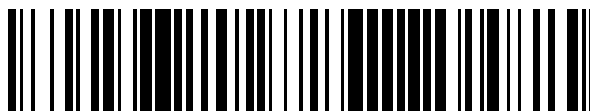


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 067**

51 Int. Cl.:

B29C 55/10 (2006.01)
B29C 43/22 (2006.01)
B29D 7/01 (2006.01)
B29C 70/38 (2006.01)
C08J 5/18 (2006.01)
B32B 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.07.2010** **PCT/US2010/043634**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2011** **WO11019512**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2010** **E 10808515 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017** **EP 2464506**

54 Título: **Artículos de cinta de polietileno de peso molecular ultra-elevado de resistencia mecánica elevada**

30 Prioridad:

11.08.2009 US 539185

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.10.2017

73 Titular/es:

HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)
Patent Services M/S AB/2B, 101 Colombia Road,
P.O. Box 2245
Morristown, NJ 07962-2245, US

72 Inventor/es:

TAM, THOMAS;
BOONE, MARK BENJAMIN;
BHATNAGAR, ASHOK y
CORREALE, STEVEN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 639 067 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Artículos de cinta de polietileno de peso molecular ultra-elevado de resistencia mecánica elevada

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

1. Campo de la Invención

- 5 La invención se refiere a procesos para la producción de artículos de cinta de polietileno de resistencia mecánica elevada a partir de hilos de múltiples filamentos de peso molecular ultra-elevado de resistencia mecánica elevada, y a los artículos de cinta, tejidos, estratificados y materiales resistentes a los impactos realizados a partir de los mismos.

2. Descripción de la Técnica Relacionada

- 10 Los materiales resistentes a los impactos y resistentes a la penetración encuentran utilidades en muchas aplicaciones tales como equipaciones de deporte, prendas de seguridad, y más críticamente, en armaduras personales. La construcción de la armadura para protección personal es una técnica antigua pero no arcaica. Las armaduras de metal, bien conocidas ya por los Egipcios desde 1500 A.C., se utilizaron hasta aproximadamente el final del siglo XVII. En la era actual, la armadura ha vuelto a ser práctica a través del descubrimiento de nuevas fibras fuertes tales como las aramidas, el polietileno de peso molecular ultra-elevado (UHMW PE), y los polibenzazoles.

- 15 Se conocen diferentes construcciones reforzadas con fibra para utilizar en artículos resistentes a la penetración, resistentes a las balas y resistentes a los impactos tales como cascos, paneles, y chalecos. Estos artículos presentan grados variables de resistencia a la penetración por impacto de proyectiles o cuchillos, y tienen grados variables de efectividad por unidad de peso. Una medida de la efectividad de resistencia balística es la energía eliminada de un proyectil por unidad de la densidad de área del objetivo. Esto se conoce como la Absorción de Energía Específica, abreviada como "SEA", y que tiene unidades de Julios por Kg/m² o J-m²/Kg.

- 20 Se conoce que la SEA de una construcción fibrosa aumenta generalmente con la resistencia mecánica, el módulo de tracción y la energía a la rotura crecientes de las fibras constituyentes. Sin embargo, otros factores, tales como la forma del refuerzo fibroso, pueden entrar en juego. La Patente de los EE.UU, US 4.623.574, presenta una comparación entre la efectividad balística de un compuesto construido con un refuerzo en forma de cinta frente a uno que utiliza un hilo de múltiples filamentos: ambos de UHMW PE. La fibra tenía una tenacidad superior que la cinta: 30 gramos/denier (abreviado g/d) frente a 23,6 g/d. Sin embargo, la SEA del compuesto construido con la cinta fue algo superior que la SEA del compuesto construido con el hilo. El documento US 4.623.574 muestra que la tira o cinta revestida de elastómero puede ser más efectiva que el hilo de filamento revestido en la producción de compuestos resistentes a las balas.

- 30 La preparación de artículos de UHMW PE que tienen secciones transversales planas por un proceso comúnmente conocido como "hilado de gel" se ha descrito en el documento US 4.413.110. Una cinta preparada por el método del documento US 4.413.110 se ha descrito en el documento US 4.623.574. Tenía una anchura de 0,64 cm, un denier de 1240, y una tenacidad de 23,9 g/d (correspondientes a una resistencia mecánica a la tracción de 2,04 GPa).

- 35 Otros procesos para la preparación de artículos de cinta de UHMW PE se han descrito en las Patentes de los EE.UU 4.996.011; 5.002.714; 5.091.133; 5.106.555; 5.200.129; 5.578.373; 5.628.946; 6.017.834; 6.328.923 B1; 6.458.727 B1; 7.279.441 B2; 6.951.685 B1; US 7.470.459 B1; Publicaciones de Patentes de los EE.UU 2008/0251960 A1; 2008/0318016 A1; y WO 2009/056286 A1.

- 40 En un grupo de estas patentes, los filamentos de polietileno se sometieron a una presión de contacto a temperatura elevada para fundir selectivamente una parte de las fibras para unir los filamentos juntos, seguido por la compresión de la fibras unidas. Un hilo SPECTRA® de UHMW PE sometido a este proceso en el documento US 5.628.946 perdió el 60% de su módulo longitudinal.

- 45 El documento WO-A-2009/056286 describe una lámina de material que comprende al menos una mono-capa, que comprende en sí misma una pluralidad de fibras de polímero unidireccionales estiradas. Las fibras se han descrito como que tienen una resistencia mecánica a la tracción mayor que 1,2 GPa. Las mono-capas pueden ser cintas preparadas a partir de fibras unidas y alineadas unidireccionalmente. Este documento describe que la resistencia mecánica de las fibras utilizadas para formar su producto es más preferiblemente al menos de 3,0 GPa. La resistencia mecánica de la fibra más ejemplificada es de 3,2 GPa.

- 50 En otro grupo de estas patentes, se comprimió polvo de polietileno a una temperatura elevada para unir las partículas a una lámina continua que fue estirada y comprimida adicionalmente. El documento US 5.091.133 describe una fibra hecha por este último proceso que tiene una resistencia a la tracción de 3,4 GPa. Las cintas de polietileno así producidas están disponibles comercialmente bajo la marca registrada TENSYLON®. La tenacidad más elevada de la que se ha informado en el sitio web de TENSYLON® es de 19,5 g/d (resistencia a la tracción de 1,67 GPa). El documento EP-A-2014445 también describe la producción de películas de UHMWPE que tienen una resistencia a la tracción de al menos 2,0 GPa, que están hechas por compactación de polvo de UHMWPE.

Las publicaciones de investigación que describen la preparación de las cintas de polietileno y/o el aplanamiento de las fibras de UHMW PE incluyen las siguientes:

R.J. Van y col., "The Hot Compaction of SPECTRA Gel-Spun Polyethylene Fibre", J. Matl. Sci., 32, 4821-4831 (1997)

- 5 A. Kaito y col., "Hot Rolling and Quench Rolling of Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene", J. Appl. Poly Sci. 29, 1207-1220 (1983); "Preparation of High Modulus Polyethylene Sheet by the Roller-Drawing Method", J. Appl. Poly Sci., 30, 1241-1255 (1985); "Roller Drawing of Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene", J. Appl. Poly. Sci., 30, 4591-4608 (1985)

La resistencia mecánica a la rotura más elevada de la que se ha informado en estas publicaciones fue aproximadamente 0,65 GPa que corresponde a una tenacidad de aproximadamente 7,6 g/d. En la publicación de Van y col. citada anteriormente, el módulo longitudinal del UHMW PE se redujo en un 27 a un 74%.

