somente dois grupos de rolos são necessários. O grupo intermediário de rolos do aparelho típico foi eliminado e substituído por dois fornos adicionais a ar quente. Além disso, nem toda parte do grupo dos rolos de entrada precisa ser aquecida, e somente os rolos mais próximos à entrada do forno podem ser aquecidos. Por exemplo, em uma modalidade com uma configuração de grupo de nove rolos, somente os três últimos rolos mais próximos à entrada do forno são de preferência aquecidos.

[00022] Em uma modalidade alternativa, os fornos centrais (124, 126) não são incluídos no aparelho de aquecimento, mas o grupo intermediário de rolos da configuração típica é eliminado e somente um total de quatro fornos horizontais (120, 122, 128, 130) é empregado.

[00023] O número e tamanho dos fornos empregados no aparelho de aquecimento dessa invenção podem variar. De preferência, existem quatro ou seis fornos alinhados de um modo horizontal. Esses fornos podem variar de comprimento. Por exemplo, cada forno pode ter um comprimento de cerca de 10 a cerca de 16 pés (3,05 a 4,88 metros), mais preferivelmente de cerca de 11 a cerca de 13 pés (3,35 a 3,96 metros). Sua largura pode ser qualquer uma apropriada.

[00024] Foi verificado através de medições geradoras de imagens térmicas e de medições da velocidade do fio que, no processo típico de estiramento, o fio que é aquecido pelo primeiro grupo de rolos já foi resfriado antes dele atingir o primeiro grupo de fornos (fornos 20, 22). Como resultado, parte do primeiro grupo de fornos é usado para aquecer o fio, ao invés de estirar o fio. Embora o segundo grupo de rolos 26 aqueça novamente o fio, o fio já começou a resfriar antes dele atingir o segundo grupo de fornos (fornos 32, 34). Do mesmo modo, parte do segundo grupo de fornos é usada para aquecer o fio, ao invés de estirar o fio. Esse processo, no qual o fio é submetido às etapas de aquecimento, resfriamento, aquecimento, resfriamento, foi constatado não ser eficiente, conforme desejado, para alcançar uma alta razão de estiramento necessária para obter alta resistência de tração final (UTS), alta tenacidade e alta elasticidade. Além disso, o rendimento da operação é reduzido e o custo do capital é aumentado, devido à necessidade de 3 grupos de rolos.

[00025] Foi verificado que através da eliminação do grupo central de rolos, o fio não fica sujeito às etapas do processo de aquecimento, resfriamento, aquecimento, resfriamento do processo típico. Ao invés disso, o fio mantém o calor

necessário para o estiramento contínuo do fio. Assim, fio pode ser produzido em maiores velocidades, e o fio pode ter elevada tenacidade, elasticidade e alta resistência à tração. O arranjo de forno em linha reta também eleva a eficiência da operação.

[00026] Pode ser observado que o aparelho de aquecimento permite um estiramento contínuo em um único estágio da fibra ou fio sob aquecimento apenas como uso de dois grupos de rolos. Além disso, o aparelho e processo da invenção podem ser operados para estirar a fibra para longe da razão máxima de estiramento, a fim de reduzir o potencial de filamentos rompidos.

[00027] A temperatura e velocidade do fio através do aparelho de aquecimento podem ser variadas, conforme desejado. Por exemplo, uma ou mais zonas com temperatura controlada podem existir nos fornos, com cada zona tendo uma temperatura de cerca de 125 °C a cerca de 160 °C, mais preferivelmente de cerca de 130 °C a cerca de 150 °C. De preferência, a temperatura dentro de uma zona é controlada para variar menos do que ± 2 °C (um total inferior a 4 °C), mais preferivelmente menos do que ± 1 °C (um total inferior a 2 °C).

