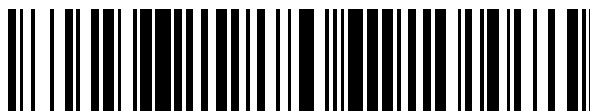


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 628**

51 Int. Cl.:

B32B 5/28 (2006.01)

B29C 61/00 (2006.01)

B29C 70/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2007 PCT/US2007/078012**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2008 WO08097355**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2007 E 07872752 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2061650**

54 Título: **Materiales compuestos balísticos de alto rendimiento que tienen flexibilidad mejorada y método para fabricar los mismos**

30 Prioridad:

12.09.2006 US 843868 P
28.06.2007 US 823570

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.05.2019

73 Titular/es:

HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950, US

72 Inventor/es:

BHATNAGAR, ASHOK;
ARVIDSON, BRIAN D.;
HURST, DAVID A.;
POWERS, DANELLE F. y
STEENKAMER, DAVID A.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 711 628 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

Materiales compuestos balísticos de alto rendimiento que tienen flexibilidad mejorada y método para fabricar los mismos

Campo de la invención

La invención se refiere a materiales compuestos balísticos de alto rendimiento que tienen flexibilidad mejorada, y a un proceso para fabricar los mismos

Descripción de la técnica relacionada

Los productos balísticos resistentes para chalecos y similares son conocidos en la técnica. Muchos de estos productos están basados en fibras de alta tenacidad, tales como fibras de polietileno de cadena extendida. Las protecciones corporales, tales como chalecos antibalas, pueden estar formadas a partir de compuestos rígidos y/o compuestos flexibles.

La protección corporal rígida proporciona una buena resistencia balística, pero es muy rígida y relativamente voluminosa. Como resultado, en general, las prendas de protección corporal rígidas (por ejemplo chalecos) son usualmente menos confortables de usar que las prendas de la protección corporal flexibles. La protección corporal rígida es también denominada como una protección "dura", que ha sido definida en la técnica (véase, por ejemplo, la patente de los EE.UU 5.690.526) para definir un artículo, tal como un casco o paneles para vehículos militares, que tiene suficiente resistencia mecánica de manera que mantenga la rigidez estructural cuando es sometido a una cantidad de esfuerzo significativa sea capaz de seguir siendo auto-portante sin colapsarse. En contraste con tal protección rígida o dura, está la protección flexible o "blanda" que no tiene los atributos asociados con la protección dura previamente mencionada. Aunque la protección corporal flexible basada en fibras de alta tenacidad tiene una experiencia de servicio excelente, el rendimiento balístico no es generalmente tan elevado como el de la protección dura. Si se desea un rendimiento balístico más elevado en la protección flexible, en términos generales la flexibilidad de tal escudo resulta disminuida.

El documento WO-A-2004/33196 describe una variedad de artículos compuestos balísticos y resistentes al fuego, en particular para utilizar en el interior de aviones. Tales artículos se han descrito como que tienen un módulo de flexión de al menos aproximadamente 552 MPa, una resistencia a flexión en rendimiento de al menos aproximadamente 5,52 MPa y una densidad superficial de aproximadamente 5,40 a aproximadamente 5,86 kg/m². Como tal, los materiales compuestos tienen la rigidez requerida para ser utilizados en las aplicaciones pretendidas. El documento US 4.413.110 describe fibras para la fabricación de artículos tales como cables y cuerdas marinas. El documento WO-A-03/089235 describe estratificados de telas tejidas con resistencia superior a la penetración por proyectiles balísticos, y conjuntos de tales estratificados. En una realización, un estratificado de tela tejida comprende una tela tejida a partir de un hilo de elevado módulo, de alta resistencia, un revestimiento superficial de un elastómero de bajo módulo, y una película de plástico unida a la superficie revestida con elastómero. El documento US-A-2004/092183 describe materiales compuestos balísticos resistentes hechos a partir de dos tipos distintos de fibra polimérica. El documento US 4.748.094, describe materiales compuestos fibrosos para utilizar en una variedad de artículos balísticos, cuyos compuesto comprenden una red de fibras de resistencia mecánica elevada con un módulo de tracción de al menos aproximadamente 500 g/d y una energía de rotura de al menos aproximadamente 22 J/g, en un material de matriz de elastómero que reviste las fibras y tiene un módulo de tracción de menos de aproximadamente 6000 psi (0,04 GPa) a 25 °C.

Se han hecho distintos intentos de producir compuestos balísticos flexibles, tales como proporcionando arrugas permanentes en una banda fibrosa como se ha descrito patente de los EE.UU 5.124.195 de Harpell et al., y proporcionando superficies texturizadas como se ha descrito en la patente de los EE.UU 5.567.498 de McCarter et al.

Sería deseable proporcionar un material compuesto balístico flexible que tenga una flexibilidad mejorada y también un rendimiento balístico mejorado. Sería también deseable proporcionar un producto de protección, tal como una protección corporal, basada en dicho material que de modo similar tenga una flexibilidad y rendimiento balístico mejorado. Tal protección sería deseablemente confortable de usar y no sería cara de fabricar.

Resumen de la invención

De acuerdo con esta invención, se ha proporcionado un material compuesto balístico resistente flexible que tiene una flexibilidad mejorada, comprendiendo el material compuesto una pluralidad de capas fibrosas no tejidas, comprendiendo las capas fibrosas una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo de tracción de al menos aproximadamente 1200 g/d, estando las fibras en una matriz que comprende un copolímero de bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo depositado sobre las fibras como una composición acuosa, teniendo el compuesto una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 100 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,14 kg (2,5 libras) para una estructura de dos capas del compuesto, y una densidad superficial igual o menor de aproximadamente 190 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,36 kg (3,0 libras) para una estructura de cuatro capas del compuesto.

También de acuerdo con esta invención, se ha proporcionado un material compuesto balístico resistente flexible que tiene una flexibilidad mejorada, comprendiendo el material compuesto una pluralidad de capas fibrosas no tejidas,

comprendiendo las capas fibrosas una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo de tracción de al menos aproximadamente 1200 g/d, estando las fibras en una matriz que comprende un copolímero de bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo depositado sobre las fibras como una composición acuosa, teniendo el compuesto una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 100 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,14 kg (2,5 libras) para una estructura de dos capas del compuesto, y una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 190 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,36 kg (3,0 libras) para una estructura de cuatro capas del compuesto, y en donde el compuesto tiene una Resistencia de Adherencia menor de aproximadamente 0,45 kg (1,0 libras) para una estructura de dos capas del compuesto, y menor de aproximadamente 0,32 kg (0,7 libras) para una estructura de cuatro capas del compuesto.

El término "Resistencia de Adherencia" se ha definido a continuación.