- 10 Cada una de las patentes y publicaciones citadas anteriormente representa mejoras en el estado de la técnica. Sin embargo, ninguna describe el proceso específico de esta invención y ninguna satisface todas las necesidades satisfechas por esta invención. Existe una necesidad continua de materiales que proporcionen una resistencia superior a la penetración por proyectiles balísticos. Como se ha indicado anteriormente, la SEA de una construcción fibrosa es conocida por aumentar generalmente con la resistencia mecánica, el módulo de tracción y la energía a la rotura
15 crecientes de las fibras constituyentes. Hay disponibles comercialmente hilos de múltiples filamentos de UHMW PE muy orientados que tienen resistencias mecánicas mucho mayores que las de los artículos de cinta de la técnica anterior. La conversión de tales hilos de resistencia mecánica elevada a artículos de cinta con una retención sustancial de la resistencia mecánica podría ser útil. También podría ser útil proporcionar telas tejidas y no tejidas y artículos resistentes a las balas y a la penetración que comprendan dichos artículos de cinta.

20 RESUMEN DE LA INVENCION

Para los propósitos de la invención, se ha definido un artículo de cinta de polietileno como un artículo de polietileno que tiene una longitud mayor que su anchura, menos de aproximadamente 0,5 milímetros de grosor, y que tiene una relación de aspecto de sección transversal media mayor que aproximadamente 10:1.

- 25 En una realización, la invención es un proceso para la producción de un artículo de cinta de polietileno de longitud indefinida que comprende:

- a) seleccionar al menos un hilo de múltiples filamentos de polietileno, teniendo dicho hilo una función de orientación de eje c de al menos 0,96, una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g, y teniendo dicho hilo una tenacidad de desde 15 g/d a 100 g/d cuando es medido por ASTM D2256-02 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min;
30
- b) colocar dicho hilo bajo una fuerza de tracción longitudinal y someter dicho hilo al menos a una operación de compresión transversal para aplanar, consolidar y comprimir dicho hilo a una temperatura de desde 25 °C a 137 °C, formando de este modo un artículo de cinta que tiene una relación de aspecto de sección transversal media de al menos 10:1; teniendo cada una de al menos dicha operación de compresión un inicio y una conclusión en
35 la que la magnitud de dicha fuerza de tracción longitudinal sobre cada uno de dicho artículo de hilo o de cinta en el inicio de cada una de dicha operación de compresión es sustancialmente igual a la magnitud de la fuerza de tracción longitudinal sobre el artículo de hilo o de cinta en la conclusión de esa misma operación de compresión, y es al menos 0,25 kilogramos-fuerza (2,45 Newton);
- c) estirar dicho artículo de cinta al menos una vez a una temperatura en el rango de desde 130 °C a 160 °C a una tasa de estiramiento de desde 0,001 min⁻¹ a 1 min⁻¹;
40
- d) repetir opcionalmente la operación b) una o más veces a una temperatura de desde 100 °C a 160 °C;
- e) repetir opcionalmente la operación c) una o más veces;
- f) relajar opcionalmente la fuerza de tracción longitudinal entre cualquiera de las operaciones b) a e);
- g) aumentar opcionalmente la fuerza de tracción longitudinal entre cualquiera de las operaciones b) a e);
45
- h) enfriar dicho artículo de cinta a una temperatura inferior a 70 °C bajo tensión.

- 50 En otra realización, la invención es un artículo de cinta de polietileno de longitud indefinida, que está formado a partir de un hilo de polietileno de múltiples filamentos. El artículo de cinta comprende un hilo aplanado y tiene una relación de aspecto de sección transversal media de al menos 10:1. El polietileno tiene una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g. Además, y cuando es medido por ASTM D882 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min, el artículo de cinta tiene una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 3,6 GPa.

En una realización adicional, la invención es un estratificado que comprende dos o más capas unidireccionales de los artículos de cinta de la invención estando la dirección de cinta en capas adyacentes giradas entre sí de 15 a 90 grados.

Aún en una realización adicional, la invención es un compuesto resistente a la penetración y a los impactos que comprende un estratificado de la invención.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La fig. 1 ilustra un primer aparato para implementar un proceso de la invención.

La fig. 2 ilustra un segundo aparato para implementar un proceso de la invención.

La fig. 3 ilustra un tercer aparato para implementar un proceso alternativo, que no es de la invención actualmente reivindicada.

10 La fig. 4 ilustra un cuarto aparato para implementar un proceso alternativo, que no es de la invención actualmente reivindicada.

La fig. 5 ilustra un quinto aparato para implementar un proceso alternativo, que no es de la invención actualmente reivindicada.

15 La fig. 6 ilustra un sexto aparato para implementar un proceso alternativo, que no es de la invención actualmente reivindicada.

La fig. 7 ilustra un séptimo aparato para implementar un proceso de la invención.

En cada figura sólo se ha mostrado un extremo de hilo por motivos de claridad. Se comprenderá que varios extremos de hilo pueden ser tratados simultáneamente en paralelo por un proceso de la invención para producir varios artículos de cinta paralelos, o un único artículo de cinta ancho.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Se proporciona un proceso para convertir hilos de UHMW PE de resistencia mecánica elevada a artículos de cinta con retención sustancial de resistencia mecánica. El método de la invención proporciona fuerzas de tracción longitudinales sustancialmente iguales a lo largo de una operación de compresión. Se cree que el método de la invención es superior a los métodos de la técnica anterior que mantienen un esfuerzo a la tracción (g/d) igual a lo largo de una operación con fuerzas de tracción desequilibradas consecuentes.

30 Para los propósitos de la invención, un artículo de cinta de polietileno se ha definido como un artículo de polietileno que tiene una longitud mayor que su anchura, menor de aproximadamente 0,5 milímetros de grosor, y que tiene una relación de aspecto de sección transversal media de al menos 10:1. Preferiblemente, un artículo de cinta de la invención tiene una anchura menor de aproximadamente 100 cm, más preferiblemente menor de aproximadamente 50 cm, aún más preferiblemente menor de aproximadamente 25 cm, y lo más preferiblemente, menor de aproximadamente 15,2 cm.

Preferiblemente un artículo de cinta de la invención tiene un grosor menor de aproximadamente 0,25 milímetros, más preferiblemente, un grosor menor de aproximadamente 0,1 milímetros, y lo más preferiblemente, un grosor menor de 0,05 milímetros. El grosor es medido en la región más gruesa de la sección transversal.

35 La relación de aspecto de sección transversal media es la relación de la dimensión mayor a la menor de secciones transversales promediadas sobre la longitud del artículo de cinta. Preferiblemente, un artículo de cinta de la invención tiene una relación de aspecto de sección transversal media de al menos aproximadamente 20:1, más preferiblemente de al menos aproximadamente 50:1, aún más preferiblemente de al menos aproximadamente 100:1, todavía más preferiblemente de al menos aproximadamente 250:1 y lo más preferiblemente, de al menos aproximadamente 400:1.

40 La sección transversal de un artículo de cinta de la invención puede ser rectangular, ovalada, poligonal, irregular, o de cualquier forma que satisfaga los requisitos de relación de aspecto, grosor y anchura. Preferiblemente, un artículo de cinta de la invención tiene una sección transversal esencialmente rectangular.

45 El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación para un proceso de esta invención puede ser preparado por cualquier método conveniente. Preferiblemente, el hilo de UHMW PE seleccionado es preparado por "hilado de gel". Los hilos de UHMW PE hilados en gel están disponibles comercialmente en Honeywell International bajo el nombre comercial SPECTRA®, de DSM N.V. y Toyobo Co. Ltd. bajo el nombre comercial DYNEEMA®, de Shanghai Pegaus Materials Co., Ltd., de Hangzhou High Strength Fiber Material Inc. y de otros.

