

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 624**

51 Int. Cl.:

**F41H 5/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2007 PCT/EP2007/011324**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2008 WO08077605**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2007 E 07857044 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2095057**

54 Título: **Artículo moldeado con resistencia balística curvado**

30 Prioridad:

**22.12.2006 EP 06026726**

**22.12.2006 US 876543 P**

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

**25.07.2017**

73 Titular/es:

**DSM IP ASSETS B.V. (100.0%)**

**HET OVERLOON 1**

**6411 TE HEERLEN, NL**

72 Inventor/es:

**VAN ES, MARTIN ANTONIUS;**

**JONGEDIJK, MARCEL;**

**MARISSSEN, ROELOF y**

**HOEFNAGELS, HEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 626 624 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

Artículo moldeado con resistencia balística curvado

- 5 La presente invención se refiere a un artículo moldeado con resistencia balística curvado que comprende al menos dos láminas con resistencia balística.

10 Una lámina con resistencia balística comprende una pila de al menos 4 monocapas, conteniendo cada monocapa fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente con como máximo el 20% en masa de un material de matriz, y estando rotada la dirección de las fibras en cada monocapa con respecto a la dirección de las fibras en una monocapa adyacente. Una lámina con resistencia balística de este tipo es muy adecuada para su uso en artículos con resistencia balística comprimidos o moldeados tales como paneles y especialmente paneles curvados.

15 Una lámina con resistencia balística de este tipo se conoce por el documento WO 2005 066401, que constituye un punto de partida para la reivindicación independiente 1, y por el documento US 4.623.574. Esta publicación da a conocer la fabricación de láminas con resistencia balística mediante la aplicación cruzada y el apilamiento de una pluralidad de monocapas, cada una con fibras de polietileno de cadena extendida alineadas unidireccionalmente y un material de matriz, seguido de su introducción a presión en una lámina. El ejemplo 1 de esta divulgación menciona la producción de una monocapa envolviendo helicoidalmente fibras de polietileno unas al lado de otras en una devanadora de tambor, por lo cual se usó una disolución de Kraton D1107 para recubrir las fibras alineadas unidireccionalmente. Se apiló una pluralidad de las monocapas así obtenidas, por lo cual la dirección de las fibras en una monocapa es perpendicular a la dirección de las fibras en una monocapa adyacente. La pila obtenida se puso entre planchas paralelas en una prensa Apollo y se prensó con una presión de 0,6 MPa a una temperatura de 130°C durante 5 minutos, seguido de enfriamiento.

25 El documento WO 2008/077605 describe láminas con resistencia balística apiladas para formar un conjunto y cosidas en las esquinas.

30 El documento EP1627719A describe materiales con resistencia balística producidos a partir de una cinta, formada a su vez por polvo de polietileno de peso molecular ultraalto compactado.

35 Existe una motivación continua hacia artículos moldeados con resistencia balística mejorados y los presentes inventores han encontrado sorprendentemente una lámina con resistencia balística que permite la fabricación de artículos moldeados con resistencia balística curvados con moldeabilidad mejorada. Moldeabilidad mejorada significa que tras el moldeo de un artículo con resistencia balística curvado, que comprende varias láminas con resistencia balística de la invención se obtiene un producto homogéneo; esto puede determinarse a simple vista por ejemplo por la ausencia de una cobertura no homogénea de las láminas con resistencia balística en dicho artículo tras el moldeo.

40 Según la presente invención, un artículo moldeado con resistencia balística curvado mejorado que comprende al menos dos láminas con resistencia balística, en el que se proporciona cada lámina con resistencia balística, que comprende una pila de al menos 4 monocapas, conteniendo cada monocapa

45 fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente con una resistencia a la tracción de entre 3,5 y 4,5 GPa y como máximo el 20% en masa de un material de matriz,

la densidad de área de una monocapa de al menos 25 g/m<sup>2</sup>

50 y estando rotada la dirección de las fibras en cada monocapa con respecto a la dirección de las fibras en una monocapa adyacente.