Además de acuerdo con esta invención, se ha proporcionado un material compuesto balístico resistente que tiene una flexibilidad mejorada, comprendiendo el material compuesto una pluralidad de capas fibrosas no tejidas, comprendiendo las capas fibrosas una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo de tracción de al menos aproximadamente 1200 g/d, estando las fibras en una matriz que comprende un copolímero de bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo depositado sobre las fibras como una composición acuosa, teniendo el compuesto una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 100 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,14 kg (2,5 libras) para una estructura de dos capas del compuesto, y una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 190 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,36 kg (3,0 libras) para una estructura de cuatro capas del compuesto, por lo que cuando son ensamblados juntos una pluralidad de los materiales compuestos satisface al menos uno de los siguientes criterios balísticos:

(a) para un peso total de 3,68 kg/m² (0,75 libras por pie cuadrado) cuando es impactado por una bala blindada de 9 mm;

(i) para una pluralidad de los materiales compuestos que comprenden estructuras de dos capas de dicho compuesto, una V50 de al menos aproximadamente 488 m/s (1600 f/s), y

(ii) para una pluralidad de los materiales compuestos que comprenden estructuras de cuatro capas del compuesto, una V50 de al menos aproximadamente 519 m/s (1700 f/s);

(b) para un peso total de 3,68 kg/m² (0,75 libras por pie cuadrado) cuando es impactado con una bala Magnum 44.

(iii) para una pluralidad de los materiales compuestos que comprenden estructuras de dos capas del compuesto, una V50 de al menos aproximadamente 458 m/s (1500 f/s), y

(iv) para una pluralidad de los materiales compuestos que comprenden estructuras de cuatro capas del compuesto, una V50 de al menos aproximadamente 473 m/s (1550 f/s);

(c) para un peso total de 4,90 kg/m² (1,00 libras por pie cuadrado) cuando es impactado por un proyectil de simulación en fragmentos de 17 granos que satisface las especificaciones de MIL-P-46593A (ORD);

(v) para una pluralidad de los compuestos que comprenden estructuras de dos capas del compuesto, una V50 de al menos aproximadamente 556 m/s (1825 f/s), y

(vi) para una pluralidad de los compuestos que comprenden estructuras de cuatro capas del compuesto, una V50 de al menos aproximadamente 572 m/s (1875 f/s).

De acuerdo aún más con esta invención, se ha proporcionado un producto balístico resistente flexible que comprende una pluralidad de capas de un material compuesto flexible, comprendiendo el material compuesto una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo de tracción de al menos aproximadamente 1200 g/d, estando las fibras en una matriz que comprende un copolímero de bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo depositado sobre las fibras como una composición acuosa, teniendo el compuesto una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 100 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,14 kg (2,5 libras) para una estructura de dos capas del compuesto, y una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 190 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,36 kg (3,0 libras) para una estructura de cuatro capas del compuesto.

Aún más de acuerdo con esta invención, se ha proporcionado un método para la fabricación de un material compuesto balístico resistente flexible que tiene flexibilidad mejorada, comprendiendo el método proporcionar una primera capa fibrosa no tejida que comprende una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo de tracción de al menos aproximadamente 1200 g/d; revistiendo la primera capa fibrosa con una composición acuosa que comprende un copolímero de bloque de un dieno conjugado y monómeros aromáticos de vinilo; evaporando agua de la primera y segunda capas fibrosas, y consolidando la primera y segunda capas fibrosas para formar un material compuesto que tiene una densidad superficial total igual o menor de

aproximadamente 100 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,14 kg (2,5 libras) para una estructura de dos capas del compuesto, y una densidad superficial total igual o menor de aproximadamente 190 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,36 kg (3,0 libras) para una estructura de cuatro capas del compuesto.

5 Más preferiblemente, el copolímero de bloque es un copolímero de bloque insaturado de elastómero de estireno-isopreno-estireno.

El material compuesto flexible también comprende preferiblemente películas flexibles en uno o ambos lados de cada estructura de dos capas o estructura cuatro capas. Las capas adyacentes del material compuesto pueden estar dispuestas de tal forma que las direcciones de las fibras en las capas adyacentes estén giradas aproximadamente 90°, u otra orientación deseada, entre sí.

10 La presente invención proporciona un material compuesto que tiene un excelente rendimiento balístico y tiene aún una flexibilidad mejorada. Sorprendentemente, se ha encontrado que la combinación de fibra y resina de matriz empleadas en este documento proporciona estas características de producto deseables que no han sido alcanzadas anteriormente. El proceso de esta invención permite la fabricación de estos productos deseables de una manera rentable. Además, la protección corporal hecha del material compuesto tiene una flexibilidad mejorada y es más comfortable de utilizar.

15 Descripción detallada de la invención

La presente invención comprende un compuesto flexible que es resistente a los proyectiles. Estos compuestos son particularmente útiles en artículos de protección balística flexible resistentes, tales como protecciones corporales, mantas, cortinas y similares.

20 El compuesto comprende fibras de alta tenacidad que están en una matriz de resina de elastómero. El compuesto está formado a partir de al menos dos capas de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad. Para los propósitos de la presente invención, una fibra es un cuerpo alargado cuya dimensión longitudinal es mucho mayor que las dimensiones transversales de anchura y grosor. Consecuentemente, el término fibra incluye monofilamento, multifilamentos, cinta, tira, fibra básica y otras formas de fibra troceada, cortada o discontinua y similares con sección transversal regular o irregular. El término "fibra" incluye una pluralidad de cualquiera de los anteriores o de una combinación de los mismos. Un hilo es
25 una hebra continua compuesta de muchas fibras o filamentos.

Las fibras útiles en esta invención se forman a partir de poli(alfa-olefina) de peso molecular ultra elevado. Estos polímeros y las fibras e hilos resultantes incluyen polietileno, polipropileno, poli(buteno-1), poli(4-metil-penteno-1), sus copolímeros, mezclas y aductos. Para los propósitos de la invención, una poli(alfa-olefina) de peso molecular ultra elevado es definida como aquella que tiene una viscosidad intrínseca cuando es medida en decalina a 135 °C de desde
30 aproximadamente 5 a aproximadamente 45 dl/g.

Las fibras de esta invención pueden ser circulares, planas u oblongas en sección transversal. Pueden ser también de sección transversal multi-lobular irregular o regular que tiene uno o más lóbulos regulares o irregulares que sobresalen desde el eje lineal o longitudinal del filamento. Se prefiere particularmente que las fibras sean de una sección transversal sustancialmente circular, plana u oblonga, mas preferiblemente que las fibras sean de sección transversal
35 sustancialmente circular.

Como es empleado en este documento, el término "fibras de alta tenacidad" significa fibras que tienen una tenacidad igual o mayor de aproximadamente 35 g/d. Estas fibras tienen preferiblemente módulos de tracción iniciales al menos de aproximadamente 1200 g/d y una elongación máxima de al menos aproximadamente 2,5%, medida según ASTM D2256. Fibras preferidas son aquellas que tienen una tenacidad igual o mayor de aproximadamente 36 g/d, un módulo de tracción igual o mayor de aproximadamente 1250 g/d y una elongación máxima de al menos aproximadamente 2,9%. Fibras particularmente preferidas son aquellas que tienen una tenacidad de al menos 36 g/d, un módulo de tracción igual o mayor de aproximadamente 1285 g/d y una elongación de al menos aproximadamente 3,0%. Como se han utilizado aquí, los términos "módulo de tracción inicial", "módulo de tracción" y "módulo" significan el módulo de elasticidad medido según ASTM 2256 para un hilo y según ASTM D638 para un material de matriz.

