

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 178**

51 Int. Cl.:

F41H 5/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2009 PCT/EP2009/058992**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2010 WO10007062**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2009 E 09797497 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 2313736**

54 Título: **Objetos con resistencia balística que comprenden cuerpos alargados**

30 Prioridad:

17.07.2008 EP 08160594

09.01.2009 EP 09150306

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

18.07.2019

73 Titular/es:

TEIJIN ARAMID B.V. (100.0%)

Velperweg 76

6824 BM Arnhem, NL

72 Inventor/es:

BOVENSCHEN, SOON JOO;

JOURNEÉ, MARINUS JOHANNES GERARDUS;

VAN DER EEM, JORIS;

NIENHUIS, ERIK OSCAR y

BOS, JOHANNES

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 720 178 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

Objetos con resistencia balística que comprenden cuerpos alargados

La presente invención pertenece a objetos con resistencia balística que comprenden cuerpos alargados y a un método para la fabricación de los mismos.

5 Antecedentes de la invención

Los objetos con resistencia balística que comprenden cuerpos alargados resultan conocidos en la técnica.

El documento EP 833742 describe un objeto moldeado con resistencia balística que contiene una pila comprimida de monocapas, de manera que cada monocapa contiene fibras orientadas unidireccionalmente y como máximo un 30 % en peso de un material orgánico de matriz.

10 El documento WO 2006/107197 describe un método para la fabricación de un laminado de cintas poliméricas en el que se usan cintas poliméricas de tipo revestimiento-núcleo, en el que el material de núcleo tiene una temperatura de fusión más elevada que el material de revestimiento, comprendiendo el método las etapas de derivación de las cintas poliméricas, colocación de las cintas poliméricas, y consolidación de las cintas poliméricas para obtener un laminado.

15 El documento EP 1627719 describe un objeto con resistencia balística que consiste esencialmente en polietileno de peso molecular ultra-elevado que comprende una pluralidad de láminas de polietileno orientadas unidireccionalmente entrecruzadas con un ángulo unas con respecto a otras y ligadas unas a otras en ausencia de cualquier resina, matriz de unión o similar.

20 El documento US 4.953.234 describe un composite resistente a impactos y un casco fabricado a partir del mismo. El composite comprende una pluralidad de paquetes pre-impregnados, que comprenden cada uno al menos dos capas entrecruzadas de fibras coplanares unidireccionales intercaladas en una matriz. Las fibras son fibras de polietileno de peso molecular elevado altamente orientadas.

25 El documento US 5.167.876 describe una composición de retardador de llama que comprende al menos una capa fibrosa que comprende una red de fibras tal como polietileno de elevada resistencia o fibras de aramida en una matriz en combinación con una capa de retardador de llama.

Aunque las referencias mencionadas anteriormente describen materiales con resistencia balística con propiedades adecuadas, todavía existe oportunidad de mejora. Más en particular, existe demanda de un material con resistencia balística que combine un elevado rendimiento balístico con un bajo peso de área y buena estabilidad. La presente invención proporciona dicho material.

30 Sumario de la invención

La presente invención pertenece a un objeto moldeado con resistencia balística que comprende una pila comprimida de láminas que comprenden cuerpos alargados de refuerzo, en el que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados, calculado en el peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, son cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, caracterizado por que dichos cuerpos alargados de polietileno tienen una relación de M_w/M_n de como máximo 6 y un parámetro de orientación uniplanar de 200/110 de al menos 3, cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.

40 La presente invención también pertenece a un paquete de láminas consolidado apropiado para el uso en la fabricación de un objeto moldeado con resistencia balística de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el paquete de láminas consolidadas comprende de 2-50 láminas, comprendiendo cada lámina cuerpos alargados de refuerzo, de manera que la dirección de los cuerpos alargados dentro del paquete de láminas no es unidireccional, en el que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados, calculado en el peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, son cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tiene un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, caracterizado por que dichos cuerpos alargados de polietileno tienen una relación de M_w/M_n de como máximo 6 y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3 cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.

50 La invención además pertenece a un método para la fabricación de un objeto moldeado con resistencia balística que comprende las etapas de proporcionar láminas que comprenden cuerpos alargados de refuerzo, apilar las láminas de tal forma que la dirección de los cuerpos alargados dentro de la pila comprimida no sea unidireccional, y comprimir la pila bajo presión de al menos 0,5 MPa, en el que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados, calculado en el peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, son

5 cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, caracterizado por que dichos cuerpos alargados de polietileno tienen una relación de M_w/M_n de como máximo 6 y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3 cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.

Descripción detallada

10 Una característica clave de la presente invención es que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados presentes en el material balístico son cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, y una relación de M_w/M_n de como máximo 6, y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3 cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.

15 Se ha descubierto que la selección de cuerpos alargados que cumplen estos criterios tiene como resultado un material balístico moldeado con propiedades particularmente ventajosas. Mas en particular, se encontró la selección de un material con una distribución de peso molecular estrecha y el parámetro de orientación especificado en un material con propiedades balísticas mejoradas. Las realizaciones ventajosas adicionales de la presente invención resultan evidentes a partir de la memoria descriptiva adicional.

20 Se aprecia que el polietileno con un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, y una relación de M_w/M_n de como máximo 6 se conoce por sí mismo en la técnica. Por ejemplo, se describe en el documento WO 2001/21668. Esta referencia indica que el polímero descrito en la presente memoria presenta una resistencia mejorada frente a la fisuración-tensión ambiental, propiedades de barrera frente a la humedad, resistencia química, resistencia frente a impactos, resistencia a la abrasión y resistencia mecánica. Se indica que el material se puede usar para preparar una película, tubería de presión, moldeo por soplado de una pieza grande, lámina sometida a extrusión y muchos otros objetos. No obstante, la presente referencia no contiene ninguna información adicional sobre estas propiedades, ni tampoco divulga o sugiere el uso de cuerpos alargados del presente material en aplicaciones balísticas.

25 Ihara et al (E. Ihara et al., Marcomol. Chem. Phys. 197, 1909-1917 (1996)) describe un proceso para la fabricación de polietileno con un peso molecular M_n de más de 1 millón y una relación de M_w/M_n de 1,60.

30 En el contexto de la presente memoria descriptiva, la expresión cuerpo alargado significa un objeto cuya dimensión más grande, la longitud, es más grande que la segunda dimensión más grande, la anchura, y la dimensión más pequeña, el espesor. Más en particular, la relación entre longitud y anchura generalmente es de al menos 10. La relación máxima no es crítica para la presente invención y depende de los parámetros de procesado. Como valor general, se puede mencionar una relación máxima de longitud con respecto a anchura de 1 000 000.

35 Por consiguiente, los cuerpos alargados usados en la presente invención engloban monofilamentos, hilos de multifilamento, hebras, cintas, tiras, hilos de fibras cortas y otros objetos alargados que tienen un corte transversal regular o irregular.

40 En una realización de la presente invención, el cuerpo alargado es una fibra, es decir, un objeto en el cual la longitud es más larga que la anchura y el espesor, aunque la anchura y el espesor estén dentro del mismo intervalo de tamaño. Más en particular, la relación entre anchura y el espesor, generalmente, está dentro del intervalo de 10:1 a 1:1, aún más en particular entre 5:1 y 1:1, aún más en particular entre 3:1 y 1:1. Como comprende la persona experta, las fibras pueden tener un corte transversal más o menos circular. En este caso, la anchura es la dimensión más larga del corte transversal, aunque el espesor sea la dimensión más corta del corte transversal.

45 Para las fibras, la anchura y el espesor son generalmente de al menos 1 micrómetro, más en particular al menos 7 micrómetros. En el caso de los hilos de multifilamento, la anchura y el espesor pueden ser bastante grandes, por ejemplo, de hasta 2 mm. Para los hilos de monofilamento, una anchura y un espesor de hasta 150 micrómetros pueden ser más convencionales. Como ejemplo particular, se pueden mencionar las fibras con una anchura y un espesor dentro del intervalo de 7-50 micrómetros.

50 En la presente invención, se define una cinta como un objeto en el cual la longitud, es decir, la dimensión más larga del objeto, es más grande que la anchura, la segunda dimensión más pequeña del objeto, y el espesor, es decir, la dimensión más pequeña del objeto, aunque la anchura sea a su vez más grande que el espesor. Más en particular, la relación entre longitud y anchura generalmente es de al menos 2. Dependiendo de la anchura de la cinta y el tamaño de pila, la relación puede ser más grande, por ejemplo, al menos 4, o al menos 6. La relación máxima no resulta crítica para la presente invención y depende de los parámetros de procesado. Como valor general, se puede mencionar una relación máxima de longitud con respecto a anchura de 200 000. Generalmente, la relación entre anchura y espesor no es mayor de 10:1, en particular mayor de 50:1, aún más en particular mayor de 100:1. La relación máxima entre anchura y espesor no resulta crítica para la presente invención. Generalmente, es como máximo de 2000:1.