La lámina con resistencia balística usada para producir un artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención proporciona una buena moldeabilidad.

55 Esto puede verse tras el moldeo de un artículo con resistencia balística curvado, que comprende varias láminas con resistencia balística apiladas usadas para producir el artículo moldeado con resistencia balística curvado de la invención, obteniendo un artículo moldeado homogéneo sin plegado irregular de las láminas con resistencia balística. Una ventaja adicional es que la lámina con resistencia balística usada para producir el artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención muestra un rendimiento antibalas mejorado adicional.

60 En la presente invención, el término monocapa se refiere a una capa de fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente y un material de matriz que básicamente mantiene juntas las fibras.

65 Una lámina con resistencia balística comprende una pila de al menos 4 monocapas, estando las al menos 4 monocapas preferiblemente enlazadas o unidas entre sí. Las monocapas están apiladas de tal manera que la dirección de las fibras en cada monocapa está rotada con respecto a la dirección de las fibras en una monocapa

adyacente. El ángulo de rotación, que significa el ángulo más pequeño que forman las fibras de las monocapas adyacentes, es preferiblemente de entre 0° y 90°, más preferiblemente de entre 10° y 80°. Lo más preferiblemente, el ángulo es de entre 45° y 90°.

5 Las fibras en la lámina con resistencia balística usada para producir el artículo moldeado con resistencia balística curvado de la invención tienen una resistencia a la tracción de entre 3,5 y 4,5 GPa. Las fibras tienen preferiblemente una resistencia a la tracción de entre 3,6 y 4,3 GPa, más preferiblemente de entre 3,7 y 4,1 GPa o lo más preferiblemente de entre 3,75 y 4,0 GPa.

10 Las fibras pueden ser fibras inorgánicas u orgánicas. Fibras inorgánicas adecuadas son, por ejemplo, fibras de vidrio, fibras de carbono y fibras de cerámica.

Fibras orgánicas adecuadas con una resistencia a la tracción tan alta son, por ejemplo, fibras de poliamida aromática (también denominadas a menudo fibras de aramida), especialmente poli(tereftalamida de p-fenileno),  
 15 polímero cristalino líquido y fibras de polímero de tipo escalera como polibencimidazoles o polibenzoxazoles, especialmente poli(1,4-fenileno-2,6-benzobisoxazol) (PBO), o poli(2,6-diimidazo[4,5-b-4',5'-e]piridinileno-1,4-(2,5-dihidroxi)fenileno) (PIPD; también denominado M5) y fibras de, por ejemplo, poliolefinas, poli(alcohol vinílico) y poliacrilonitrilo que están altamente orientadas, tal como se obtienen, por ejemplo, mediante un proceso de hilatura en gel. Preferiblemente se usan fibras de poliolefina, aramida, PBO y PIPD altamente orientadas, o una combinación  
 20 de al menos dos de las mismas.

Incluso más preferiblemente se usan fibras de polietileno de alto rendimiento o fibras de polietileno muy estiradas que consisten en filamentos de polietileno que se han preparado mediante un proceso de hilatura en gel, tal como se describe, por ejemplo, en el documento GB 2042414 A o WO 01/73173. La ventaja de estas fibras es que tienen una  
 25 resistencia a la tracción muy alta combinada con un peso ligero, de modo que son en particular muy adecuadas para su uso en artículos con resistencia balística de peso ligero.

Lo más preferiblemente, se hace uso de hilos multifilamento de polietileno lineal de masa molar ultraalta con una viscosidad intrínseca de al menos 5 dl/g.  
 30

El título de un único filamento de estas fibras o hilos es preferiblemente de como máximo 2 denier, más preferiblemente el título de un único filamento de estas fibras es como máximo de 1,9 denier. Esto da como resultado una mejor moldeabilidad del artículo moldeado con resistencia balística curvado que comprende la lámina con resistencia balística. Lo más preferiblemente, el título de un único filamento de estas fibras es como máximo de  
 35 1,8 denier.