50 El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación para un proceso de esta invención tiene una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g, preferiblemente desde aproximadamente 10 dl/g a aproximadamente 40 dl/g, más preferiblemente desde aproximadamente 12 dl/g a aproximadamente 40 dl/g, y lo más preferiblemente, desde aproximadamente 14 dl/g a 35 dl/g.

El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación para un proceso de esta invención está muy orientado. Un hilo de UHMW PE muy orientado en el contexto de la invención se ha definido como que tiene una función de orientación de eje c de al menos 0,96, preferiblemente de al menos aproximadamente 0,97, más preferiblemente de al menos aproximadamente 0,98 y lo más preferiblemente, de al menos aproximadamente 0,99. La función de orientación de eje c es una descripción del grado de alineación de la dirección de cadena molecular con la dirección de fibra y es calculada a partir de la ecuación de la que se ha informado por R.S. Stein, J. Poly Sci., 31, 327 (1958).

$f_c = 1/2 (3 < \cos \theta >^2 - 1)$ dónde θ es el ángulo entre el eje c de los cristales de polietileno (la dirección de la cadena molecular) y la dirección de fibra y los signos intercalados indican el promedio de la cantidad entre ellos.

El coseno medio del ángulo entre el eje de cristal "c" y la dirección de fibra es medido por métodos de difracción de rayos x bien conocidos. Una fibra de polietileno en la que la dirección de la cadena molecular está perfectamente alineada con el eje de fibra tendría un $f_c = 1$.

El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación para un proceso de esta invención tiene una tenacidad desde 15 g/d a 100 g/d, preferiblemente desde aproximadamente 25 g/d a aproximadamente 100 g/d, más preferiblemente desde aproximadamente 30 g/d a aproximadamente 100 g/d, aún más preferiblemente desde aproximadamente 35 g/d a aproximadamente 100 g/d, aún más preferiblemente desde aproximadamente 40 g/d a aproximadamente 100 g/d y lo más preferiblemente, desde aproximadamente 45 g/d a aproximadamente 100 g/d.

El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación para un proceso de esta invención puede ser sin retorcer o puede ser retorcido. Preferiblemente el hilo tiene menos de aproximadamente 10 vueltas de torsión por pulgada de longitud. El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación puede ser calentado por un proceso descrito en la Patente de los EE.UU 4.819.458.

El hilo de UHMW PE seleccionado como una alimentación para un proceso de esta invención puede consistir en filamentos no conectados, o los filamentos pueden ser conectados al menos parcialmente por fusión o por unión. La fusión de filamentos de hilo de UHMW PE puede ser conseguida por diferentes medios. Los medios convenientes incluyen la utilización de calor y tensión, o mediante la aplicación de un disolvente o un material plastificante antes de la exposición al calor y a la tensión como se ha descrito en las Patentes de los EE.UU 5.540.990, 5.749.214, y 6.148.597. La unión se puede conseguir revistiendo los filamentos al menos parcialmente con un material que tiene propiedades adhesivas, tal como KRATON® D1107.

En el proceso de la invención, preferiblemente, las operaciones b) a h) son realizadas de forma continua.

Un proceso alternativo, que no es de la invención actualmente reivindicada es un proceso para la producción continua de un artículo de cinta de polietileno de longitud indefinida que comprende:

- a) seleccionar al menos un hilo de múltiples filamentos de polietileno, teniendo dicho hilo una función de orientación de eje c de al menos 0,96, una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g, y teniendo dicho hilo una tenacidad de desde 15 g/d a aproximadamente 100 g/d cuando es medida por ASTM D2256-02 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min;
- b) hacer pasar dicho hilo continuamente a través de una o más zonas calentadas a temperaturas de desde aproximadamente 100 °C a aproximadamente 160 °C bajo tensión;
- c) estirar dicho hilo calentado al menos una vez a una tasa de estiramiento de desde aproximadamente 0,01 min⁻¹ a aproximadamente 5 min⁻¹.
- d) colocar dicho hilo bajo una fuerza de tracción longitudinal y someter dicho hilo al menos a una operación de compresión transversal para aplanar, consolidar y comprimir dicho hilo a una temperatura de desde aproximadamente 100 °C a aproximadamente 160 °C, formando de este modo un artículo de cinta que tiene una relación de aspecto de sección transversal media de al menos aproximadamente 10:1; teniendo cada una de dicha operación de compresión un inicio y una conclusión en la que la magnitud de dicha fuerza de tracción longitudinal sobre cada uno de dicho artículo de hilo o de cinta en el inicio de cada una de dicha operación de compresión es sustancialmente igual a la magnitud de la fuerza de tracción longitudinal sobre el artículo de hilo o de cinta en la conclusión de esa misma operación de compresión, y es al menos de aproximadamente 0,25 kilogramos-fuerza (2,45 Newton);
- e) estirar dicho artículo de cinta al menos una vez a una temperatura de desde aproximadamente 130 °C a aproximadamente 160 °C a una tasa de estiramiento de desde 0,001 min⁻¹ a 1 min⁻¹;
- f) repetir opcionalmente la operación d) una o más veces;
- g) repetir opcionalmente la operación e) una o más veces;

- h) relajar opcionalmente la fuerza de tracción longitudinal entre cualquiera de las operaciones c) a g);
- i) aumentar opcionalmente la fuerza de tracción longitudinal entre cualquiera de las operaciones c) a g)
- j) enfriar dicho artículo de cinta a una temperatura menor de aproximadamente 70 °C bajo tensión; Preferiblemente, las operaciones b) a j) son realizadas de forma continua.

5 Una versión continua del proceso de la invención reivindicada se ha ilustrado esquemáticamente en las figs. 1, 2 y 7. Una versión continua del proceso alternativo descrito anteriormente (no de la invención reivindicada) se ha ilustrado esquemáticamente en las figs. 3-6. Las figuras que ilustran un proceso particular difieren en el número y en la colocación del equipo de proceso, pero ilustran las mismas operaciones.

10 En cada una de las figs. 1 a 7 un hilo de UHMW PE de múltiples filamentos seleccionado (10-16 respectivamente) es desenrollado de un paquete o haz (no mostrado) y es hecho pasar sobre y bajo varios rodillos (20) de restricción. Los rodillos de restricción están a una temperatura de desde aproximadamente 25 °C a aproximadamente 137 °C.

En las figs. 1-2 y 7, el hilo que deja los rodillos de restricción (80, 81, 86 respectivamente) es hecho pasar bajo tensión directamente a uno o más medios (30, 33, 39) para comprimir, consolidar, y aplanar el hilo, formando de este modo un artículo de cinta. El artículo de cinta es calentado subsiguientemente y estirado al menos una vez.

15 En las figs. 3 a 6 el hilo que deja los rodillos de restricción (82-85 respectivamente) es calentado y estirado antes de alcanzar un medio para compresión. El calentamiento de un hilo puede ser por cualquier medio, tal como por radiación de infrarrojos, contacto con una superficie calentada o contacto con un fluido calentado. Preferiblemente, el hilo es calentado y estirado en un horno (50-59, 510 en las figs. 1-7) de aire de convección forzada que tiene zonas de múltiples temperaturas. El hilo es estirado al menos una vez a temperaturas de desde aproximadamente 100 °C a
20 aproximadamente 160 °C a una tasa de estiramiento de desde aproximadamente 0,01 min⁻¹ a aproximadamente 5 min⁻¹. La tasa de estiramiento es definida como la diferencia entre la velocidad a la que un material deja una zona de estiramiento (V₂) y la velocidad a la que entra en una zona de estiramiento (V₁) dividida por la longitud de la zona de estiramiento (L), es decir.,

$$\text{Tasa de estiramiento} = (V_2 - V_1)/L, \text{ min}^{-1}$$

25 Preferiblemente, el hilo es estirado a una relación de estiramiento de desde aproximadamente 1,01:1 a aproximadamente 20:1 a una temperatura de aproximadamente 135 °C a aproximadamente 155 °C. Preferiblemente, la relación de estiramiento es la máxima posible sin romper el hilo.