45 La red de fibras utilizada en el compuesto de la presente invención tiene la forma de una tela no tejida formada a partir de fibras de alta tenacidad antes mencionadas. Una configuración particularmente preferida de las fibras es en una red en la que las fibras están alineadas unidireccionalmente de manera que son sustancialmente paralelas entre sí a lo largo de una dirección de fibra común. Preferiblemente al menos aproximadamente el 50% en peso de las fibras en la tela no tejida son tales fibras de alta tenacidad, y más preferiblemente al menos aproximadamente el 75% en peso de las fibras en el tejido son las fibras de alta tenacidad. Más preferiblemente, de manera sustancial todas las fibras en la tela son
50 fibras de alta tenacidad descritas anteriormente.

Las fibras de elevada resistencia mecánica particularmente útiles en los hilos y tejidos de la invención son preferiblemente fibras de polietileno de módulo elevado de peso molecular elevado muy orientadas (también conocido como polietileno de cadena extendida) y fibras de polipropileno de módulo elevado de peso molecular elevado muy orientadas. Las más preferidas son las fibras de polietileno de cadena extendida.

Los hilos y tejidos de la invención pueden estar compuestos de una o más fibras diferentes de elevada resistencia mecánica. Preferiblemente, sin embargo, los hilos y tejidos de la invención están formados a partir de la misma fibra de elevada resistencia mecánica. Los hilos pueden estar en alineación esencialmente paralela, o los hilos pueden estar retorcidos, sobre envueltos o entrelazados.

- 5 Los hilos pueden ser de cualquier denier adecuado. Por ejemplo, los hilos pueden tener un denier de aproximadamente 50 a aproximadamente 3000 denier, mas preferiblemente desde aproximadamente 200 a aproximadamente 3000 denier, aún más preferiblemente desde aproximadamente 650 a aproximadamente 1700 denier, y más preferiblemente desde aproximadamente 1100 a aproximadamente 1600 denier.

- 10 La patente de los EE.UU N° 4.457.985 describe en general tales fibras de polietileno y polipropileno de elevado peso molecular, y la descripción de esta patente está incorporada aquí por referencia en la medida en que no sea inconsistente con ella. En el caso de polietileno, fibras adecuadas son aquellas de peso molecular promedio en peso de al menos aproximadamente 150.000, preferiblemente al menos aproximadamente un millón y más preferiblemente entre aproximadamente dos millones y aproximadamente cinco millones. Dichas fibras de polietileno de peso molecular elevado pueden ser hiladas en solución (véase la patente de los EE.UU N° 4.137.394 y la patente de los EE.UU N° 4.356.138), o un filamento hilado a partir de una solución para formar una estructura de gel (véase la patente de los EE.UU N° 4.413.110, la Patente Alemana N° 3.004.699 y la patente de GB N° 2051667), o las fibras de polietileno puede ser producidas por un proceso de laminación y estirado (véase la patente de los EE.UU N° 5.702.657). Como es utilizado aquí el término polietileno significa un material de polietileno predominantemente lineal que puede contener cantidades menores de ramificación de cadena o comonómeros que no exceden de 5 unidades de modificación por 100 átomos de carbono de la cadena principal, y que también pueden contener mezclados con ellas no más de aproximadamente un 50% en peso de uno o más aditivos poliméricos tales como alqueno-I-polímeros, en particular polietileno, polipropileno o polibutileno de baja densidad, copolímeros que contienen mono-olefinas como monómeros primarios, poliolefinas oxidadas, copolímeros de poliolefinas de injerto y polioximetilenos, o aditivos de bajo peso molecular tales como antioxidantes, lubricantes, agentes de apantallamiento de ultravioletas, colorantes y similares que son corrientemente incorporados.
- 20
- 25

Las fibras de polietileno de alta tenacidad son preferidas y vendidas bajo la marca registrada SPECTRA® por Honeywell International Inc. de Morristown, New Jersey, Estados Unidos de Norteamérica.

- 30 Dependiendo de la técnica de formación, la relación de estirado y temperaturas, y otras condiciones, pueden impartírsele una variedad de propiedades a estas fibras. Los mayores valores para el módulo de tracción inicial y la tenacidad pueden ser obtenidos generalmente sólo empleando procesos de crecimiento de solución o de hilado con gel. Muchos de los filamentos tienen puntos de fusión más elevados que el punto de fusión del polímero a partir del cual fueron formados. Así, por ejemplo, polietileno de peso molecular elevado de aproximadamente 150.000, aproximadamente un millón y aproximadamente dos millones de peso molecular tienen generalmente puntos de fusión a granel de 138 °C. Los filamentos de polietileno muy orientados hechos de estos materiales tienen puntos de fusión aproximadamente 7 °C a aproximadamente 13 °C más elevados. Así un ligero incremento en el punto de fusión refleja la perfección cristalina y una mayor orientación cristalina de los filamentos en comparación con el polímero a granel.
- 35

- 40 Similarmente, fibras de polipropileno de peso molecular elevado muy orientadas de peso molecular promedio en peso de al menos aproximadamente 200.000, preferiblemente al menos un millón y más preferiblemente al menos aproximadamente dos millones pueden ser utilizados. Tal polipropileno de cadena extendida puede ser formado en filamentos razonablemente bien orientados por las técnicas prescritas en las distintas referencias que se han citado anteriormente, y especialmente por la técnica de la patente de los EE.UU N° 4.413.110, Como el polipropileno es un material mucho menos cristalino que el polietileno y contiene grupos estilo pendientes, los valores de tenacidad que pueden conseguirse con el polipropileno son generalmente sustancialmente menores que los valores correspondientes del polietileno. Por consiguiente, una tenacidad adecuada es terriblemente de al menos aproximadamente 8 g/d, más preferiblemente de al menos aproximadamente 11 g/d. El módulo de tracción inicial para el polipropileno es preferiblemente de al menos aproximadamente 160 g/d, más preferiblemente de al menos aproximadamente 200 g/d. El punto de fusión del polipropileno es elevado generalmente varios grados mediante el proceso de orientación, de tal modo que el filamento de polipropileno tiene preferiblemente un punto de fusión principal de al menos 168 °C, más preferiblemente de al menos 170 °C. Los intervalos particularmente preferidos para los parámetros antes descritos pueden proporcionar ventajosamente un rendimiento mejorado en el artículo final. Emplear fibras que tienen un peso molecular promedio en peso de al menos aproximadamente 200.000 acoplado con los intervalos preferidos para los parámetros antes mencionados (módulo y tenacidad) puede proporcionar un rendimiento ventajosamente mejorado en el artículo final.
- 45
- 50

- 55 Una fibra particularmente preferida es aquella que tiene las siguientes propiedades: tenacidad de 36,6 g/d, un módulo de tracción de 1293 g/d, y una elongación máxima de 3,03 por ciento. También se prefiere un hilo que tiene un denier de 1332 y 240 filamentos.

- 60 El tejido de elevada resistencia mecánica de esta invención tiene la forma de una tela no tejida, tal como capas de fibras orientadas unidireccionalmente, o fibras que son fieltadas en una orientación aleatoria y que están embebidas en una matriz de resina adecuada. Los tejidos formados a partir de fibras orientadas unidireccionalmente tienen típicamente una capa de fibras que se extienden en una dirección y una segunda capa de fibras que se extienden en una dirección a 90°

de las fibras de la primera capa. Donde las capas individuales son fibras orientadas unidireccionalmente, las capas sucesivas están preferiblemente giradas relativamente entre sí, por ejemplo en ángulos de $0^\circ/90^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$, o $0^\circ/45^\circ/90^\circ/45^\circ/0^\circ$ o en otros ángulos.