El término material de matriz se refiere a un material que une o mantiene juntas las fibras y puede envolver las fibras en su totalidad o en parte, de modo que la estructura de la monocapa se conserva durante la manipulación y elaboración de láminas preformadas. El material de material de matriz puede haberse aplicado de diversas formas y maneras; por ejemplo como película entre monocapas de fibra, como tira adhesiva transversal entre las fibras alineadas unidireccionalmente o como fibras transversales (transversales con respecto a las fibras unidireccionales), o impregnando y/o embebiendo las fibras con un material de matriz.  
 40

En una realización preferida, el material de matriz es un material de matriz polimérico, y puede ser un material termoendurecible o un material termoplástico, o mezclas de los dos. El alargamiento a la rotura del material de matriz es preferiblemente mayor que el alargamiento de las fibras. El material de matriz tiene preferiblemente un alargamiento del 3 al 500%. En otra realización preferida, el material de matriz es un material de matriz polimérico que tiene preferiblemente un alargamiento de al menos el 200%, más preferiblemente de desde el 300 hasta el 1500%, más preferiblemente de desde el 400 hasta el 1200%. Del grupo de los materiales termoendurecibles,  
 50 preferiblemente se seleccionan como material de matriz ésteres vinílicos, poliésteres insaturados, compuestos epoxi o resinas fenólicas. Del grupo de los materiales termoplásticos, preferiblemente se seleccionan como material de matriz poliuretanos, polivinilos, compuestos poliacrílicos, poliolefinas o copolímeros de bloque elastoméricos termoplásticos tales como copolímeros de bloque de poliisopropeno-polietileno-butileno-poliestireno o de poliestireno-poliisopreno-poliestireno.  
 55

Más preferiblemente, el material de matriz en el artículo según la invención tiene un módulo al 100% de al menos 3 MPa. Se entiende que éste es un módulo secante medido según la norma ISO 527 a una deformación del 100%.

Son particularmente adecuados aquellos materiales de matriz que pueden aplicarse como dispersión en agua. Los ejemplos de materiales termoplásticos adecuados incluyen: acrilatos, poliuretanos, poliolefinas modificadas y acetato de etilenvinilo. Preferiblemente, el material de matriz contiene un poliuretano. Más preferiblemente, el poliuretano es un polieteruretano, que se basa en un polieterdiol. Esto proporciona un buen rendimiento a lo largo de un amplio intervalo de temperaturas. En una realización especial, el poliuretano o polieteruretano se basa en diisocianatos alifáticos ya que esto mejora adicionalmente el rendimiento del producto, especialmente su estabilidad cromática.  
 60  
 65

Preferiblemente el módulo al 100% es de al menos 5 MPa. El módulo al 100% es generalmente inferior a 500 MPa.

La cantidad de material de matriz en la monocapa es como máximo del 20% en masa. Esto da como resultado una buena combinación de rendimiento balístico y moldeabilidad. Preferiblemente, la cantidad de material de matriz en la monocapa es como máximo del 18,5% en masa; más preferiblemente como máximo del 17,5% en masa. Esto da como resultado una combinación incluso mejor de rendimiento balístico y moldeabilidad. Lo más preferiblemente, la cantidad de material de matriz en la monocapa es como máximo del 16% en masa. Esto da como resultado la mejor combinación de rendimiento balístico y moldeabilidad del artículo moldeado con resistencia balística.

Se encontró que con el fin de conseguir la moldeabilidad requerida, el peso, o densidad de área, de la monocapa tiene que ser al menos de 25 g/m<sup>2</sup>. Preferiblemente, el peso de la monocapa es de entre 30 y 200 g/m<sup>2</sup>. Más preferiblemente, el peso de la monocapa es de entre 30 y 180 g/m<sup>2</sup>. Lo más preferiblemente, el peso de la monocapa es de entre 40 y 150 g/m<sup>2</sup>.

