



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 546**

51 Int. Cl.:
F41H 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06852013 .9**

96 Fecha de presentación : **08.12.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1989502**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.11.2008**

54 Título: **Petos de retención, planchas blindadas de vehículos y cascos.**

30 Prioridad: **29.12.2005 US 321576**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.10.2011

73 Titular/es: **HONEYWELL INTERNATIONAL Inc.**
Patent Services Law
Department Ab/2B 101 Columbia Road
Morristown, New Jersey 07962, US

72 Inventor/es: **Bhatnagar, Ashok;**
Wagner, Lori, L. y
Hurst, David A.

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 366 546 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

Petos de retención, planchas blindadas de vehículos y cascos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIONCAMPO DE LA INVENCION

- 5 Esta invención se refiere a estratificados de tela que tienen propiedades excelentes de resistencia balística. Más particularmente, la invención se refiere a materiales compuestos reforzados, resistentes a la desestratificación con resistencia balística.

DESCRIPCION DE LA TÉCNICA AFÍN

- 10 Se conocen artículos de resistencia balística que contienen fibras de alta resistencia que tienen propiedades excelentes contra los proyectiles deformables. Artículos tales como chalecos antibala, cascos, paneles de vehículos y elementos estructurales de equipo militar se fabrican típicamente a partir de telas que comprenden fibras de alta resistencia. Las fibras de alta resistencia utilizadas convencionalmente incluyen fibras de polietileno, fibras de para-
aramida tales como poli(fenilenodiamina-tereftalamida), fibras de grafito, fibras de nailon, fibras de vidrio y análogas. Para muchas aplicaciones, tales como chalecos o partes de chalecos, las fibras pueden utilizarse en una tela tejida o
15 de punto. Para muchas de las otras aplicaciones, las fibras se encapsulan o embeben en un material matriz para formar telas rígidas o flexibles.

- 20 Se conocen diversas construcciones resistentes a las balas que son útiles para la formación de artículos tales como cascos, paneles de vehículos y chalecos. Por ejemplo, las patentes U.S. 4.403.012, 4.457.985, 4.613.535, 4.623.574, 4.650.710, 4.737.402, 4.748.064, 5.552.208, 5.587.230, 6.642.159, 6.841.492 y 6.846.758, describen materiales compuestos resistentes a las balas que incluyen fibras de alta resistencia hechas de materiales tales como polietileno de peso molecular ultraelevado y de cadena extendida. Estos materiales compuestos exhiben diversos grados de resistencia a la penetración por impacto a alta velocidad de proyectiles tales como balas, granadas, metralla y análogos.

- 25 Por ejemplo, las patentes U.S. 4.623.574 y 4.748.064 describen estructuras simples de materiales compuestos que comprenden fibras de alta resistencia embebidas en una matriz elastómera. La patente U.S. 4.650.710 describe un artículo flexible de fabricación que comprende una pluralidad de capas flexibles constituidas por fibras de poliolefina de cadena extendida (ECP) de alta resistencia. Las fibras del malla están recubiertas con un material elastómero de módulo bajo. Las patentes U.S. 5.552.208 y 5.587.230 describen un artículo y un método para fabricar un artículo que comprende al menos una malla de fibras de alta resistencia y una composición matriz que incluye un éster vinílico y ftalato de dialilo. La patente U.S. 6.642.159 describe un material compuesto rígido resistente al impacto que
30 tiene una pluralidad de capas fibrosas que comprenden una malla de filamentos dispuestos en una matriz, con capas elastómeras entre ellos. El material compuesto está unido a una plancha dura para aumentar la protección contra los proyectiles perforantes del blindaje.

- 35 Es bien sabido que un proyectil puntiagudo pequeño puede atravesar el blindaje por desplazamiento lateral de las fibras sin romperlas. De acuerdo con ello, la resistencia a la penetración balística se ve directamente afectada por la naturaleza de la malla de la fibra. Por ejemplo, factores importantes que inciden en las propiedades de resistencia balística son la hermeticidad de un tejido de fibra, la periodicidad de los entrecruzamientos en las materiales compuestos unidireccionales retorcidas entrecruzadas, los deniers del hilo y la fibra, la fricción de fibra a fibra, las características de la matriz y las resistencias de unión interlaminar.

- 40 El documento WO 94/23263, que forma un punto de partida para el preámbulo de las reivindicaciones independientes 1 y 11, describe un material compuesto rígido que comprende una pluralidad de capas fibrosas, al menos dos de las cuales están fijadas una a otra por un medio de fijación.

- 45 Otro factor importante que afecta a las propiedades de resistencia balística es la capacidad del material de resistencia balística para resistir la desestratificación. En los paneles balísticos compuestos convencionales, el impacto de un proyectil sobre las capas de tela balística pasa a través de algunas de las capas mientras que las capas de tela circundantes se tensan o se expanden, haciendo que las mismas se deshilachen o lleguen a desestratificarse. Esta desestratificación puede limitarse a un área pequeña, o puede extenderse en un área grande, disminuyendo significativamente las propiedades de resistencia balística del material, y endureciendo su capacidad para resistir el impacto de proyectiles múltiples. Dicha desestratificación se sabe también que ocurre como resultado del corte de
50 hojas de los materiales de resistencia balística en formas o tamaños deseados, causando que los bordes cortados se deshilachen, y poniendo en compromiso con ello la estabilidad y las propiedades de resistencia balística del material. De acuerdo con ello, existe en la técnica necesidad de resolver todos y cada uno de estos problemas.

- 55 La presente invención proporciona una solución a estos problemas. La presente invención proporciona materiales resistentes a la desestratificación, con resistencia balística, y artículos que están reforzados por diversas técnicas, con inclusión de costura de uno o más paneles de resistencia balística con un hilo de alta resistencia, fusión de los bordes de un panel de resistencia balística para reforzar las áreas que puedan haberse deshilachado durante los

5 procedimientos estándar de recorte, enrollamiento de uno o más paneles con uno o más enrollamientos fibrosos tejidos o no tejidos, y combinaciones de estas técnicas. La invención proporciona también uno o más paneles de resistencia balística que incluyen una o más planchas rígidas fijadas a ellos para mejorar la eficiencia de resistencia balística, que pueden estar reforzadas también con una o más de las técnicas mencionadas anteriormente. La presente invención representa una mejora sobre la patente U.S. 5.545.455 que no describe materiales reforzados por fusión de los bordes del panel, ni la patente U.S. 5.545.455 describe tampoco la incorporación de dos enrollamientos fibrosos que están enrollados en direcciones diferentes. Adicionalmente, la patente U.S. 5.545.455 no presenta tampoco estructuras que incorporen películas de polímero externas en sus paneles, ni estructuras que posean planchas rígidas unidas a ellas. Se ha encontrado que los artículos formados a partir de los materiales descritos en esta memoria tienen propiedades excelentes de resistencia a la desestratificación y resistencia balística, que se mantienen particularmente después de ser estresadas por impactos múltiples.

SUMARIO DE LA INVENCION

La invención proporciona un material de resistencia balística que comprende:

a) un panel que tiene una superficie anterior, una superficie posterior y uno o más bordes, panel que comprende:

15 una malla de fibras consolidada, comprendiendo la malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red; teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo dichas fibras una composición matriz sobre ellas; estando la pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas consolidadas con dicha composición matriz para formar la malla de fibras consolidada; y

b) un primer enrollamiento fibroso que envuelve el panel, envolviendo dicho primer enrollamiento fibroso al menos una porción de dicha superficie anterior, dicha superficie posterior y al menos un borde de dicho panel; y

25 c) un segundo enrollamiento fibroso opcional que envuelve el panel, envolviendo el segundo enrollamiento fibroso el primer enrollamiento fibroso en una dirección transversal a la dirección de envolvimiento del primer enrollamiento fibroso;

caracterizado porque dicho material de resistencia balística comprende adicionalmente al menos una capa de una película de polímero fijada a cada una de dichas superficies anterior y posterior de dicho panel.

La invención proporciona también un material balístico que comprende adicionalmente al menos una plancha rígida fijada a la superficie anterior de dicho panel.

30 La invención proporciona adicionalmente un método de producción de un material de resistencia balística que comprende:

a) formar al menos un panel que tiene una superficie anterior, una superficie posterior y uno o más bordes, panel que comprende:

35 una malla de fibras consolidada, comprendiendo la malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red; teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo dichas fibras una composición matriz sobre ellas; estando la pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas consolidadas con dicha composición matriz para formar la malla de fibras consolidada; y

40 b) moldear el panel en un artículo,

c) envolver un primer enrollamiento fibroso alrededor del panel moldeado, envolviendo dicho primer enrollamiento fibroso al menos una porción de dicha superficie anterior, dicha superficie posterior y al menos un borde dicho panel; y

45 d) opcionalmente, envolver un segundo enrollamiento fibroso alrededor del panel moldeado, envolviendo el segundo enrollamiento fibroso el primer enrollamiento fibroso en una dirección transversal a la dirección de envolvimiento del primer enrollamiento fibroso;

caracterizado porque dicho método comprende adicionalmente unir al menos una capa de una película de polímero a cada una de dichas superficies anterior y posterior de dicho panel.

50 La invención proporciona adicionalmente un método de producción de un material de resistencia balística que comprende adicionalmente unir al menos una plancha rígida a la superficie anterior de dicho panel moldeado después del paso b), y antes del paso c).