Es conveniente caracterizar las geometrías de los compuestos de la invención por las geometrías de las fibras. Una de dichas disposiciones adecuadas es una capa fibrosa en la que las fibras están alineadas paralelas entre sí a lo largo de una dirección de fibras común (denominada como una "red de fibras alineadas unidireccionalmente"). Capas sucesivas de dichas fibras alineadas unidireccionalmente pueden ser giradas con respecto a la capa previa. Preferiblemente las capas fibrosas del compuesto son capas cruzadas, es decir, con la dirección de fibra de las fibras unidireccionales de cada capa de red girada con respecto a la dirección de fibra de las fibras unidireccionales de las capas adyacentes. Un ejemplo es un artículo de cinco capas con la segunda, tercera, cuarta y quinta capas giradas $+45^\circ$, -45° , 90° y 0° con respecto a la primera capa. Un ejemplo preferido incluye dos capas con una disposición $0^\circ/90^\circ$. Tales alineaciones unidireccionales giradas están descritas por ejemplo en las patentes de los EE.UU N° 4.457.985; 4.748.064; 4.916.000; 4.403.012; 4.623.574; y 4.737.402.

En general, las capas fibrosas de la invención son formadas preferiblemente construyendo una red de fibras inicialmente y revistiendo a continuación la red con la composición de matriz. Como se ha utilizado en este documento, el término "revestir" es utilizado en un amplio sentido para describir una red de fibras en donde las fibras individuales o bien tienen una capa continua de la composición de matriz rodeando las fibras o bien una capa discontinua de la composición de matriz sobre la superficie de las fibras. En el primer caso, puede decirse que las fibras están totalmente embebidas en la composición de matriz. Los términos revestir e impregnar son utilizados en este documento de manera intercambiable. Las redes de fibras pueden ser construidas mediante una variedad de métodos. En el caso preferido de redes de fibras alineadas unidireccionalmente, los haces de hilos de los filamentos de alta tenacidad son alimentados desde una estizola y conducidos a través de guías a un peine de colimación y una o más barras esparcidoras antes de revestirlas con el material de matriz. El peine de colimación alinea los filamentos de manera coplanaria y de una manera sustancialmente unidireccional.

El método de esta invención incluye formar inicialmente la capa de red de fibras, preferiblemente una red unidireccional como se ha descrito anteriormente, aplicar una solución, dispersión o emulsión de la composición de matriz sobre la capa de red de fibras, y secar a continuación la capa de red de fibras revestida con la matriz. La solución, dispersión o emulsión es un producto acuoso de la resina de matriz de elastómero, que puede ser pulverizado sobre los filamentos. Alternativamente, la estructura de filamento puede ser revestida con la solución acuosa, dispersión o emulsión por inmersión o mediante un rodillo aplicador de revestimiento o similar. Después de revestir, la capa fibrosa revestida puede a continuación ser hecha pasar a través de un horno para secar en el que la capa de red de fibras revestida ("unitape") es sometida a suficiente calor para evaporar el agua en la composición de matriz. La red fibrosa revestida puede a continuación ser colocada sobre una banda portadora, que puede ser un sustrato de papel o de película, o las fibras pueden ser colocadas inicialmente sobre una banda portadora antes de revestir con la resina de matriz. El sustrato y la "unitape" consolidada pueden a continuación ser enrollados en un rollo continuo de una manera conocida.

La "unitape" consolidada puede ser cortada en láminas discretas y depositada en un apilamiento para formación en el compuesto de uso final. Como se ha mencionado anteriormente, el compuesto más preferido es uno en el que la red de fibras de cada capa está alineada unidireccionalmente y orientada manera que las direcciones de fibras en capas sucesivas están en una orientación de $0^\circ/90^\circ$.

Las fibras en cada capa adyacente pueden ser las mismas o diferentes, aunque se prefiere que las fibras en cada dos capas adyacentes del compuesto sean las mismas.

La matriz de resina para las fibras en las capas fibrosas es preferiblemente un copolímero de bloque insaturado de elastómero de estireno-isopreno-estireno. Una dispersión a base de agua particularmente útil es una dispersión de elastómero de estireno-isopreno-estireno Kraton® D 1107 que contiene preferiblemente menos de aproximadamente 0,5% en peso de disolvente orgánico retenido. La dispersión contiene preferiblemente un derivado de colofonia de madera como un modificador de resina, surfactantes y antioxidantes. El contenido en sólidos total típico de dicha dispersión puede oscilar desde aproximadamente 30 a aproximadamente 60 por ciento en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 35 a aproximadamente 50 por ciento en peso, y más preferiblemente desde aproximadamente 40 a aproximadamente 45 por ciento en peso. El contenido en sólidos puede ser diluido si se desea mediante la adición de agua, o puede ser incrementado si se desea mediante la adición de modificadores de viscosidad y similares. Una dispersión típica tal y como es vendida tiene una viscosidad de aproximadamente 400 cps cuando es medida a 25°C (77°F), y tiene un tamaño de partícula que oscila desde 1-3 μ . Aditivos convencionales tales como cargas y similares pueden estar incluidos en la composición de elastómero.

Otros copolímero de bloque de dienos conjugados y monómeros aromáticos de vinilo pueden ser empleados alternativamente como la resina de matriz. El butadieno y el isopreno son elastómeros de dieno conjugados preferidos. El estireno, el vinil tolueno y el t-butil estireno son monómeros aromáticos de vinilo preferidos. Los copolímeros de bloque que incorporan poliisopreno pueden ser hidrogenados para producir elastómeros termoplásticos que tienen segmentos de elastómero de hidrocarburos saturados. Los polímeros pueden ser simples polímeros de tres bloques del tipo R-(BA)_x ($x=3-150$); donde A es un bloque procedente de un monómero aromático de polivinilo y B es un bloque procedente de un elastómero de dieno conjugado.

Tales materiales de elastómero a base de agua son conocidos en la técnica y están disponibles comercialmente.

La cantidad de la composición a base de agua que se deposita sobre las fibras en las redes fibrosas de la invención es elegida de modo que se consiga un nivel deseado de contenido de resina en la red de fibras. La cantidad de la composición utilizada depende desde luego del contenido en sólidos y del porcentaje del material de elastómero en los sólidos. Esta cantidad es elegida de manera deseable de tal forma que la proporción del material de matriz de resina a fibra en las capas de compuesto sea menor que la empleada hasta ahora en productos comerciales. Preferiblemente, la resina, sobre una base de sólidos, forma preferiblemente de aproximadamente 7 a aproximadamente 20 por ciento en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 13 a aproximadamente 17 por ciento en peso, y más preferiblemente de aproximadamente 15 por ciento en peso, de cada capa de compuesto.