[00028] O estiramento do fio gera calor. É desejado ter uma transmissão efetiva de calor entre o fio e o ar do forno. De preferência, a circulação de ar dentro do forno ocorre em um estado turbulento. A velocidade do ar em função do tempo nas proximidades do fio é, de preferência, de cerca de 1 a cerca de 200 metros/ min, mais preferivelmente de cerca de 2 a cerca de 1 00 metros/ min e, mais preferivelmente ainda, de cerca de 5 a cerca de 100 metros/ min.

[00029] Como acima ressaltado, o trajeto do fio no aparelho de aquecimento 110 é de preferência em uma linha reta

aproximada, desde a entrada até a saída dos diversos fornos. O perfil da tensão do fio pode ser ajustado, através do ajuste da velocidade dos vários rolos, ou através do ajuste do perfil de temperatura do forno. A tensão do fio pode ser aumentada, através do aumento da diferença entre as velocidades de rolos consecutivos acionados, ou redução da temperatura nos fornos. De preferência, a tensão do fio nos fornos é aproximadamente constante, ou é crescente ao longo dos fornos.

[00030] De modo característico, pacotes múltiplos de fio de polietileno fiados em gel a serem estirados são colocados sobre uma gaiola. As pontas múltiplas de fios são alimentadas em paralelo a partir da gaiola através do primeiro grupo de rolos, que estabelece a velocidade de alimentação no forno de estiramento e, assim, através dos fornos e para fora ao segundo grupo de rolos que estabelece a velocidade de saída do fio e também resfria o fio sob tensão. A tensão no fio durante o resfriamento é mantida de modo apropriado para sustentar o fio na sua extensão estirada, desprezando a contração térmica.

[00031] A razão de estiramento global das fibras pode variar, dependendo das propriedades desejadas das fibras. Por exemplo, a razão de estiramento pode variar de cerca de 1,1:1 a cerca de 15:1, mais preferivelmente de cerca de 1,2:1 a cerca de 10:1, e mais preferivelmente ainda de cerca de 1,5:1 a cerca de 10:1.

[00032] A velocidade das fibras através do aparelho de aquecimento dessa invenção também pode variar. Por exemplo, velocidades típicas de linhas, conforme medidas pela velocidade do segundo grupo de rolos, podem ser de cerca de 20 a 100 metros/min, mais preferivelmente de cerca de 30 a cerca de 50 metros/min. A velocidade da linha é também em função do denier desejado do fio.

[00033] O aparelho e processo dessa invenção são úteis para produzir fibras de alta tenacidade. Conforme aqui usado, o termo "fibras de alta tenacidade" significa fibras que tenham tenacidades iguais ou superiores a cerca de 7 g/d. De preferência, essas fibras possuem módulos de tração iniciais de pelo menos cerca de 150 g/d e energias para ruptura de pelo menos cerca de 8 J/g, conforme medido pela ASTM D2256. Conforme aqui usados, os termos "módulo de tração inicial", "módulo de tração" e "módulo" significam o módulo de elasticidade, conforme medido pela ASTM 2256 para um fio.

[00034] Dependendo da técnica de formação, da razão de estiramento e das temperaturas, e de outras condições, uma variedade de propriedades pode ser concedida a essas fibras. A tenacidade das fibras de polietileno é de pelo menos cerca de 7 g/d, de preferência, de pelo menos cerca de 15 g/d, mais preferivelmente, de pelo menos cerca de 20 g/d, mais preferivelmente ainda, de pelo menos cerca de 25 g/d e, mais preferivelmente, de pelo menos cerca de 30 g/d. Da mesma forma, o módulo de tração inicial das fibras, conforme medido por uma máquina de teste de tração Instron, é de preferência de pelo menos cerca de 300 g/d, mais preferivelmente de pelo menos cerca de 500 g/d, mais preferivelmente ainda, de pelo menos cerca de 1000 g/d e, mais preferivelmente ainda, de pelo menos cerca de 1200 g/d. Em uma modalidade mais preferida, as fibras após o estiramento possuem uma tenacidade de pelo menos cerca de 35 g/d e um módulo de pelo menos cerca de 1200 g/d. Muitos dos filamentos possuem pontos de fusão superiores ao ponto de fusão do polímero, do qual eles foram formados. Assim, por exemplo, polietileno de alto peso molecular de cerca de 150.000, cerca de um milhão e cerca de dois milhões de peso