Para la fabricación de la lámina con resistencia balística usada para producir el artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención, las fibras de refuerzo unidireccional se impregnan con el material de matriz por ejemplo aplicando una o más películas de plástico en la parte superior, la parte inferior o en ambos lados del plano de las fibras y haciendo pasar después éstas, junto con las fibras, a través de rodillos de prensado calentados. Preferiblemente, sin embargo, las fibras, tras orientarse de manera paralela en un plano, se recubren con una cantidad de una sustancia líquida que contiene el material de matriz. La ventaja de esto es que se consigue una impregnación más rápida y mejor de las fibras. La sustancia líquida puede ser por ejemplo una disolución, una dispersión o una masa fundida del plástico. Si se usa una disolución o una dispersión del plástico en la fabricación de la monocapa, el proceso también comprende evaporar el disolvente o dispersante. De esta manera se obtiene una monocapa. Posteriormente se apilan al menos 4 de tales monocapas de tal manera que la dirección de las fibras en cada monocapa está rotada con respecto a la dirección de las fibras en una monocapa adyacente. Finalmente, a las monocapas apiladas se les aplica un tratamiento de modo que se enlazan o unen entre sí. Un tratamiento adecuado puede ser prensar o laminar la pila a una temperatura suficientemente alta como para obtener adhesión. Generalmente, una temperatura mayor proporcionará una adhesión mejor. La adhesión puede aumentarse adicionalmente aplicando algo de presión. Una presión y temperatura adecuadas pueden encontrarse mediante algunos experimentos rutinarios. En el caso de las fibras de polietileno de alto rendimiento, tal temperatura puede no superar los 150°C.

La lámina con resistencia balística puede apilarse de manera adecuada y comprimirse para formar un artículo moldeado con resistencia balística curvado. Por artículos moldeados con resistencia balística curvados quiere decirse piezas conformadas, que comprenden al menos dos láminas con resistencia balística usadas para producir el artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención, que puede usarse, por ejemplo, como panel para su uso en por ejemplo un vehículo, especialmente un panel curvado, un inserto duro por ejemplo para su uso en ropa de protección y chalecos antibalas, etc. Todas estas aplicaciones ofrecen protección frente a impactos balísticos tales como balas y fragmentos de bala.

La invención se refiere a un artículo moldeado con resistencia balística curvado que comprende al menos dos láminas con resistencia balística. Para que el artículo moldeado con resistencia balística curvado tenga una buena resistencia balística, el número de láminas con resistencia balística en el artículo es de al menos 10, más preferiblemente de al menos 15 y lo más preferiblemente de al menos 20.

Generalmente el artículo moldeado con resistencia balística curvado de la invención no tendrá un grosor mayor de 125 mm; preferiblemente no tendrá un grosor mayor de 100 mm y más preferiblemente no tendrá un grosor mayor de 80 mm.

El artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención puede combinarse de manera adecuada con una capa de cerámica y/o una capa de metal. Dicha capa de metal y/o cerámica se coloca entonces en el lado del artículo moldeado con resistencia balística dirigido hacia el impacto balístico, es decir como cara de impacto.

En el caso de que el artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención se use en aplicaciones balísticas en las que puede encontrarse una amenaza de balas perforadoras de blindaje, la cara de impacto es preferiblemente una capa de cerámica. De esta manera, se obtiene un artículo con una estructura en capas tal como sigue: capa de cerámica/láminas con resistencia balística apiladas comprimidas. Opcionalmente puede estar presente una capa de metal como capa adicional entre la capa de cerámica y las láminas con resistencia balística apiladas comprimidas.