La anchura de la cinta generalmente es al menos 1 mm, más en particular al menos 2 mm, aún más en particular al menos 5 mm, más en particular al menos 10 mm, incluso más en particular al menos 20 mm, incluso más en particular al menos 40 mm. La anchura de la cinta es generalmente como máximo 200 mm. El espesor de la cinta es generalmente al menos 8 micrómetros, en particular al menos 10 micrómetros. El espesor de la cinta es generalmente como máximo 150 micrómetros, más en particular como máximo 100 micrómetros.

En una realización, las cintas se usan con una resistencia elevada en combinación con una densidad lineal elevada. En la presente solicitud, la densidad lineal se expresa en dtex. Este es el peso en gramos de 10.000 metros de película. En una realización, la película de acuerdo con la invención tiene un denier de al menos 3000 dtex, en particular al menos 5000 dtex, más en particular al menos 10000 dtex, incluso más en particular al menos 15000 dtex, o incluso al menos 20000 dtex, en combinación con resistencias de, como se ha especificado anteriormente, al menos 2,0 GPa, en particular al menos 2,5 GPa, más en particular al menos 3,0 GPa, aún más en particular al menos 3,5 GPa, e incluso más en particular al menos 4 GPa.

Se ha comprobado que el uso de cintas resulta particularmente atractivo en la presente invención, porque permite la fabricación de materiales balísticos con muy buen rendimiento balístico, buena resistencia al despegado y bajo peso de área.

En la presente memoria descriptiva, el término lámina hace referencia a una lámina individual que comprende cuerpos alargados, lámina que se puede combinar individualmente con otras láminas correspondientes. La lámina puede o no comprender un material de matriz, como se puede deducir a continuación.

Como se ha indicado anteriormente, al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados en el objeto moldeado con resistencia balística son cuerpos alargados de polietileno que cumplen los requisitos comentados. Para obtener el efecto de la presente invención, es preferible que al menos un 50 % en peso, calculado en el peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, de los cuerpos alargados sean cuerpos alargados de polietileno que cumplen los requisitos de la presente invención, en particular al menos un 75 % en peso. Más en particular, al menos un 85 % en peso, aún más en particular al menos un 95 % en peso, de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística cumplen dichos requisitos. En una realización, todos los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística cumplen dichos requisitos.

Los cuerpos alargados de polietileno usados en la presente invención tienen un peso molecular promedio expresado en peso (M_w) de al menos 100 000 gramos/mol, en particular de al menos 300 000 gramos/mol, más en particular al menos 400 000 gramos/mol, aún más en particular al menos 500 000 gramos/mol, en particular entre $1 \cdot 10^6$ gramos/mol y $1 \cdot 10^8$ gramos/mol. La distribución de peso molecular y los promedios de peso molecular (M_w , M_n , M_z) se determinan de acuerdo con ASTM D 6474-99 a una temperatura de 160 °C, usando 1,2,4-triclorobenceno (TCB) como disolvente. Se puede usar un equipo cromatográfico apropiado (PL-GPC220 de Polymer Laboratories) que incluye un dispositivo de preparación de muestra de alta temperatura (PL-SP260). El sistema se calibra usando dieciséis patrones de poliestireno ($M_w/M_n < 1,1$) en el intervalo de peso molecular de $5 \cdot 10^3$ a $8 \cdot 10^6$ gramos/mol.

La distribución de peso molecular también se puede determinar usando reometría en masa fundida. Antes de la medición, en primer lugar, se sinteriza, a 50 °C y 200 bares (20 MPa), una muestra de polietileno a la que se ha añadido un 0,5 % en peso de un antioxidante tal como IRGANOX 1010 para evitar la degradación termo-oxidativa. Se calientan rápido discos de 8 mm de diámetro y 1 mm de espesor obtenidos a partir de polietilenos sinterizados (≈ 30 °C/min) hasta bien por encima de la temperatura de fusión de equilibrio en el reómetro bajo atmósfera de nitrógeno. Para un ejemplo, se mantuvo el disco a 180°C durante dos horas o más. Se puede comprobar el deslizamiento entre los discos de muestra y reómetro con ayuda de un osciloscopio. Durante los experimentos dinámicos, se controlan dos señales de salida procedentes del reómetro, es decir, una señal que corresponde a deformación mecánica sinusoidal, y la otra señal a la respuesta de tensión resultante, de forma continua por un osciloscopio. Una respuesta de tensión sinusoidal perfecta, que puede lograrse a bajos valores de deformación mecánica constituyó un indicativo de ausencia de deslizamiento entre la muestra y los discos.

La reometría se puede llevar a cabo por medio del uso de un reómetro de placa-placa tal como Rheometrics RMS 800 de TA Instruments. Se puede usar el soporte lógico Orchestrator Software proporcionado por TA Instruments, que hace uso del algoritmo Mead, para determinar la masa molar y la distribución de masa molar del módulo frente a los datos de frecuencia determinados para la masa fundida polimérica. Los datos se obtienen en condiciones isothermas entre 160-220 °C. Para obtener un buen ajuste, se deberían escoger una región de frecuencia entre 0,001 y 100 radianes/s y una deformación mecánica constante en la región viscoelástica lineal entre un 0,5 y un 2 %. Se aplica la superposición de tiempo-temperatura a una temperatura de referencia de 190 °C. Para determinar el módulo por debajo de 0,001 de frecuencia se pueden llevar a cabo experimentos de relajación de tensión (rad/s). En los experimentos de relajación de tensión, se aplica una deformación transitoria individual (deformación mecánica de etapa) a la masa fundida polimérica a temperatura fija, se mantiene en la muestra y se registra el declive de la tensión dependiente del tiempo.

5 La distribución de peso molecular del polietileno presente en los cuerpos alargados usados en el material balístico de la presente invención es relativamente baja. Esto viene expresado por medio de una relación de M_w (peso molecular promedio expresado en peso) con respecto a M_n (peso molecular promedio expresado en número) de como máximo 6. Más en particular, la relación M_w/M_n es como máximo de 5, aún más en particular como máximo 4, incluso más en particular como máximo 3. Se prevé el uso de materiales con una relación M_w/M_n de como máximo 2,5, o incluso como máximo 2 en particular.

10 Para aplicación de los cuerpos alargados en piezas moldeadas con resistencia balística resulta esencial que los cuerpos sean balísticamente efectivos. Este es el caso de los cuerpos alargados que cumplen los criterios de peso molecular y relación M_w/M_n como se ha comentado con anterioridad. La efectividad balística del material aumenta cuando se cumplen los parámetros adicionales y los valores preferidos comentados en la presente memoria descriptiva.

Además del peso molecular y la relación M_w/M_n , generalmente los cuerpos alargados usados en el material balístico de la presente invención tienen una elevada resistencia de tracción, un elevado módulo de tracción y elevada absorción de energía, reflejados en una elevada energía hasta rotura.

15 En una realización, la resistencia de tracción de los cuerpos alargados es al menos 2,0 GPa, en particular al menos 2,5 GPa, más en particular al menos 3,0 GPa, aún más en particular al menos 4 GPa. La resistencia de tracción viene determinada de acuerdo con ASTM D882-00.

20 En otra realización, los cuerpos alargados tienen un módulo de tracción de al menos 80 GPa. El módulo viene determinado de acuerdo con ASTM D822-00. Más en particular, los cuerpos alargados pueden tener un módulo de tracción de al menos 100 GPa, aún más en particular de al menos 120 GPa, incluso más en particular al menos 140 GPa o al menos 150 GPa.

25 En otra realización, los cuerpos alargados tienen una energía de tracción hasta rotura de al menos 30 J/g, en particular al menos 35 J/g, más en particular al menos 40 J/g, aún más en particular al menos 50 J/g. La energía de tracción hasta rotura viene determinada de acuerdo con ASTM D 882-00 usando una tasa de deformación mecánica de un 50 %/min. Se calcula por medio de la integración de la energía por unidad de masa bajo la curva de tensión-deformación mecánica.

Los cuerpos alargados de polietileno tienen una elevada orientación molecular como queda evidenciado por su patrón de difracción XRD.

30 En una realización de la presente invención, se usan cintas en el material balístico que tienen un parámetro Φ de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3. El parámetro Φ de orientación uniplanar 200/110 se define como la relación entre las áreas de pico 200 y 110 en el patrón de difracción de rayos-X (XRD) de la muestra de cinta como se determina por medio de geometría de reflexión.

35 La dispersión de rayos-X de ángulo amplio (WAXS) es una técnica que proporciona información sobre la estructura cristalina de la materia. La técnica hace referencia específicamente al análisis de los picos de Bragg dispersados con ángulos amplios. Los picos de Bragg son el resultado de un orden estructural de intervalo largo. La medición de WAXS produce un patrón de difracción, es decir, intensidad como función del ángulo de difracción 2θ (esto es el ángulo entre el haz difractado y el haz primario).

