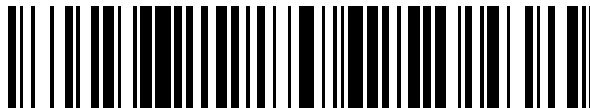


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 884**

51 Int. Cl.:

**B32B 5/26** (2006.01)

**B32B 5/28** (2006.01)

**B32B 7/02** (2006.01)

**F41H 5/04** (2006.01)

**B32B 18/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.03.2007 PCT/US2007/064502**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2008 WO08014020**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2007 E 07758998 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 1998954**

54 Título: **Construcción de panel balístico con frente de cerámica**

30 Prioridad:

**24.03.2006 US 388904**

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

**29.04.2019**

73 Titular/es:

**HONEYWELL INTERNATIONAL INC. (100.0%)**

**115 Tabor Road**

**Morris Plains, NJ 07950, US**

72 Inventor/es:

**BHATNAGAR, ASHOK;**

**WAGNER, LORI, L.;**

**MURRAY, HOROLD, LINDLEY, JR.;**

**ARVIDSON, BRIAN, D. y**

**RAMMOORTHY, MADHUSUDHAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 710 884 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**

Construcción de panel balístico con frente de cerámica

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un blindaje balístico que incluye una capa frontal de cerámica.

Descripción de la técnica relacionada

10 Se han propuesto varios tipos de construcciones de blindaje balístico y se han utilizado en diferentes aplicaciones. Estos incluyen blindaje para vehículos terrestres, aviones, objetos fijos, blindajes corporales y similares. En un tipo de construcción de blindaje balístico conocido que es útil, por ejemplo, para vehículos terrestres y aviones, se adhiere una capa de cerámica a una capa de fibras de alta tenacidad. La placa de cerámica está diseñada para que aparezca en la parte externa de la construcción, actuando como la capa primaria que proporciona protección inicial contra proyectiles balísticos. Estas estructuras son conocidas como paneles con frente de cerámica. Estos paneles en general son efectivos para absorber y disipar la energía cinética de los proyectiles y de los fragmentos de proyectil.

15 Las fibras de alta tenacidad que son útiles en estas aplicaciones incluyen fibras de polietileno de alto peso molecular, fibras de aramida, y similares. Sin embargo, las fibras de alta tenacidad son en general difíciles de fabricar debido a sus complejos procedimientos de fabricación. Como resultado de ello, la capacidad de producción ha sido restringida, y en general no se puede aumentar fácilmente en tiempos de necesidades especiales. Por ejemplo, puede darse el caso de que aumenten las necesidades para aplicaciones militares, lo cual puede provocar conflictos con necesidades para aplicaciones comerciales, y tales necesidades no se puedan cumplir.

20 En consecuencia, habrá momentos en que habrá escasez de un tipo de fibra de alta tenacidad, y la sola sustitución de un tipo de fibra de alta tenacidad por otro tipo de fibra de alta tenacidad puede no cumplir los requisitos de rendimiento de una aplicación de uso final particular. Esta sustitución puede no estar tampoco precualificada para la aplicación particular.

25 Además, las condiciones de peso generalmente no permiten el uso de placas de cerámica más gruesas como sustituto de la capa de fibras de alta tenacidad.

El documento GB-A-2276934 divulga un blindaje balístico compuesto en el que la cara de impacto tiene forma de estructura preformada con bolsillos en los cuales se insertan bloques de cerámica. La estructura preformada se une a una capa de refuerzo fibrosa que puede tener dos capas si bien no las capas de la presente invención.

30 El documento GB-A-2364956 divulga un escudo de protección balístico que incluye una parte de cerámica y una parte de fibra de polímero. Para mayores niveles de protección, una capa adicional de material puede unirse entre la parte de cerámica y la parte de fibra de polímero. Se necesita una capa separada de otro material de fibra de polímero que se fije a la cara de impacto de la parte de cerámica.

35 El documento GB-A-2130073 divulga un escudo protector unido a capas de tela de aramida tejida, y para aumentar la protección pueden existir capas adicionales de material de fibra. Se necesita una capa separada de otro material de fibra de polímero que se una a la cara de impacto de la parte de cerámica.

Sería deseable proporcionar un panel frontal de cerámica de resistencia balística que cumpla los requisitos balísticos necesarios pero que tenga una construcción que sea más adaptable para cumplir las siempre cambiantes necesidades de los clientes.

Sumario de la invención

40 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un panel de resistencia balística según la reivindicación 1.

La presente invención proporciona un panel de resistencia balística que tiene una pluralidad de capas de diferentes fibras que proporcionan la protección de la cara de refuerzo en una placa de cerámica. También se ha encontrado que la capa fibrosa adyacente a la capa de cerámica debe ser más rígida que la capa fibrosa de la cara interior con el fin de

proporcionar protección mejorada a las amenazas balísticas. También se ha encontrado inesperadamente que, si se utiliza, por ejemplo, una capa de fibras de aramida como la primera capa fibrosa y una capa de fibras de polietileno de alto peso molecular como la segunda capa fibrosa, se logra una resistencia balística mejorada si se compara con una capa de refuerzo que está formada solamente de fibras de aramida, pero con una densidad superficial equivalente.

5 La provisión de una pluralidad de capas de refuerzo fibrosas utilizando diferentes tipos de fibras permite una gran flexibilidad a la hora de satisfacer las demandas de los clientes para varias amenazas balísticas ya que las diferentes capas de fibra pueden ser sustituidas por una sola capa de fibra y obtener al menos el mismo grado de protección. De esta forma, la disponibilidad de paneles de resistencia balística no se ve afectada debido al suministro limitado de un tipo único de material fibroso. Esto también permite mayor flexibilidad de fabricación y ayuda a reducir costes.

10 Descripción detallada de la invención

Como se menciona anteriormente, los paneles balísticos de esta invención están formados de un material de cerámica y de una pluralidad de capas fibrosas de fibras de alta tenacidad. El material de cerámica puede tener la forma de una estructura monolítica o la forma de losetas de cerámica individuales más pequeñas que se conectan entre sí de algún modo (por ejemplo, adheridas a una capa de soporte o a una capa fibrosa). Aunque se prefiere una capa de cerámica  
 15 única, dependiendo de la aplicación de uso final y de consideraciones de peso se puede emplear una pluralidad de capas de cerámica en la construcción de esta invención. Tales capas de cerámica que son útiles en aplicaciones balísticas son conocidas en la técnica.