La invención proporciona además un material de resistencia balística en el cual uno o más bordes de dicho panel está(n) reforzados(s) por fusión de una porción de dicho panel en dichos uno o más bordes.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5 La invención proporciona materiales compuestos de tela que tienen resistencia excelente a la penetración y desestratificación balísticas. Para los propósitos de la invención, los materiales de la invención que tienen resistencia superior a la penetración balística describen aquéllos que exhiben propiedades excelentes contra proyectiles deformables.

10 Los materiales, estructuras y artículos de resistencia balística de la invención comprenden al menos un panel de resistencia balística, preferiblemente más de un panel dispuesto en una pila. Cada panel de resistencia balística tiene una superficie anterior, una superficie posterior y uno o más bordes, tal que un panel en forma de cuadrilátero tiene cuatro bordes, un panel de forma triangular tiene tres bordes, etc. Cada panel comprende una malla de fibras consolidada, comprendiendo la malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red. Las fibras adecuadas para uso en esta invención son fibras de alta resistencia y alto módulo de tracción que tienen una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más. Las fibras tienen una composición matriz sobre ellas, y la pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas están consolidadas con dicha composición matriz para formar la malla de fibras consolidada. Los paneles comprenden adicionalmente al menos una capa de una película de polímero unida a cada una de dichas superficies anterior y posterior de dicho panel.

20 Cada panel discreto de la invención comprende una malla de fibras consolidada constituida por una sola capa en una composición de polímero elastómera o rígida, haciéndose referencia en esta memoria a dicha composición de polímero elastómera o rígida como una composición matriz. La malla de fibras consolidada comprende una pluralidad de capas de fibras apiladas unas a otras, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras recubiertas con dicha composición matriz y dispuestas, preferible pero no necesariamente, en una red sustancialmente paralela, y estando consolidadas dichas capas de fibras para formar dicha malla consolidada de una sola capa. La malla consolidada puede comprender también una pluralidad de hilos que están recubiertos con una composición matriz de este tipo, conformados en una pluralidad de capas y consolidados en una tela.

30 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 espesor. Las secciones transversales de las fibras para uso en esta invención pueden variar ampliamente. Pueden ser circulares, planas u oblongas en sección transversal. De acuerdo con ello, el término fibra incluye filamentos, cintas, tiras, etcétera, teniendo sección transversal regular o irregular. Las fibras pueden ser también de sección transversal multi-lobular irregular o regular, teniendo uno o más lóbulos regulares o irregulares que se proyectan desde el eje lineal o longitudinal de las fibras. Se prefiere que las fibras sean mono-lobulares y tengan una sección transversal sustancialmente circular.

35 Como se utiliza en esta memoria, un "hilo" es una hebra de fibras entrelazadas. Una "red" describe una disposición ordenada de fibras o hilos, y una "red paralela" describe una disposición ordenadamente paralela de fibras o hilos. Una "capa" de fibras describe una disposición planar de fibras o hilos telas o no telas. Como se utiliza en esta memoria, una "tela" puede referirse a un material tejido o no tejido. Una "malla" de fibras denota una pluralidad de capas de fibras o hilos interconectados. Una malla de fibras puede tener diversas configuraciones. Por ejemplo, las fibras o el hilo pueden estar conformados como un fieltro u otro material tejido, no tejido o de punto, o conformarse en una malla por cualquier otra técnica convencional. De acuerdo con una configuración de malla consolidada particularmente preferida, una pluralidad de capas de fibras está combinada de tal modo que cada capa de fibras comprende fibras alineadas unidireccionalmente en una red de tal modo que las mismas son sustancialmente paralelas unas a otras a lo largo de una dirección común de las fibras. Una "malla consolidada" describe por tanto una combinación consolidada de capas de fibras con dicha composición matriz. Como se utiliza en esta memoria, una estructura de "capa simple" se refiere a una estructura compuesta de una o más capas de fibras individuales que se han consolidado o unido en una sola estructura unitaria. Por "consolidación" se entiende que el material matriz y cada capa de fibras individual se combinan por secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de los mismos, para formar dicha capa unitaria simple.

50 Como se utiliza en esta memoria, una "fibra de alta resistencia y alto módulo de tracción" es una que tiene una tenacidad preferida de al menos aproximadamente 7 g/denier o más, un módulo de tracción preferido de al menos aproximadamente 150 g/denier o más, medidos ambos por ASTM D2256 y preferiblemente una energía de rotura de al menos aproximadamente 8 J/g o más. Como se utiliza en esta memoria, el término "denier" hace referencia a la unidad de densidad lineal, igual a la masa en gramos por 9000 metros de fibra o hilo. Como se utiliza en esta memoria, el término "tenacidad" se refiere a la fatiga por tracción expresada como fuerza (gramos) por unidad de densidad lineal (denier) de un espécimen no estresado. El "módulo inicial" de una fibra es la propiedad de un material representativa de su resistencia a la deformación. El término "módulo de tracción" se refiere a la relación del cambio en tenacidad, expresado en gramos-fuerza por denier (g/d) al cambio en deformación, expresado como una fracción de la longitud original de la fibra (cm/cm).

Materiales fibrosos particularmente adecuados de alta resistencia y alto módulo de tracción incluyen fibras de poliolefina de cadena extendida, tales como fibras de polietileno de peso molecular alto fuertemente orientadas, particularmente fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto, y fibras de polipropileno de peso molecular ultra-alto. Son adecuadas también fibras de poli(alcohol vinílico) de cadena extendida, fibras de poliacrilonitrilo de cadena extendida, fibras de para-aramida, fibras de polibenzazol, tales como fibras de polibenzoxazol (PBO) y fibras de polibenzotiazol (PBT) y fibras de copoliésteres de cristal líquido. Cada uno de estos tipos de fibras es conocido convencionalmente en la técnica.

En el caso del polietileno, las fibras preferidas son polietilenos de cadena extendida que tienen pesos moleculares de al menos 500.000, con preferencia al menos 1 millón y más preferiblemente entre dos millones y cinco millones. Tales fibras de polietileno de cadena extendida (ECPE) pueden desarrollarse en procesos de hilado en solución como se describen en la patente U.S. 4.137.394 o 4.356.138, o pueden hilarse a partir de una solución para formar una estructura de gel, como se describen en las patentes U.S. 4.551.296 y 5.006.390.

Las fibras de polietileno más preferidas para uso en la invención son fibras de polietileno vendidas bajo la marca comercial Spectra[®] de Honeywell International Inc.

Las fibras Spectra[®] son bien conocidas en la técnica y se describen, por ejemplo, en las patentes U.S. 4.623.547 y 4.748.064 del mismo propietario, cedidas a Harpell, et al. Gramo por gramo, la fibra Spectra[®] de alta eficiencia es diez veces más resistente que el acero, siendo al mismo tiempo lo bastante ligera para flotar en el agua. Las fibras poseen también otras propiedades fundamentales, que incluyen resistencia al impacto, la humedad, la abrasión, los productos químicos y la perforación.

Fibras de polipropileno adecuadas incluyen fibras de polipropileno de cadena extendida fuertemente orientadas (ECP) como se describen en la patente U.S. 4.413.110. Fibras adecuadas de poli(alcohol vinílico) (PV-OH) se describen, por ejemplo, en las patentes U.S. 4.440.711 y 4.599.267. Fibras adecuadas de poliacrilonitrilo (PAN) se describen, por ejemplo, en la patente U.S. 4.535.027. Cada uno de estos tipos de fibra es conocido convencionalmente y están disponibles comercialmente en gran escala.

Fibras adecuadas de aramida (poliamida aromática) o fibras de para-aramida están disponibles comercialmente y se describen, por ejemplo en la patente U.S. 3.671.542. Por ejemplo, filamentos útiles de poli(p-fenileno-tereftalamida) son producidos comercialmente por Dupont Corporation bajo el nombre comercial de KEVLAR[®]. También son útiles en la práctica de esta invención fibras de poli(m-fenileno-isoftalamida) producidas comercialmente por Dupont bajo el nombre comercial NOMEX[®]. Fibras adecuadas de polibenzazol para la práctica de esta invención están disponibles comercialmente y se describen por ejemplo en las patentes U.S. 5.286.833, 5.296.185, 5.356.584, 5.534.205 y 6.040.050. Fibras de polibenzazol preferidas son fibras de la marca ZYLON[®] de Toyobo Co. Fibras de copoliésteres de cristal líquido adecuadas para la práctica de esta invención están disponibles comercialmente y se describen, por ejemplo, en las patentes U.S. 3.975.487; 4.118.372 y 4.161.470.

Los otros tipos de fibras adecuados para uso en la presente invención incluyen fibras de vidrio, fibras formadas por carbono, fibras formadas por basalto u otros minerales, fibras M5[®] y combinaciones de todos los materiales anteriores, todos los cuales están disponibles comercialmente. Las fibras M5[®] son fabricadas por Magellan Systems International de Richmond, Virginia y se describen, por ejemplo, en las patentes U.S. 5.674.969, 5.939.553, 5.945.537, y 6.040.478. Fibras específicamente preferidas incluyen fibras M5[®], fibras de polietileno Spectra[®], fibras de poli(p-fenileno-tereftalamida) y poli(p-fenileno-2,6-benzobisoxazol). Muy preferiblemente, las fibras comprenden fibras Spectra[®] de polietileno de alta resistencia y alto módulo.