40 El parámetro de orientación uniplanar 200/110 proporciona información sobre el alcance de la orientación de los planos cristalinos 200 y 110 con respecto a la superficie de la cinta. Para una muestra de cinta con elevada orientación uniplanar 200/110, los planos cristalinos 200 están altamente orientados en paralelo a la superficie de la cinta. Se ha comprobado que generalmente una elevada orientación uniplanar viene acompañada por una elevada resistencia de tracción y elevada energía de tracción hasta rotura. La relación entre las áreas de pico 200 y 110 para una muestra de ensayo con cristalitas aleatoriamente orientados es de aproximadamente 0,4. No obstante, en las cintas que se usan preferentemente en una realización de la presente invención, los cristalitas con índices 200 están preferentemente orientados en paralelo a la superficie de película, dando como resultado un valor más elevado de la relación de área de pico 200/110 y, por tanto, un valor más elevado del parámetro de orientación uniplanar.

45 El valor para el parámetro de orientación uniplanar 200/110 se puede determinar usando un difractómetro de rayos-X. Resulta apropiado un difractómetro Bruker-AXS D8 equipado con ópticas de rayos-X de multicapa de enfoque (espejo Göbel) que producen una radiación Cu-K α (longitud de onda $\lambda = 1,5418$ angstrom). Condiciones de medición: rendija anti-dispersión de 2 mm, rendija del detector de 0,2 mm y parámetro de ajuste del generador 40 kV, 35 mA. Se monta la muestra de ensayo de cinta sobre un dispositivo de colocación de muestra, por ejemplo, con alguna cinta de montaje de doble cara. Las dimensiones preferidas de la muestra de cinta son 15 mm x 15 mm (1 x w). Se debe tener precaución de que la muestra quede perfectamente plana y alineada con el dispositivo de colocación de muestra. Posteriormente, se introduce el dispositivo de colocación de muestra con la muestra de ensayo de cinta en el interior del difractómetro D8 en geometría de reflexión (con la normal de la cinta perpendicular al goniómetro y perpendicular al dispositivo de colocación de muestra). El intervalo de barrido para el patrón de difracción es de 5° a 40° (2θ) con un tamaño de etapa de 0,02° (2θ) y un tiempo de cuenta de 2 segundos por etapa.

5 Durante la medición, el dispositivo de colocación de muestra gira a 15 revoluciones por minuto alrededor de la normal de la cinta, de forma que no se requiere alienación de muestra adicional. Posteriormente, se mide la intensidad como función del ángulo de difracción 2θ . El área de pico de las reflexiones 200 y 110 viene determinada usando un soporte lógico de ajuste de perfil convencional, por ejemplo, Topas de Bruker-AXS. Como las reflexiones 200 y 110 son picos individuales, el proceso de ajuste es inmediato y se encuentra dentro del alcance de la persona experta para seleccionar y llevar a cabo un procedimiento de ajuste apropiado. El parámetro de orientación uniplanar 200/110 se define como la relación entre las áreas de pico 200 y 110. El parámetro es una medición cuantitativa de la orientación uniplanar 200/110.

10 Como se ha indicado anteriormente, las cintas usadas en una realización del material balístico de acuerdo con la invención tienen un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3. Puede resultar preferido que este valor sea de al menos 4, más en particular al menos 5, o al menos 7. Los valores elevados, tales como valores de al menos 10 o incluso al menos 15 pueden resultar particularmente preferidos. El valor máximo teórico para este parámetro es infinito si el área de pico 110 es igual a cero. Con frecuencia, los valores elevados para el parámetro de orientación uniplanar 200/110 vienen acompañados de valores elevados de resistencia y energía hasta rotura.

15 En una realización de la presente invención, se usan fibras en el material balístico que tienen un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° . El parámetro de orientación uniplanar 020 proporciona información sobre el alcance de la orientación de los planos cristalinos 020 con respecto a la superficie de las fibras.

20 El parámetro de orientación uniplanar 020 se mide como se muestra a continuación. Se coloca la muestra en el goniómetro del difractómetro con la dirección de la máquina perpendicular al haz de rayos-X primario. Posteriormente, se mide la intensidad (es decir, el área de pico) de la reflexión 020 como función del ángulo Φ de rotación del goniómetro. Esto equivale a una rotación de la muestra alrededor de su eje largo (que coincide con la dirección de la máquina) de la muestra. Este tiene como resultado la distribución de orientación de los planos cristalinos con índices 020 con respecto a la superficie del filamento. El parámetro de orientación uniplanar 020 se define como la Anchura Completa a la Mitad del Máximo (FWHM) de la distribución de orientación.

25 La medición se puede llevar a cabo usando un Bruker P4 con un detector HiStar 2D, que es un sistema de detector de multi-filamento relleno con gas sensible a la posición. Este difractómetro está equipado con un monocromador de grafito que produce radiación Cu-K α (longitud de onda $K = 1,5418$ angstrom). Condiciones de medición: colimador de orificio de 0,5 mm, distancia muestra-detector de 77 mm, parámetro de ajuste del generador 40 kV, 40 mA y al menos 100 segundos de tiempo de cuenta por imagen.

30 Se coloca la muestra de ensayo de fibra en el goniómetro del difractómetro con su dirección de la máquina perpendicular al haz de rayos-X primario (geometría de transmisión). Posteriormente, se mide la intensidad (es decir, el área de pico) de la reflexión 020 como función del ángulo Φ de rotación del goniómetro. Los patrones de difracción 2D se miden con un tamaño de tapa de 1° (Φ) y un tiempo de cuenta de al menos 300 segundos por etapa.

35 Se corrigen los patrones de difracción 2D medidos en cuanto a distorsión espacial, no uniformidad del detector y dispersión de aire usando un soporte lógico convencional del aparato. Está dentro del alcance de la persona experta la realización de estas correcciones. Se integra cada patrón de difracción bidimensional en un patrón de difracción monodimensional, la denominada curva radial 2θ . El área de pico de las reflexiones 020 viene determinada por una rutina de ajuste de perfil convencional, que se encuentra dentro del alcance de la persona experta. El parámetro de orientación uniplanar 020 es el FWHM en grados de la distribución de orientación tal y como viene determinado por el área de pico de la reflexión 020 como función del ángulo de rotación Φ de la muestra.

40 Como se ha indicado anteriormente, en una realización de la presente invención se usan fibras que tienen un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° . El parámetro de orientación uniplanar 020 es preferentemente como máximo de 45° , más preferentemente como máximo 30° . En algunas realizaciones, el valor de orientación uniplanar 020 puede ser como máximo de 25° . Se ha comprobado que las fibras que tienen un parámetro de orientación uniplanar 020 dentro del intervalo estipulado, tienen una resistencia elevada y elevado alargamiento hasta rotura.

45 Igual que el parámetro de orientación uniplanar 200/110, el parámetro de orientación uniplanar 020 es una medida de la orientación de los polímeros en la fibra. El uso de dos parámetros procede del hecho de que el parámetro de orientación uniplanar 200/110 no se puede usar para las fibras ya que no resulta posible ubicar una muestra de fibras de forma adecuada en el aparato. El parámetro de orientación uniplanar 200/110 es apropiado para aplicación a cuerpos con una anchura de 0,5 mm o más. Por otra parte, el parámetro de orientación uniplanar 020 es, en principio, apropiado para materiales de todas las anchuras, tanto para fibras como para cintas. No obstante, el presente método es menos práctico en operación que el método 200/110. Por tanto, en la presente memoria descriptiva el parámetro de orientación uniplanar 020 se usa únicamente para fibras con una anchura menor de 0,5 mm.

En una realización de la presente invención, los cuerpos alargados usados en la presente memoria tienen una cristalinidad DSC de al menos un 74 %, más en particular al menos un 80 %. La cristalinidad DSC se puede determinar como se muestra a continuación usando calorimetría de barrido diferencial (DSC), por ejemplo, en un Perkin Elmer DSC7. De este modo, se calienta una muestra de peso conocido (2 mg) de 30 a 180 °C a 10 °C por minuto, se mantiene a 180 °C durante 5 minutos, posteriormente se enfría a 10 °C por minuto. Los resultados del barrido DSC se pueden representar como gráfico del flujo térmico (mW o mJ/s; eje y) frente a temperatura (eje x). Se mide la cristalinidad usando los datos procedentes de la parte de calentamiento del barrido. Se calcula una entalpía de fusión ΔH (en J/g) para la transición en masa fundida cristalina, por medio de la determinación del área del gráfico a partir de la temperatura determinada justo por debajo del comienzo de la transición en masa fundida principal (endoterma) hasta la temperatura justo por encima del punto en el cual se aprecia la fusión de forma completa. El valor de ΔH calculado posteriormente se compara con la entalpía de fusión teórica (ΔH_c de 293 J/g) determinada para un PE 100 % cristalino a una temperatura de fusión de aproximadamente 140 °C. Se expresa un índice de cristalinidad DSC como el porcentaje $100(\Delta H/\Delta H_c)$. En una realización, los cuerpos alargados usados en la presente invención tienen una cristalinidad DSC de al menos un 85 %, más en particular al menos un 90 %.