Los materiales de cerámica típicos útiles en los paneles de esta invención incluyen nitruros metálicos y no metálicos, boruros, carburos, óxidos y similares, y mezclas de estos. Materiales específicos incluyen carburo de silicio, óxido de silicio, nitruro de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, diboruro de titanio, alúmina, óxido de magnesio y similares, así  
 20 como mezclas de estos. Un material de cerámica preferido es carburo de silicio.

La capa de cerámica puede no estar reforzada o puede estar reforzada con un material fibroso, y está disponible a partir de una serie de fuentes. Por ejemplo, la capa de cerámica puede unirse o envolverse con fibras de vidrio, fibras de grafito o similares. La capa de cerámica puede tener cualquier espesor deseado, reconociendo, naturalmente, que existen consideraciones de peso en la selección del espesor de la capa de cerámica. Tal capa puede tener un espesor,  
 25 por ejemplo, de aproximadamente 1,78 a 25,4 mm (aproximadamente de 0,7 a 1 pulgada), preferiblemente de 2,54 a 1,27 mm (aproximadamente de 0,1 a 0,5 pulgadas), más preferiblemente de aproximadamente 2,54 a 10,16 mm (aproximadamente de 0,1 a 0,4 pulgadas). Una capa de cerámica de carburo de silicio que tiene un espesor de aproximadamente 3,68 mm (aproximadamente 0,145 pulgadas) normalmente puede tener una densidad superficial de aproximadamente 12,2 ksm (aproximadamente 2,50 psf).  
 30

Las distintas capas de esta invención en general tienen una configuración rectangular o cuadrada, aunque se pueden emplear otras formas, tales como capas curvadas. La capa de cerámica tiene una superficie externa y una superficie interna.

35 Junto a la superficie interna de la capa de cerámica se encuentra una primera capa fibrosa, que preferiblemente se adhiere a esta mediante un medio adhesivo adecuado. La primera capa fibrosa tiene también unas superficies interna y externa, y la superficie externa de la primera capa fibrosa es adyacente a la superficie interna de la capa de cerámica. Junto a la primera capa fibrosa se encuentra una segunda capa fibrosa. Esta capa también tiene unas superficies interna y externa, y la superficie externa de la segunda capa fibrosa es adyacente a la superficie interna de la primera capa fibrosa. Preferiblemente, las capas fibrosas primera y segunda se adhieren entre sí.

40 Tanto la primera capa fibrosa como la segunda contienen fibras de alta tenacidad. Tal como se usa en la presente descripción, por "fibras de alta tenacidad" se entiende fibras que tienen tenacidades iguales a o mayores de aproximadamente 7 g/d. Preferiblemente, estas fibras tienen módulos de tracción inicial de al menos aproximadamente 150 g/d y energías a la rotura de al menos aproximadamente 8 J/g según, se mide mediante la norma ASTM D2256. Tal como se usa en la presente descripción, los términos "módulo de tracción inicial", "módulo de tracción", y "módulo"  
 45 significan módulo de elasticidad medido según la norma ASTM 2256 para un hilo y según la norma ASTM D638 para un elastómero o material matricial.

Preferiblemente, las fibras de alta tenacidad tienen tenacidades iguales o superiores a aproximadamente 10 g/d, más preferiblemente iguales o superiores a aproximadamente 16 g/d, aún más preferiblemente iguales o superiores a aproximadamente 22 g/d, y más preferiblemente iguales o superiores a aproximadamente 28 g/d.

50 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. Por consiguiente, el término fibra incluye

monofilamento, multifilamento, cinta, tira, fibras cortadas y otras formas de fibra troceada, cortada o discontinua y similares que tienen sección transversal regular o irregular. El término "fibra" incluye una pluralidad de cualquiera de las anteriores o una combinación de estas. Un hilo es una hebra continua compuesta de muchas fibras o filamentos.

5 Las secciones transversales de las fibras útiles en la presente invención pueden variar ampliamente. Pueden ser secciones transversales circulares, planas u oblongas. Pueden ser también de sección transversal multilobular irregular o regular que tenga uno o más lóbulos regulares o irregulares que sobresalgan del eje lineal o longitudinal de las fibras. Es preferible que las fibras sean de sección transversal sustancialmente circular, plana u oblonga, más preferiblemente sustancialmente circular.

10 Cada una de las capas fibrosas primera y segunda, comprende una red de fibras. Las fibras pueden tener forma de telas tejidas, tricotadas o no tejidas. Preferiblemente, al menos el 50 % en peso de las fibras en la tela serán fibras de alta tenacidad, más preferiblemente al menos aproximadamente el 75 % en peso de las fibras en la tela serán fibras de alta tenacidad, y más preferiblemente sustancialmente todas las fibras en la tela serán fibras de alta tenacidad.

15 Los hilos y telas usados en la presente invención pueden consistir en una o más fibras de alta resistencia diferentes. Los hilos pueden estar alineados esencialmente en paralelo, o los hilos pueden estar trenzados, recubiertos o enredados. Las telas empleadas en la presente invención pueden tejerse con hilos que tienen fibras diferentes en las direcciones de trama y urdimbre, o en otras direcciones.

Las fibras de alta tenacidad útiles en los hilos y telas de la invención incluyen fibras de poliolefina de alto peso molecular, altamente orientadas, particularmente fibras de polietileno de alto peso molecular y fibras de aramida.

20 La patente US 4.457.985 en general analiza tales fibras de polietileno y polipropileno de alto peso molecular. En el caso de polietileno, las fibras adecuadas son aquellas de peso molecular medio en peso de al menos aproximadamente 150.000, preferiblemente al menos aproximadamente un millón o más preferiblemente entre aproximadamente dos millones y aproximadamente cinco millones. Tales fibras de polietileno de alto peso molecular pueden ser hiladas en solución (ver patente US 4.137.394 y patente US 4.356.138), o un filamento hilado a partir de una solución para formar una estructura de gel (ver patente US 4.413.110, patente alemana 3.004.699 y patente GB 2051667), o las fibras de polietileno pueden producirse mediante un proceso de laminado y estirado (ver patente US 5.702.657). Tal como se usa en el presente documento, el término polietileno significa un material predominantemente de polietileno lineal que puede contener cantidades menores de ramificación de cadena o de comonomeros que no excedan de 5 unidades modificadoras por 100 átomos de carbono de cadena principal, y que también puede contener mezclado con este, no más de aproximadamente 50 % en peso de uno o más aditivos poliméricos tal como pueden ser polímeros alqueno-1, en particular polietileno de baja densidad, polipropileno o polibutileno, copolímeros que contienen mono-olefinas primarias, poliolefinas oxidadas, injertados de poliolefinas y polioximetilenos o aditivos de bajo peso molecular tales como antioxidantes, lubricantes, agentes filtradores de luz ultravioleta, colorantes y similares que son normalmente incorporados.