Las fibras más preferidas para los propósitos de la invención son fibras de polietileno de alta resistencia, y alto módulo de tracción, de cadena extendida. Como se ha expuesto anteriormente, una fibra de alta resistencia y alto módulo de tracción es una que tiene una tenacidad preferida de aproximadamente 7 g/denier o más, un módulo de tracción preferido de aproximadamente 150 g/denier o más y una energía de rotura preferida de aproximadamente 8 J/g o más, medidos todos ellos por ASTM D2256. En la realización preferida de la invención, la tenacidad de las fibras debe ser aproximadamente 15 g/denier o más, con preferencia aproximadamente 20 g/denier o más, de modo más preferible aproximadamente 25 g/denier o más, y de modo muy preferible aproximadamente 30 g/denier o más. Las fibras de la invención tienen también un módulo de tracción preferido de aproximadamente 300 g/denier o más, de modo más preferible aproximadamente 400 g/denier o más, de modo más preferible aproximadamente 500 g/denier o más, de modo más preferible aproximadamente 1000 g/denier o más, y de modo muy preferible aproximadamente 1500 g/denier o más. Las fibras de la invención tienen también una energía de rotura preferida de aproximadamente 15 J/g o más, de modo más preferible aproximadamente 25 J/g o más, de modo más preferible aproximadamente 30 J/g o más y de modo muy preferible tienen una energía de rotura de aproximadamente 40 J/g o más. Estas propiedades combinadas de alta resistencia pueden obtenerse por empleo de procesos muy conocidos de formación de fibras en solución o en gel. Las patentes U.S. 4.413.110, 4.440.711, 4.535.027, 4.457.985, 4.623.547, 4.650.710 y 4.748.064 describen generalmente las fibras de polietileno preferidas de alta resistencia y de cadena extendida empleadas en la presente invención.

Los materiales compuestos de tela de la invención pueden prepararse utilizando una diversidad de materiales matriz, que incluyen a la vez materiales de bajo módulo con matriz elastómera y materiales de alto módulo con matriz

- rígida. El término "matriz", tal como se utiliza en esta memoria, es bien conocido en la técnica, y se utiliza para representar un material aglutinante, tal como un material aglutinante polímero, que aglutina las fibras unas con otras después de la consolidación. El término "material compuesto" hace referencia a combinaciones consolidadas de fibras con el material matriz. Materiales matriz adecuados incluyen, sin carácter limitante, materiales elastómeros de bajo módulo que tienen un módulo de tracción inicial menor que aproximadamente 6.000 psi (41,3 MPa), y materiales rígidos de alto módulo que tienen un módulo de tracción inicial de al menos aproximadamente 300.000 psi (2068 MPa), medidos todos ellos a 37°C por ASTM D638. Como se utiliza a lo largo de esta memoria, el término módulo de tracción significa el módulo de elasticidad como se obtiene por ASTM 2256 para una fibra y por ASTM D638 para un material matriz.
- Una composición matriz elastómera puede comprender una diversidad de materiales polímeros y no polímeros. La composición matriz elastómera preferida comprende un material elastómero de módulo bajo. Para los propósitos de esta invención, un material elastómero de módulo bajo tiene un módulo de tracción, medido a aproximadamente 6000 psi (41,4 MPa) o menos de acuerdo con los procedimientos de test ASTM D638. Preferiblemente, el módulo de tracción del elastómero es aproximadamente 4000 psi (27,6 MPa) o menos, de modo más preferible aproximadamente 2400 psi (16,5 MPa) o menos, más preferiblemente 1200 psi (8,23 MPa) o menos, y de modo muy preferible es aproximadamente 500 psi (3,45 MPa) o menos. La temperatura de transición vítrea (T_g) del elastómero es con preferencia menor que aproximadamente 0°C, de modo más preferible menor que aproximadamente -40°C, y de modo muy preferible menor que aproximadamente -50°C. El elastómero tiene también una elongación de rotura preferida de al menos aproximadamente 50%, de modo más preferible al menos aproximadamente 100% y de modo muy preferible tiene una elongación de rotura de al menos aproximadamente 300%.
- Como la matriz pueden utilizarse una gran diversidad de materiales y formulaciones elastómeros(as) que tienen un módulo bajo. Ejemplos representativos de elastómeros adecuados tienen sus estructuras, propiedades, y formulaciones junto con los procedimientos de reticulación resumidos en la Encyclopedia of Polymer Science, vol. 5 en la sección Elastomers-Synthetic (John Wiley & Sons Inc., 1964). Materiales matriz elastómeros preferidos de módulo bajo incluyen polietileno, polietileno reticulado, polietileno clorosulfinado, copolímeros de etileno, polipropileno, copolímeros de propileno, polibutadieno, poliisopreno, caucho natural, copolímeros etileno-propileno, terpolímeros etileno-propileno-dieno, polímeros de polisulfuro, elastómeros de poliuretano, policloropreno, poli(cloruro de vinilo) plastificado utilizando uno o más plastificantes que son bien conocidos en la técnica (tales como ftalato de dioctilo), elastómeros butadieno-acrilonitrilo, poli(isobutileno-co-isopreno), poli(acrilatos), poliésteres, poliésteres insaturados, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, copolímeros de etileno, elastómeros termoplásticos, fenólicos, polibutirales, polímeros epoxi, copolímeros estirénicos de bloques, tales como los tipos estireno-isopreno-estireno o estireno-butadieno-estireno, y otros polímeros y copolímeros de módulo bajo que pueden curarse a temperatura inferior al punto de fusión de la fibra. Se prefieren también mezclas de estos materiales, o mezclas de materiales elastómeros con uno o más termoplásticos.
- Son particularmente útiles copolímeros de bloques de dienos conjugados y monómeros vinil-aromáticos. Butadieno e isopreno son elastómeros preferidos de dienos conjugados. Estireno, vinil-tolueno y t-butil-estireno son monómeros aromáticos conjugados preferidos. Los copolímeros de bloques que incorporan poliisopreno pueden hidrogenarse para producir elastómeros termoplásticos que tienen segmentos elastómeros de hidrocarburos saturados. Los polímeros pueden ser copolímeros tri-bloque simples del tipo A-B-A, copolímeros multibloque del tipo (AB)_n (n = 2-10) o copolímeros de configuración radial del tipo R-(BA)_x (x = 3-150); en donde A es un bloque de un monómero polivinil-aromático y B es un bloque de un elastómero diénico conjugado. Muchos de estos polímeros son producidos comercialmente por Kraton Polymers of Houston, TX y se describen en el boletín "Kraton Thermoplastic Rubber", SC-68-81. El polímero matriz más preferido comprende copolímeros de bloques estirénicos vendidos bajo la marca comercial Kraton[®], producida comercialmente por Kraton Polymers.
- Materiales matriz rígidos preferidos de alto módulo útiles en esta invención incluyen materiales tales como un polímero de éster vinílico o un copolímero de bloques estireno-butadieno, así como mezclas de polímeros tales como vinil-éster y ftalato de dialilo o fenol-formaldehído y polivinil-butiral. Un material matriz rígido particularmente preferido para uso en esta invención es un polímero termoendurecible, preferiblemente soluble en disolventes saturados carbono-carbono tales como metil-etil-cetona, y que posee un módulo de tracción alto, en estado curado de al menos aproximadamente 1 x 10⁶ psi (6895 MPa) como se mide por ASTM D638. Materiales matriz rígidos particularmente preferidos son los descritos en la patente U.S. 6.642.159. Opcionalmente, puede utilizarse también un catalizador para curado de la resina matriz. Catalizadores adecuados, a modo de ejemplo, incluyen perbenzoato de terc-butilo, 2,5-dimetil-2,5-di-2-etilhexanoilperoxihexano, peróxido de benzoilo y combinaciones de los mismos. Tales catalizadores se utilizan típicamente en asociación con polímeros matriz termoendurecibles.
- Las propiedades de rigidez, impacto y balísticas de los artículos formados a partir de los materiales compuestos de tela de la invención se ven afectadas por el módulo de tracción del polímero matriz. Por ejemplo, la patente U.S. 4.623.574 describe que los materiales compuestos reforzados con fibras construidos con matrices elastómeras que tienen módulos de tracción menores que aproximadamente 6000 psi (41.300 kPa) tienen propiedades balísticas superiores comparados con los materiales compuestos construidos con polímeros de módulo más alto, y comparados también con la misma estructura de fibra sin una matriz. No obstante, los polímeros matriz de módulo de tracción bajo producen también materiales compuestos de rigidez inferior. Adicionalmente, en ciertas aplicaciones, particularmente aquéllas en las cuales un material compuesto tiene que funcionar de modos anti-balísticos y estruc-

5 naturales, se precisa una combinación superior de resistencia balística y rigidez. De acuerdo con ello, el tipo más apropiado de polímero matriz a utilizar variará dependiendo del tipo de artículo a conformar a partir de las telas de la invención. Con objeto de alcanzar un compromiso entre ambas propiedades, una composición matriz adecuada puede combinar materiales de módulo bajo y módulo alto a fin de formar una composición matriz simple. Como se ha expuesto anteriormente, la formación de las fibras de alta resistencia y las mallas consolidadas de fibras de la invención son bien conocidas en la técnica, y se describen adicionalmente, por ejemplo, en las patentes U.S. 4.623.574, 4.748.064 y 6.641.159.