Los materiales cerámicos adecuados incluyen por ejemplo óxido de alúmina, óxido de titanio, óxido de silicio, carburo de silicio, nitruro de silicio y carburo de boro. El grosor de la capa de cerámica depende del nivel de amenaza balística, pero varía generalmente entre 2 mm y 30 mm. Este artículo compuesto se colocará preferiblemente de modo que la capa de cerámica esté dirigida hacia la amenaza balística.

Los metales adecuados incluyen aluminio, magnesio, titanio, cobre, níquel, cromo, berilio, hierro incluyendo sus aleaciones, tal como por ejemplo acero y acero inoxidable, y aleaciones de aluminio con magnesio (el denominado

aluminio serie 5000) y aleaciones de aluminio con zinc y magnesio o con zinc, magnesio y cobre (el denominado aluminio serie 7000).

- 5 Durante el proceso para producir un artículo moldeado con resistencia balística curvado, las láminas con resistencia balística apiladas usadas para producir el artículo moldeado con resistencia balística curvado según la invención pueden comprimirse de manera adecuada a una presión de más de 16,5 MPa, en una prensa o máquina de moldeo por compresión. Preferiblemente, la presión es de al menos 20, o al menos 25 MPa, dado que esto potencia adicionalmente la resistencia balística del artículo moldeado. La temperatura durante la compresión es preferiblemente de entre 125 y 150°C. Una temperatura superior tiene la ventaja de que puede reducirse adicionalmente el tiempo de compresión, pero tal temperatura superior debe quedarse al menos 10°C por debajo de la temperatura a la que las propiedades mecánicas de la fibra empiezan a deteriorarse. En el caso de fibras de polietileno de alto rendimiento, la temperatura no debe superar los 150°C, es decir permanecer por debajo del intervalo de fusión de las fibras. En una realización preferida, la pila que comprende preferiblemente un material de matriz de poliuretano se comprime durante al menos 60 minutos a una temperatura de entre 125 y 135°C. Tras pensar a una temperatura elevada, antes de retirarla de la prensa, la pila se enfría hasta una temperatura por debajo de los 100°C, preferiblemente por debajo de los 80°C. En una realización preferida, la pila se enfría mientras está todavía bajo presión, preferiblemente de al menos 5 MPa, más preferiblemente bajo la misma que en la etapa de prensado anterior.
- 10
- 15
- 20 Finalmente, la invención se refiere a una prenda protectora, tal como un chaleco antibalas, que comprende el artículo moldeado con resistencia balística curvado de la invención en forma de un panel duro.

Los métodos de prueba a los que se hace referencia en la presente solicitud son tal como sigue:

- 25 • VI: la viscosidad intrínseca se determina según el método PTC-179 (Hercules nc. Rev. 29 de abril de 1982) a 135°C en decalina, siendo el tiempo de disolución de 16 horas, con DBPC como antioxidante en una cantidad de 2 g/l de disolución, extrapolando la viscosidad tal como se mide a diferentes concentraciones a la concentración cero;
- 30 • Propiedades de tracción (medidas a 25°C): se definen la resistencia a la tracción (o resistencia), el módulo de tracción (o módulo) y el alargamiento a la rotura y se determinan en hilos multifilamento tal como se especifica en la norma ASTM D885M, usando una longitud de calibre nominal de la fibra de 500 mm, una velocidad de avance del 50%/min. Basándose en la curva de esfuerzo-deformación medida se determina el módulo como el gradiente entre el 0,3 y el 1% de deformación. Para el cálculo del módulo y de la resistencia, las fuerzas de tracción medidas se dividen entre el título, tal como se determina pesando 10 metros de fibra; se calculan valores en GPa asumiendo una densidad de 0,97 g/cm<sup>3</sup>. Las propiedades de tracción de las películas delgadas se miden según la norma ISO 1184(H).
- 35
- 40 • El módulo del material de matriz se determinó según la norma ISO 527. El módulo al 100% se determinó en tiras de película con una longitud de 100 mm (longitud libre entre los elementos de sujeción) y una anchura de 24 mm. El módulo al 100% es el módulo secante medido entre deformaciones del 0% y el 100%.