30 En ambos procesos descritos anteriormente, cada artículo de hilo o de cinta está bajo una fuerza de tracción longitudinal tanto en el inicio como en la conclusión de la compresión en cada uno de los medios para compresión (30-40). La fuerza de tracción longitudinal es regulada regulando las velocidades de medios accionados sucesivos.

35 La magnitud de la fuerza de tracción longitudinal sobre el artículo de hilo o de cinta en el inicio de cada operación de compresión es sustancialmente igual a la magnitud de la fuerza de tracción longitudinal sobre el artículo de hilo o de cinta en la conclusión de la misma operación de compresión. En el contexto de la invención, el término "sustancialmente igual" significa que la relación de una fuerza de tracción inferior a superior a lo largo de una operación de compresión es de al menos 0,75:1, preferiblemente al menos 0,80:1, más preferiblemente al menos 0,85:1, aún más preferiblemente, al menos 0,90:1, y lo más preferiblemente, al menos 0,95:1. Tal fuerza de tracción longitudinal sustancialmente igual en el inicio y en la conclusión de una operación de compresión es una característica fundamental del proceso de la invención. Fuerzas de tracción iguales a lo largo de una operación de compresión aseguran una tensión cero en el punto medio de compresión.

40 Se cree que el método de la invención es superior a los métodos de la técnica anterior que mantienen un esfuerzo a la tracción (g/d) igual a lo largo de un medio de compresión con fuerzas de tracción desequilibradas cuando el denier es reducido. El método de la invención permite presiones más elevadas y temperaturas más elevadas en una operación de compresión sin la rotura del artículo de hilo o de cinta o el deslizamiento en un medio para compresión. Se cree que esto permite velocidades de producción superiores y la capacidad de conseguir resistencias mecánicas superiores.

45 La fuerza de tracción longitudinal es de al menos 0,25 kilogramo-fuerza (abreviada Kgf, igual a 2,45 Newton, abreviada N) sobre el artículo de hilo o de cinta en la entrada y en la salida de una operación de compresión. Preferiblemente, la fuerza de tracción es de al menos 0,5 Kgf (4,9 N), más preferiblemente de al menos 1 Kgf (9,8 N), aún más preferiblemente de al menos 2 Kgf (19,6,2 N), y lo más preferiblemente, al menos 4 Kgf (39,2 N) en el inicio y en la conclusión de una operación de compresión. De manera más preferible, la fuerza de tracción longitudinal es tan elevada
50 como sea posible sin romper el artículo de hilo o de cinta y sin causar el deslizamiento del artículo de hilo o de cinta en un medio de compresión.

En aras de la definición sin pretender limitar el marco de la invención, los medios de compresión (30, 40) ilustrados en cada una de las figs. 1-7 son rodillos opuestos (rodillos de agarre), que giran en sentido contrario: cada rodillo de agarre de una unidad tiene preferiblemente la misma velocidad superficial, y presiona sobre el artículo de hilo o de cinta. Otros

medios de compresión adecuados y bien conocidos incluyen apilamientos de rodillos de agarre que consisten en tres o más rodillos en una única unidad que proporciona dos o más compresiones, pares de correas móviles que presionan desde lados opuestos contra el artículo de hilo o de cinta, rodillos donde el artículo de hilo o de cinta hace un giro de 180° bajo tensión elevada y similar. La presión aplicada por los rodillos de agarre y las correas móviles puede ser accionada por cilindros hidráulicos, o la presión puede ser el resultado de fijar un espacio entre los rodillos a una dimensión menor que el grosor del material entrante. Aún son posibles y se contemplan otros medios de compresión.

Los medios para compresión pueden ser hechos vibrar. Considerando el artículo de cinta como un objeto casi bidimensional con longitud y anchura pero grosor despreciable, la vibración puede ser en una dirección normal al plano del artículo de cinta, o en el plano del artículo de cinta o en una dirección inclinada con relación a ambos planos. La vibración puede ser de baja frecuencia, o de frecuencias sónica o ultrasónica. La vibración puede ser utilizada como una ayuda en la consolidación impartiendo impulsos adicionales de presión o de cizalladura. También puede ser utilizada para producir variaciones periódicas en el grosor o anchura del artículo comprimido útiles para la unión en aplicaciones de compuesto.

La presión ejercida en una operación de compresión en cada uno de los procesos descritos anteriormente es desde aproximadamente 20 a aproximadamente 10.000 libras por pulgada cuadrada (psi) (aproximadamente 0,14 a aproximadamente 34 MPa), preferiblemente desde aproximadamente 50 a aproximadamente 5000 psi (aproximadamente 0,34 a aproximadamente 34 MPa), y más preferiblemente desde aproximadamente 50 a aproximadamente 2500 psi (aproximadamente 0,69 a aproximadamente 17 MPa). La presión es aumentada preferiblemente en etapas de compresión sucesivas. Los medios de compresión están a una temperatura de desde aproximadamente 25 °C a aproximadamente 160 °C, preferiblemente desde aproximadamente 50 °C a aproximadamente 155 °C, y más preferiblemente desde aproximadamente 100 °C a aproximadamente 150 °C.

Después del paso a través de al menos un medio de compresión, por ejemplo (30) en la fig. 1, un artículo (100) de cinta formado ahora es calentado y estirado al menos una vez. El calentamiento del artículo de cinta puede ser por cualquier medio, tal como por radiación de infrarrojos, contacto con una superficie calentada, o contacto con un fluido calentado. Preferiblemente, el artículo de cinta es calentado y estirado en un horno (50, 51) de aire de convección forzada que tiene zonas de múltiples temperaturas delimitadas por las líneas discontinuas en las figuras. Hay calentadores y sopladores no mostrados en las figuras para calentar y hacer circular el aire a través del horno.

El artículo de cinta es estirado al menos una vez a una temperatura de desde 130 °C a 160 °C, y preferiblemente desde aproximadamente 135 °C a aproximadamente 150 °C. El artículo de cinta es estirado a una tasa de estiramiento de desde 0,001 min⁻¹ a 1 min⁻¹. Preferiblemente el artículo de cinta es estirado a una tasa de estiramiento de desde 0,001 min⁻¹ a aproximadamente 0,1 min⁻¹. Preferiblemente el artículo de cinta es estirado a una relación de estiramiento de desde aproximadamente 1,01:1 a 20:1.

La fuerza de estiramiento se puede aplicar por cualesquiera métodos convenientes tales como haciendo pasar el hilo sobre y bajo un número suficiente de rodillos (60) accionados, como se ha ilustrado en las figs. 2, 3, 4 y 6; por medios de compresión (31, 32, 40) como se ha ilustrado en las figs. 1 y 7; tanto por los medios de compresión (36, 37, 40) como por los rodillos accionados (60, 61) como en las figs. 5 y 7; o enrollando el artículo de cinta múltiples veces alrededor de un par de rodillos de guía y de giro en vacío (no ilustrados). Los rodillos accionados que aplican la fuerza de estiramiento pueden ser internos al horno o ser externos al horno.