35 Las fibras de polietileno de alta tenacidad (también conocidas como fibras de polietileno de cadena extendida o alto peso molecular) son preferidas como unas de las fibras útiles para las capas fibrosas de esta invención. Tales fibras se venden bajo la marca comercial SPECTRA<sup>®</sup> por Honeywell Internacional Inc. de Morristown, New Jersey, USA.

40 Dependiendo de la técnica de formación, de la proporción de estirado y de la temperatura y otras condiciones, se les puede impartir una variedad de propiedades a estas fibras. La tenacidad de las fibras es de al menos aproximadamente 7 g/d, preferiblemente al menos aproximadamente 15 g/d, más preferiblemente al menos aproximadamente 20 g/d, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 25 g/d y más preferiblemente al menos aproximadamente 30 g/d. De forma similar, el módulo de tracción inicial de las fibras, medido por una máquina de prueba de tracción Instron, es preferiblemente al menos aproximadamente 300 g/d, más preferiblemente al menos aproximadamente 500 g/d, aún más preferiblemente al menos aproximadamente 1.000 g/d, y más preferiblemente al menos aproximadamente 1.200 g/d. Estos valores más altos para el módulo de tracción inicial y tenacidad se obtienen en general empleando procesos de crecimiento en solución o de hilado en gel. Muchos de los filamentos tienen puntos de fusión más altos que el punto de fusión del polímero del cual están formados. De esta manera, por ejemplo, el polietileno de alto peso molecular de aproximadamente 150.000, de aproximadamente un millón y de aproximadamente dos millones de peso molecular en general tienen puntos de fusión a granel de 138 °C. Los filamentos de polietileno altamente orientados hechos de estos materiales tienen puntos de fusión más altos de aproximadamente 7 °C a aproximadamente 13 °C. De esta manera, un ligero aumento en el punto de fusión refleja la perfección cristalina y una orientación cristalina más alta de los filamentos cuando se compara con el polímero a granel.

50 En el caso de fibras de aramida, fibras adecuadas formadas de poliamidas aromáticas se describen en la patente US 3.671.542. Las fibras de aramida preferidas tendrán una tenacidad de al menos aproximadamente 20 g/d, un módulo de tracción inicial de al menos aproximadamente 400 g/d y una energía a la rotura de al menos aproximadamente 8 J/g, y

5 particularmente las fibras de aramida preferidas tendrán una tenacidad de al menos aproximadamente 20 g/d y una energía a la rotura de al menos aproximadamente 20 J/g. Las fibras de aramida más preferidas tendrán una tenacidad de al menos aproximadamente 23 g/d, un módulo de al menos aproximadamente 500 g/d y una energía a la rotura de al menos aproximadamente 30 J/g. Por ejemplo, los filamentos de poli (p-fenileno tereftalamida) que tienen valores de módulos y tenacidad moderadamente altos son particularmente útiles para formar compuestos de resistencia balística. Ejemplos son Twaron<sup>®</sup> T200 de Teijin que tiene un denier de 1000. Otros ejemplos son Kevlar<sup>®</sup> 29 que tiene 500 g/d y 22 g/d como valores de módulo de tracción inicial y tenacidad, respectivamente, así como Kevlar<sup>®</sup> 129 y KM2 que están disponibles en 400, 640 y 840 deniers de Du Pont. Las fibras de aramida de otros fabricantes también se pueden utilizar en esta invención. También se pueden utilizar copolímeros de poli(p-fenileno tereftalamida), tales como co-poli(p-fenileno tereftalamida 3,4' oxidifelinelo tereftalamida). También útiles en la práctica de esta invención son las fibras poli(m-fenileno isoftalamida) vendidas por Du Pont bajo el nombre comercial Nomex<sup>®</sup>.

10 Se pueden también emplear capas fibrosas de refuerzo adicionales en los paneles de esta invención formadas a partir de fibras de alta tenacidad, tal como una tercera capa fibrosa, una cuarta capa fibrosa, etc. Estas capas pueden colocarse hacia el interior de la segunda capa fibrosa, o entre las capas fibrosas primera y segunda, o ambas entre las capas fibrosas primera y segunda y hacia el interior de las segundas capas fibrosas.

Como se menciona anteriormente, las capas fibrosas pueden tener forma de una tela tejida, tricotada o no tejida. Si la tela es una tela tejida, puede ser de cualquier tejido deseado, tal como un patrón de tejido abierto.

20 Preferiblemente, las capas fibrosas tienen forma de tela no tejida, tal como hojas de fibras orientadas unidireccionalmente, o fibras que están apelmazadas en una orientación aleatoria, que están integradas en una matriz de resina adecuada, como se conoce en la técnica. Las telas formadas a partir de fibras orientadas unidireccionalmente normalmente tienen una capa de fibras que están alineadas en paralelo entre sí a lo largo de una dirección de fibra común, y una segunda capa de fibras orientadas unidireccionalmente alineadas en paralelo entre sí a lo largo de una dirección de fibra común que es de 90° desde la dirección de las primeras fibras. Cuando las hojas individuales son fibras orientadas unidireccionalmente, las hojas sucesivas son preferiblemente giradas entre sí, por ejemplo, en ángulos de 0°/90°, 0°/90°/0°/90° o 0°/45°/90°/45°/0°, o en otros ángulos. Tales alineamientos unidireccionales girados se describen, por ejemplo, en las patentes US 4.623.574; 4.737.402; 4.748.064 y 4.916.000.

30 La capa o capas fibrosas están preferiblemente en una matriz de resina. La matriz de resina para las hojas de fibra se puede formar a partir de una variedad de materiales elastoméricos que tienen las características deseadas. En una realización, los materiales elastoméricos usados en tal matriz tienen un módulo de tracción inicial (módulo de elasticidad) igual o inferior a aproximadamente 6.000 psi (41,4 MPa) medido según la norma ASTM D638. Más preferiblemente, el elastómero tiene un módulo de tracción inicial igual a o inferior que aproximadamente 2.400 psi (16,5 MPa) material elastomérico tiene un módulo de tracción inicial igual o inferior a aproximadamente 1.200 psi (8,23 MPa). Estos materiales resinosos son normalmente de naturaleza termoplástica, aunque los materiales termocurables también son útiles.