El UHMWPE usado en la presente invención puede tener una densidad aparente que sea significativamente menor que la densidad aparente de los UHMWPE convencionales. Más en particular, el UHMWPE usado en el proceso de acuerdo con la invención puede tener una densidad aparente menor de 0,25 g/cm³, en particular por debajo de 0,18 g/cm³, aún más en particular por debajo de 0,13 g/cm³. La densidad aparente se puede determinar de acuerdo con ASTM D-1895. Se puede obtener una buena aproximación de este valor como se muestra a continuación. Se vierte una muestra de polvo UHMWPE en un vaso de precipitados de medición de 100 ml exactos. Tras desechar el sobrante de material, se determina el peso del contenido del vaso de precipitados y se calcula la densidad aparente.

El polietileno usado en la presente invención puede ser un homopolímero de etileno o un copolímero de etileno con un comonomero que es otra alfa-olefina o una olefina cíclica, ambos generalmente con un contenido entre 3 y 20 átomos de carbono. Los ejemplos incluyen propeno, 1-buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-hepteno, 1-octeno, ciclohexeno, etc. El uso de dienos con hasta 20 átomos de carbono también resulta posible, por ejemplo, butadieno o 1-4 hexadieno. La cantidad de alfa-olefina que no es etileno en el homopolímero de etileno o copolímero usado en el proceso de acuerdo con la invención preferentemente es como máximo de un 10 % en moles, preferentemente como máximo un 5 % en moles, más preferentemente como máximo un 1 % en moles. Si se usa una alfa-olefina que no es etileno, generalmente está presente en una cantidad de menos de un 0,001 % en moles, en particular al menos un 0,01 % en moles, aún más en particular al menos un 0,1 % en moles. Se prefiere el uso de un material que esté sustancialmente libre de alfa-olefina que no es etileno. Dentro del contexto de la presente memoria descriptiva, se pretende que la expresión sustancialmente libre de alfa-olefina que no es etileno haga referencia a que únicamente la cantidad de alfa-olefina que no es etileno presente en el polímero sea aquella presencia que no se puede evitar de forma razonable.

En general, los cuerpos alargados usados en la presente invención tienen un contenido de disolvente polimérico menor de un 0,05 % en peso, en particular menor de un 0,025 % en peso, más en particular menor de un 0,01 % en peso.

En una realización de la presente invención, los cuerpos alargados son cintas fabricadas por medio de un proceso que comprende someter un polietileno de partida con un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 g/mol, un módulo de cizalladura elástica G^0_N , determinado directamente tras fusión a 160 °C de como máximo 1,4 MPa, y una relación M_w/M_n de como máximo 6, a una etapa de compactación y una etapa de estiramiento en condiciones tales que en ningún momento durante el procesado del polímero su temperatura se eleva hasta un valor por encima de su punto de fusión.

El material de partida para dicho proceso de fabricación es un UHMWPE altamente des-entrelazado. Esto se puede apreciar a partir de la combinación de peso molecular promedio expresado en peso, la relación M_w/M_n , el módulo elástico y el hecho de que el módulo de cizalladura elástico del material aumenta tras su primera fusión. Para la aclaración adicional y realizaciones preferidas relativas al peso molecular y la relación M_w/M_n del polímero de partida, se hace referencia a lo que se ha comentado con anterioridad. En particular, en el presente procedimiento es preferible que el polímero de partida tenga un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 500 000 gramos/mol, en particular entre $1 \cdot 10^6$ gramos/mol y $1 \cdot 10^8$ gramos/mol.

Como se ha comentado anteriormente, el polímero de partida tiene un módulo de cizalladura elástica G^0_N , determinado directamente tras la fusión a 160 °C de como máximo 1,4 MPa, más en particular como máximo 1,0 MPa, aún más en particular como máximo 0,9 MPa, incluso más en particular como máximo 0,8 MPa, e incluso más en particular como máximo 0,7. La expresión "directamente después de la fusión" hace referencia a que el módulo elástico viene determinado tan pronto como el polímero se funde, en particular en los 15 segundos posteriores a la fusión. Para esta masa fundida polimérica, típicamente el módulo elástico aumenta de 0,6 a 2,0 MPa en una, dos o más horas, dependiendo de la masa molar.

El módulo de cizalladura elástico directamente tras la fusión a 160 °C es una medida del grado de entrelazado del polímero. G_N^0 es el módulo de cizalladura elástico en la región de meseta del caucho. Está relacionado con el peso molecular promedio expresado entre los entrelazamientos M_e , que a su vez es inversamente proporcional a la densidad de entrelazamiento. En una masa fundida termodinámicamente estable que tiene una distribución homogénea de entrelazamientos, se puede calcular M_e a partir de G_N^0 por medio de la fórmula $G_N^0 = g_N \rho R T / M_e$, en la que g_N es un factor numérico ajustado a 1, ρ es la densidad en g/cm^3 , R es la constante de los gases y T es la temperatura absoluta en K.

De este modo, el módulo elástico bajo permanece para estiramientos bajos del polímero entre los entrelazamientos, y de este modo para un grado de entrelazamiento bajo. El método adoptado para la investigación de los cambios en G_N^0 con la formación de entrelazamientos es el mismo que se ha descrito en las publicaciones (Rastogi, S., Lippits, D., Peters, G., Graf, R., Yefeng, Y. y Spiess, H., "Heterogeneity in Polymer Melts from Melting of Polymer Crystals", Nature Materials, 4(8), 1 de agosto de 2005, 635-641 y la tesis doctoral Lippits, D.R., "Controlling the melting kinetics of polymers; a route to a new melt state", Eindhoven University of Technology, fecha de 6 de marzo de 2007, ISBN 978-90-386-0895-2).

El polímero de partida para su uso en la presente invención se puede fabricar por medio de un proceso de polimerización en el que etileno, opcionalmente en presencia de otros monómeros como se ha comentado anteriormente, se polimeriza en presencia de un catalizador de polimerización de sitio único a una temperatura por debajo de la temperatura de cristalización del polímero, de forma que el polímero cristaliza inmediatamente después de la formación. Esto conduce a un material con una relación de M_w/M_n dentro del intervalo reivindicado.

En particular, las condiciones de reacción están seleccionadas de forma que la velocidad de polimerización sea menor que la velocidad de cristalización. Estas condiciones de síntesis fuerzan a las cadenas moleculares a cristalizar inmediatamente después de su formación, lo que conduce a una morfología bastante única que difiere sustancialmente de la obtenida a partir de la disolución o la masa fundida. La morfología cristalina creada en la superficie de un catalizador depende, en gran medida, de la relación entre la velocidad de cristalización y la velocidad de crecimiento del polímero. Además, la temperatura de la síntesis, que es en este caso particular también la temperatura de cristalización, afecta en gran medida a la morfología del polvo de UHMW-PE obtenido. En una realización, la temperatura de reacción está entre -50 y +50 °C, más en particular entre -15 y +30 °C. Se encuentra dentro del alcance de la persona experta la determinación por medio de ensayo rutinario y error de qué temperatura de reacción es apropiada en combinación con qué tipo de catalizador, concentraciones de polímero y otros parámetros que afecten a la reacción.

Para obtener un UHMWPE altamente des-entrelazado, es importante que los sitios de polimerización estén suficientemente lejos unos de otros, con el fin de evitar el entrelazamiento de las cadenas poliméricas durante la síntesis. Esto se puede llevar a cabo usando un catalizador de sitio único que se disperse de manera homogénea a través de un medio de cristalización en concentraciones bajas. Más en particular, concentraciones menores de 1,10-4 moles de catalizador por litro, en particular menores de 1,10-5 moles de catalizador por litro de medio de reacción pueden resultar apropiadas. También se pueden usar catalizadores de sitio único sobre soporte, con tal de que se tenga precaución de que los sitios activos se encuentren suficientemente lejos unos de otros para evitar el entrelazamiento sustancial de los polímeros durante la formación.

Los métodos apropiados para la fabricación de polietilenos usados en la presente invención se conocen en la técnica. Se hace referencia, por ejemplo, al documento WO 01/21668 y al documento US 20060142521.

En el presente proceso de fabricación se proporciona el polímero en forma de partículas, por ejemplo, en forma de un polvo. El polímero se proporciona en forma de partículas, por ejemplo, en forma de un polvo, o en cualquier otra forma de partículas apropiada. Las partículas apropiadas tienen un tamaño de partícula de hasta 5000 micrómetros, preferentemente hasta 2000 micrómetros, más en particular hasta 1000 micrómetros. Preferentemente, las partículas tienen un tamaño de partícula de al menos 1 micrómetro, más en particular al menos 10 micrómetros.

La distribución de tamaño de partícula puede venir determinada por difracción de láser (PSD, Sympacte Quixel) como se muestra a continuación. La muestra se dispersa en agua que contiene tensioactivo y se trata con ultrasonidos durante 30 segundos para retirar los conglomerados/entrelazamientos. Se bombea la muestra a través de un haz láser y se detecta la luz dispersada. La cantidad de difracción de luz es una medida para el tamaño de partícula.