Los materiales compuestos de esta invención pueden ser formados a partir de lámina individual mediante consolidación bajo calor y presión, tal como, por ejemplo, a temperaturas que oscilan desde aproximadamente 24 a 127 °C (75 a aproximadamente 260°F) presiones de desde aproximadamente 6,9 a 1725 kPa (1 a aproximadamente 250 psi) y durante un tiempo de desde aproximadamente 1 a aproximadamente 30 minutos.

El número de capas en el material compuesto depende del uso final particular. Más preferiblemente, cada compuesto está formado a partir de dos capas fibrosas que están orientadas 90° una con respecto a otra y han sido consolidadas en una sola estructura. En una realización alternativa, el compuesto puede ser formado a partir de dos conjuntos de tales estructuras únicas, de tal modo que se emplean un total de cuatro capas de fibras; en este caso, dos de las estructuras consolidadas de dos capas están consolidadas entre sí.

Una o más películas de plástico están incluidas de manera deseable en el compuesto para permitir que diferentes capas de compuesto deslicen una sobre otra para facilidad de conformación a una forma de cuerpo y facilidad de uso. Estas películas de plástico pueden ser típicamente adheridas a una o a ambas superficies de cada compuesto. Cualquier película de plástico adecuada puede ser empleada, siendo preferidas películas formadas a partir de poliolefinas. Ejemplos de tales películas son películas de polietileno de baja densidad lineal (LLDPE), películas de polietileno de peso molecular ultra elevado (UHMWPE), películas de poliéster, películas de nailon, películas de policarbonato y similares. Estas películas pueden ser de cualquier grosor deseable. Los grosores típicos oscilan desde aproximadamente 2,5 a 30 μm (0,1 a aproximadamente 1,2 mils), más preferiblemente desde aproximadamente 5 a 25 μm (0,2 a aproximadamente 1 mil), y más preferiblemente desde aproximadamente 6,3 a 12,7 μm (0,25 a aproximadamente 0,5 mils). Las más preferidas son las películas de LLDPE.

Una construcción preferida de esta invención es un estratificado de dos capas que tiene capas cruzadas 0°/90° y tiene películas de LLDPE en ambas de sus superficies exteriores. Una segunda construcción preferida de esta invención es un estratificado de cuatro capas que es la combinación de dos capas del estratificado de dos capas mencionado previamente. Este estratificado de cuatro capas tiene también películas de LLDPE en ambas de sus superficies exteriores.

El número de capas de compuesto utilizadas en artículos formados a partir de ellas varía dependiendo del uso último del artículo. Preferiblemente, los compuestos de esta invención forman las capas que miran hacia el exterior de la protección corporal, tal como un chaleco, pero alternativamente pueden formar las capas interiores. El número de capas de la construcción de dos capas o de cuatro capas es elegido para proporcionar una densidad superficial deseada en el producto final, considerando el rendimiento, peso y coste deseados. Por ejemplo, en chalecos de protección corporales para conseguir una densidad superficial de aproximadamente 4,90 kg/m² deseada (1,0 libras por pie cuadrado), en una construcción típica puede haber un total de aproximadamente 51 capas de la construcción de dos capas o aproximadamente 27 capas de la construcción de cuatro capas. En otra realización típica en chalecos de protección corporales, para conseguir una densidad superficial de 3,68 kg/m² (0,75 libras por pie cuadrado), puede haber un total de aproximadamente 39 capas de la construcción de dos capas o aproximadamente 21 capas de la construcción de cuatro capas de esta invención. La densidad superficial deseada del chaleco o de otro artículo balístico resistente puede ser de cualquier magnitud deseada, tal como desde aproximadamente 2,45 a 5,88 kg/m² (0,5 a aproximadamente 1,2 libras por pie cuadrado), más preferiblemente desde aproximadamente 3,68 a 5,29 kg/m² (0,75 a aproximadamente 1,1 libras por pie cuadrado). En general, el número de capas en un artículo balístico de la construcción de dos capas oscila preferiblemente desde aproximadamente 25 a aproximadamente 65 capas, mas preferiblemente desde aproximadamente 35 a aproximadamente 55 capas; y el número de capas en un artículo balístico de la construcción de cuatro capas oscila preferiblemente desde aproximadamente 13 a aproximadamente 33 capas, más preferiblemente desde aproximadamente 20 a aproximadamente 30 capas. Debería reconocerse que el número de capas se refiere solamente a las capas de las construcciones de compuesto antes descritas, y más preferiblemente son para compuestos en donde las fibras son fibras de polietileno de cadena extendida.

Debería indicarse que puede haber presentes otras capas junto con el compuesto de esta invención en un producto de protección o similar. Estas capas adicionales pueden ser telas tejidas, tejidos tricotados o telas no tejidas y preferiblemente también formadas a partir de fibras de alta tenacidad, cuyas fibras pueden también ser fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad, o pueden ser otras fibras de alta tenacidad tales como fibras de aramida, de poliéster cristal líquido, de PBO, etc.

La densidad superficial total de los compuestos de esta invención es preferiblemente igual o menor de aproximadamente 100 g/m^2 , y más preferiblemente desde aproximadamente 75 g/m^2 a aproximadamente 100 g/m^2 , para una estructura de dos capas del material compuesto de esta invención. Más preferiblemente la densidad superficial total para tal estructura es de aproximadamente 97 g/m^2 . Para una estructura de cuatro capas del material compuesto de esta invención, la densidad superficial total es preferiblemente igual o menor de aproximadamente 190 g/m^2 , y más preferiblemente desde aproximadamente 140 g/m^2 a aproximadamente 190 g/m^2 . Más preferiblemente, la densidad superficial total para una estructura de cuatro capas del compuesto es de aproximadamente 180 g/m^2 . Como se ha utilizado en este documento, la densidad superficial total del compuesto se define como el peso por unidad de área del material de múltiples capas que forma el compuesto de esta invención (junto con películas de plásticos si se utilizan). Debido a la naturaleza de la fibra y del material de resina empleados en la construcción de las capa del compuesto de esta invención, pueden conseguirse densidades superficiales de fibra relativamente bajas. Como tal, hay disponibles más fibras por peso para proporcionarlas propiedades balísticas deseadas.

Como se ha indicado anteriormente, las fibras de alta tenacidad de cada capa son revestidas con la composición de matriz y a continuación la combinación de composición de matriz/fibras es consolidada. Por "consolidar" se quiere indicar que el material de matriz y la capa fibrosa son combinados en una sola capa unitaria. La consolidación puede ocurrir mediante secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de los mismos.

Se conocen distintas construcciones para compuestos reforzados con fibra utilizados en artículos resistentes al impacto y balísticos. Estos compuestos presentan grados de resistencia variables a la penetración por impacto a alta velocidad de proyectiles tales como balas, metralla y fragmentos, y similares. Por ejemplo, las patentes de los EE.UU. N° 6.219.842; 5.677.029; 5.587.230; 5.552.208; 5.471.906; 5.330.820; 5.196.252; 5.190.802; 5.185.195; 5.175.040; 5.167.876; 5.165.989; 5.124.195; 5.112.667; 5.061.545; 5.006.390; 4.953.234; 4.916.000; 4.883.700; 4.820.568; 4.748.064; 4.737.402; 4.737.401; 4.681.792; 4.650.710; 4.623.574; 4.613.535; 4.584.347; 4.563.392; 4.543.286; 4.501.856; 4.457.985; and 4.403.012; Publicación PCT N° WO 91/12136 describen todos los compuestos balísticos resistentes que incluyen fibras de elevada resistencia mecánica hechas de polietileno de peso molecular elevado.