35 De manera alternativa, la matriz de resina se puede seleccionar para tener un módulo de tracción alto cuando se cura, al menos aproximadamente de 6895 MPa (aproximadamente  $1 \times 10^6$  psi). Ejemplos de tales materiales se describen, por ejemplo, en la patente US 6.642.159.

40 La proporción del material matricial de resina a la fibra en las capas compuestas puede variar ampliamente dependiendo del uso final. El material matricial de resina preferiblemente va aproximadamente de 1 a aproximadamente 98 por ciento en peso, más preferiblemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 95 por ciento en peso y más preferiblemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 40 por ciento en peso, del peso total de las fibras y la matriz de resina.

45 Se puede utilizar una amplia variedad de materiales como matriz de resina, incluyendo resinas termoplásticas y termocurables. Por ejemplo, se puede emplear cualquiera de los siguientes materiales: polibutadieno, poliisopreno, caucho natural, copolímeros etileno-propileno, terpolímeros etileno-propileno-dieno, polímeros de polisulfuro, poliuretanos termoplásticos, elastómeros de poliuretano, polietileno clorosulfonado, policloropreno, cloruro polivinílico plastificado usando ftalato de dioctilo u otros plastificadores bien conocidos en la técnica, elastómeros butadieno acrilonitrilo, poli(isobutileno-co-isopreno), poliacrilatos, poliésteres, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, elastómeros termoplásticos, y copolímeros de etileno. Ejemplos de resinas termocurables incluyen aquellas que son solubles en disolventes saturados carbono-carbono tales como metiletilcetona, acetona, etanol, metanol, alcohol isopropílico, ciclohexano, etilacetona y combinaciones de estos. Entre las resinas termocurables hay ésteres vinílicos, copolímeros en bloque estireno-butadieno, ftalato de dialilo, fenol formaldehído, polivinilo butiral y mezclas de estos, como se describe en la patente US 6.642.159 antes mencionada. Las resinas termocurables preferidas para telas de fibra de polietileno incluyen al menos un éster vinílico, ftalato de dialilo y opcionalmente un catalizador para curar la resina de éster vinílico.

Un grupo preferido de materiales son los copolímeros en bloque de dienos conjugados y copolímeros aromáticos de vinilo. Butadieno e isopreno son elastómeros dieno conjugados preferidos. Estireno, vinil tolueno y t-butil estireno son monómeros aromáticos conjugados preferidos. Los copolímeros en bloque que incorporan poliisopreno pueden ser hidrogenados para producir elastómeros termoplásticos que tienen segmentos de elastómero de hidrocarburo saturado.

5 Los polímeros pueden ser copolímeros tribloque simples del tipo R- (BA)<sub>x</sub> (x=3-150); en el que A es un bloque de un monómero aromático de polivinilo y B es un bloque de un elastómero dieno conjugado. Una matriz de resina preferida es un copolímero en bloque isopreno-estireno-isopreno, tal como Kraton® D1107 copolímero en bloque isopreno-estireno-isopreno, disponible en Kraton Polymer LLC.

10 Otra matriz resina preferida es un poliuretano termoplástico, tal como una mezcla de copolímero de resinas de poliuretano en agua.

El material resina puede ser compuesto con cargas tales como negro de humo, sílice, etc. y puede ser extendido con aceites y vulcanizado mediante azufre, peróxido, óxido metálico o sistemas de curado por radiación usando métodos bien conocidos por tecnólogos del caucho. También se pueden usar mezclas de diferentes resinas.

15 En general, las capas fibrosas de la invención se forman preferiblemente construyendo inicialmente una red de fibras y después recubriendo la red con la composición matricial. Tal como se usa en el presente documento, el término "recubrir" se utiliza en un sentido amplio para describir una red de fibras en la que las fibras individuales tienen una capa continua de la composición matricial rodeando las fibras o una capa discontinua de la composición matricial en la superficie de las fibras. En el primer caso, se puede decir que las fibras están totalmente integradas en la composición matricial. Los términos recubrir e impregnar se usan de forma intercambiable en el presente documento. Las redes de 20 fibras se pueden construir 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 suministrados desde una fileta y dirigidos a través de guías y una o más barras espaciadoras hacia un peine colimador antes de recubrirlos con el material matricial. El peine colimador alinea los filamentos de forma coplanar y en una forma sustancialmente unidireccional.

25 La composición de resina matricial se puede aplicar de cualquier forma adecuada, tal como una solución, dispersión o emulsión sobre la capa fibrosa, preferiblemente una red de fibras unidireccionales. La red de fibras recubierta con matriz se seca después. La solución, dispersión o emulsión de la resina matricial puede ser rociada sobre los filamentos. De otro modo, la estructura de filamentos puede ser recubierta con la solución acuosa, dispersión o emulsión mediante goteo o mediante un recubridor de rodillo o similar. Después del recubrimiento, la capa fibrosa recubierta puede pasarse 30 después a través de un horno de secado, en el cual la capa de red de fibras recubiertas (unitape) se somete a suficiente calor para evaporar el agua u otro líquido en la composición matricial. La red fibrosa recubierta se puede colocar después en una cinta portadora, que puede ser un papel o un sustrato de película, o las fibras pueden colocarse inicialmente en una cinta portadora antes de recubrirlas con la resina matricial. El sustrato y la unitape pueden tejerse después en un rollo continuo de una forma conocida.

35 Los hilos útiles en las capas fibrosas pueden tener cualquier denier adecuado, tal como de aproximadamente 50 denier a aproximadamente 3000 denier. La selección depende de consideraciones de propiedades y costes deseados. Los hilos más finos son más caros de fabricar y tejer, aunque se pueden producir mejores propiedades (tal como mayor efectividad balística por unidad de peso). Los hilos tienen preferiblemente de aproximadamente 200 denier a aproximadamente 3000 denier. Más preferiblemente, los hilos tienen de aproximadamente 650 denier a aproximadamente 1500 denier. Más preferiblemente, los hilos tienen de aproximadamente 800 denier a 40 aproximadamente 1300 denier.