Se lleva a cabo la etapa de compactación para integrar las partículas poliméricas en un objeto individual, por ejemplo, en forma de una lámina materna. La etapa de estiramiento se lleva a cabo para proporcionar orientación al polímero y fabricar el producto final. Las dos etapas se llevan a cabo en una dirección perpendicular una con respecto a la otra. Debe apreciarse que estos elementos se pueden combinar en una etapa individual, o se puede llevar a cabo en etapas por separado, llevándose a cabo en cada una de las etapas uno o más de los elementos de compactación y estiramiento. Por ejemplo, en una realización el proceso comprende las etapas de compactación del polvo polimérico para formar la lámina materna, enrollar la plancha para formar la lámina materna enrollada y someter la lámina materna enrollada a una etapa de estiramiento para formar una película polimérica.

La presión de compactación aplicada en el proceso de acuerdo con la invención es generalmente de 10-10000 N/cm², en particular de 50-5000 N/cm², más en particular de 100-2000 N/cm². La densidad del material tras la compactación es generalmente de 0,8 a 1 kg/dm³, en particular entre 0,9 y 1 kg/dm³.

5 Generalmente, la etapa de compactación y enrollado se lleva a cabo a una temperatura de al menos 1 °C por debajo del punto de fusión libre del polímero, en particular al menos 3 °C por debajo del punto de fusión libre del polímero, aún más en particular al menos 5 °C por debajo del punto de fusión libre del polímero. Generalmente, la etapa de compactación se lleva a cabo a una temperatura de como máximo 40 °C por debajo del punto de fusión libre del polímero, en particular como máximo 30 °C por debajo del punto de fusión libre del polímero, más en particular como máximo 10 °C.

10 Generalmente, la etapa de estiramiento se lleva a cabo a una temperatura de al menos 1 °C por debajo del punto de fusión del polímero en condiciones de proceso, en particular al menos 3 °C por debajo del punto de fusión del polímero en condiciones de proceso, aún más en particular al menos 5 °C por debajo del punto de fusión del polímero en condiciones de proceso. Como conoce la persona experta, los puntos de fusión de los polímeros pueden depender de la limitación bajo la cual se pongan. Esto significa que la temperatura de fusión en las
15 condiciones de proceso puede variar de un caso a otro. Se puede determinar de forma sencilla como la temperatura a la cual la tensión de esfuerzo en el proceso disminuye de forma drástica. Generalmente, la etapa de estiramiento se lleva a cabo a una temperatura de como máximo 40 °C por debajo del punto de fusión del polímero en las condiciones de proceso, en particular como máximo 20 °C por debajo del punto de fusión del polímero en las condiciones de proceso, más en particular como máximo 15 °C.

20 En una realización, la etapa de estiramiento engloba al menos dos etapas de estiramiento individuales, en las que la primera etapa de estiramiento se lleva a cabo a una temperatura más baja que la segunda etapa de estiramiento y etapas de estiramiento adicionales. En una realización, la etapa de estiramiento engloba al menos dos etapas de estiramiento individuales en las que cada etapa de estiramiento adicional se lleva a cabo a una temperatura que es mayor que la temperatura de las etapas de estiramiento precedentes. Como resultará evidente para la persona
25 experta, el presente método se puede llevar a cabo de manera tal que se puedan identificar las etapas individuales, por ejemplo, en forma de las películas alimentadas sobre placas individuales calientes de una temperatura especificada. El método también se puede llevar a cabo de manera continua, en la que la película se somete a una temperatura más baja al comienzo del proceso de estiramiento y a una temperatura más elevada al final del proceso de estiramiento, aplicando un gradiente de temperatura entre ellas. Esta realización puede, por ejemplo, llevarse a
30 cabo dejando la película sobre una placa caliente que está equipada con zonas de temperatura, en las que la zona al final de la placa caliente más próxima al aparato de compactación tiene una temperatura más baja que la zona al final de la placa caliente más lejana del aparato de compactación. En una realización, la diferencia entre la temperatura más baja aplicada durante la etapa de estiramiento y la temperatura más elevada aplicada durante la etapa de estiramiento es al menos 3 °C, en particular al menos 7 °C, más en particular al menos 10 °C. En general, la diferencia entre la temperatura más baja aplicada durante la etapa de estiramiento y la temperatura más elevada aplicada durante la etapa de estiramiento es como máximo de 30 °C, en particular como máximo 25 °C.

En el procesado convencional de UHMWPE fue necesario llevar a cabo el proceso a una temperatura que estuvo muy próxima a la temperatura de fusión del polímero, por ejemplo, dentro de un intervalo de 1 a 3 grados a partir del mismo. Se ha descubierto que la selección del UHMWPE de partida específico usado en el proceso de acuerdo con
40 la invención hace posible operar a valores que están más por debajo de la temperatura de fusión del polímero de lo que ha sido posible con la técnica anterior. Esto proporciona una ventana de operación de temperatura más grande lo cual facilita un mejor control del proceso.

También se ha comprobado que, en comparación con el procesado convencional de UHMWPE, el polietileno usado en la presente invención se puede usar para fabricar materiales con una resistencia de al menos 2 GPa a
45 velocidades de deformación elevadas. La velocidad de deformación está directamente relacionada con la capacidad de producción del equipo. Por motivos económicos, es importante producir una tasa de deformación que sea tan elevada como resulte posible sin que ello afecte negativamente a las propiedades mecánicas de la película. En particular, se ha comprobado que es posible fabricar un material con una resistencia de al menos 2 GPa por medio de un proceso en el que la etapa de estiramiento que se requiere para aumentar la resistencia del producto de
50 1,5 GPa a al menos 2 GPa se lleva a cabo a una tasa de al menos un 4 % por segundo. En el procesado de polietileno convencional no resulta posible llevar a cabo esta etapa de estiramiento con esta tasa. Aunque en el procesado de UHMWPE convencional las etapas de estiramiento iniciales, hasta una resistencia de, digamos, 1 o 1,5 GPa, se pueden llevar a cabo a una tasa por encima de un 4 % por segundo, las etapas finales, necesarias para aumentar la resistencia de la película hasta un valor de 2 GPa o mayor, se deben llevar a cabo a una tasa por debajo de un 4 % por segundo, ya que de otro modo la película se rompería. Por el contrario, con el UHMWPE
55 usado en la presente invención, se ha comprobado que es posible estirar la película intermedia con una resistencia de 1,5 GPa a una tasa de al menos un 4 % por segundo, para obtener un material con una resistencia de al menos 2 GPa. Para valores más preferidos de la resistencia, se hace referencia a lo que se ha comentado con anterioridad. Se ha comprobado que la tasa aplicada en la presente etapa puede ser al menos un 5 % por segundo, al menos un
60 7 % por segundo, al menos un 10 % por segundo, o incluso al menos un 15 % por segundo.

La resistencia de la película está relacionada con la relación de estiramiento aplicada. Por tanto, el efecto también se

puede expresar como se muestra a continuación. En una realización, la etapa de estiramiento se puede llevar a cabo de tal manera que la etapa de estiramiento desde una relación de estiramiento de 80 a una relación de estiramiento de al menos 100, en particular al menos 120, más en particular al menos 140, aún más en particular al menos 160, se lleve a cabo a la tasa de estiramiento indicada con anterioridad.

- 5 En una realización adicional, la etapa de estiramiento puede llevarse a cabo de tal manera que la etapa de estiramiento procedente del material con un módulo de 60 GPa hasta un material con un módulo de al menos 80 GPa, en particular al menos 100 GPa, más en particular al menos 120 GPa, al menos 140 GPa, o al menos 150 GPa se lleve a cabo a la tasa indicada con anterioridad.

- 10 Resulta evidente para la persona experta que se usan los productos intermedios con una resistencia de 1,5 GPa, una relación de estiramiento de 80 y/o un módulo de 60 GPa, respectivamente, como punto de partida para el cálculo del comienzo de la etapa de estiramiento de tasa elevada. Esto no significa que se lleve a cabo una etapa de estiramiento identificable por separado cuando el material de partida tenga el valor especificado de resistencia, relación de estiramiento o módulo. Se puede formar un producto con estas propiedades como producto intermedio durante la etapa de estiramiento. La relación de estiramiento se calcula entonces de nuevo para un producto con las propiedades de partida especificadas. Se aprecia que la elevada tasa de estiramiento descrita anteriormente depende del requisito de que todas las etapas de estiramiento, incluyendo la etapa de estiramiento de tasa elevada o las etapas se lleven a cabo a una temperatura por debajo del punto de fusión del polímero en las condiciones del proceso.

- 20 La temperatura de fusión libre del polímero de partida está entre 138 y 142 °C y se puede determinar de forma sencilla por parte de la persona experta en la técnica. Con los valores indicados anteriormente, esto permite el cálculo de la temperatura de operación apropiada. El punto de fusión libre puede venir determinado por medio de DSC (calorimetría de barrido diferencial) en nitrógeno, en un intervalo de temperaturas de +30 a +180 °C y con una tasa creciente de temperatura de 10 °C/minuto. El máximo del pico endotérmico más grande de 80 a 170 °C se evalúa en la presente memoria como el punto de fusión.