En una realización de la invención, un chaleco u otra protección corporal u otro artículo es formado de manera convencional a partir de una pluralidad de capas del material compuesto. Estas capas preferiblemente no están estratificadas juntas sino que pueden ser cosidas juntas para evitar el deslizamiento de las capas individuales respectivamente entre sí. Por ejemplo, las capas pueden ser hilvanadas en cada esquina. Alternativamente, las capas pueden ser encajadas como un todo en una bolsa u otra cobertura.

La protección balística flexible de esta invención está caracterizada preferiblemente porque tiene una V50 de al menos aproximadamente 488 m/s (1600 f/s), preferiblemente de al menos aproximadamente 503 m/s (1650 f/s) cuando es impactado por una bala blindada de 9 mm , para una construcción basada en un compuesto de dos capas, cuando es ensayada según MIL-STD-662E. También para una construcción a base de un compuesto de dos capas, el compuesto de esta invención está caracterizado por una V50 de al menos aproximadamente 458 m/s (1500 f/s), preferiblemente de al menos aproximadamente 465 m/s (1525 f/s) cuando es impactado por una bala Magnum 44, cuando es ensayada según MIL-STD-662E. Estas propiedades son determinadas utilizando un paquete de disparo de $45,7 \times 45,7 \text{ cm}$ (18×18 pulgadas) que tienen un peso de $3,68 \text{ kg/m}^2$ ($0,75$ libras por pie cuadrado).

Como es conocido en la técnica, la velocidad V50 es esa velocidad para la que el proyectil tiene un 50% de probabilidades de penetración.

Similarmente, los compuestos de esta invención basados en construcción de cuatro capas están caracterizados en rendimiento balístico de una V50 de al menos aproximadamente 519 m/s (1700 f/s) cuando son impactados por una bala blindada de 9 mm , más preferiblemente una V50 de al menos aproximadamente 526 m/s (1725 f/s) cuando son ensayados según MIL-STD-662E. Los estratificados de cuatro capas están también caracterizados por una V50 de al menos aproximadamente 473 m/s (1550 f/s), preferiblemente al menos de aproximadamente 480 m/s (1575 f/s) cuando son impactados con una bala Magnum 44, cuando son ensayados según MIL-STD-662E. Estas propiedades son determinadas en el mismo paquete de disparos que con la bala blindada de 9 mm descrito anteriormente.

Además, la protección balística flexible de esta invención está caracterizada preferiblemente por tener una V50 de al menos aproximadamente 556 m/s (1825 f/s), más preferiblemente de al menos aproximadamente 572 m/s (1875 f/s) cuando es impactada por un Proyectil Simulador de Fragmentos (FSP) de 17 granos según MIL-STD-662E, para una construcción a base de un compuesto de dos capas. El fragmento fue como se ha especificado según MIL -P- 46593A (ORD) calibre = .22. Los estratificados de cuatro capas preferiblemente están también caracterizados por una V50 de al menos aproximadamente 572 m/s (1875 f/s), más preferiblemente de al menos aproximadamente 579 m/s (1900 f/s) cuando son impactados por el mismo FSP de 17 granos. Estas propiedades son determinadas utilizando un paquete de disparos de $45,7 \times 45,7 \text{ cm}$ (18×18 pulgadas) que tienen un peso de $4,90 \text{ kg/m}^2$ ($1,00$ libras por pie cuadrado).

Como se ha mencionado anteriormente, los compuestos de la invención están además caracterizados por tener una rigidez menor de aproximadamente $1,14 \text{ kg}$ ($2,5$ libras), preferiblemente menor de aproximadamente $0,91 \text{ kg}$ ($2,0$ libras), para el compuesto de dos capas. La rigidez es medida según ASTM D4032, y cuanto menor es la rigidez mayor es la

flexibilidad de un compuesto. Para el compuesto de cuatro capas de la invención, la rigidez es menor de aproximadamente 1,36 kg (3,0 libras), y preferiblemente menor de aproximadamente 1,27 kg (2,8 libras).

Adicionalmente, los compuestos de esta invención están caracterizados por resistencias de despegado relativamente bajas, cuando son medidas por una versión modificada de ASTM D 3330. La resistencia de adherencia como se ha descrito en este documento es denominada como Resistencia de Adherencia en la siguiente descripción y en las reivindicaciones.

El ensayo de Resistencia de Adherencia es llevado a cabo para medir la Resistencia de Adherencia entre las capas de dos o más variables unidas juntas. Para ensayar la resistencia de adherencia entre capas de material de capas cruzadas, con o sin estratificación entre películas de plástico, se cortaron tres muestras por material de lámina de material de capas cruzadas. Se tuvo cuidado de seguir la dirección de la fibra durante el corte de la muestra. El tamaño de la muestra es de 5 × 28 cm (2 pulgadas de ancho por 11 pulgadas de largo).

Para determinar la resistencia de unión de un material de 2 capas o las capas exteriores de un material de 4 capas (lo que se ha denominado como la unión 1-2 y la unión 3-4) se despegó una tira de 2,5 cm (1 pulgada) de ancho de la muestra de 5 cm (2 pulgadas) de ancho bajo el centro, dejando 1,25 cm (0,5 pulgadas) en cada borde de las fibras de direcciones cruzadas. Esto es necesario para mantener el otro lado del material ya que ese lado es el lado de las fibras de direcciones cruzadas y no tiene la resistencia a ser despegado sin que estén presentes algunas de las fibras en dirección de la máquina en la sujeción junto con las fibras de direcciones cruzadas.

Cada muestra de ensayo es despegada hasta en 5 cm (2 pulgadas) de longitud de manera que la muestra pueda ser sujeta en una máquina de ensayo Instron. Una vez que la muestra está firmemente sujeta en las mordazas de la máquina, el ensayo es iniciado para despegar la muestra a una velocidad de cabeza cruzada de 25,4 cm/min (10 pulgadas/min). Una longitud de 12,7 cm (5 pulgadas) de la muestra es despegada en la máquina. La fuerza de despegado es registrada y la fuerza de despegado máxima promedio (de los 5 máximos superiores) y la fuerza de despegado media son calculadas.

Se han ensayado tres despegados idénticos para cada interfaz de cada muestra y la resistencia de adherencia promedio es informada para cada interfaz de cada muestra. Hay una interfaz ensayada para una muestra de dos capas (la interfaz 0°/90°) y 3 interfaces ensayadas para una muestra de cuatro capas (las interfaces 0°/90°, 90°/0° y 0°/90°).

El procedimiento para el material de 4 capas es el mismo, excepto en que para medir la Resistencia de Adherencia de la unión de las capas 2-3 el tamaño de muestra es cortado a 2,5 × 28 cm (1 pulgada de ancho × 11 pulgadas de largo) y la mitad del grosor de la muestra (película y 0°/90°) es despegada de la otra mitad de la muestra (película y 0°/90°), ya que ambas mitades tienen fibras en la dirección de la máquina para proporcionar la resistencia a la tira para el despegado.