45 Como se menciona anteriormente, las fibras en las capas fibrosas primera y segunda tienen diferentes composiciones. Preferidas entre las fibras de alta tenacidad enumeradas anteriormente para tales capas son las fibras de polietileno de cadena extendida y las fibras de aramida. La relación de peso de las capas fibrosas primera y segunda puede variar según se desee. Preferiblemente, la relación de peso de la primera capa fibrosa a la segunda capa fibrosa varía de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 1:10, más preferiblemente de aproximadamente 1:10, más preferiblemente de aproximadamente 3:1 a aproximadamente 1:3, y más preferiblemente de aproximadamente 1.5:1 a aproximadamente 1:1.5. En una realización más preferida, las capas fibrosas primera y segunda tienen aproximadamente el mismo peso. El espesor de las capas fibrosas primera y segunda combinadas también puede variar dependiendo de la aplicación 50 específica, limitaciones de costes y peso. Por ejemplo, el espesor combinado de las capas fibrosas primera y segunda puede variar de aproximadamente 2,54 a aproximadamente 20,32 mm (de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,8 pulgadas), más preferiblemente de aproximadamente 5,08 a aproximadamente 15,24 mm (de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,6 pulgadas), y más preferiblemente de aproximadamente 7,62 a aproximadamente 12,70 mm (de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,5 pulgadas).

55 Es preferible que la primera capa fibrosa tenga un módulo de flexión que sea mayor que el módulo de flexión de la segunda capa fibrosa. El módulo de flexión al que se hace referencia en este ejemplo es el módulo de flexión de la capa

fibrosa completa (incluyendo la matriz de resina). De esta manera, la capa adyacente a la capa de cerámica (la primera capa fibrosa) es más rígida que la capa que está separada de la capa de cerámica (la segunda capa fibrosa).

5 Preferiblemente, el módulo de flexión de la primera capa fibrosa es al menos aproximadamente 5 % mayor que el módulo de flexión de la segunda capa fibrosa. Más preferiblemente, el módulo de flexión de la primera capa fibrosa es al menos aproximadamente 15 % mayor que el módulo de flexión de la segunda capa fibrosa. Más preferiblemente, el módulo de flexión de la primera capa fibrosa es al menos aproximadamente 25 % mayor que el módulo de flexión de la segunda capa fibrosa. Tal como se utiliza en el presente documento, el módulo de flexión se determina de acuerdo con la norma ASTM D790 a temperatura ambiente.

10 En una realización preferida, la primera capa fibrosa está formada de fibras de polietileno de alto peso molecular en forma de una tela no tejida unidireccional o una tela tejida, y la segunda capa fibrosa está formada de fibras de aramida que tienen forma de una tela tejida o forma de una tela no tejida unidireccional. En otra realización preferida, la primera capa fibrosa está formada de fibras de aramida que tienen forma de una tela tejida o forma de una tela no tejida unidireccional y la segunda capa fibrosa está formada de fibras de polietileno de alto peso molecular en forma de una tela no tejida unidireccional o una tela tejida.

15 También preferiblemente, las capas fibrosas primera y segunda (así como cualquier capa fibrosa adicional) están formadas de una pluralidad de hojas que han sido laminadas juntas. El número de hojas en cada capa depende de la densidad superficial, espesor, nivel de protección deseados y similares. Por ejemplo, cuando la capa fibrosa está formada de fibras de polietileno de alto peso molecular o de fibras de aramida, el número de hojas individuales puede variar de aproximadamente 2 a aproximadamente 200, más preferiblemente de aproximadamente 10 a de  
20 aproximadamente 150 y más preferiblemente de 50 a aproximadamente 100. Se debe reconocer que las hojas individuales pueden preformarse como fibras preimpregnadas múltiples. Por ejemplo, si la fibra preimpregnada está formada por 4 hojas, entonces el número de hojas mencionadas anteriormente se reduciría a un cuarto de las cantidades establecidas.

25 Las hojas individuales también pueden tener forma de subconjuntos de dos o cuatro unidades que incluyen hojas cruzadas, preferiblemente a 0°/90° para una unidad de dos hojas y a 0°/90°/0°/90° para una unidad de cuatro hojas. Las capas fibrosas se pueden formar a partir de una pluralidad de unidades de hojas cruzadas.

30 Los laminados de dos o más hojas que forman las capas fibrosas de la invención se producen preferiblemente a partir de rollos continuos de fibras preimpregnadas unidireccionales, utilizando una operación continua de hojas cruzadas. Tal método se describe en las patentes US 5.173.138 y 5.766.725. De otro modo, las hojas pueden colocarse a mano o por cualquier otro medio adecuado. Las hojas, (por ejemplo, dos hojas) se consolidan mediante la aplicación de calor y presión en el proceso de cruzamiento de hojas. Las temperaturas pueden variar de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 160 °C y las presiones pueden variar de aproximadamente 69 a aproximadamente 17.0000 kPa (de aproximadamente 100 a aproximadamente 2500 psi), dependiendo del tipo de fibras y de la hoja matriz que se emplee. Por "consolidación" se entiende que el material matricial y las hojas fibrosas se combinan en una capa unitaria única. La  
35 consolidación puede ocurrir por secado, enfriamiento, calentamiento, presión o una combinación de estos.

40 Los conjuntos de varias hojas que constituyen las capas fibrosas de esta invención pueden comprender conjuntos rígidos o conjuntos flexibles. Los conjuntos rígidos se forman generalmente apilando y consolidando las hojas en una prensa, tal como en las condiciones antes mencionadas. Los conjuntos flexibles se pueden formar apilando de manera suelta las hojas, en donde las hojas están sin unir o unidas únicamente por uno o más bordes mediante, por ejemplo, costura.

El grado de flexibilidad de cada capa fibrosa depende de las fibras y resinas empleadas, así como de las condiciones de procesamiento. Estas consideraciones son conocidas por las personas expertas en la técnica.

45 Se pueden incluir una o más películas plásticas en las capas fibrosas, por ejemplo, para permitir que diferentes capas se deslicen unas sobre otras para definir fácilmente la forma deseada. Estas películas plásticas normalmente se adhieren a una o ambas superficies de cada capa fibrosa o de cada fibra preimpregnada consolidada de dos o cuatro hojas que forman las capas fibrosas. Se puede emplear cualquier película plástica adecuada, tal como películas hechas de poliolefinas, por ejemplo, películas de polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) y películas de polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE), así como películas de poliéster, películas de nailon, películas de policarbonato y similares. Estas películas pueden tener cualquier espesor deseado. Los espesores normales varían de  
50 aproximadamente 2,5 a aproximadamente 30 µm (de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,2 mils), más preferiblemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 25 µm (de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 1 mil) y más preferiblemente de aproximadamente 7,5 a aproximadamente 12,5 µm (de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,5 mils). Las películas más preferidas son de LLDPE.