10 En las realizaciones preferidas de la invención, el material de resistencia balística comprende una pila de una pluralidad de paneles discretos, es decir más de una malla consolidada de sola capa de fibras apiladas entre sí, unas encima de otras. Como se utiliza en esta memoria, el término paneles "discretos" describe paneles separados y distintos, cada uno de los cuales puede ser o no idéntico a cada uno de los restantes, y en donde una combinación de paneles discretos posicionados unos encima de otros, forma una pila, pila que tiene una superficie superior, una superficie de fondo y uno o más bordes. En las realizaciones preferidas de la invención, el material de resistencia balística o los artículos de resistencia balística comprende(n) desde aproximadamente 2 a aproximadamente 20 paneles discretos, de modo más preferible desde aproximadamente 4 a aproximadamente 12 y de modo muy preferible desde aproximadamente 4 a aproximadamente 8 paneles discretos. Las dimensiones de los paneles pueden variar generalmente tal como se determina por su curso deseado, siendo con preferencia los paneles individuales en una pila sustancialmente similares en tamaño y forma. Un panel pequeño puede tener dimensiones de aproximadamente 10" x 10" (25,4 cm x 25,4 cm), mientras que los paneles grandes pueden tener dimensiones de aproximadamente 60" x 120" (152,4 cm x 304,8 cm). Estas dimensiones son ilustrativas y no deben considerarse como limitantes. Preferiblemente, cada panel de dicha pila comprende una malla de fibras consolidada, comprendiendo dicha malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red sustancialmente paralela. De acuerdo con ello, el espesor del panel dependerá generalmente del número de capas de fibras incorporadas, junto con el espesor de las capas de polímero opcionales exteriores y el espesor de los arrollamientos fibrosos primero y segundo.

25 En la realización preferida de la invención, las fibras comprenden con preferencia desde aproximadamente 70 a aproximadamente 95% en peso del material compuesto, de modo más preferible desde aproximadamente 79 a aproximadamente 91% en peso del material compuesto, y de modo muy preferible desde aproximadamente 83 a aproximadamente 89% en peso del material compuesto, siendo la porción restante del material compuesto dicha composición matriz o una combinación de dicha matriz y dichas películas de polímero. La composición matriz puede incluir también cargas tales como negro de humo o sílice, puede estar extendida con aceites, o puede estar vulcanizada por sistemas de curado de azufre, peróxido, óxido metálico o radiación, como es bien conocido en la técnica. La composición matriz puede incluir adicionalmente agentes antioxidantes, tales como los vendidos bajo la marca comercial Irganox[®], disponible comercialmente de Ciba Specialty Chemicals Corporation de Suiza, particularmente Irganox[®] 1010 ((tetraquis-(metileno-(3,5-di-terbutil-4-hidrocinnamato)metano)).

30 En general, los materiales de resistencia balística de la invención se forman disponiendo las fibras de alta resistencia en una o más capas de fibras. Cada capa puede comprender una red de fibras o hilos individuales. La composición matriz se aplica preferiblemente a las fibras de alta resistencia antes o después de la conformación de las capas, seguido luego por consolidación de la combinación material matriz-fibras como un todo para formar un complejo multicapa. Las fibras de la invención pueden estar recubiertas con, impregnadas con, embebidas en, o aplicadas de otro modo con dicha composición matriz por métodos bien conocidos en la técnica, por ejemplo por pulverización o recubrimiento a rodillo de una solución de la composición matriz sobre las superficies de las fibras, seguido por secado. Pueden utilizarse otras técnicas para aplicación del recubrimiento a las fibras, con inclusión de la aplicación del recubrimiento precursor de alto módulo (fibra de gel) antes de someter las fibras a una operación de estirado a temperatura elevada, sea antes o después de la eliminación del disolvente de la fibra (si se utiliza la técnica convencional de conformación de las fibras por hilado en gel). Dichos métodos son bien conocidos en la técnica.

35 La aplicación del material matriz recubre preferiblemente al menos una superficie de las fibras o hilos con la composición matriz seleccionada, recubriendo sustancialmente o encapsulando de modo preferible cada una de las fibras individuales. A continuación de la aplicación del material matriz, las fibras individuales comprendidas en la capa pueden unirse o no unas a otras antes de la consolidación, consolidación que une las capas múltiples de fibra o hilo por prensado y fusión como tales fibras recubiertas. Los materiales compuestos de tela de la invención comprenden preferiblemente una pluralidad de capas de fibras tejidas o no tejidas que están consolidadas en una malla de fibras de una sola capa consolidadas. En la realización preferida de la invención, las capas comprenden fibras no tejidas, comprendiendo preferiblemente cada capa individual de fibras de dicha malla de fibras consolidada fibras alineadas en paralelo unas a otras a lo largo de una dirección común de las fibras. Las capas sucesivas de tales fibras alineadas unidireccionalmente pueden estar rotadas con respecto a la capa previa. Preferiblemente, las capas de fibras individuales del material compuesto están preferiblemente retorcidas y entrecruzadas de tal modo que la dirección de la fibra de las fibras unidireccionales de cada capa individual está rotada con respecto a la dirección de fibra de las fibras unidireccionales de las capas adyacentes. Un ejemplo es un artículo de cinco capas con las capas segunda, tercera, cuarta y quinta rotadas +45°, -45°, 90° y 0° con respecto a la primera capa, pero no necesariamente en dicho orden. Para los propósitos de esta invención, las capas adyacentes pueden estar alineadas virtualmente en cualquier ángulo entre aproximadamente 0° y aproximadamente 90° con respecto a la dirección longitudinal de la fibra de otra capa. Un ejemplo preferido incluye dos capas con una orientación 0°/90°. Tales alineaciones unidirec-

cionales rotadas se describen, por ejemplo, en las patentes U.S. 4.457.985; 4.748.064; 4.916.000; 4.403.012; 4.623.573; y 4.737.402. Las mallas de fibras pueden construirse por una diversidad de métodos bien conocidos, tal como por los métodos descritos en la patente U.S. 6.642.159. Debe entenderse que las mallas monocapa consolidadas de la invención pueden incluir generalmente cualquier número de capas retorcidas entrecruzadas, tal como

5 aproximadamente 2 a aproximadamente 1500, de modo más preferible desde aproximadamente 10 a 1000, y de modo más preferible desde aproximadamente 20 a aproximadamente 40 o más capas, en caso deseado, para diversas aplicaciones.

En una realización particularmente preferida de la invención, las fibras de la invención se recubren primeramente con una composición matriz elastómera utilizando una de las técnicas anteriores, seguido por disposición de una pluralidad de fibras en una capa de fibras no tejida. Preferiblemente, las fibras individuales se disponen próximas a y en contacto unas con otras, y se disponen en redes de fibras semejantes a hojas en las cuales las fibras están alineadas unas con otras de modo sustancialmente paralelo a lo largo de una dirección común de las fibras. Preferiblemente se siguen métodos convencionales para formar al menos dos capas de fibras unidireccionales en las cuales las fibras están recubiertas sustancialmente con la composición matriz en todas las superficies de las fibras.

10 Después de ello, las capas de fibras se consolidan preferiblemente en una malla de fibras consolidadas de una sola capa. Esto puede realizarse por apilamiento de las capas individuales de fibras unas encima de otras, seguido por unión de las mismas como un todo bajo calor y presión para termoendurecimiento de la estructura global, causando que el material matriz fluya y ocupe cualesquiera espacios vacíos remanentes. Como es conocido convencionalmente en la técnica, se consigue una resistencia balística excelente cuando las capas de fibras individuales se retuercen de modo entrecruzado de tal modo que la dirección de alineación de las fibras de una capa está rotada en cierto ángulo con respecto a la dirección de alineación de las fibras de otra capa. Por ejemplo, una estructura preferida tiene dos capas de fibras de la invención dispuestas juntas de tal modo que la dirección longitudinal de las fibras de una capa es perpendicular a la dirección longitudinal de las fibras de la otra capa.

En la realización más preferida, dos capas de fibras alineadas unidireccionalmente se retuercen de modo entrecruzado en la configuración 0°/90° y se moldean luego para formar un precursor. Las dos capas de fibras pueden retorcerse de modo entrecruzado continuamente, de modo preferible por corte de una de las capas en longitudes que puedan disponerse sucesivamente a lo largo de la anchura de la otra capa en una orientación 0°/90°, formando lo que se conoce en la técnica como Unicinta. Las patentes U.S. 5.173.138 y 5.766.725 describen aparatos para entrecruzamiento retorcido continuo. La estructura continua de dos capas resultante puede enrollarse luego en una bobina con una capa de material de separación entre cada hoja. Cuando está lista para formar la estructura de uso final, la bobina se desenrolla y el material de separación se desprende. El sub-ensamblaje de dos hojas se corta luego en hojas discretas, se apila en hojas múltiples y se somete luego a calor y presión a fin de conformar la forma acabada y curar el polímero matriz, en caso necesario. Análogamente, cuando se disponen una pluralidad de hilos para formar una monocapa, los hilos pueden disponerse unidireccionalmente y entrecruzarse de modo retorcido de manera similar, seguido por consolidación.