molecular possuem pontos de fusão no volume de 138 °C. Os filamentos altamente orientados de polietileno, feitos destes materiais, possuem pontos de fusão de cerca de 7 °C a cerca de 13 °C superior. Assim, um ligeiro aumento no ponto de fusão reflete a perfeição cristalina e maior orientação cristalina dos filamentos, em comparação com o polímero de massa.

[00035] Os fios resultantes podem ter qualquer denier adequado, tal como um denier de cerca de 50 a cerca de 3000, mais preferivelmente com denier de cerca de 75 a cerca de 2000. Exemplos de produtos com denier fino incluem aqueles com denier 75, 100, 130, 150, 180, 215, 375 e 435. Exemplos de produtos com alto denier incluem denier 900, 1100 e 1300. O denier do fio de alimentação é escolhido, dependendo do denier desejado do fio. Por exemplo, para produzir um fio com denier 1300, o fio de alimentação pode ser com denier 2400 e, assim, a razão de estiramento é de cerca de 1,85:1. Para produzir um produto com denier 375, o fio de alimentação pode ser de 650, com uma razão de estiramento de cerca de 1,73.

[00036] Os fios produzidos pelo aparelho e processo dessa invenção podem ser usados em uma variedade de aplicações, para as quais tais fios são adequados. Eles são úteis em produtos à prova de balística e absorção de impactos, tais como armaduras corpóreas (coletes à prova de balas e semelhantes), capacetes, blindagens e assentos aeronáuticos, equipamentos esportivos compostos, e em linhas de pesca, velas, cordas, suturas e tecidos (p. ex., tecidos, malhas, trançados ou não-tecidos). Tecidos não-tecidos típicos incluem uma rede unidirecional de fios orientados. Tecidos formados desses fios podem ser usados em conjunto com uma resina matricial. Esses fios podem ser combinados com outros tipos de fios, tanto fios de alta

resistência, como de resistência convencional.

[00037] Os exemplos não-limitadores a seguir são apresentados para proporcionar um entendimento mais completo da invenção. As técnicas específicas, condições, materiais, proporções e dados divulgados descritos para ilustrar os princípios da invenção são exemplificantes, não devendo ser considerados como limitadores do escopo da invenção.

EXEMPLOS

Exemplo 1 (comparativo)

[00038] Fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto são estiradas em um estiramento de dois estágios em uma configuração de forno, que inclui um primeiro grupo de quatro fornos e um segundo grupo de dois fornos, com um primeiro grupo de rolos, um segundo grupo intermediário de rolos, e um terceiro grupo de rolos, da maneira ilustrada na fig. 1.

[00039] O comprimento de cada forno é de 12 pés (3,66 m), assim que o primeiro grupo de quatro fornos totaliza 48 pés (14,63 m) e o segundo grupo de fornos totaliza 24 pés (7,32 m).

[00040] A temperatura dos rolos é conforme a seguir: primeiro grupo = 125° C, segundo grupo = 125° C e o terceiro grupo = 25° C. As temperaturas dos primeiro e segundo grupos de fornos são de 150 °C.

[00041] O denier inicial é de 2400 e o denier final é de 1100. A razão de estiramento é de 2:2:1. A velocidade do primeiro grupo de rolos é de 16m/ min, a velocidade do segundo grupo é de 26m/ min e a velocidade do terceiro grupo de rolos é de 34m/ min.

[00042] A tenacidade da fibra resultante é de 35 a 37 g/d e o módulo de tração inicial é de 1150 a 1200 g/d.