Además de las capas fibrosas de fibras de alta tenacidad que están presentes en el material compuesto de esta invención, también se pueden emplear otras capas. Por ejemplo, un compuesto de fibra de vidrio y/o un compuesto de grafito se pueden intercalar entre la primera capa fibrosa y la capa de cerámica. Tales compuestos se pueden formar con una resina deseada, tal como una resina epóxica termocurable. Si está presente, tal capa o capas adicionales tienen de manera deseable un módulo de flexión mayor que el de la primera capa fibrosa. De otro modo, tales materiales compuestos pueden estar presentes en otros lugares del artículo de esta invención.

En una realización particularmente preferida de esta invención, la capa de cerámica está formada de carburo de silicio, la primera capa fibrosa está formada de fibras de aramida, la segunda capa fibrosa está formada de fibras de polietileno de alto peso molecular y la densidad superficial de las capas fibrosas primera y segunda es aproximadamente la misma.

- 10 Preferiblemente, la capa de cerámica y las capas fibrosas primera y segunda se adhieren entre sí en condiciones adecuadas, tal como simplemente mediante unión a temperatura ambiente, o unión con calor y presión adecuados. Cualquier medio adecuado se puede utilizar para unir las capas entre sí, tal como una película adhesiva sólida, un adhesivo líquido, etc. Son preferidas películas adhesivas, tales como adhesivos de poliuretano, adhesivos epóxicos, adhesivos de polietileno y similares. Si se utilizan calor y presión para unir las capas entre sí, preferiblemente las
- 15 temperaturas empleadas son de preferencia de aproximadamente 11,1 a aproximadamente 16,7 °C (de aproximadamente 20 a aproximadamente 30 °F) por debajo de la temperatura utilizada en la consolidación de las capas fibrosas mencionadas anteriormente, o de aproximadamente 11,1 a aproximadamente 16,7 °C (de aproximadamente 20 a aproximadamente 30 °F) por debajo del punto de fusión de las fibras usadas en las capas fibrosas de refuerzo. Las presiones pueden estar por debajo de las utilizadas en la consolidación de las capas fibrosas, tal como de
- 20 aproximadamente 0,14 a aproximadamente 3,4 MPa (de aproximadamente 20 a aproximadamente 500 psi). Si se emplea una autoclave, las presiones pueden variar, por ejemplo, de aproximadamente 0,34 a aproximadamente 1,7 MPa (de aproximadamente 50 a aproximadamente 250 psi). Preferiblemente, las capas fibrosas primera y segunda primero se unen entre sí (tal como mediante moldeo con presión y calor adecuados), preferiblemente sin adhesivo, antes de adherirse a la capa de cerámica.
- 25 Los siguientes ejemplos no limitativos se presentan para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Las técnicas específicas, condiciones, materiales, proporciones y datos obtenidos que se exponen para demostrar los principios de la invención son ejemplares y no deben considerarse como limitativos del alcance de la invención.

## EJEMPLOS

### Ejemplo 1 (Comparativo)

30 Se preparó un panel de cerámica frontal a partir de una loseta de cerámica. La loseta era una cerámica de carburo de silicio (SiC-N, disponible en Cercom Ceramics, y que tiene, según el fabricante, una densidad volumétrica de 3,20 g/cm<sup>3</sup>, un tamaño de grano promedio de 3-5 µm y una resistencia a la flexión (4-pt MOR a temperatura ambiente) de 586 MPa (85 ksi). Se utilizaron cuatro losetas, cada una con un espesor de 3,68 mm (0,145 pulgadas), una densidad superficial de 12,2 ksm (2,50 psf) y en forma de una placa de 13,34 x 13,34 cm (5,25 x 5,25 pulgadas).

35 Se formó una capa fibrosa de un compuesto de fibra de polietileno de alto peso molecular de cuatro hojas (SPECTRA SHEILD<sup>®</sup> PCR de Honeywell Internacional Inc.). Este material era una estructura no tejida orientada unidireccionalmente, con una resina matricial (16 % en peso de Kraton<sup>®</sup> D1107 copolímero en bloque isopreno-estireno-isopreno disponible en Kraton Polymer LLC). La estructura de 4 hojas incluía hojas individuales que eran hojas cruzadas a 0°/90°/0°/90°. Las fibras de polietileno SPECTRA<sup>®</sup> tienen una tenacidad de 30 g/d, un módulo de tracción de 850 g/d y una energía a la rotura de 45 g/d.

40 Se cortó un total de 42 capas de las fibras preimpregnadas de 4 hojas a un tamaño de 30,48 x 30,48 cm (12 x 12 pulgadas) y se apilaron, con cada fibra preimpregnada siendo orientada 90° con respecto a una capa de fibras preimpregnadas adyacente. La pila de fibras preimpregnadas se moldeó a 116 °C (240 °F) a una presión de 10,3 MPa (1500 psi) durante 10 minutos, seguido de enfriamiento. La capa fibrosa de refuerzo tenía una densidad superficial de 10,0 ksm (2,05 psf), un espesor de 10,72 mm (0,422 pulgadas) y un módulo de flexión de 809,6 MPa (117.5 ksi).

50 Se montaron cuatro placas de cerámica en la capa de tela no tejida de polietileno de alto peso molecular moldeada utilizando una película adhesiva, y la estructura combinada se consolidó en una autoclave a 116 °C (240 °F) a una presión de 0,69 MPa (100 psi). La película adhesiva fue un poliuretano alifático poliéter disponible en Stevens Urethane que tiene un intervalo de fusión de 120 a 140 °C, una elongación a la rotura de 450 % y una gravedad específica de 1,07 g/cc. La densidad superficial total fue de 22.2 ksf (4.55 psf). Después de sacarlo de la autoclave, el panel completo se envolvió con una tela no tejida de SPECTRA SHIELD<sup>®</sup> PCR en ambas direcciones, para propósitos de prueba. La envoltura del panel permite al material de cerámica retener su integridad (no expulsa componentes desmenuzados) aún después de varios impactos balísticos.