Para el compuesto de dos capas de esta invención, preferiblemente la Resistencia de Adherencia es menor de aproximadamente 0,45 kg (1,0 libras), y más preferiblemente menor de 0,41 kg (0,9 libras). La Resistencia de Adherencia para un compuesto de dos capas es medida entre las dos capas (por ejemplo entre la capa de 0° y la capa de 90° en una construcción de capas cruzadas). Para el compuesto de cuatro capas de esta invención, la Resistencia de Adherencia es preferiblemente menor de aproximadamente 0,32 kg (0,7 libras), y más preferiblemente menor de aproximadamente 0,27 kg (0,6 libras). La Resistencia de Adherencia para un compuesto de cuatro capas es medida entre la segunda y la tercera capas, (por ejemplo entre la primera capa 0°/90° y la segunda capa 0°/90° en una construcción 0°/90°/0°/90°).

Comparados con los productos comerciales existentes basados en fibras de poli(alfa-olefina), los compuestos balísticos de esta invención tienen una densidad superficial de fibras menor, propiedades balísticas de V50 mayores, y menor rigidez (mayor flexibilidad). Los compuestos de esta invención están además caracterizados por tener menores Resistencias de Adherencia que los compuestos balísticos convencionales de poli(alfa-olefina).

Como se ha mencionado anteriormente, la protección flexible o blanda de esta invención está en contraste con una protección rígida o dura. Los materiales flexibles y la protección de esta invención retienen su forma cuando son sometidos a una cantidad significativa de esfuerzos y son incapaces de ser auto-portantes sin colapsarse.

Los siguientes ejemplos no limitativos son presentados para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Las técnicas específicas, condiciones, materiales, proporciones y datos informados expuestos para ilustrar los principios de la invención son ejemplares y no deberían ser considerados como limitativos del alcance de la invención. Todos los porcentajes son en peso, a menos que se haya indicado de otro modo.

EJEMPLOS

Ejemplos 1 y 2

Se formó un compuesto no tejido de dos capas a partir de capas de fibra de polietileno Spectra® 1000 de cadena extendida de Honeywell International Inc. La fibra tenía una tenacidad de 36,6 g/d, un módulo de tracción de 1293 g/d y una elongación máxima de 3,03 por ciento. El denier del hilo era de 1332 (240 filamentos). Se prepararon cintas pre-impregnadas ("unitapes") unidireccionales de estas fibras y se revistieron con una resina de matriz. La resina de matriz

era Prinlin® B 7137HV (de Pierce & Stevens Corp.), que es una dispersión a base de agua de copolímero de bloque de resina de estireno-isopreno-estireno Kraton® D 1107. Este producto está descrito por su fabricante como que comprende, en peso, 68,7% de Kraton® D1107, 22,7% de un derivado de colofonia de madera como modificador de resina, 3,9% de un surfactante no iónico, 2,1% de un surfactante aniónico, 2,3% de un antioxidante y 0,3% de hidróxido de sodio, y una viscosidad a 25 °C (77°F) de 400 cps. La cantidad de estireno en el polímero es descrita como de un 14% en peso, y el tamaño de partícula es descrito como de 1-3 µ. Después de revestimiento, se evapora el agua de la composición y la red de fibras es enrollada sobre un rollo. Dos rollos continuos de pre-impregnado de fibra unidireccional fueron preparados de esta manera. Dos de tales unitape eran de capas cruzadas a 90° y consolidadas bajo calor y presión para crear un estratificado con dos láminas de fibra de polietileno idénticas. La estructura resultante contenía 15 por ciento en peso de la resina de elastómero. Dos de tales estructuras consolidadas de dos capas eran entonces de capas cruzadas una vez más de nuevo a 90°, y consolidadas bajo calor y presión. La estructura resultante fue un compuesto de fibra de polietileno de 4 capas.

Tanto las capas consolidadas de dos capas como las de cuatro capas (Ejemplos 1 y 2, respectivamente) fueron emparedadas entre dos películas de LLDPE (grosor de aproximadamente 8,9 µm (0,35 mil)) bajo calor y presión. Se ensayaron muestras de estos materiales que medían 45,7 × 45,7 cm (18 × 18 pulgadas) para sus propiedades balísticas y sus propiedades de flexibilidad. Las muestras del Ejemplo 1 tenían un grosor de 0,127 mm (0,005 pulgadas) y las muestras del Ejemplo 2 tenían un grosor de 0,229 mm (0,09 pulgadas). El ensayo balístico para las balas FMJ de 9 mm y las balas Magnum 44 fueron realizados según MIL-STD-662E, y la parte posterior del paquete de disparos era de arcilla. El ensayo balístico para el FSP de 17 granos fue llevado a cabo según MIL-STD-662E, y la parte posterior del paquete de disparos era aire. Para los ensayos balísticos de 9 mm y de Magnum 44, la densidad superficial total era de 3,68 kg/m² (0,75 libras por pie cuadrado). Como tal, los paquetes de disparos incluían 39 capas del compuesto de 2 capas (incluyendo películas) y las 21 capas del compuesto de 4 capas (incluyendo películas). Para los ensayos balísticos de FSP de 17 granos, la densidad superficial total era de 4,90 kg/m² (1,00 libras por pie cuadrado). Como tal, los paquetes de disparos incluían 51 capas del compuesto de 2 capas (incluyendo películas) y 27 capas del compuesto de 4 capas (incluyendo películas).

Los resultados están mostrados en la Tabla 1 para los diferentes ensayos balísticos.

Ejemplos 3 y 4 (Comparativos)

Con propósitos comparativos, se ensayaron muestras de compuestos de fibra de polietileno disponibles comercialmente para ver sus propiedades. Los resultados están también mostrados en la Tabla 1 siguiente. El Ejemplo 3 era Spectra Shield® Plus LCR de Honeywell International Inc. (con un grosor de 0,152 mm (0,006 pulgadas)), que es un estratificado de capas cruzadas de dos capas de fibras de Spectra® 1000 (1100 denier), con una resina de estireno-isopreno-estireno Kraton® D1107 aplicada desde un disolvente orgánico, y con un contenido en resina de aproximadamente 20% en peso. El Ejemplo 4 era Dyneema® SB31 de DSM (con un grosor de 0,152 mm (0,006 pulgadas)) que es un estratificado de capas cruzadas de dos capas de fibras de polietileno, con una resina de estireno-isopreno-estireno Kraton® D1107, y con un contenido en resina de aproximadamente 16±2% en peso.

Tabla 1

Ejemplo	Densidad Superficial Total (g/m ²)	FMJ ¹ 9 MM V50, (f/s) m/s	Magnum ¹ 44 V50, (f/s) m/s	FSP ² Grano 17 V50, (f/s) m/s	Rigidez, (lbs) kg	Resistencia de Adherencia, (lbs) kg
1 (dos capas)	97	(1697) 517.6	(1530) 466.7	(1951) 595.1	(1.9) 0.86	(0,845) 0,384
2 (cuatro capas)	180	(1758) 536.2	(1599) 487.7	(1956) 596.6	(2.7) 1.23	(0,100) 0,045
3 (comp.)	118	(1560) 475.8	(1421) 433.4	(1756) 535.6	(3.0) 1.36	(2.35) 1.066
4 (comp.)	132	(1642) 500,8	(1533) 467.6	-	(3.0) 1.36	(3.91) 1.774

¹ = peso del paquete de disparos 3,68 kg/m² (0,75 psf)

² = peso del paquete de disparos = 4,90 kg/m² (1.00 psf)

Puede verse que los materiales balísticos de dos capas y de cuatro capas no solamente tienen la resistencia balística más elevada contra una bala de pistola FMJ de 9 mm, sino que también tienen la misma o mayor resistencia balística contra una bala muy deformable Magnum 44. Esto es sorprendente para un material balístico que tiene una flexibilidad excelente.