La fuerza de tracción longitudinal no necesita ser la misma a lo largo de una operación continua. Opcionalmente, un artículo de hilo o de cinta puede ser relajado a una fuerza de tracción longitudinal inferior o permitido contraer menos de aproximadamente el 5% entre compresiones o estiramientos sucesivos por medios de aislamiento de tensión. Alternativamente, la tensión puede ser aumentada entre compresiones o estiramientos sucesivos por medios de aislamiento de tensión. En la fig. 7, los rodillos (61) actúan como medios de aislamiento de tensión. La fuerza de tracción sobre el artículo de cinta (114) puede ser o bien mayor o bien menor que sobre el artículo de cinta (113), dependiendo de la velocidad de los rodillos de agarre (39) y (40) y las temperaturas en los dos hornos. En cualquier caso, las velocidades de los rodillos de restricción (20) y de los rodillos accionados (60) son ajustadas para mantener la fuerza de tracción constante a lo largo de los medios de compresión (39 y 40).

El artículo de cinta es enfriado bajo tensión antes de ser transportado a una devanadora. La longitud del artículo de cinta disminuirá ligeramente debido a la contracción térmica, pero la tensión debería ser suficientemente elevada durante la refrigeración para impedir la contracción más allá de la contracción térmica. Preferiblemente, el artículo de cinta es enfriado sobre rodillos (60) y los rodillos son enfriados por convección natural, aire forzado, o son enfriados internamente con agua. El artículo final (70-76) de cinta estirada, enfriado bajo tensión a una temperatura menor de 70 °C, es enrollado bajo tensión (devanadora no mostrada) como un paquete o sobre un haz.

Como se ha indicado anteriormente, el número y la colocación de los medios de compresión y de estiramiento puede variar dentro de una realización particular como se ha ilustrado esquemáticamente en las figuras.

La fig. 1 que ilustra una realización de la invención reivindicada muestra una secuencia de compresión-estiramiento-compresión-estiramiento-compresión.

La fig. 2 que ilustra una realización de la invención reivindicada muestra una secuencia de compresión-compresión-estiramiento.

Las figs. 3-6 ilustran el proceso alternativo, descrito anteriormente que no es de la invención actualmente reivindicada. La fig. 3 muestra una secuencia de estiramiento-compresión-estiramiento.

- 5 La fig. 4 muestra una secuencia de estiramiento-tres compresiones consecutivas-estiramiento.

La fig. 5 muestra una secuencia de estiramiento-compresión-estiramiento-compresión-estiramiento en un horno (57) de seis zonas.

La fig. 6 muestra una secuencia de estiramiento-dos compresiones consecutivas-estiramiento en un horno (58) de cuatro zonas.

- 10 La fig. 7, que ilustra una realización de la invención reivindicada, muestra una secuencia de compresión-estiramiento-estiramiento a una fuerza-compresión de tracción aumentada.

Son posibles, y se han contemplado muchas otras secuencias de procesamiento de acuerdo con cualquiera de los procesos descritos.

- 15 Preferiblemente, un proceso de la invención produce un artículo de cinta que tiene una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 2,2 GPa, más preferiblemente de al menos aproximadamente 2,6 GPa, aún más preferiblemente de al menos aproximadamente 3,0 GPa, y lo más preferiblemente, de al menos 3,6 GPa.

Preferiblemente, un proceso de la invención produce un artículo de cinta que tiene una resistencia a la tracción de al menos el 75% de la resistencia mecánica del hilo a partir del cual está hecho. Más preferiblemente, un proceso de la invención produce una cinta que tiene una resistencia a la tracción superior que el hilo a partir del cual está hecha.

- 20 Una realización adicional de la invención es un artículo de cinta de polietileno de longitud indefinida y una relación de aspecto de sección transversal media de al menos 10:1, teniendo dicho polietileno una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g, y cuando es medida por ASTM D882 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min, teniendo dicho artículo de cinta una resistencia a la tracción de al menos 3,6 GPa.

- 25 Se puede proporcionar una tela que comprende artículos de cinta de la invención, siendo seleccionado dicha tela a partir del grupo consistente en telas tejidas, tricotadas, y tejidas tridimensionalmente. Preferiblemente, tal tela está compuesta por al menos el 50% en peso de artículos de cinta de la invención.

En otra realización, la invención es un estratificado que comprende dos o más capas unidireccionales de los artículos de cinta de la invención con la dirección de cinta en capas adyacentes que son giradas entre sí de 15 a 90 grados.

- 30 Aún en una realización adicional, la invención es un compuesto resistente a los impactos y a la penetración que comprende un estratificado de la invención. Preferiblemente, un compuesto de la invención es resistente a la penetración de proyectiles balísticos y de cuchillos y otros instrumentos afilados o puntiagudos.

Los siguientes ejemplos son presentados para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Las proporciones, materiales, condiciones, técnicas específicas y datos de los que se ha informado expuestos para ilustrar los principios de la invención son ejemplares y no deberían ser considerados como limitativos del marco de la invención.

- 35

MÉTODOS DE MEDICIÓN

Viscosidad Intrínseca

Las mediciones de viscosidad intrínseca se realizaron por ASTM D1501-99 en solución de decalina a 135 °C.

Tenacidad de Hilo

- 40 La tenacidad de hilo se midió por ASTM D2256-02 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min.

Resistencia a la Tracción de la Cinta

La resistencia a la tracción de la cinta se midió por ASTM D882-09 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min.

- 45 Función de Orientación

La función (f_c) de orientación del eje c se midió por el método de difracción de rayos x de gran angular descrito en Correale, S.T. & Murthy, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 101, 447-454 (2006) como aplicado a polietileno.

EJEMPLOS

Los ejemplos 1 y 2 fueron ensayos de sistemas simplificados

EJEMPLO 1 (Comparativo)

5 Un hilo de UHMW PE de múltiples filamentos de 1200 denier que tiene una viscosidad intrínseca de 12 dl/g, una función de orientación de eje c de 0,99, y una tenacidad inicial de 28 g/d fue retorcido 7 vueltas/pulgada (2,76 vueltas/cm). La tenacidad del hilo retorcido fue de 15,5 g/d. El hilo retorcido fue estirado y fundido y luego comprimido estáticamente en una prensa entre platinas a una temperatura de 22 °C y a una presión de aproximadamente 8.000 psi (aproximadamente 55 MPa). La resistencia a la tracción del artículo de cinta fue 2,0 GPa que corresponde a una tenacidad de 23,4 g/d. El artículo de cinta tenía retenido el 83,6% de la resistencia del hilo sin torsión original.

10 EJEMPLO 2 (Comparativo)

Un hilo de UHMW PE de múltiples filamentos de 4800 denier que tiene una viscosidad intrínseca de 14 dl/g, una función de orientación de eje c de 0,99, y una tenacidad de 28 d/g fue retorcido aproximadamente 0,025 vueltas por pulgada (aproximadamente 0,01 vueltas/cm). El hilo fue estirado a una relación de 2,5:1 en un horno de convección de aire forzado a una temperatura de 155,5 °C y a una tasa de estiramiento de 1,07 min⁻¹. Los filamentos del hilo fueron de este modo fundidos al menos parcialmente juntos. La tenacidad del hilo estirado y fundido fue de 20 g/d.

Se tiró continuamente del hilo estirado y fundido que tiene un diámetro de aproximadamente 0,065 cm a lo largo de una placa de acero a una temperatura de 152 °C y luego a través de un espacio fijado entre la placa calentada inferior y una placa de acero superior sin calentar. La placa superior fue inclinada en un ángulo con relación a la placa inferior de tal manera que su borde inferior define una línea de contacto con el hilo. La fuerza de tracción sobre el hilo fue de 225 g entrando al espacio y de 400 g dejando el espacio.