- 25 Se puede usar un aparato convencional para llevar a cabo la etapa de compactación. El aparato apropiado incluye rodillos calientes, cintas sinfin, etc.

- 30 La etapa de estiramiento se lleva a cabo para fabricar la película polimérica. La etapa de estiramiento se puede llevar a cabo en una o más etapas de manera convencional en la técnica. Una forma apropiada incluye hacer pasar la película en una o más etapas sobre un conjunto de rodillos que giran todos en la dirección de proceso, en el que el segundo rodillo gira más deprisa que el primer rodillo. El estiramiento tiene lugar sobre una placa caliente o en un horno de circulación de aire.

- 35 La relación de estiramiento total puede ser al menos 80, en particular al menos 100, más en particular al menos 120, aún más en particular al menos 140, incluso más en particular al menos 160. La relación de estiramiento total se define como el área de corte transversal de la lámina materna compactada dividido entre el corte transversal de la película extraída producida a partir de esta lámina materna.

El proceso se lleva a cabo en estado sólido. La película polimérica final tiene un contenido de disolvente polimérico menor de un 0,05 % en peso, en particular menor de un 0,025 % en peso, más en particular menor de un 0,01 % en peso.

- 40 El proceso como se ha descrito anteriormente da lugar a cintas. Se convierten en fibras por medio de métodos conocidos en la técnica, por ejemplo, por medio de corte por ranurado.

- 45 En una realización de la presente invención, las fibras usadas en el material balístico de acuerdo con la invención se fabrican por medio de un proceso que comprende someter una cinta de polietileno con un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, una relación de M_w/M_n de como máximo 6, y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3, a una fuerza en la dirección del espesor de la cinta sobre la anchura total de la cinta. De nuevo, para aclaración adicional y realizaciones preferidas relativas al peso molecular y la relación de M_w/M_n de la cinta de partida, se hace referencia a lo que se ha comentado anteriormente. En particular, en el presente proceso se prefiere que el material de partida tenga un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 500 000 gramos/mol, en particular entre $1 \cdot 10^6$ gramos/mol y $1 \cdot 10^8$ gramos/mol.

- 50 La aplicación de una fuerza en la dirección del espesor de la cinta sobre la anchura completa de la cinta se puede llevar a cabo de varias maneras. Por ejemplo, la cinta se puede poner en contacto con una corriente de aire en la dirección del espesor de la cinta. A modo de otro ejemplo, la cinta se deja sobre un rodillo que aplica una fuerza sobre la misma en la dirección de la cinta. En otra realización, se aplica la fuerza retorciendo la cinta en la dirección longitudinal, aplicando a la misma una fuerza en la dirección perpendicular a la dirección de la cinta. En otra realización, se aplica la fuerza por medio de despegado de los filamentos de la cinta. En otra realización, se pone en contacto la cinta con un dispositivo neumático de entrelazamiento.

La fuerza necesaria para convertir la cinta en fibras no tiene que ser muy intensa. Aunque el uso de fuerzas intensas

no resulta negativo para el producto, no se requiere desde el punto de vista de operación. Por consiguiente, en una realización, la fuerza aplicada por área unitaria es menor de 10 bares (1 MPa).

La fuerza mínima requerida depende de las propiedades de la cinta, en particular de su espesor y del valor del parámetro de orientación uniplanar 200/110.

5 Cuanto más fina sea la cinta, menor es la fuerza que se requiere para dividir la cinta en fibras individuales. Cuanto mayor sea el valor del parámetro de orientación uniplanar 200/110, más polímeros de la cinta están orientados en paralelo, y menor es la fuerza que se requiere para dividir la cinta en fibras individuales. Está dentro del alcance de la persona experta la determinación de la menor fuerza posible. En general, la fuerza por unidad de área es de al menos 0,1 bares (0,01 MPa).

10 Tras la aplicación de la fuerza sobre la cinta como se ha descrito anteriormente, el material se divide en sí mismo en fibras individuales. Las dimensiones de las fibras individuales generalmente son las siguientes.

La anchura de las fibras está generalmente entre 1 micrómetro y 500 micrómetros, en particular entre 1 micrómetro y 200 micrómetros, más en particular entre 5 micrómetros y 50 micrómetros.

15 El espesor de las fibras está generalmente entre 1 micrómetro y 100 micrómetros, en particular entre 1 micrómetro y 50 micrómetros, más en particular entre 1 micrómetro y 25 micrómetros.

La relación entre la anchura y el espesor está generalmente entre 10:1 y 1:1, más particularmente entre 5:1 y 1:1, aún más particularmente entre 3:1 y 1:1.

20 Como se ha comentado anteriormente, el objeto moldeado con resistencia balística de la presente invención comprende una pila comprimida de láminas que comprenden cuerpos alargados de refuerzo, en los que al menos ciertos cuerpos alargados cumplen los requisitos comentados con detalle con anterioridad.

Las láminas pueden englobar cuerpos alargados de refuerzo como fibras paralelas o cintas. Cuando se usan cintas, puede estar una a continuación de las otras, pero si se desea, se pueden solapar parcial o totalmente. Los cuerpos alargados se pueden formar como fieltro, material tricotado o tejido, o se pueden conformar para dar lugar a una lámina por cualquier otro medio.

25 La pila comprimida de láminas puede o no comprender un material de matriz. La expresión "material de matriz" significa un material que une los cuerpos alargados y/o las láminas de manera conjunta. Cuando el material se encuentra presente en la propia lámina, puede encapsular parcial o totalmente los cuerpos alargados en la lámina. Cuando se aplica el material de matriz sobre la superficie de la lámina, actúa como adhesivo o aglutinante para mantener las láminas juntas.

30 En una realización de la presente invención, se proporciona el material de matriz dentro de las propias láminas, donde sirve para adherir los cuerpos alargados unos con otros.

En otra realización de la presente invención, se proporciona el material de matriz sobre la lámina, para adherir la lámina a otras láminas dentro de las pilas. Obviamente, también se prevé la combinación de estas dos realizaciones.

35 En una realización de la presente invención, las propias láminas contienen cuerpos alargados de refuerzo y un material de matriz. La fabricación de láminas de este tipo se conoce en la técnica. Generalmente, se fabrican como se muestra a continuación. En una primera etapa, los cuerpos alargados, por ejemplo, las fibras, se proporcionan en una capa, y posteriormente se proporciona un material de matriz sobre la capa en condiciones tales que la matriz provoca que los cuerpos se adhieren de manera conjunta. En una realización, los cuerpos alargados se proporcionan de forma paralela.

40 En una realización, el suministro del material de la matriz se lleva a cabo aplicando una o más películas de material de matriz a la superficie, parte inferior o ambos lados del plano de los cuerpos alargados y posteriormente provocando que las películas se adhieran a los cuerpos alargados, por ejemplo, haciendo pasar las películas junto con los cuerpos alargados, a través de un rodillo de presión caliente.

45 En una realización preferida de la presente invención, se suministra a la capa con una cantidad de sustancia líquida que contiene el material de matriz orgánica de la lámina. La ventaja de esto es que se logra una impregnación más rápida y mejor de los cuerpos alargados. La sustancia líquida puede ser, por ejemplo, una disolución, una dispersión o una masa fundida del material de matriz orgánica. Si se usa una disolución o una dispersión del material de la matriz en la fabricación de la lámina, el proceso también comprende la evaporación del disolvente o dispersante. Esto se puede conseguir por ejemplo, mediante el uso de un material orgánico de matriz de muy baja viscosidad en

50 la impregnación de los cuerpos alargados en la fabricación de la lámina. También resulta ventajoso dispersar los cuerpos alargados bien durante el proceso de impregnación o someterlos por ejemplo, a vibración ultrasónica. Si se usan hilos de multifilamento, es importante para una buena dispersión que los hilos tengan baja torsión. Además, se puede aplicar el material de matriz a vacío.

5 En una realización de la presente invención, la lámina no contiene un material de matriz. La lámina se puede fabricar por medio de las etapas de suministro de una capa de cuerpos alargados y, cuando sea necesario, adhesión de los cuerpos alargados de forma conjunta por medio de la aplicación de presión y calor. Se aprecia que esta realización requiere que los cuerpos alargados puedan, de hecho, adherirse unos a otros por medio de la aplicación de calor y presión.

En una realización de la presente realización, los cuerpos alargados se solapan unos con otros al menos parcialmente, y posteriormente se comprimen para adherirse unos a otros. La presente realización es particularmente atractiva cuando los cuerpos alargados están en forma de cintas.

10 Si se desea, se puede aplicar un material de matriz sobre las láminas para adherir las láminas unas con otras durante la fabricación del material balístico. El material de matriz se puede aplicar en forma de película o, preferentemente, en forma de material líquido, como se ha comentado anteriormente para la aplicación sobre los propios cuerpos alargados.

15 En una realización de la presente invención, se aplica el material de matriz en forma de red, en el que la red es una película polimérica discontinua, es decir, una película polimérica con orificios. Esto permite el suministro de bajos pesos de materiales de matriz. Se pueden aplicar redes durante la fabricación de las láminas, pero también entre las láminas.