La invención se explicará ahora adicionalmente con el siguiente ejemplo y experimento comparativo, sin limitarse a los mismos.

45

### **Ejemplo 1**

En primer lugar se elaboró una monocapa unidireccional en una devanadora de tambor. Para esto, se unió un papel siliconado al tambor de la devanadora de tambor. El tambor tenía una circunferencia y una anchura que eran ambas de 160 cm. Se devanó un hilo de polietileno con una tenacidad de 3,6 GPa y un título de 1,92 denier por filamento alrededor de la devanadora de tambor con una separación de 3,08 mm. Antes de devanarse alrededor del tambor, el hilo se humedeció con una dispersión de copolímero de bloque de estireno-isopreno-estireno en agua. Diluyendo la dispersión, se ajustó la cantidad de sólidos absorbida por el hilo al 18% en peso con respecto a la cantidad de hilo.

55 Se evaporó toda el agua calentando el tambor hasta ~65°C. Al hacer esto, se elaboró una monocapa con una densidad de área de hilo de 48,6 g/m<sup>2</sup> y una densidad de área de matriz de 10,7 g/m<sup>2</sup>.

60 Antes de añadir la segunda monocapa, se retiró la primera monocapa del tambor, se giró 90° y se unió de nuevo al tambor. Usando el mismo procedimiento se adhirió una segunda monocapa a la primera monocapa devanando hilo alrededor del tambor. Los hilos de la segunda capa están orientados esencialmente en perpendicular a los hilos en la primera monocapa. Este procedimiento se repitió para añadir una tercera y una cuarta monocapa.

65 La lámina final, es decir la lámina antibalas usada para producir un artículo moldeado resistente curvado según la invención, consistía en 4 monocapas orientadas en una dirección de 0°/90°/0°/90°. Tenía una densidad de área (DA) de 237,4 g/m<sup>2</sup>.

En total 67 de tales láminas finales de 40x40 cm se apilaron juntas y se prensaron para dar un panel antibalas.

Las condiciones de prensado para obtener el panel antibalas fueron las siguientes:

- 5 La pila con las 67 láminas finales se colocó entre dos platos de una prensa estándar. La temperatura de los platos era de entre 125-130°C. Se retuvo el paquete en la prensa hasta que la temperatura en el centro del paquete era de entre 115-125°C. Posteriormente, la presión se aumentó hasta una presión de compresión de 30 MPa y se mantuvo el paquete bajo esta presión durante 65 min. Posteriormente, el paquete se enfrió hasta una temperatura de 60°C a la misma presión de compresión.
- 10 La densidad de área del panel prensado era de 15,9 kg/m<sup>2</sup>. La densidad de área de hilo en el panel era de 13 kg/m<sup>2</sup>.
- 15 Los paneles obtenidos se sometieron a una prueba de disparo según el procedimiento expuesto en STANAG 2920. Se usó una bala de núcleo de acero blando de 7,62 x 39 mm, denominada a menudo también "bala AK47 MSC". La bala se obtuvo de Messrs Sellier & Belliot, República Checa. Estas pruebas se realizaron con el propósito de determinar una V50 y/o la energía absorbida. V50 es la velocidad a la que el 50% de los proyectiles penetrarán en la plancha de blindaje. El procedimiento de prueba fue tal como sigue. El primer proyectil se disparó a la velocidad V50 anticipada. Se midió la velocidad real poco antes del impacto. Si el proyectil se detenía, un siguiente proyectil se disparó a una velocidad prevista de aproximadamente un 10% más. Si perforaba, el siguiente proyectil se disparó a una velocidad prevista de aproximadamente un 10% menos. Siempre se midió la velocidad de impacto real. V50 era el promedio de las dos paradas más altas y las dos penetraciones más bajas. El rendimiento del blindaje también se determinó calculando la energía cinética del proyectil a V50 y dividiendo esto entre la DA de la plancha, la denominada "Eabs".
- 20
- 25 Se encontró que la V50 del panel era de 782 m/s, y la Eabs era de 186 J m<sup>2</sup>/kg.