El hilo fue aplanado, consolidado y comprimido continuamente al pasar a través del espacio bajo tensión, formando de este modo una cinta. La cinta permaneció en contacto con la placa calentada más allá del espacio de compresión y pudo haber producido algún estiramiento.

25 El artículo de cinta producido de este modo tenía dimensiones laterales de 0,005 pulgadas (0,0127 cm) de grosor por 0,10 pulgadas (0,254 cm) de anchura, y una relación de aspecto de 20:1. La resistencia a la tracción de la cinta fue de 1,62 GPa, que corresponde a una tenacidad de 19 g/d y al 68% de la resistencia mecánica del hilo original.

EJEMPLO 3

El siguiente ejemplo expone el mejor modo contemplado por los inventores de llevar a cabo el proceso de la invención actualmente reivindicada.

30 El hilo de UHMW PE de múltiples filamentos hilado con gel de 1200 denier girado aproximadamente 0,01 vueltas/cm es seleccionado teniendo una viscosidad intrínseca de 14 dl/g, una función de orientación de eje c de 0,99, y una tenacidad de 47 g/d.

35 Como se ha ilustrado en la fig. 1, el hilo (10) es desenrollado de un paquete sobre una fileta (no mostrado) y es hecho pasar sobre los rodillos de restricción (20). Los rodillos están a una temperatura de 130 °C. El hilo que deja los rodillos de restricción (80) es hecho pasar a una velocidad de 5 metros/min directamente a un primer par de compresión de rodillos de agarre (30) de compresión. Los rodillos de agarre aplican una fuerza de tracción longitudinal de 2,5 Kgf (24,5 N) al hilo. Los rodillos de agarre están a una temperatura de 135 °C. El hilo es aplanado, consolidado y comprimido en los rodillos de agarre bajo una presión de aproximadamente 500 psi (aproximadamente 3,4 KPa) formando un artículo (100) de cinta. El artículo de cinta que deja el primer par de rodillos de agarre (30) está bajo una fuerza de tracción longitudinal de 2,5 Kgf (24,5 N) aplicada por un segundo par de rodillos de agarre (31).

40 El artículo (100) de cinta entra y atraviesa dos zonas de un horno (50) de convección de aire forzado en el paso entre los rodillos de agarre (30) y (31). Las temperaturas en el horno son: Zona 1 – 149 °C, Zona 2 – 150 °C. El artículo (100) de cinta es estirado a una tasa de estiramiento de 0,11 min⁻¹ en el horno (50). El artículo de cinta estirada es comprimido una segunda vez en los rodillos de agarre (31, y es hecho pasar a un segundo horno (51). Las temperaturas del segundo rodillo de agarre son 147 °C.

45 El artículo (101) de cinta dos veces comprimido y una vez estirado es estirado a una tasa de estiramiento de 0,096 min⁻¹ en la primera y segunda zonas del segundo horno (51) bajo la influencia de una fuerza de tracción longitudinal de 2,5 Kgf (29,4 N) aplicada por un tercer par de rodillos de agarre (32). Las temperaturas de zona en el horno (51) son 151 °C y 152 °C respectivamente.

50 El artículo de cinta es entonces comprimido una tercera vez bajo una presión de aproximadamente 500 psi (aproximadamente 3,4 KPa) a temperaturas de rodillo de agarre de 150 °C en el tercer conjunto de rodillos de agarre (32). La fuerza de tracción longitudinal en el artículo de cinta es esencialmente constante a 2,5 Kgf (29,4 N) en la entrada

y en la salida del tercer conjunto de rodillos de agarre. La fuerza de tracción longitudinal en el artículo de cinta en la salida del tercer conjunto de rodillos de agarre (32) es aplicada por rodillos externos (60).

La cinta es enfriada bajo tensión a una temperatura de 50 °C sobre los rodillos externos (60). El artículo (70) de cinta final es enrollado bajo tensión a una velocidad de 7,5 metros/min.

- 5 El artículo de cinta nuevo producido tiene una sección transversal esencialmente rectangular con un grosor de 0,00697 cm, una anchura de 0,135 cm y una relación de aspecto de sección transversal media de 20:1. La resistencia a la tracción del artículo de cinta es de 3,6 GPa que corresponde a una tenacidad de 42 g/d. El artículo de cinta retiene el 89% de la resistencia mecánica del hilo a partir del cual es producido.

EJEMPLO 4 (no de la invención actualmente reivindicada)

- 10 El siguiente ejemplo expone el mejor modo contemplado por los inventores de llevar a cabo el proceso alternativo descrito anteriormente, que no es de la invención actualmente reivindicada.

Un hilo de UHMW PE de múltiples filamentos hilado con gel de 4800 denier girado 0.01 vueltas/cm es seleccionado teniendo una viscosidad intrínseca de 15 dl/g, una función de orientación de eje c de 0,98, y una tenacidad de 45 g/d.

- 15 Como se ha ilustrado en la fig. 3 el hilo (12) es desenrollado de un paquete sobre una fileta (no mostrada) y es hecho pasar continuamente sobre los rodillos de restricción (20). Los rodillos están a una temperatura de 135 °C. El hilo que deja los rodillos de restricción (82) es hecho pasar a una velocidad de 5 metros/min a un horno (53) de dos zonas bajo una fuerza de tracción longitudinal de 8 Kgf (78,4 N). La fuerza de tensión longitudinal es regulada por la velocidad de los rodillos de agarre (34). La primera y segunda temperaturas de zona de horno son 149 °C y 150 °C respectivamente. El hilo es estirado a una tasa de estiramiento de $0,09 \text{ min}^{-1}$ en el horno (53) antes de entrar en los rodillos de agarre. El hilo estirado es comprimido en los rodillos de agarre (34) a una temperatura de 152 °C formando un artículo de cinta. El artículo de cinta es hecho pasar a un segundo horno (54) y estirado bajo una fuerza de tracción longitudinal de 8 Kgf (78,4 N). La fuerza de tracción longitudinal es regulada por la velocidad de los rodillos externos (60). El artículo de cinta es estirado a una tasa de estiramiento de $0,086 \text{ min}^{-1}$ a una temperatura de 152 °C.

- 25 La cinta es enfriada bajo tensión a una temperatura de 50 °C sobre los rodillos externos (60). El artículo (72) de cinta final es enrollado bajo tensión a una velocidad de 7 metros/min.

El artículo de cinta así producido tiene una sección transversal esencialmente rectangular con un grosor de 0,00627 cm, una anchura de 0,627 cm y una relación de aspecto de sección transversal media de 100:1. La resistencia a la tracción del artículo de cinta es de 3,6 GPa que corresponde a una tenacidad de 42 g/d. El artículo de cinta retiene el 93% de la resistencia mecánica del hilo a partir del cual es producido.

- 30 EJEMPLO 5

Un artículo de cinta de la invención como se describe en el Ejemplo 3 es tejido a un tela tejida plana que tiene un recuento de urdimbre y relleno de 7,2 por centímetro.

EJEMPLO 6

- 35 Un artículo de cinta realizado por el proceso descrito en el Ejemplo 4 es tejido a una tela tejida plana que tiene un recuento de urdimbre y relleno de 1,5 por centímetro.

EJEMPLO 7

- 40 Un artículo de cinta como se ha descrito en el Ejemplo 3 o un artículo de cinta realizado por el proceso descrito en el Ejemplo 4 es enrollado en una multiplicidad de paquetes y los paquetes son colocados sobre una fileta. Múltiples extremos de los artículos de cinta, desenrollados de la fileta, alineados paralelos en contacto lateral, son colocados sobre una banda portadora que consiste en una película de polietileno de densidad elevada (HDPE) de 0,00035 cm de grosor. La banda portadora y los artículos de cinta son hechos pasar a través de rodillos de agarre calentados bajo presión para adherir los artículos de cinta a la banda portadora. La banda portadora y los artículos de cinta paralelos adheridos son enrollados en dos rodillos.