Se probó el rendimiento balístico del panel de acuerdo con MIL-STD-662E. El proyectil fue una bala Russian Dragov (7,62 x 54 R LPS), que pesaba 149 granos. Se utilizó un material de arcilla de refuerzo para determinar la deformación de la cara posterior (Roma Plastilina #1, de 10 cm (4 pulgadas) de espesor). Los resultados se muestran en la Tabla 1, más adelante.

## 5 Ejemplo 2 (Comparativo)

Se repitió el ejemplo 1 utilizando un material de refuerzo fibroso diferente. El material de refuerzo se formó de GOLD SHIELD® RS (de Honeywell Internacional Inc.), que es una estructura orientada unidireccionalmente no tejida de aramida de 4 hojas con una resina matricial (16 % en peso de una resina de poliuretano termoplástico, descrita por su fabricante como una mezcla de copolímero de resinas de poliuretano en agua. La estructura de 4 hojas incluyó hojas individuales que eran hojas cruzadas a 0°/90°/0°/90°. Las fibras de aramida tienen un denier de 1000 y una tenacidad de 26 g/d.

Se cortó un total de 44 capas de fibras preimpregnadas de 4 hojas al mismo tamaño del ejemplo 1 y se apilaron, siendo cada fibra preimpregnada orientada 90° con respecto a una capa de fibras preimpregnadas adyacente. La pila de fibras preimpregnadas se moldeó a 116 °C (240 °F) a una presión de 10,3 MPa (1500 psi) durante 10 minutos, seguido de enfriamiento. La capa de refuerzo fibrosa tenía una densidad superficial de 9,76 ksm (2,00psf), un espesor de 8,23 mm (0,324 pulgadas) y un módulo de flexión de 1095.5 MPa (159.0 ksi).

Se montaron cuatro placas de cerámica en la capa de tela no tejida de aramida moldeada, utilizando la película adhesiva del ejemplo 1, y la estructura combinada se consolidó en una autoclave como en el ejemplo 1. La densidad superficial total fue de 21,96 ksf (4,50 psf). El panel completo se envolvió después con tela no tejida de SPECTRA SHIELD® PCR en ambas direcciones.

Se probaron las propiedades balísticas del panel como en el ejemplo 1. Los resultados se muestran en la Tabla 1, más adelante.

## Ejemplo 3

Se repitió el ejemplo 1, excepto que se utilizó tanto una primera capa fibrosa de polietileno de alto peso molecular como una segunda capa fibrosa de aramida como capas de refuerzo. La capa de polietileno de alto peso molecular se formó a partir de un total de 20 capas de fibras preimpregnadas de polietileno de alto peso molecular de 4 hojas del ejemplo 1, y se utilizó como la primera capa de refuerzo fibrosa. La capa de aramida se formó a partir de un total de 22 capas de fibras preimpregnadas de aramida de 4 hojas del ejemplo 2, y se utilizó como la segunda capa de refuerzo fibrosa.

Las capas combinadas se cortaron al mismo tamaño y se apilaron como en el ejemplo 1, junto con las hojas adyacentes de las fibras de polietileno de alto peso molecular y las fibras de aramida se giraron 90° entre sí. Las capas combinadas se moldearon en las condiciones del ejemplo 1. Las capas de refuerzo fibrosas combinadas tenían una densidad superficial de 9,86 ksm (2,02 psf), un espesor de 9.50 mm (0,374 pulgadas) y un módulo de flexión de 1457,9 MPa (211,6 ksi).

Se montaron cuatro placas de cerámica en las capas de tela no tejida de polietileno de alto peso molecular moldeada y la capa de tela no tejida de aramida combinadas utilizando la película adhesiva del ejemplo 1, con las capas de polietileno de alto peso molecular adyacentes a las placas de cerámica. La estructura combinada se consolidó en una autoclave como en el ejemplo 1. La densidad superficial total fue de 22,05 ksf (4,52 psf). El panel completo se envolvió después con tela no tejida de SPECTRA SHIELD® PCR en ambas direcciones.

Se probaron las propiedades balísticas del panel como en el ejemplo 1. Los resultados se muestran en la Tabla 1, más adelante.

## Ejemplo 4

Se repitió el ejemplo 3, excepto que se invirtió la disposición de la capa fibrosa de polietileno de alto peso molecular y la capa fibrosa de aramida, con la capa de aramida formando la primera capa fibrosa (junto a la capa de cerámica) y la capa de polietileno de alto peso molecular formando la segunda capa fibrosa.

Las capas combinadas se cortaron al mismo tamaño y se apilaron como en el ejemplo 1, junto con las hojas adyacentes de las fibras de polietileno de alto peso molecular y siendo giradas las fibras de aramida 90° entre sí. Las capas combinadas se moldearon en las condiciones del ejemplo 1. Las capas de refuerzo fibrosas combinadas tenían una

## ES 2 710 884 T3

densidad superficial de 9,86 ksm (2,02 psf), un espesor de 9.42 mm (0,371 pulgadas) y un módulo de flexión de 133,60 MPa (193,9 ksi).

5 Se montaron cuatro placas de cerámica en las capas de tela no tejida de polietileno de alto peso molecular moldeada y la capa de tela no tejida de aramida combinadas utilizando la película adhesiva del ejemplo 1, con las capas de polietileno de alto peso molecular adyacentes a las placas de cerámica. La estructura combinada se consolidó en una autoclave como en el ejemplo 1. La densidad superficial total fue de 22,05 ksf (4,52 psf). El panel completo se envolvió después con tela no tejida de SPECTRA SHIELD® PCR en ambas direcciones.

Se probaron las propiedades balísticas del panel como en el ejemplo 1. Los resultados se muestran en la Tabla 1, más adelante.