25 30 35

Condiciones adecuadas de aglutinación para consolidación de las capas de fibras en una monocapa, malla consolidada, o material compuesto de tela, y unión de las capas opcionales de película de polímero incluyen técnicas de estratificación conocidas convencionalmente. Un proceso de estratificación típico incluye prensado de las capas de fibras entrecruzadas retorcidas juntas a aproximadamente 110°C, bajo una presión aproximada de 200 psi (1379 kPa) durante aproximadamente 30 minutos. La consolidación de las capas de fibras de la invención se conduce de modo preferible a una temperatura de aproximadamente 200°F (~93°C) a aproximadamente 350°F (~177°C), de modo más preferible a una temperatura de aproximadamente 200°F a aproximadamente 300°F (~149°C) y de modo muy preferible a una temperatura de aproximadamente 200°F a aproximadamente 280°F (~121°C), y a una presión de aproximadamente 25 psi (~172 kPa) a aproximadamente 500 psi (3447 kPa) o mayor. La consolidación puede conducirse en un autoclave, como es conocido convencionalmente en la técnica.

40 45

Cuando se calienta, es posible que pueda ocurrir que la matriz se pegue o fluya sin fundir por completo. No obstante, por lo general, si se consigue que el material funda, se requiere relativamente poca presión para formar el material compuesto, mientras que si el material matriz se calienta sólo hasta un punto de adhesión, se requiere típicamente más presión. El paso de consolidación puede requerir por regla general desde aproximadamente 10 segundo a aproximadamente 24 horas. No obstante, las temperaturas, presiones y tiempos dependen generalmente del tipo de polímero, el contenido de polímero, el proceso y el tipo de fibra.

50

El espesor de las capas de fibras individuales corresponderá al espesor de las fibras individuales. De acuerdo con ello, las mallas monocapa consolidadas preferidas de la invención tendrán un espesor preferido de aproximadamente 25 µm a aproximadamente 500 µm, de modo más preferible desde aproximadamente 75 µm a aproximadamente 385 µm y de modo muy preferible desde aproximadamente 125 µm a aproximadamente 255 µm. Si bien se prefieren dichos espesores, debe entenderse que se pueden producir otros espesores de película para satisfacer una necesidad particular y estar comprendidos todavía dentro del alcance de la presente invención.

55

A continuación de la consolidación de las capas de fibras, se une preferiblemente una capa de polímero a cada una de las superficies anterior y posterior de la malla monocapa consolidada por métodos convencionales. Cuando se forma una pila de paneles, cada panel individual de la pila tiene una capa de polímero unida a cada una de sus superficies anterior y posterior. Esta capa de polímero evita que los paneles se peguen unos a otros antes del moldeo

60

de los paneles de la pila como un todo. Polímeros adecuados para dicha capa de polímero incluyen sin carácter limitante polímeros termoplásticos y termoendurecibles. Polímeros termoplásticos adecuados pueden seleccionarse sin carácter limitante del grupo constituido por poliolefinas, poliamidas, poliésteres, poliuretanos, polímeros vinílicos, fluoropolímeros y copolímeros y mezclas de los mismos. De éstos, se prefieren las capas poliolefinas. La poliolefina preferida es un polietileno. Ejemplos no limitantes de películas de polietileno son polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno lineal de media densidad (LMDPE), polietileno lineal de muy baja densidad (VLDPE), polietileno lineal de densidad ultrabaja (ULDPE), y polietileno de alta densidad (HDPE). De éstos, el polietileno más preferido es LLDPE. Polímeros termoendurecibles adecuados incluyen sin carácter limitante alilos termoendurecibles, aminos, cianatos, epóxidos, fenólicos, poliésteres insaturados, bismaleimidas, poliuretanos rígidos, siliconas, ésteres vinílicos y sus copolímeros y mezclas, tal como se describen en las patentes U.S. 6.846.758, 6.841.492 y 6.642.159. Como se describe en esta memoria, una película de polímero incluye recubrimientos de polímero.

Las capas de película de polímero se unen preferiblemente a la malla monocapa consolidada utilizando técnicas de estratificación bien conocidas. Típicamente, la estratificación se realiza disponiendo las capas individuales unas sobre otras en condiciones de calor y presión suficientes para hacer que las capas se combinen en una película unitaria. Las capas individuales se disponen una sobre otra, y la combinación se hace pasar luego típicamente a través del estrechamiento de un par de rodillos laminadores calentados por métodos bien conocidos en la técnica. El calentamiento por laminación puede realizarse a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 95°C y aproximadamente 175°C, con preferencia desde aproximadamente 105°C a aproximadamente 175°C, a presiones comprendidas entre aproximadamente 5 psig (0,034 MPa) y aproximadamente 100 psig (0,69 MPa), durante un tiempo comprendido entre aproximadamente 5 segundos y aproximadamente 36 horas, con preferencia desde aproximadamente 30 segundos a aproximadamente 24 horas. En la realización preferida de la invención, las capas de película de polímero comprenden de modo preferible desde aproximadamente 2% a aproximadamente 25% en peso del panel total, de modo más preferible desde aproximadamente 2% a aproximadamente 17% en peso del panel total y de modo muy preferible desde 2% a 12%. El porcentaje en peso de las capas de película de polímero variará generalmente dependiendo del número de capas de tela que formen la película multiestratificada. Si bien los pasos de consolidación y estratificación de las capas exteriores de polímero se describen en esta memoria como dos pasos separados, los mismos pueden combinarse alternativamente en un solo paso de consolidación/estratificación por métodos convencionales en la técnica.

Las capas de película de polímero son preferiblemente muy delgadas, teniendo espesores de capa preferidos de aproximadamente 1 µm a aproximadamente 250 µm, de modo más preferible desde aproximadamente 5 µm a aproximadamente 25 µm y de modo muy preferible desde aproximadamente 5 µm a aproximadamente 9 µm. El espesor de las capas individuales de tela corresponderá al espesor de las fibras individuales. De acuerdo con ello, las mallas consolidadas monocapa preferidas de la invención tendrán un espesor preferido de aproximadamente 25 µm a aproximadamente 500 µm, de modo más preferido desde aproximadamente 75 µm a aproximadamente 385 µm y de modo muy preferible desde aproximadamente 125 µm a aproximadamente 255 µm. Si bien se prefieren dichos espesores, debe entenderse que pueden producirse otros espesores de película para satisfacer una necesidad particular y caer todavía dentro del alcance de la presente invención.

De acuerdo con la invención, el panel o pila de paneles descritos en esta memoria se refuerza por al menos una de diversas técnicas. En una realización preferida, el panel o pila puede reforzarse en uno o más bordes en los cuales las fibras pueden haberse recortado o cortado durante la fabricación. Por ejemplo, el panel o la pila de paneles puede reforzarse por pespunteado de al menos un borde de uno o más de dichos paneles con una hebra de alta resistencia, o por fusión de los bordes del panel o pila de paneles para reforzar áreas que puedan haberse deshilachado durante procedimientos estándar de recorte. Los métodos de pespunte y costura son bien conocidos en la técnica, incluyendo métodos tales como doble pespunte, pespunte a mano, pespunte multi-hebra, pespunte de sobre-orilla, pespunte de costura plana, pespunte de cadeneta, pespunte en zig-zag y análogos. El tipo de hebra utilizado para los pespunteados de punto empleados en las realizaciones preferidas de la invención puede variar ampliamente, pero preferiblemente comprende hebras de dichas fibras de alta resistencia y alto módulo que tienen una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más como se ha descrito arriba, y comprenden más preferiblemente fibras de aramida o polietileno, comprendiendo muy preferiblemente polietileno. Las hebras pueden comprender hilos mono- o multifilamento, y muy preferiblemente son hilos multifilamento, como se describen en la patente U.S. 5.545.455, que se incorpora en esta memoria por referencia en su totalidad. La cantidad de pespuntos empleada puede variar ampliamente. Por lo general, en las aplicaciones de resistencia a la penetración, la cantidad de pespuntos empleada es tal que los pespuntos comprenden menos de aproximadamente 10% del peso total de las capas fibrosas pespunteadas. Preferiblemente se pespuntea un solo panel a través de cada una de las capas de la malla de fibras consolidada. Una pila de paneles puede comprender paneles múltiples pespunteados individualmente, o la pila entera puede estar pespunteada para unir entre sí todos y cada uno de los paneles discretos.

Alternativamente, el panel o la pila de paneles puede reforzarse por fusión de los bordes de los uno o más paneles discretos, o por fusión de los bordes de la pila total de paneles bajo calor y presión. Los bordes pueden fundirse, por ejemplo, utilizando un molde de bordes o utilizando un marco metálico sólido, v.g. un marco de cuadro metálico sólido. El molde de bordes o el marco metálico sólido puede calentarse utilizando un horno o montarse en una prensa que tiene capacidad de calentamiento y enfriamiento. El molde o marco metálico prensará y moldeará únicamen-

te los bordes. Las condiciones de fusión, tales como temperaturas, presiones y duración, dependerán de factores tales como el número de capas o paneles de fibras y sus espesores. Dichas condiciones serán determinadas fácilmente por un experto en la técnica. Un panel o pila puede también respuntarse y fundirse en uno o más bordes.