- 45 Los dos rodillos son alimentados a un aparato de formación de pliegues como se ha descrito en la Patente de los EE.UU 5.173.138 en la que las bandas que contienen los artículos de cinta son plegadas transversalmente y consolidadas por medio de calor y presión. Se forma de este modo un estratificado de cuatro capas donde las capas, en orden secuencial a través del estratificado son HDPE-artículos de cinta-artículos de cinta-HDPE, y las direcciones de las cintas en capas adyacentes están en ángulos rectos entre sí. Este estratificado de la invención es enrollado.

EJEMPLO 8

- 50 Las telas como se describe en el Ejemplo 5 o en el Ejemplo 6 son plegadas y conectadas libremente para formar un conjunto de la invención que tiene una densidad de área de $1,5 \text{ Kg/m}^2$. Se espera que el conjunto de la invención tenga

una absorción de energía específica de al menos aproximadamente 500 J-m²/Kg contra una bala Parabellum FMJ de 9 x 19 mm medida por MIL.-STD. 662F

EJEMPLO 9

5 Los estratificados de la invención como se ha descrito en el Ejemplo 7 son plegados y consolidados para formar un artículo compuesto resistente a los impactos y a la penetración de la invención que tiene una densidad de área de 1,5 Kg/m². Se espera que el artículo compuesto de la invención tenga una absorción de energía específica de al menos aproximadamente 500 J-m²/kg contra una bala Parabellum FMJ de 9 x 19 mm medida por MIL.-STD. 662F

10 Habiendo descrito así la invención en detalles bastante completos, se comprenderá que tal detalle no debe ser estrictamente adherido sino que se pueden sugerir otros cambios y modificaciones a un experto en la técnica, cayendo todos dentro del marco de la invención como se ha definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la producción de un artículo de cinta de polietileno que comprende:

- 5 a) seleccionar al menos un hilo de múltiples filamentos de polietileno, teniendo dicho hilo una función de orientación de eje c de al menos 0,96, una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g, y teniendo dicho hilo una tenacidad de desde 15 g/d a 100 g/d cuando es medida por ASTM D2256-02 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min;
- 10 b) colocar dicho hilo bajo una fuerza de tracción longitudinal y someter dicho hilo al menos a una operación de compresión transversal para aplanar, consolidar y comprimir dicho hilo a una temperatura de desde 25 °C a 137 °C, formando de este modo un artículo de cinta que tiene una relación de aspecto de sección transversal media de al menos 10:1; teniendo al menos cada una de dicha operación de compresión un inicio y una conclusión en la que la magnitud de dicha fuerza de tracción longitudinal sobre cada uno de dicho artículo de hilo o de cinta en el inicio de cada una de dicha operación de compresión es sustancialmente igual a la magnitud de la fuerza de tracción longitudinal sobre el artículo de hilo o de cinta en la conclusión de esa misma operación de compresión,
- 15 y es al menos 0,25 kilogramos-fuerza (2,45 Newton);
- c) estirar dicho artículo de cinta al menos una vez a una temperatura en el rango de desde 130 °C a 160 °C a una tasa de estiramiento de desde 0,001 min⁻¹ a 1 min⁻¹;
- d) repetir opcionalmente la operación b) una o más veces a una temperatura de desde 100 °C a 160 °C;
- e) repetir opcionalmente la operación c) una o más veces;
- 20 f) relajar opcionalmente la fuerza de tracción longitudinal entre cualquiera de las operaciones b) a e);
- g) aumentar opcionalmente la fuerza de tracción longitudinal entre cualquiera de las operaciones b) a e);
- h) enfriar dicho artículo de cinta a una temperatura inferior a 70 °C bajo tensión.

2. El proceso de la reivindicación 1 en el que las operaciones b) a h) son realizadas de forma continua.

25 3. El proceso de la reivindicación 1 en el que el hilo de múltiples filamentos seleccionado tiene menos de 10 vueltas de torsión por pulgada (2,54 cm) de longitud.

4. El proceso de la reivindicación 1 en el que los filamentos del hilo de múltiples filamentos seleccionado han sido conectados por medio de un proceso seleccionado a partir del grupo que consiste en la fusión y la unión.

30 5. El proceso de la reivindicación 1, en el que la resistencia mecánica del artículo de cinta medida por ASTM D882-09 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min, es al menos el 75% de la resistencia mecánica del hilo de múltiples filamentos a partir del cual fue producido.

6. El proceso de la reivindicación 1, en el que cuando es medido por ASTM D882-09 a una longitud de inicio de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min, dicho artículo de cinta tiene una resistencia a la tracción de al menos 2,2 GPa.

35 7. El proceso de la reivindicación 1 en el que un medio para compresión es hecho vibrar en una dirección con relación al plano de un artículo de cinta seleccionado a partir del grupo que consiste en normal a dicho plano, en dicho plano, e inclinado a ambos de dichos planos.

40 8. Un artículo de cinta de polietileno formado a partir de un hilo de polietileno de múltiples filamentos, comprendiendo dicho artículo de cinta un hilo aplanado y teniendo una relación de aspectos de sección transversal media de al menos 10:1, teniendo dicho polietileno una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C por ASTM D1601-99 de desde 7 dl/g a 40 dl/g, teniendo dicho artículo de cinta una resistencia la tracción de al menos 3,6 GPa cuando es medida por ASTM D882-09 a una longitud inicial de ensayo de 10 pulgadas (25,4 cm) y a una tasa de extensión de 100%/min.

9. El artículo de cinta de polietileno de la reivindicación 8, que es obtenido por un proceso como el definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

45 10. Un estratificado que comprende dos o más capas unidireccionales de los artículos de cinta como los definidos en las reivindicación 8 o en la reivindicación 9 estando la dirección de cinta en capas adyacentes giradas entre sí de 15 a 90 grados.

11. Un conjunto resistente a la penetración y a los impactos que comprende un estratificado como el definido en la reivindicación 10.

12. El proceso de la reivindicación 1 en el que el polietileno tiene una resistencia a la tracción de 3,6 GPa.
13. El proceso de la reivindicación 1 en el que se llevan a cabo ambas de dichas operaciones opcionales d) y e).
14. El proceso de la reivindicación 1 en el que el hilo de polietileno es un hilo de polietileno de peso molecular ultra-elevado (UHMWPE) y es retorcido, en el que preferiblemente dicho hilo tiene menos de aproximadamente 10 vueltas de torsión por pulgada de longitud (menos de aproximadamente 10 vueltas de torsión por 2,54 cm de longitud).
- 5 15. El proceso de la reivindicación 1 en el que el hilo de polietileno es un hilo de polietileno de peso molecular ultra-elevado (UHMWPE) y consiste en filamentos que pueden ser conectados al menos parcialmente por fusión o por unión.