Exemplo 2

[00043] Nesse exemplo, fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto são estiradas em um estiramento de um único estágio em uma configuração de forno, que inclui um grupo de 6 fornos horizontalmente alinhados, da maneira ilustrada na fig. 2. Somente dois grupos de rolos são usados, um grupo de entrada (primeiro grupo) e um grupo de saída (segundo grupo).

[00044] O comprimento de cada forno é de 12 pés (3,66 m), assim que o comprimento total dos seis fornos é de 72 pés (21,95 m).

[00045] O primeiro grupo de rolos possui uma temperatura de 125 °C e o segundo grupo de rolos possui uma temperatura de 25 °C. A temperatura de cada forno é de 150 °C.

[00046] O denier inicial é de 2400 e o denier final é de 1100, com uma razão de estiramento é de 2:2:1. A velocidade para o primeiro grupo de rolos é de 20m/ min, e a velocidade do segundo grupo de rolos é de 4m/ min.

[00047] A tenacidade da fibra resultante é de 37 a 39 g/d e o módulo de tração inicial é de 1250 a 1300 g/d.

[00048] Pode ser visto que o aparelho de aquecimento empregado no Exemplo 2 e operado da maneira descrita no Exemplo 2 fornece fibras de maior tenacidade e módulo, do que as fibras da configuração de forno do Exemplo 1. Além disso, a velocidade da linha do Exemplo 2 é significativamente maior do que no Exemplo 1, assim que existe um aumento na produtividade do processo.

[00049] Pode ser visto que a presente invenção apresenta um aparelho e método para formar fibras e fios estirados de poliolefinas de peso molecular ultra-alto, tais como fibras e fios de polietileno, de uma maneira econômica e favorável a

operação. Os fios resultantes possuem as propriedades desejáveis para serem úteis em uma variedade de aplicações necessárias.

[00050] Tendo assim descrito a invenção em detalhes bastante completos, deverá ficar claro que esses detalhes não precisam ser estritamente seguidos, mas que outras mudanças e modificações podem ser sugeridas pelas pessoas versadas na técnica, todas elas incidindo no escopo da invenção, conforme definido pelas reivindicações apenas.

- REIVINDICAÇÕES -

1. APARELHO DE AQUECIMENTO PARA ESTIRAR FIBRAS DE POLIOLEFINA DE PESO MOLECULAR ULTRA-ALTO EM UM ESTIRAMENTO DE ESTÁGIO ÚNICO COM AQUECIMENTO CONTÍNUO, caracterizado pelo fato de o aparelho de aquecimento compreender:

primeiro grupo de rolos(14, 114);

pluralidade de fornos alinhados horizontalmente(pelo menos 20,22; 120-130), dita pluralidade de fornos tendo uma ponta adjacente ao dito primeiro grupo de rolos e uma ponta oposta, referidos fornos sendo dispostos de modo que suas respectivas pontas estão em uma relação de encosto para desse modo prover um forno contínuo relativamente longo de modo que as fibras sejam transportadas da referida uma ponta do referido forno contínuo à referida ponta oposta do referido forno contínuo; e

segundo grupo de rolos(26, 134) adjacente à dita ponta oposta da dita pluralidade de fornos, ditos primeiro e segundo grupos de rolos sendo adaptados para propiciar o estiramento desejado das ditas fibras e para transportar referidas fibras através do referido forno contínuo.

2. Aparelho de aquecimento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato das ditas fibras compreenderem fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto.

3. Aparelho de aquecimento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender pelo menos quatro fornos horizontalmente alinhados.

4. Aparelho de aquecimento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir meios para transportar as ditas fibras através dos ditos fornos em uma

linha reta aproximada.