Además del respunteado y/o la fusión del panel o pila, el panel o pila de paneles puede reforzarse por enrollamiento de dichos uno o más paneles con uno o más enrollamientos fibrosos telas o no telas. En la realización preferida de la invención, el panel o pila de paneles se refuerza con un primer enrollamiento fibroso que envuelve al menos una porción de dicha superficie anterior, dicha superficie posterior y al menos un borde de dicho panel, o al menos una porción de dicha superficie superior, dicha superficie de fondo y al menos un borde de dicha pila. Adicionalmente, un segundo enrollamiento fibroso puede envolver opcionalmente el panel o pila de paneles sobre el primer enrollamiento fibroso. Como se utiliza en esta memoria, cuando se describe que un primer enrollamiento fibroso y un segundo enrollamiento fibroso opcional "envuelven" una pila de paneles, se considera que cada panel de dicha pila está envuelto, aun cuando solamente las superficies externas de los paneles superior y de fondo de la pila estén en contacto con los enrollamientos. En otra realización de la invención, uno o más enrollamientos fibrosos adicionales pueden enrollarse adicionalmente alrededor del panel o pila, envolviendo dicho primer enrollamiento fibroso y dicho segundo enrollamiento fibroso. Por lo general, basándose en la amenaza balística y/o el espesor y tipo de cerámica, pueden utilizarse más de dos enrollamientos fibrosos. Cada enrollamiento fibroso adicional envuelve preferiblemente el panel o pila en una dirección de enrollamiento transversal a la dirección de enrollamiento del enrollamiento fibroso subyacente más próximo.

Cada uno de los enrollamientos fibrosos primero y segundo comprenden preferiblemente una malla de fibras consolidada, comprendiendo la malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red; teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo dichas fibras una composición matriz sobre ellas; estando la pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas consolidadas con dicha composición matriz para formar la malla de fibras consolidada. Los enrollamientos pueden ser similares, idénticos, o diferentes que el material que forma los paneles, y pueden ser iguales o diferentes unos de otros.

En la realización preferida de la invención, ambos enrollamientos fibrosos primero y segundo están presentes y son ambos idénticos. Preferiblemente, el material de enrollamiento comprende fibras SPECTRA[®] (HMPE) recubiertas, fibras de aramida, fibras PBO, fibras M5[®], fibras de fibra de vidrio de los tipos E y S, fibras de nailon, fibras de poliéster, fibras de polipropileno o fibras naturales, o una combinación de las mismas. El material de enrollamiento puede comprender además SPECTRA[®] Shield, tela recubierta, fieltro o una combinación de tela y fieltro. Los enrollamientos fibrosos comprenden preferiblemente estructuras multicapa. Alternativamente, las fibras recubiertas simples pueden enrollarse en todas las direcciones de los paneles u otros artículos. En la realización preferida de la invención, cada uno de los enrollamientos primero y segundo comprende preferiblemente capas múltiples de capas retorcidas entrecruzadas de fibras alineadas unidireccionalmente en una red paralela, y envuelven preferiblemente el panel o pila de tal manera que la dirección de envolvimiento del primer enrollamiento forma un ángulo con la dirección de envolvimiento del segundo enrollamiento. Muy preferiblemente, el primer enrollamiento fibroso y el segundo enrollamiento fibroso envuelven el panel o pila en direcciones perpendiculares.

Por lo general, tanto dicho primer enrollamiento fibroso como dicho segundo enrollamiento fibroso se incorporan preferiblemente ambos si no se incorporan las capas de polímero. Si se incorporan las capas de polímero, no se requiere necesariamente el enrollamiento, siempre que se utilice otra forma de refuerzo. En general, no se requiere enrollamiento cuando se funden los bordes. Cuando se incorporan, el primer enrollamiento fibroso y el segundo enrollamiento fibroso opcional deberían enrollarse alrededor del panel o pila después que el panel o pila se ha moldeado en una forma deseada. Generalmente, fibras simples o múltiples, es decir en forma de una cinta, pueden enrollarse sobre artículos de cualquier forma. El enrollamiento se conduce preferiblemente utilizando métodos que serán comprendidos fácilmente por un experto en la técnica, por ejemplo con máquinas bobinadoras de filamentos para artículos de tipo tubular planos y simétricos, o máquinas bobinadoras polares para misiles y otras formas cónicas o no simétricas.

El primer enrollamiento fibroso y el segundo enrollamiento fibroso opcional pueden enrollarse alrededor del panel o pila y mantenerse en su lugar por tensión, o pueden unirse al panel (o panel superior de la pila) por medios de fijación adecuados, por ejemplo, con adhesivos tales como polisulfuros, epóxidos, fenólicos, elastómeros, y análogos, o por medios mecánicos, tales como grapas, remaches, pernos, tornillos o análogos. Opcionalmente, el panel o pila de paneles de resistencia balística puede estar a la vez respunteado y enrollado, estando enhebrados los respuntes a través del primer enrollamiento fibroso y el segundo enrollamiento fibroso opcional. El panel o pila de resistencia balística puede tener opcionalmente también a la vez bordes reforzados fundidos y estar enrollado subsiguientemente con dicho primer enrollamiento y dicho segundo enrollamiento opcional, 26. Adicionalmente, después del enrollamiento, el panel (o pila), dicho primer enrollamiento fibroso y dicho segundo enrollamiento fibroso opcional se unen preferiblemente por consolidación. Por ejemplo, después del enrollamiento, una pila de cuatro paneles se transfiere preferiblemente a una bolsa sellable y se aplica un vacío. La bolsa sometida a vacío se transfiere luego preferiblemente a un autoclave en el que se aplican calor (240°F (115,6°C)) y presión (100 psi) (689,5 kPa), seguido por enfriamiento a la temperatura ambiente.

En otra realización, la invención proporciona también uno o más paneles de resistencia balística que incluyen al menos una plancha rígida unida a ellos para mejora de la eficiencia de resistencia balística, que puede estar reforzada también con una o más de las técnicas mencionadas anteriormente. Dicha plancha rígida puede comprender un material compuesto cerámico, de vidrio, relleno de metal, un material compuesto relleno de cerámica, un material compuesto con relleno de vidrio, un cerametal, acero de alta dureza (HHS), aleación de aluminio blindada, titanio o una combinación de los mismos, donde la plancha rígida y los paneles de inventiva están apilados juntos en relación cara a cara. Si se forma una pila de paneles discretos múltiples, se fija solamente una plancha rígida de modo preferible a la superficie superior de la pila total, en lugar de a cada uno de los paneles individuales de la pila. Tres tipos muy preferidos de materiales cerámicos incluyen óxido de aluminio, carburo de silicio y carburo de boro. Los paneles balísticos de la invención pueden incorporar una sola plancha cerámica monolítica; o pueden comprender pequeñas losetas o bolas cerámicas suspendidas en resina flexible, tal como un poliuretano. Resinas adecuadas son bien conocidas en la técnica. Adicionalmente, pueden unirse capas o filas múltiples de losetas a las planchas de la invención. Por ejemplo, pueden montarse losetas cerámicas múltiples de 3" x 3" x 0,1" (7,62 cm x 7,62 cm x 0,254 cm) sobre un panel de 12" x 12" (30,48 cm x 30,48 cm) utilizando una película delgada de adhesivo de poliuretano, estando alineadas preferiblemente todas las losetas cerámicas de tal modo que no quede discontinuidad alguna entre las losetas. Puede unirse luego una segunda fila de losetas a la primera fila de material cerámico, con cierto solapamiento a fin de que las juntas estén desfasadas. Esto continúa a todo lo largo del artículo para cubrir el blindaje entero. En general, no se requiere enrollamiento cuando está presente la plancha cerámica, pero se prefiere. Para eficiencia alta con el mínimo peso, se prefiere moldear los paneles o la pila a alta presión antes de fijar la plancha rígida. No obstante, para paneles de gran tamaño, v.g. 4' x 6' (1,219 m x 1,829 m) o 4' x 8' (1,219 m x 2,438 m), el panel o pila y la plancha rígida pueden moldearse en un solo proceso de autoclave a baja presión.

Después de la formación de las telas con resistencia balística de la invención resistentes a la desestratificación, las mismas pueden utilizarse en diversas aplicaciones. Los materiales compuestos de tela de la presente invención son particularmente útiles para la formación de artículos de blindaje "duro" con resistencia balística resistentes a la desestratificación. Por blindaje "duro" se entiende un artículo, tal como cascos, planchas protectoras o paneles para vehículos militares, o escudos protectores, que tienen suficiente resistencia mecánica de tal modo que mantienen su rigidez estructural cuando se ven sometidos a una cantidad importante de esfuerzo y son capaces de mantenerse estables por sí mismos sin colapsarse.

Los materiales de resistencia balística resistentes a la desestratificación, o materiales compuestos de tela de la invención, pueden moldearse en artículos sometiendo el panel o la pila de paneles a calor y presión. Las temperaturas y/o presiones a los cuales se exponen una o más hojas de dicha malla de fibras consolidada monocapa para su moldeo varían dependiendo del tipo de fibras de alta resistencia utilizado. Por ejemplo, pueden fabricarse paneles de blindaje por moldeo de una pila de dichas hojas bajo una presión de aproximadamente 150 a aproximadamente 400 psi (1030 a 2760 kPa), con preferencia aproximadamente 180 a aproximadamente 250 psi (1240 a 1720 kPa) y una temperatura de aproximadamente 104°C a aproximadamente 127°C. Pueden fabricarse cascos por moldeo de una pila de dichas hojas bajo una presión de aproximadamente 1500 a aproximadamente 3000 psi (10,3 a 20,6 MPa) y una temperatura de aproximadamente 104°C a aproximadamente 127°C. Por regla general, las temperaturas de moldeo pueden variar desde aproximadamente 20°C a aproximadamente 175°C, con preferencia desde aproximadamente 100°C a aproximadamente 150°C, con más preferencia desde aproximadamente 110°C a aproximadamente 130°C. Son asimismo adecuadas las técnicas apropiadas para conformación de artículos descritas, por ejemplo, en las patentes U.S. 4.623.574, 4.650.710, 4.748.064, 5.552.208, 5.587.230, 6.642.159, 6.841.492 y 6.846.758. Pueden fabricarse también planchas protectoras moldeadas por técnicas y condiciones conocidas convencionalmente.