FIGURA 1

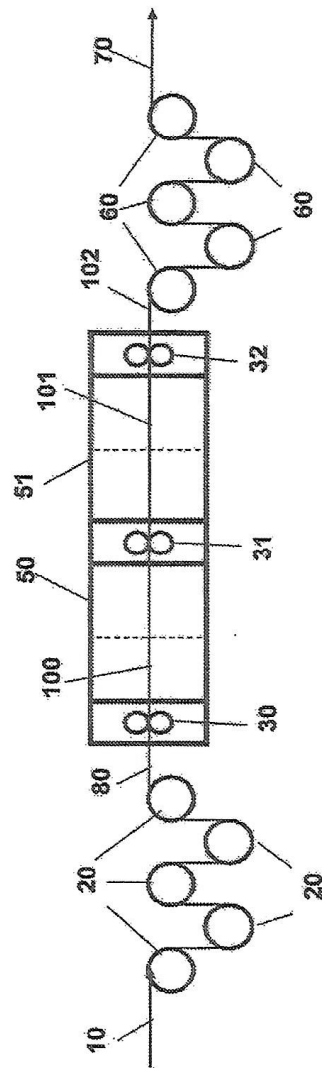


FIGURA 2

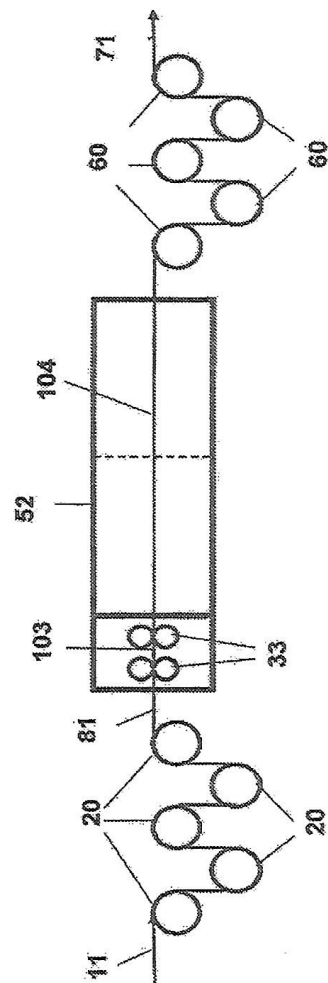


FIGURA 3

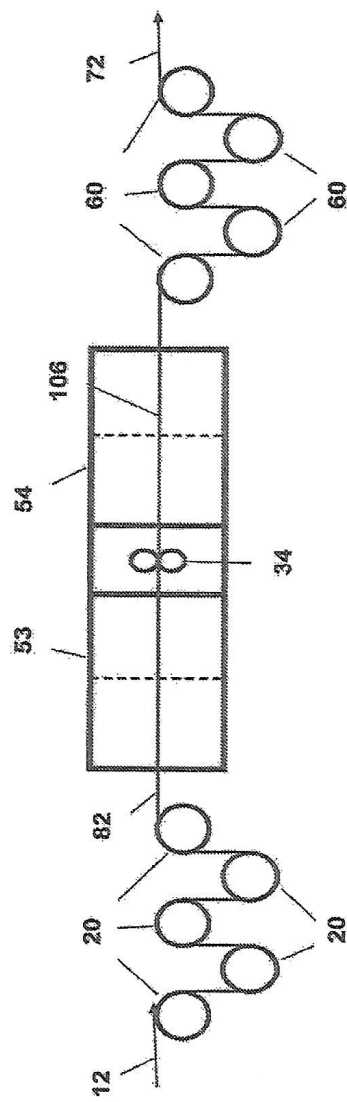


FIGURA 4

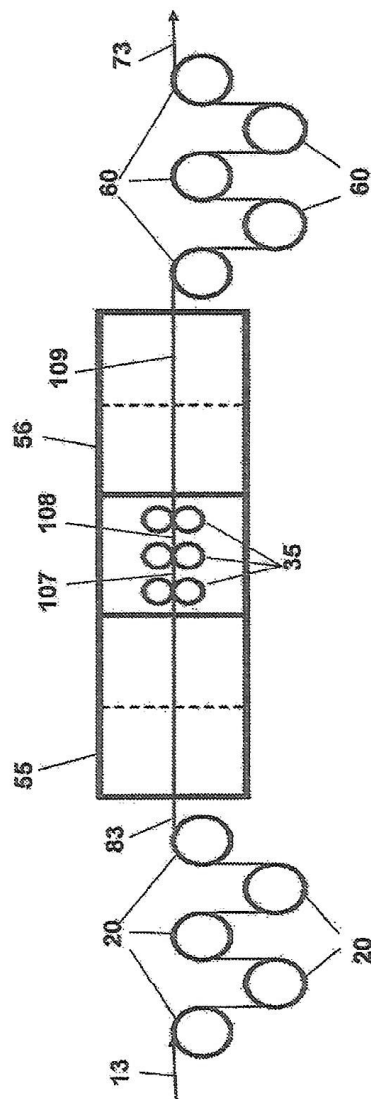


FIGURA 5

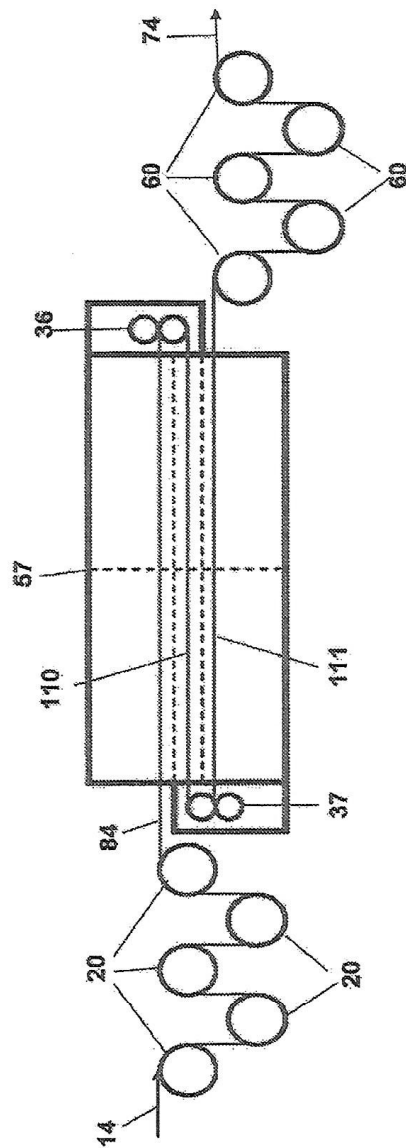


FIGURA 6

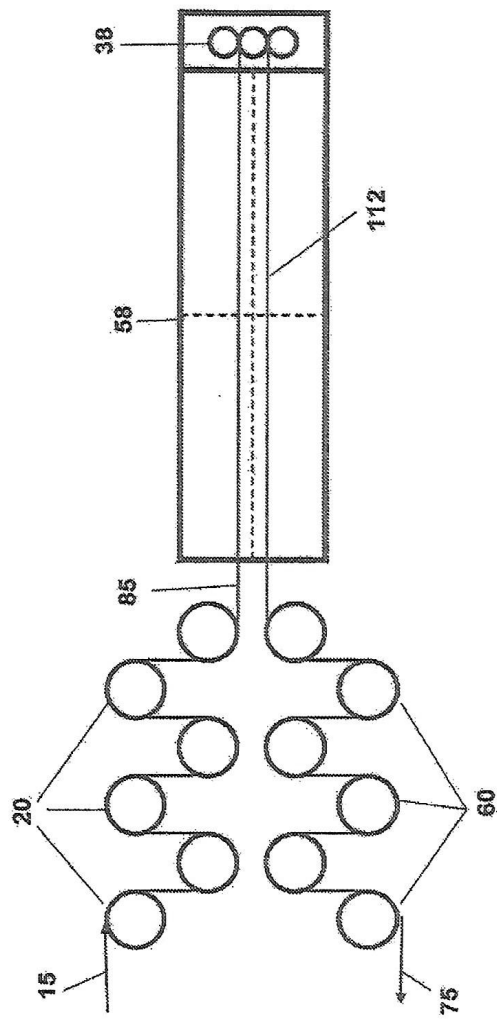


FIGURA 7