También, sorprendentemente el material compuesto de esta invención tiene una excelente resistencia a fragmentos contra Proyectiles Simuladores de fragmentos de calibre 22 de 17 granos.

El producto de dos capas también tiene la mayor flexibilidad comparada con los productos de comparación. Una mayor flexibilidad es muy deseable debido a que proporciona confort en un chaleco balístico. Tales chalecos pueden ser usados por personal militar o por oficiales de cuerpos de seguridad durante largas horas en servicio.

- 5 Por consiguiente puede verse que la presente invención proporciona un compuesto balístico y artículos formados a partir del mismo que tienen una flexibilidad mejorada y una excelente resistencia balística. La presente invención también proporciona un proceso para fabricar los compuestos flexibles mejorados.

REIVINDICACIONES

- 1 Un material compuesto balístico resistente flexible que tiene una flexibilidad mejorada, comprendiendo dicho material compuesto una pluralidad consolidada de capas fibrosas no tejidas, comprendiendo cada una de las capas fibrosas una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tiene una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo de elasticidad a tracción de al menos 1200 g/d, estando dichas fibras en una matriz que comprende un copolímero bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo depositado sobre las fibras como una composición acuosa, en donde la estructura de dos capas de dicho compuesto tiene una densidad superficial total igual o menor de 100 g/m² y una rigidez menor de aproximadamente 1,14 kg (2,5 libras) y en donde la estructura de cuatro capas de dicho compuesto tiene una densidad superficial total igual o menor de 190 g/m² y una rigidez menor de 1,36 kg (3,0 libras).
2. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde capas fibrosas adyacentes son capas cruzadas unas con respecto a otras y en donde dicho copolímero está presente en la cantidad de desde 13 a 17 por ciento en peso en cada capa fibrosa.
3. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde dichas fibras en al menos una de dichas capas fibrosas comprende fibras de polietileno de cadena extendida.
4. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde dicho copolímero de bloque comprende un copolímero de bloque de estireno-isopreno-estireno.
5. El material compuesto según la reivindicación 1, que comprende además al menos una película de plástico en contacto con al menos una de dichas capas fibrosas.
6. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde dicho compuesto tiene una Resistencia de Adherencia menor de 0,45 kg (1,0 libras) para una estructura de dos capas de dicho compuesto, y menor de 0,32 kg (0,7 libras) para una estructura de cuatro capas de dicho compuesto.
7. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde dicho compuesto tiene una rigidez menor de 0,91 kg (2,0 libras) para una estructura de dos capas de dicho compuesto, y una rigidez menor de 1,27 kg (2,8 libras) para una estructura de cuatro capas de dicho compuesto.
8. El material compuesto según la reivindicación 1, por lo que cuando son ensamblados juntos una pluralidad de dichos compuestos satisfacen al menos uno de los siguientes criterios balísticos:
 - (a) para un peso total de 3,68 kg/m² (0,75 libras por pie cuadrado) cuando son impactados por una bala blindada de 9 mm;
 - (i) para una pluralidad de dichos compuestos que comprenden estructuras de dos capas de dicho compuesto, una V50 de al menos 488 m/s (1600 f/s), y
 - (ii) para una pluralidad de dichos compuestos que comprenden estructuras de cuatro capas de dicho compuesto, una V50 de al menos 519 m/s (1700 f/s);
 - (b) para un peso total de 3,68 kg/m² (0,75 libras por pie cuadrado) cuando son impactados por una bala Magnum 44:
 - (iii) para una pluralidad de dichos compuestos que comprenden estructuras de dos capas de dicho compuesto, una V50 de al menos 458 m/s (1500 f/s), y
 - (iv) para una pluralidad de dichos compuestos que comprenden estructuras de cuatro capas de dicho compuesto, una V50 de al menos 473 m/s (1550 f/s);
 - (c) para un peso total de 4,90 kg/m² (1,00 libras por pie cuadrado) cual son impactados por un proyectil simulador de fragmentos de 17 granos que satisface las especificaciones de MIL-P-46593A (ORD);
 - (v) para una pluralidad de dichos compuestos que comprenden estructuras de dos capas de dicho compuesto, una V50 de al menos 556 m/s (1825 f/s), y
 - (vi) para una pluralidad de dichos compuestos que comprenden estructuras de cuatro capas de dicho compuesto, una V50 de al menos 572 m/s (1875 f/s).
9. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde el material compuesto tiene una densidad superficial total de 75 g/m² a 100 g/m² para una estructura de dos capas del compuesto, y una densidad superficial total de 140 g/m² a 190 g/m² para una estructura de cuatro capas del compuesto.
10. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde el material compuesto comprende desde 35 a 55 capas de dos capas.

11. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde el material compuesto comprende desde 13 a 33 capas de cuatro capas.
12. El material compuesto según la reivindicación 1, en donde capas fibrosas adyacentes son de capas cruzadas aproximadamente a 90° una con respecto a la otra.
- 5 13. Un artículo formado a partir del material compuesto según la reivindicación 1.
14. Un método para la fabricación de un material compuesto balísticos resistentes flexible según la reivindicación 1 que tiene flexibilidad mejorada, comprendiendo dicho método proporcionar una primera capa fibrosa no tejida que comprende una red de fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad que tienen una tenacidad de al menos aproximadamente 35 g/d y un módulo elástico a tracción de menos aproximadamente 1200 g/d, revistiendo la primera capa fibrosa con una
10 composición acuosa que comprende un copolímero bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo; proporcionando una segunda capa fibrosa no tejida que comprende una red de dichas fibras de poli(alfa-olefina) de alta tenacidad; revistiendo dicha segunda capa fibrosa con una composición acuosa que comprende un copolímero bloque de un dieno conjugado y un monómero aromático de vinilo; evaporando agua desde dicha primera y segunda capa
15 fibrosas, y consolidando dicha primera y segunda capas fibrosos para formar un material compuesto; en donde cada una de dichas primera y segunda capas fibrosas comprenden o bien una estructura de dos capas o bien una estructura de cuatro capas, en donde la estructura de dos capas tiene una densidad superficial total igual o menor de 100 g/m² y una rigidez menor de 1,14 kg (2,5 libras), y en donde la estructura de cuatro capas tiene una densidad superficial total igual o menor de 190 g/m² y una rigidez menor de 1,36 kg (3,0 libras)
15. El método según la reivindicación 14, en donde dicha primera capa fibrosa es una estructura de dos capas y dicha
20 segunda capa fibrosa es una estructura de cuatro capas, o en donde dicha primera capa fibrosa es una estructura de cuatro capas y dicha segunda capa fibrosa es una estructura de dos capas.