Las prendas de vestir de la invención pueden formarse por métodos conocidos convencionalmente en la técnica. Preferiblemente, una prenda de vestir puede conformarse por unión de las telas resistentes a la desestratificación de la invención con un artículo de ropa. Por ejemplo, un chaleco puede comprender un chaleco de tela genérico que está unido con las telas resistentes a la desestratificación de la invención, en el cual una o más de las telas de inventiva están insertadas en bolsas localizadas estratégicamente. Esto permite la maximización de la protección balística, al tiempo que se minimiza el peso del chaleco. Como se utilizan en esta memoria, los términos "unión" o "unido" tienen por objeto incluir fijación, por ejemplo por costura o adherencia y métodos análogos, así como acoplamiento o yuxtaposición libre con otra tela, de tal modo que las telas de resistencia balística resistentes a la desestratificación pueden separarse opcionalmente con facilidad del chaleco u otro artículo de ropa. Las telas utilizadas en la formación de estructuras flexibles tales como camisas flexibles, chalecos y otras prendas de vestir se conforman preferiblemente a partir de telas utilizando una composición matriz de módulo de tracción bajo. Los artículos duros tales como cascos y blindajes se forman preferiblemente a partir de telas utilizando una composición matriz de módulo de tracción alto.

Las propiedades de resistencia balística se determinan utilizando procedimientos de test estándar que son bien conocidos en la técnica. Por ejemplo, estudios de apantallamiento de materiales compuestos balísticos emplean comúnmente un fragmento de acero no deformable de calibre 22, de peso, dureza y dimensiones especificados (especificación militar MIL-P-46593A (ORD)). Los tests pueden conducirse también con balas AK 47 (7,62 mm x 39 mm) con penetrador de punta de acero dulce (peso: 123 granos (7,97 g)) siguiendo los procedimientos estándar MIL-STD-662F, particularmente para ajuste de un cañón de disparo, pantallas de medida de la velocidad y montaje del panel moldeado para su testado.

La potencia protectora o resistencia a la penetración de una estructura se expresa normalmente citando la velocidad de impacto para la cual el 50% de los proyectiles atraviesan el material compuesto mientras que el 50% son detenidos por la protección, conocida también como el valor V_{50} . Como se utiliza en esta memoria, la "resistencia a la penetración" del artículo es la resistencia a la penetración por una amenaza determinada, tal como objetos físicos con inclusión de balas, fragmentos, metralla y análogos y objetos no físicos, tales como la onda expansiva de una explosión. Para materiales compuestos de la misma densidad superficial, que es el peso del panel de material compuesto dividido por la superficie, cuanto mayor es el valor V_{50} tanto mejor es la resistencia del material compuesto. Las propiedades de resistencia balística de las telas de la invención variarán dependiendo de muchos factores, particularmente el tipo de fibras utilizado para fabricar las telas.

Las telas de la invención exhiben también una resistencia satisfactoria a la exfoliación. La resistencia a la exfoliación es un indicador de la fuerza de unión entre las capas de fibras. Como regla general, cuanto menor es el contenido de polímero de la matriz, tanto menor es la fuerza de unión. Sin embargo, por debajo de una fuerza de unión crítica, el material balístico pierde durabilidad durante el corte del material y el ensamblaje de los artículos, tales como un chaleco, y da también como resultado una durabilidad reducida de los artículos a largo plazo. En la realización preferida, la resistencia a la exfoliación para los materiales de fibra SPECTRA® en una configuración de SPECTRA® Shield (0°,90°) es con preferencia al menos aproximadamente 0,17 lb/ft² (0,83 kg/m²) de resistencia satisfactoria a los fragmentos, de modo más preferible al menos aproximadamente 0,188 lb/ft² (0,918 kg/m²) y de modo más preferible al menos aproximadamente 0,206 lb/ft² (1,006 kg/m²).

Los ejemplos no limitantes siguientes sirven para ilustrar la invención:

EJEMPLO 1

Se moldeó un panel de test de control, de 12" x 12" (30,48 cm x 30,48 cm) bajo calor y presión por apilado de 68 capas de SPECTRA® Shield siguiendo una orientación alternante de las fibras de 0°,90°. El proceso de moldeo incluía precalentamiento de la pila de material durante 10 minutos a 240°F (115,6°C), seguido por aplicación de una presión de moldeo de 500 psi (3447 kPa) durante 10 minutos en un molde mantenido a 240°F. Después de 10 minutos, se inició un ciclo de enfriamiento y el panel moldeado se extrajo del molde una vez que el panel alcanzó 150°F (65,56°C). El panel se enfrió ulteriormente hasta la temperatura ambiente sin presión externa de moldeo alguna.

Para el testado, se siguieron los procedimientos estándar MIL-STD-662F para ajuste de un cañón de disparo, pantallas de medida de la velocidad y montaje del panel moldeado para el testado. Se seleccionó una bala AK 47 (7,62 mm x 39 mm) con penetrador de punta de acero dulce (peso: 123 granos (7,97 g)) para medida de la resistencia balística del panel. Se dispararon varias balas AK 47 sobre el panel para medir el valor V_{50} , donde V_{50} es la velocidad para la cual el 50% de las balas serán detenidas y el 50% de las balas perforarán el panel con una dispersión de velocidad de 125 fps (pies por segundo) (38,1 m/s). Se tomó precaución a fin de no disparar contra el panel al menos a 2 pulgadas (5,08 cm) de cualquiera de los bordes grapados.

El panel comenzó a exhibir una desestratificación y separación severas de las capas después que se disparó la primera bala sobre el panel. Se tomó precaución de disparar la bala siguiente en un área que no estuviera desestratificada. Después de completado el test, se examinó el panel respecto al fallo y el modo de desestratificación.

EJEMPLO 2

Se moldearon cuatro paneles de 12" x 12" bajo calor y presión. Cada panel estaba constituido por 17 capas de SPECTRA® Shield, apiladas e intercaladas entre hojas delgadas de película de LLDPE siguiendo una orientación de alternancia de las fibras 0°,90°. El proceso de moldeo incluía precalentamiento de cada pila de material durante 10 minutos a 240°F (115,6°C), seguido por aplicación de una presión de moldeo de 500 psi (3447 kPa) durante 10 minutos en un molde mantenido a 240°F. Después de 10 minutos, se inició un ciclo de enfriamiento y los paneles moldeados se retiraron de sus moldes una vez que los paneles alcanzaron 150°F (66°C). Los paneles se enfriaron ulteriormente a la temperatura ambiente sin presión externa de moldeo alguna.

Los cuatro paneles moldeados se apilaron unos sobre otros y se enrollaron con cuatro capas de SPECTRA® Shield. La primera capa se enrolló de lado a lado seguida por otra capa de enrollamiento en dirección transversal de arriba abajo del panel, seguida por enrollamiento de nuevo de lado a lado, seguido por enrollamiento de otra capa del panel de arriba abajo. Después del enrollamiento, la pila de cuatro paneles se transfirió a una bolsa sellable y se aplicó un vacío. La bolsa sometida a vacío se transfirió a un autoclave en el que se aplicaron calor (240°F (115,6°C)) y presión (100 psi (689,5 kPa)) durante 30 minutos seguido por un ciclo de enfriamiento. Una vez que la pila de 4 paneles alcanzó la temperatura ambiente, se retiró la misma del autoclave y se sacó de la bolsa.

Para el testado, se siguieron los procedimientos estándar MIL-STD-662F para ajuste del cañón de disparo, pantallas de medida de la velocidad y montaje de la pila de cuatro paneles enrollada para testado. Análogamente al Ejemplo 1, se seleccionó una bala AK 47 para medir la resistencia balística de la pila de cuatro paneles totalmente enrollada. Se dispararon varias balas sobre el panel para medir el valor V_{50} . Se procuró disparar contra el panel al menos a 2" (5,08 cm) de distancia de cualquiera de los bordes grapados.

El panel no exhibía desestratificación o separación severa de las capas después del disparo de varias balas contra el panel.

EJEMPLO 3

- 5 Se moldeó un panel de test de control de 12" x 12" bajo calor y presión por apilamiento de 40 capas de SPECTRA® Shield siguiendo una orientación alternante de las fibras 0°,90°. El proceso de moldeo incluía precalentamiento de la pila de material durante 10 minutos a 240°F (115,6°C), seguido por aplicación de una presión de moldeo de 500 psi (3447 kPa) durante 10 minutos en un molde mantenido a 240°F. Después de 10 minutos, se inició un ciclo de enfriamiento y el panel moldeado se retiró del molde una vez que el panel alcanzó 150°F (66°C). El panel se enfrió ulteriormente a la temperatura ambiente sin presión externa alguna.
- 10 A continuación, se montaron losetas cerámicas de 3" x 3" x 0,1" (7,62 cm x 7,62 cm x 0,254 cm) sobre el panel utilizando una película adhesiva delgada de poliuretano. Se tomó la precaución a fin de que todas las losetas cerámicas estuviesen alineadas unas con otras, con las losetas adyacentes completamente en contacto, sin discontinuidad alguna entre las losetas. A continuación, se instaló una fila de losetas de manera similar, pero con un desfase de 1,5" (3,8 cm) a fin de que las juntas estuvieran desfasadas en comparación con la fila de losetas cerámicas previa.
- 15 Para el testado, se siguieron los procedimientos estándar MIL-STD-662F para ajuste del cañón de disparo, pantallas de medida de la velocidad y montaje del panel moldeado para el testado. Análogamente al Ejemplo 1, se seleccionó una bala AK 47 para medida de la resistencia balística del panel. Se dispararon varias balas sobre el panel con las losetas cerámicas enfrentadas a las balas. Se midió el valor V_{50} en el panel. Se tomó la precaución a fin de no disparar contra el panel al menos a 2" (5,08 cm) de cualquiera de los bordes grapados.
- 20 El panel comenzó a mostrar desestratificación y separación severas de las capas después que se disparó la primera bala contra el panel. Se tomó la precaución de disparar la bala siguiente en un área que no estuviera desestratificada. Una vez completado el test, se examinó el panel respecto al fallo y el modo de desestratificación.