20 En otra realización de la presente invención, se aplica el material de matriz en forma de tiras, hilos o fibras de material polimérico, por ejemplo, éste último en forma de un hilo tejido o no tejido de red de fibras u otra trama fibrosa polimérica. De nuevo, esto permite el suministro de bajos pesos de los materiales de matriz. Se pueden aplicar tiras, hilos o fibras durante la fabricación de las láminas, pero también entre las láminas.

25 En una realización adicional de la presente invención, se aplica el material de matriz en forma de un material líquido, como se ha descrito anteriormente, de forma que el material líquido se puede aplicar homogéneamente sobre toda la superficie del plano del cuerpo alargado, o la lámina, según sea el caso. No obstante, también es posible aplicar el material de matriz en forma de un material líquido de forma no homogénea sobre la superficie del plano del cuerpo alargado, o la lámina, según sea el caso. Por ejemplo, se puede aplicar el material líquido en forma de puntos o rayas, o con cualquier otro patrón apropiado.

30 En diversas realizaciones descritas anteriormente, se distribuye el material de matriz de manera no homogénea sobre las láminas. En una realización de la presente invención, el material de matriz se distribuye de forma no homogénea dentro de la pila comprimida. En la presente realización, se puede proporcionar más material de matriz allí donde la pila comprimida encuentre la mayor influencia procedente del exterior y que puede afectar negativamente a las propiedades de la pila.

35 El material orgánico de matriz, si se usa, puede consistir parcial o totalmente en un material polimérico, que opcionalmente puede contener materiales de relleno normalmente empleados para los polímeros. El polímero puede ser termoestable o termoplástico o mezclas de los mismos. Preferentemente, se usa un plástico blando, en particular se prefiere que el material orgánico de matriz sea un elastómero con un módulo de tracción (a 25 °C) de como máximo 41 MPa. También se prevé el uso de un material orgánico de matriz no polimérico. La finalidad del material de matriz es contribuir a la adhesión de los cuerpos alargados y/o las láminas de forma conjunta cuando se requiera, y cualquier material de matriz que logre dicha finalidad resulta un material de matriz apropiado.

40 Preferentemente, el alargamiento hasta rotura del material orgánico de matriz es mayor que el alargamiento hasta rotura de los cuerpos alargados de refuerzo. El alargamiento hasta rotura de la matriz es preferentemente de un 3 a un 500 %. Estos valores aplican al material de matriz tal como está en el objeto final con resistencia balística.

45 Los materiales termoestables y termoplásticos que son apropiados para la lámina se listan, por ejemplo, en los documentos EP 833742 y WO-A-91/12136. Preferentemente, se escogen vinilésteres, poliésteres insaturados, epóxidos o resinas de fenol como material de matriz entre el grupo de polímeros termoestables. Normalmente, estos materiales termoestables están en la lámina en condición parcialmente deformada (la denominada etapa B) antes de someter la pila de lámina a curado durante la compresión del objeto moldeado con resistencia balística. Entre el grupo de poliuretanos poliméricos termoplásticos, se escogen preferentemente polinivilos, poliacrilatos, poliolefinas o termoplásticos, copolímeros de bloques elastoméricos tales como copolímeros de bloques de poliisopreno-poli(etileno)butileno-poli(estireno) o poliestireno-poli(isopreno)poli(estireno) como material de matriz.

50 En caso de usar un material de matriz en la pila comprimida de acuerdo con la invención, el material de matriz está presente en la pila comprimida en una cantidad de un 0,2-40 % en peso, calculado en el total de los cuerpos alargados y el material orgánico de matriz. Se comprobó que el uso de más de un 40 % en peso del material de matriz no aumenta más las propiedades del material balístico, aunque únicamente aumenta el peso del mismo. Cuando está presente, puede resultar preferido que el material de matriz esté presente en una cantidad de al menos un 1 % en peso, más en particular en una cantidad de al menos un 2 % en peso, en algunos casos al menos un 2,5 % en peso. Cuando está presente, puede resultar preferido que el material de matriz esté presente en una cantidad de como máximo un 30 % en peso, en ocasiones como máximo un 25 % en peso.

5 En una realización de la presente invención, se usa una cantidad relativamente baja de material de matriz, concretamente una cantidad dentro del intervalo de un 0,2-0,8 % en peso. En la presente realización, puede resultar preferido que el material de matriz esté presente en una cantidad de al menos un 1 % en peso, más en particular en una cantidad de al menos un 2 % en peso, en algunos casos al menos un 2,5 % en peso. En la presente realización, puede resultar preferido que el material de matriz esté presente en una cantidad de como máximo un 7 % en peso, en ocasiones como máximo un 6,5 % en peso.

10 La pila de láminas comprimida de la presente invención debería cumplir los requisitos de la clase II del ensayo de rendimiento Norma NIF – 0101.04 P-BFS. En una realización preferida, los requisitos de la clase IIIa de dicha norma se cumplen, en una realización incluso más preferida, los requisitos de la clase III, o los requisitos de otras clases, tales como la clase IV se cumplen. Preferentemente, este rendimiento balístico viene acompañado por un bajo peso de área, en particular un peso de área en NIJ III de como máximo 19 kg/m², más en particular como máximo 16 kg/m². En algunas realizaciones, el peso de área de la pila puede estar por debajo de 15 kg/m², o incluso por debajo de 13 kg/m². El peso de área mínimo de la pila viene dado por la resistencia balística mínima requerida.

15 En una realización, la Absorción de Energía Específica (SEA) en estas pilas puede ser mayor de 200 kJ (kg/m²). Se comprende que SEA es la absorción de energía tras el impacto de un proyectil que incide en el objeto moldeado a una velocidad tal que la probabilidad de que el objeto moldeado detenga el proyectil es de un 50 % (V₅₀), dividido entre la densidad de área (masa por m²) del objeto moldeado.

20 El material con resistencia balística de acuerdo con la invención preferentemente tiene una resistencia al despegado de al menos 5 N, más en particular al menos 5,5 N, determinado de acuerdo con ASTM-D 1876-00, exceptuando que se usa una velocidad de cabecera de 100 mm/minuto.

Dependiendo del uso final y del espesor de las láminas individuales, el número de láminas de la pila en el objeto de resistencia balística de acuerdo con la invención es generalmente de al menos 2, en particular al menos 4, más en particular al menos 8. El número de láminas es generalmente como máximo 500, en particular como máximo 400.

25 En una realización de la presente invención la dirección de los cuerpos alargados en la pila comprimida no es unidireccional. Esto significa que en la pila en su conjunto, los cuerpos alargados están orientados en diferentes direcciones.

30 En una realización de la presente invención los cuerpos alargados en la lámina están orientados unidireccionalmente, y la dirección de los cuerpos alargados en la lámina está rotada con respecto a la dirección de los cuerpos alargados de otras láminas en la pila, más en particular con respecto a la dirección de los cuerpos alargados en láminas adyacentes. Se logran buenos resultados cuando la rotación total en la pila es de al menos 45 grados. Preferentemente, la rotación total dentro de la pila es de aproximadamente 90 grados. En una realización de la presente invención, la pila comprende láminas adyacentes en las que la dirección de los cuerpos alargados en una lámina es perpendicular a la dirección de los cuerpos alargados en láminas adyacentes.

35 La invención también pertenece a un método para la fabricación de un objeto moldeado con resistencia balística que comprende las etapas de proporcionar láminas que comprende cuerpos alargados de refuerzo, apilar las láminas y comprimir la pila bajo presión de al menos 0,5 MPa.

En una realización de la presente invención las láminas se apilan de tal manera que la dirección de los cuerpos alargados en la pila no sea unidireccional.

40 En una realización del presente proceso, las láminas están suministradas proporcionando una capa de cuerpos alargados y provocando la adhesión de los mismos. Esto se puede llevar a cabo suministrando un material de matriz, o comprimiendo los cuerpos como tales. En la última realización puede resultar deseable aplicar el material de matriz sobre las láminas antes del apilado.

45 Se pretende que la presión a aplicar garantice la formación del objeto con resistencia balística con propiedades adecuadas. La presión es de al menos 0,5 MPa. Se puede mencionar una presión máxima de como máximo 50 MPa.

50 Cuando sea necesario, la temperatura durante la compresión está seleccionada de manera tal que el material de matriz se encuentre por encima de su punto de fusión o reblandecimiento, si esto resultara necesario para provocar que la matriz contribuya a adherir los cuerpos alargados y/o láminas unas con respecto a otras. Se pretende que la compresión a temperatura elevada haga referencia a que el objeto moldeado se somete a una presión concreta durante un tiempo de compresión particular a una temperatura de compresión por encima del punto de fusión o reblandecimiento del material orgánico de matriz y por debajo del punto de fusión o reblandecimiento de los cuerpos alargados.

55 El tiempo de compresión requerido y la temperatura de compresión dependen del tipo de cuerpo alargado y el material de matriz y del espesor del objeto moldeado y se pueden determinar fácilmente por parte del experto en la técnica.