#### Experimento comparativo A

- 30 Se usó el mismo procedimiento que el descrito en el ejemplo 1 para elaborar una lámina, excepto porque la tenacidad del hilo era de 3,3 GPa y un título de 3,3 denier por filamento, el contenido de matriz era del 22% y la separación entre hilos era de 6,08 mm. Esto dio como resultado una lámina que comprendía 4 monocapas, teniendo cada monocapa una densidad de área de hilo de 24,3 g/m<sup>2</sup> y una densidad de área de matriz de 6,9 g/m<sup>2</sup>.
- 35 Prensando 134 láminas se obtuvo un panel con una densidad de área de 16,7 kg/m<sup>2</sup> y una DA de hilo de 13,0 kg/m<sup>2</sup>. La DA de hilo era igual a la DA de hilo en el ejemplo 1.
- Se encontró que la V50 del panel era de 666 m/s, la Eabs era de 142 J m<sup>2</sup>/kg.
- 40 Estos resultados muestran que a pesar de la misma cantidad de fibra de polietileno en el panel, a saber 13 kg/m<sup>2</sup>, el panel según la invención en el ejemplo 1 mostró una Eabs mayor significativa.

Tabla 1		Ejemplo 1	Comp. A
Resistencia a la tracción	[GPa]	3,6	3,3
N.º de monocapas por lámina	[-]	4	4
% en masa de la matriz		18	22
DA de hilo por monocapa	[g/m <sup>2</sup> ]	48,6	24,3
DA de matriz por monocapa	[g/m <sup>2</sup> ]	10,7	6,9
DA de monocapa	[g/m <sup>2</sup> ]	59,4	31,2
DA por lámina	[g/m <sup>2</sup> ]	237,4	124,9
N.º de láminas por paquete		67	134
DA de paquete	[kg/m <sup>2</sup> ]	15,9	16,7
DA de hilo en el paquete	[kg/m <sup>2</sup> ]	13,0	13,0
V50	[m/s]	782	683
Eabs de hilo		188	143

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Un artículo moldeado con resistencia balística curvado que comprende al menos dos láminas con resistencia balística, en el que cada lámina con resistencia balística comprende una pila de al menos 4 monocapas, conteniendo cada monocapa
- 10 fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente con una resistencia a la tracción de entre 3,5 y 4,5 GPa, y como máximo el 20% en masa de un material de matriz, la densidad de área de una monocapa es de al menos 25 g/m<sup>2</sup>
- 15 y estando rotada la dirección de las fibras en cada monocapa con respecto a la dirección de las fibras en una monocapa adyacente.
- 20 2.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según la reivindicación 1, en el que la densidad de área de una monocapa es de al menos 40 g/m<sup>2</sup>.
- 3.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según la reivindicación 1 ó 2, en el que la monocapa comprende como máximo el 18,5% en masa del material de matriz.
- 25 4.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que las fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente tienen una resistencia a la tracción de entre 3,6 y 4,3 GPa.
- 5.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que las fibras de refuerzo orientadas unidireccionalmente son fibras de polietileno muy estiradas.
- 30 6.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en el que el material de matriz tiene un módulo al 100% de al menos 3 MPa.
- 35 7.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el título de un único filamento de las fibras es de como máximo 2 denier.
- 8.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende al menos 10 de las láminas con resistencia balística.
- 40 9.- El artículo moldeado con resistencia balística curvado según la reivindicación 8, que comprende además una cara de impacto de cerámica o metal.
- 10.- Prenda protectora, tal como un chaleco antibalas, que comprende el artículo moldeado con resistencia balística curvado según la reivindicación 8 ó 9.