5. PROCESSO PARA ESTIRAR FIBRAS DE POLIOLEFINA DE PESO MOLECULAR ULTRA-ALTO, referido processo sendo caracterizado pelo fato de compreender a passagem das ditas fibras através de um aparelho de aquecimento, dito aparelho de aquecimento compreendendo:

primeiro grupo de rolos(14, 114);

pluralidade de fornos alinhados horizontalmente(pelo menos 20, 22; 120-130), referidos fornos sendo dispostos de modo que suas respectivas pontas estejam em relação de encosto para desse modo prover um forno contínuo relativamente longo, e dita pluralidade de fornos tendo uma ponta adjacente ao dito primeiro grupo de rolos e uma ponta oposta; e

segundo grupo de rolos(26, 134) adjacente à dita ponta oposta da dita pluralidade de fornos, ditos primeiro e segundo grupos de rolos sendo operados sob condições para propiciar o estiramento desejado das ditas fibras de poliolefina, e

estiramento das ditas fibras entre o dito primeiro grupo de rolos e o dito segundo grupo de rolos, a uma razão de estiramento predeterminada em estiramento de estágio único com aquecimento contínuo das ditas fibras, com referidas fibras sendo transportadas a partir da dita uma ponta do dito forno contínuo até a referida ponta oposta do referido forno contínuo me através do referido forno contínuo.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato das ditas fibras compreenderem fibras de polietileno.

7. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato do dito aparelho compreender pelo

menos quatro fornos horizontalmente alinhados.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de compreender o estiramento das ditas fibras em um único estágio no dito aparelho de aquecimento.

9. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato das ditas fibras serem transportadas através dos ditos fornos em uma linha reta aproximada.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato das ditas fibras serem estiradas a uma razão de estiramento de 1.1:1 a 15:1.

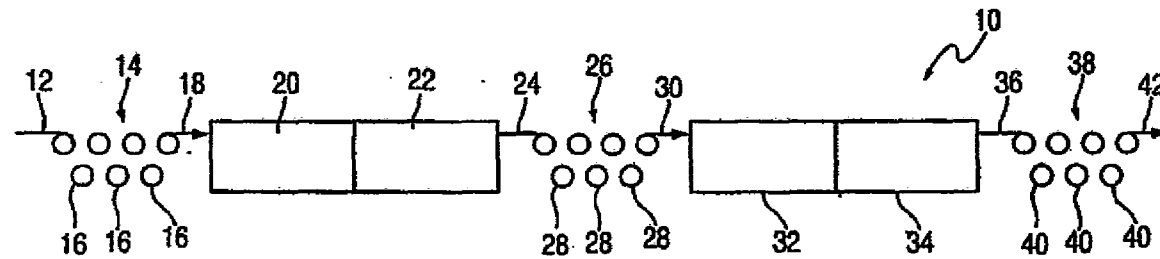


FIG. 1

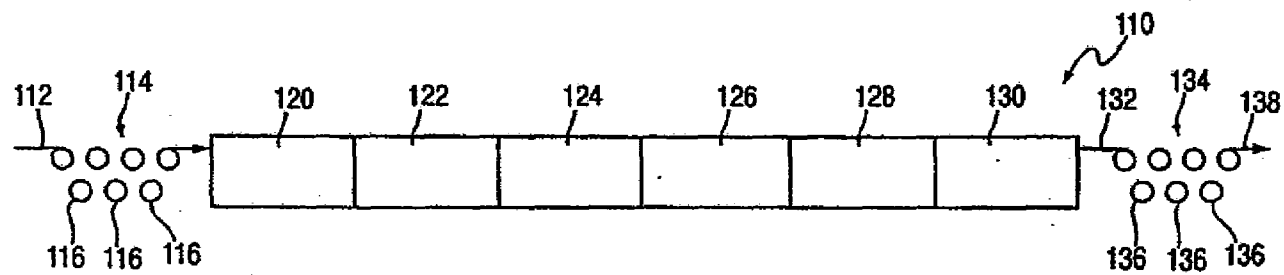


FIG. 2