EJEMPLO 4

- 25 Se moldearon cuatro paneles de 12" x 12" bajo calor y presión. Cada panel estaba constituido por 10 capas de SPECTRA® Shield, apiladas e intercaladas entre hojas delgadas de película LLDPE siguiendo una orientación alternante de las fibras 0°,90°. El proceso de moldeo incluía calentamiento de cada pila de material durante 10 minutos a 240°F (115,6°C), seguido por aplicación de una presión de moldeo de 500 psi (3447 kPa) durante 10 minutos en un molde mantenido a 240°F. Después de 10 minutos, se inició un ciclo de enfriamiento y los paneles moldeados se retiraron de sus moldes una vez que los paneles alcanzaron 150°F (66°C). Los paneles se enfriaron ulteriormente a la temperatura ambiente sin presión externa de moldeo alguna.
- 30 Los cuatro paneles moldeados se apilaron unos sobre otros y se montaron losetas cerámicas de 3" x 3" x 0,1" (7,62 cm x 7,62 cm x 0,254 cm) (sobre el panel ensamblado utilizando una película adhesiva delgada de poliuretano. Se tomó la precaución a fin de que todas las losetas cerámicas estuvieran alineadas unas con otras, completamente en contacto las losetas adyacentes sin discontinuidad alguna entre las losetas. A continuación, se instaló una fila de losetas de manera similar, pero con un desfase de 1,5" (3,81 cm) a fin de que las juntas estuvieran desfasadas en comparación con la fila de losetas cerámicas previa.
- 35 El panel ensamblado con material cerámico se enrolló con 4 capas de SPECTRA® Shield. La primera capa se enrolló de lado a lado seguida por otra capa de enrollamiento en dirección transversal de arriba abajo del panel, seguido por enrollamiento de nuevo de lado a lado, seguido por enrollamiento de otra capa de arriba abajo del panel. Después del enrollamiento, la pila de 4 paneles se transfirió a una bolsa sellable y se aplicó un vacío. La bolsa sometida a vacío se transfirió a un autoclave en el que se aplicaron calor (240°F (115,6°C)) y presión (100 psi (689,5 kPa)) durante 30 minutos seguido por un ciclo de enfriamiento. Una vez que la pila de 4 paneles alcanzó la temperatura ambiente, se retiró la misma del autoclave y se sacó de la bolsa.
- 40 Para el testado, se siguieron los procedimientos estándar MIL-STD-662F para ajuste del cañón de disparo, pantallas de medida de la velocidad y montaje de la pila de 4 paneles enrollados para testado. Análogamente al Ejemplo 1, se seleccionó una bala AK 47 para medida de la resistencia balística del panel totalmente enrollado. Se dispararon varias balas sobre el panel con el material cerámico enfrentado a las balas, y se midió el valor V_{50} . Se tuvo cuidado a fin de no disparar contra el panel al menos a 2" de cualquiera de los bordes grapados.
- 45 El panel no acusó separación alguna de las capas después que se dispararon contra el panel varias balas AK 47.
- 50 Los resultados de los ejemplos anteriores se resumen a continuación en la Tabla 1:

TABLA 1

Ejemplo	Material	Enrollamiento	Densidad superficial (psf) (lb/# ²) (17,09 kg/m ²)	V50 (fps) (616,3 m/s)	Comentarios
1	Un solo Panel Moldeado: 68 capas de SPECTRA® Shield	No	3,5 (17,09 kg/m ²)	2022 (616,3 m/s)	Desestratificado después del primer disparo
2	Cuatro Paneles Moldeados, cada uno con 17 capas de SPECTRA® Shield	Sí	3,6 (17,57 kg/m ²)	1980 (603,5 m/s)	Retención del panel después de 5 impactos
3	Un solo Panel Moldeado: 40 capas de SPECTRA® Shield Losetas Cerámicas de 3" x 3" x 0,1"	No	3,95 (19,28 kg/m ²)	1930 (588,3 m/s)	Desestratificado después del primer disparo
4	Cuatro Paneles Moldeados, cada uno con 10 capas de SPECTRA® Shield, Losetas Cerámicas de 3" x 3" x 0,1"	Sí	4,05 (19,77 kg/m ²)	2342 (713,8 m/s)	Retención del panel después de 4 impactos

REIVINDICACIONES

1. Un material de resistencia balística que comprende:
- a) un panel que tiene una superficie anterior, una superficie posterior y uno o más bordes, panel que comprende:
- 5 una malla de fibras consolidada, comprendiendo la malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red; teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo dichas fibras una composición matriz sobre ellas; estando la pluralidad de capas de fibras retorcidas entrecruzadas consolidadas con dicha composición matriz para formar la malla de fibras consolidada; y
- 10 b) un primer arrollamiento fibroso que envuelve el panel, envolviendo dicho primer arrollamiento fibroso al menos una porción de dicha superficie anterior, dicha superficie posterior y al menos un borde de dicho panel; y
- c) un segundo arrollamiento fibroso opcional que envuelve el panel, envolviendo el segundo arrollamiento fibroso el primer arrollamiento fibroso en una dirección transversal a la dirección de envolvimiento del primer arrollamiento fibroso;
- 15 caracterizado porque dicho material de resistencia balística comprende adicionalmente al menos una capa de una película de polímero fijada a cada una de dichas superficies anterior y posterior de dicho panel.
2. El material de resistencia balística de la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de paneles discretos dispuestos en una pila, teniendo dicha pila una superficie superior, una superficie de fondo y uno o más bordes, los cuales primer arrollamiento fibroso y segundo arrollamiento fibroso opcional envuelven al menos una porción de dicha superficie superior, dicha superficie de fondo y al menos un borde de dicha pila.
- 20 3. El material de resistencia balística de la reivindicación 1, en el cual al menos un borde de dicho panel está reforzado.
4. El material de resistencia balística de la reivindicación 1 en el cual cada borde de dicho panel está reforzado por pespunteado de dicho panel en cada borde con al menos una hebra, hebra que comprende fibras de alta resistencia que tienen una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más.
- 25 5. El material de resistencia balística de la reivindicación 2, en el cual dichos uno o más bordes de dicha pila están reforzados por fusión de una porción de la pila en dichos uno o más bordes.
6. Un material de resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente al menos una plancha rígida fijada a la superficie anterior de dicho panel.
- 30 7. Un material de resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 1,
- en el cual uno o más bordes de dicho panel están reforzados por fusión de una porción de dicho panel en dichos uno o más bordes.
8. Un material de resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un segundo arrollamiento fibroso que envuelve el panel, envolviendo el segundo arrollamiento fibroso el primer arrollamiento fibroso en una dirección transversal a la dirección de envolvimiento del primer arrollamiento fibroso.
- 35 9. Un artículo de resistencia balística formada a partir del material de resistencia balística de la reivindicación 1.
10. Un artículo de resistencia balística formado a partir del material de resistencia balística de la reivindicación 2.
- 40 11. Un método de producción de un material de resistencia balística, que comprende:
- a) formar al menos un panel que tiene una superficie anterior, una superficie posterior y uno o más bordes, comprendiendo dicho panel:
- 45 una malla de fibras consolidada, comprendiendo la malla de fibras consolidada una pluralidad de capas de fibras entrecruzadas retorcidas, comprendiendo cada capa de fibras una pluralidad de fibras dispuestas en una red; teniendo dichas fibras una tenacidad de aproximadamente 7 g/denier o más y un módulo de tracción de aproximadamente 150 g/denier o más; teniendo dichas fibras una composición matriz sobre ellas; estando la pluralidad de capas de fibras entrecruzadas retorcidas consolidadas con dicha composición matriz para formar la malla de fibras consolidada ; y
- b) moldear el panel en un artículo;

c) envolver un primer arrollamiento fibroso alrededor del panel moldeado, envolviendo dicho primer arrollamiento fibroso al menos una porción de dicha superficie anterior, dicha superficie posterior y al menos un borde de dicho panel; y

5 d) opcionalmente, envolver un segundo arrollamiento fibroso alrededor del panel moldeado, envolviendo el segundo arrollamiento fibroso el primer arrollamiento fibroso en una dirección transversal a la dirección de envolvimiento del primer arrollamiento fibroso,

caracterizado porque dicho método comprende adicionalmente fijar al menos una capa de una película de polímero a cada una de dichas superficies anterior y posterior de dicho panel.

10 12.Un método de producción de un material de resistencia balística de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende adicionalmente

fijar al menos una plancha rígida a la superficie anterior de dicho panel moldeado después del paso b), y antes del paso c).