5 Cuando la compresión se lleva a cabo a temperatura elevada, el enfriamiento del material comprimido debería tener lugar bajo presión. Se pretende que el enfriamiento bajo presión haga referencia a que se mantiene una presión mínima concreta durante el enfriamiento al menos hasta alcanzar una temperatura tan baja que la estructura del artículo moldeado no se relaje más a presión atmosférica. Se encuentra dentro del alcance de la persona experta 5 determinar esta temperatura sobre la base del caso por caso. Cuando resulte aplicable, es preferible que el enfriamiento a una presión mínima concreta sea por debajo de una temperatura a la cual el material orgánico de matriz se haya endurecido o haya cristalizado en gran medida o por completo y por debajo de la temperatura de relajación de los cuerpos alargados de refuerzo. No es necesario que la presión durante el enfriamiento sea igual a la presión a temperatura elevada. Durante el enfriamiento, la presión se debería controlar para que se mantengan 10 los valores de presión apropiados, con el fin de compensar la disminución de presión provocada por la contracción del objeto moldeado y el prensado.

15 Dependiendo de la naturaleza del material de matriz, para la fabricación del objeto moldeado con resistencia balística en el que los cuerpos alargados de refuerzo son cuerpos alargados de alta extracción de polietileno lineal de alto peso molecular, la temperatura de compresión es preferentemente de 115 a 135 °C y se lleva a cabo un enfriamiento hasta por debajo de 70 °C a presión constante. En la presente memoria descriptiva la temperatura del material, por ejemplo, la temperatura de compresión hace referencia a la temperatura a la mitad del espesor del objeto moldeado.

20 En el proceso de la invención, la pila se puede formar partiendo de láminas sueltas. Sin embargo, las láminas sueltas son difíciles de manipular, ya que se desgarran fácilmente en la dirección de los cuerpos alargados. Por tanto, es preferible preparar la pila a partir de paquetes de láminas consolidadas que contienen de 2 a 50 láminas. En una realización, las pilas se preparan de forma que contengan 2-8 láminas. En otra realización, las pilas se preparan de 10-30 láminas. Para la orientación de las láminas dentro de los paquetes de láminas, se hace referencia a lo que se ha comentado anteriormente para la orientación de las láminas dentro de la pila comprimida.

25 Se pretende que consolidado haga referencia a láminas que se encuentran firmemente unidas unas a otras. Se logran muy buenos resultados si los paquetes de láminas, también, se encuentran comprimidos.

La presente invención se aclara por medio de los siguientes ejemplos, sin que éstos la limiten en modo alguno.

Ejemplo

30 Se usaron tres tipos de cintas de polietileno, una que cumplía los requisitos de la presente invención, y dos cintas que no cumplían los requisitos de la presente invención. La Tabla 1 muestra las propiedades de las cintas. Todas las cintas tuvieron una anchura de 1 cm.

	Mw (gramos/mol)	Mw/Mn	200/110	Resistencia a la tracción
Cinta 1 (comparativa)	3,6 ·10 ⁶	8,3	0,8	2,0 GPa
Cinta 2 (comparativa)	4,3 ·10 ⁶	9,8	2,2	2,1 GPa
Cinta A (invención)	2,7 ·10 ⁶	3,2	5,0	3,45 GPa

35 Se fabricaron blindajes de ensayo como se muestra a continuación. Se prepararon monocapas de cintas adyacentes. Se proporcionó un material de matriz a las monocapas. A continuación, se apilaron las monocapas, presentando la dirección de la cinta en las monocapas adyacentes una rotación de 90°. Se repitió esta secuencia hasta obtener una pila de 8 monocapas. Se comprimieron las pilas durante 10 minutos a una presión de 40-50 bares (4-5 MPa) a una temperatura de 130 °C. Los blindajes de ensayo obtenidos de este modo tuvieron un contenido de matriz de aproximadamente un 5 % en peso, y un tamaño de aproximadamente 115x115 mm.

40 Se sometieron a ensayo los blindajes como se muestra a continuación. Se fija el blindaje en un bastidor. Se dispara un proyectil de aluminio con un peso de 0,56 gramos en el centro del blindaje. Se mide la velocidad del proyectil antes de penetrar en el blindaje y cuando ha salido del mismo. Se calcula la energía consumida a partir de la diferencia de velocidad y se calcula la energía específica consumida. A continuación, la Tabla 2 presenta los resultados.

	Peso del blindaje (g)	Peso de área (kg/m ²)	Velocidad del proyectil 1 (m/s)	Velocidad del proyectil 2 (m/s)	Energía consumida (J)	Energía consumida específica SCE (J)
Cinta comparativa 1	7,24	0,55	332	308	4,3	7,9
Cinta comparativa 1	7,31	0,55	341	314	4,9	8,9
Cinta comparativa 2	5,37	0,41	329	310	3,4	8,3
Cinta comparativa 2	6,01	0,50	332	308	4,4	8,7
Cinta de la invención A	3,36	0,25	337	318	3,5	13,8
Cinta de la invención A	2,91	0,22	343	328	2,9	13,0

5 Como se puede apreciar en la Tabla 2, el uso de una cinta con un peso molecular de al menos 100 000 gramos/mol y una relación M_w/M_n dentro del intervalo reivindicado muestra un aumento considerable de la energía de absorción específica. Esto significa que este material muestra un rendimiento balístico mejorado, permitiendo la fabricación de blindajes de menor peso con buenas propiedades balísticas y otros materiales balísticos. Es interesante apreciar que aunque las cintas que cumplen los requisitos de la invención tengan un peso molecular menor que las cintas con propiedades comparativas, todavía presentan resultados balísticos mejorados.

REIVINDICACIONES

- 1.- Objeto moldeado con resistencia balística que comprende una pila comprimida de láminas que comprenden cuerpos alargados de refuerzo, en el que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados, calculado en base al peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, son cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, caracterizado por que dichos cuerpos alargados de polietileno tienen una relación de peso molecular promedio expresado en peso (M_w) con respecto al peso molecular promedio expresado en número (M_n) de como máximo 6 y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3 cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.
- 2.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los cuerpos alargados de polietileno tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 300 000 gramos/mol, en particular al menos 400 000 gramos/mol, aún más en particular al menos 500 000 gramos/mol.
- 3.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que los cuerpos alargados de la lámina están orientados de forma unidireccional.
- 4.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la dirección de los cuerpos alargados de la lámina está rotada con respecto a la dirección de los cuerpos alargados de la lámina adyacente.
- 5.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los cuerpos alargados son cintas.
- 6.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los cuerpos alargados tienen una resistencia de tracción de al menos 2,0 GPa, un módulo de tracción de al menos 80 GPa, y una energía de tracción hasta rotura de al menos 30 J/g.
- 7.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende un material de matriz, en particular en una cantidad de un 0,2-40 % en peso, calculado sobre el total de los cuerpos alargados y el material orgánico de matriz.
- 8.- El objeto moldeado con resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 7, en el que al menos parte de las láminas están sustancialmente libres del material de matriz y el material de matriz está presente entre las láminas.
- 9.- El paquete de láminas consolidadas apropiadas para su uso en la fabricación de un objeto moldeado con resistencia balística de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el paquete de láminas consolidadas comprende 2-50 láminas, comprendiendo cada lámina cuerpos alargados de refuerzo, no siendo unidireccional la dirección de los cuerpos alargados en el paquete de láminas, en el que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados, calculado sobre el peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, son cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, caracterizado por que dichos cuerpos alargados de polietileno tienen una relación de peso molecular promedio expresado en peso (M_w) con respecto al peso molecular promedio expresado en número (M_n) de como máximo 6, y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3 cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.
- 10.- Método de fabricación de un objeto moldeado con resistencia balística que comprende las etapas de proporcionar láminas que comprenden cuerpos alargados de refuerzo, apilar las láminas de manera tal que la dirección de los cuerpos alargados dentro de la pila comprimida no sea unidireccional, y comprimir la pila a presión de al menos 0,5 MPa, en el que al menos un 20 % en peso de los cuerpos alargados, calculado en base al peso total de los cuerpos alargados presentes en el objeto moldeado con resistencia balística, son cuerpos alargados de polietileno seleccionados entre cintas o fibras que tienen un peso molecular promedio expresado en peso de al menos 100 000 gramos/mol, caracterizado por que dichos cuerpos alargados de polietileno tienen una relación de peso molecular promedio expresado en peso (M_w) con respecto al peso molecular promedio expresado en número (M_n) de como máximo 6, y un parámetro de orientación uniplanar 200/110 de al menos 3 cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son cintas o un parámetro de orientación uniplanar 020 de como máximo 55° cuando dichos cuerpos alargados de polietileno son fibras.
- 11.- Método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que las láminas se suministran proporcionando una capa de cuerpos alargados y provocando la adhesión de los cuerpos alargados.

12.- Método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que se provoca la adhesión de los cuerpos alargados proporcionando un material de matriz.

5 13.- Método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que se provoca la adhesión de los cuerpos alargados por medio de compresión.