10

Tabla 1

Ejemplo	Espesor total, (pulgadas) mm	Densidad superficial total, (p/f <sup>2</sup> ) kg/m <sup>2</sup>	V50, (fps) mps	Deformación, mm
1*	(0,567)	(4,55)	(2092)	41
	14	22,2	638	
2*	(0,469)	(4,50)	(2022)	35
	12	21,9	616	
3*	(0,519)	(4,52)	(2128)	36
	13	22,0	649	
4*	(0,516)	(4,52)	(2083)	38
	13	22,0	635	
*comparativo				

15 Estos ejemplos demuestran que el producto de cerámica reforzado fibroso de la invención tiene aproximadamente la misma o mejor resistencia balística que un material comparativo que se formó únicamente de un tipo de capa de refuerzo fibrosa. Si se comparan los ejemplos 1 y 3, se puede ver que el uso de una capa fibrosa de aramida separada y una capa fibrosa de polietileno de alto peso molecular separada (en donde aproximadamente la mitad de las hojas de aramida son sustituidas por hojas de polietileno de alto peso molecular) producen un panel de resistencia balística mejorada si se compa con un panel formado de una capa única de fibras de aramida (teniendo los paneles sustancialmente la misma densidad superficial). Además, la deformación de la cara de refuerzo se mejoró en el ejemplo de la invención. Si se comparan los ejemplos 2 y 4, se puede ver que el uso de una capa fibrosa de polietileno de alto peso molecular separada y una capa fibrosa de aramida separada (en donde aproximadamente la mitad de las hojas de polietileno de alto peso molecular son sustituidas por hojas de aramida) producen del mismo modo un panel balístico mejorado si se compara con un panel formado únicamente de una sola capa de fibras de polietileno de alto peso molecular (teniendo los paneles sustancialmente la misma densidad superficial). En este caso, la deformación de la cara de refuerzo es prácticamente similar.

20 Por consiguiente, se puede ver que la presente invención proporciona un panel de cerámica que está formado de al menos dos capas fibrosas que tienen diferentes composiciones de fibra, y sin embargo la resistencia balística no se ve afectada. De hecho, la resistencia balística aumenta cuando se mide mediante la propiedad V50. Esto significa que es posible sustituir un refuerzo de cerámica de una capa única de fibras de alta tenacidad por dos capas de diferentes fibras de alta tenacidad (sustancialmente con la misma densidad superficial) y lograr el rendimiento balístico requerido. Por lo mismo, cuando un material fibroso escasea es posible sustituir una parte considerable de ese material por otro material

30

fibroso de alta tenacidad y aún lograr las propiedades deseadas. Esto aumenta grandemente la flexibilidad a la hora de fabricar y suministrar paneles para muchas aplicaciones críticas.

5 Los paneles de esta invención son particularmente útiles para resistencia balística de vehículos terrestres y aviones. También son útiles como insertos para armaduras para el cuerpo humano, tal como chalecos y cascos, en dispositivos fijos, así como en aplicaciones de seguridad nacional.

Tras haberse descrito la invención en detalle, se entenderá que no es necesario ceñirse estrictamente a ese detalle, sino que se pueden sugerir otros cambios y modificaciones a las personas expertas en la técnica, estando todo dentro del ámbito de aplicación de la invención, como se define en las reivindicaciones que se acompañan.

**REVINDICACIONES**

1. Panel de resistencia balística, comprendiendo el panel:

5 una capa de cerámica frontal que tiene una superficie orientada hacia el exterior y una superficie orientada hacia el interior;

una primera capa fibrosa que comprende una red de un primer tipo de fibras de alta tenacidad y que comprende una superficie orientada hacia el exterior y una superficie orientada hacia el interior, siendo dicha superficie orientada hacia el exterior de dicha primera capa fibrosa adyacente a dicha superficie orientada hacia el interior de dicha capa de cerámica, y

10 una segunda capa fibrosa que comprende una red de un segundo tipo de fibras de alta tenacidad y que comprende una superficie orientada hacia el exterior y una superficie orientada hacia el interior, siendo dicha superficie orientada hacia el exterior de dicha segunda capa fibrosa adyacente a dicha superficie orientada hacia el interior de dicha primera capa fibrosa;

15 teniendo dicho primer tipo de fibras de alta tenacidad una composición diferente de la composición de dicho segundo tipo de fibras de alta tenacidad;

siendo dicha primera capa fibrosa más rígida que dicha segunda capa fibrosa, en el que dicha primera capa fibrosa comprende fibras seleccionadas del grupo que consiste en fibras de polietileno de alto peso molecular y fibras de aramida, y dicha segunda capa fibrosa comprende fibras seleccionadas del grupo que consiste en fibras de polietileno de alto peso molecular y fibras de aramida, y

20 en el que dicho polietileno de alto peso molecular tiene un peso molecular medio en peso de al menos 150.000; y

en el que dichas fibras de alta tenacidad tienen una tenacidad igual o superior a aproximadamente 7 g/d; en el que dicho panel tiene una resistencia balística que es sustancialmente equivalente o superior a la resistencia balística de una construcción de panel de cerámica comparable que tiene una única capa fibrosa que comprende el mismo tipo de fibras de alta tenacidad que dicho primer o segundo tipo de fibras de alta tenacidad, teniendo dicha única capa fibrosa una densidad superficial que es sustancialmente la misma que la densidad superficial combinada de dicha primera capa fibrosa y dicha segunda capa fibrosa.

2. Panel según la reivindicación 1, en el que dicha primera capa fibrosa tiene un módulo de flexión que es al menos aproximadamente un 5 % mayor que el módulo de flexión de dicha segunda capa fibrosa, preferiblemente al menos aproximadamente un 15 % mayor que el módulo de flexión de dicha segunda capa fibrosa, más preferiblemente al menos aproximadamente un 25 % mayor que el módulo de flexión de dicha segunda capa fibrosa, en el que el módulo de flexión se determina de acuerdo con la norma ASTM D790 a temperatura ambiente.

3. Panel según la reivindicación 1, en el que dichos tipos primero y segundo de fibras de alta tenacidad tienen tenacidades de al menos aproximadamente 22 g/d, preferiblemente en el que dichos tipos primero y segundo de fibras de alta tenacidad tienen tenacidades de al menos aproximadamente 28 g/d.

4. Panel según la reivindicación 1, en el que al menos una de dicha primera capa fibrosa y dicha segunda capa fibrosa tiene forma de red de fibras no tejidas orientadas unidireccionalmente con una matriz de resina.

5. Panel según la reivindicación 4, en el que dicha resina comprende de 5 a 40 por ciento en peso de dicha al menos una de dicha primera capa fibrosa y dicha segunda capa fibrosa.

40 6. Panel según la reivindicación 4, en el que dicha al menos una de dichas capas fibrosas primera y segunda comprende una pluralidad de hojas individuales que están orientadas una con respecto a otra, preferiblemente en el que cualquiera de dichas hojas está orientada en un ángulo de 90° con respecto a hojas adyacentes, o en el que ambas de las mencionadas capas fibrosas primera y segunda comprenden una pluralidad de hojas individuales que están orientadas una con respecto a otra.

7. Panel según la reivindicación 1, en el que tanto la primera capa fibrosa como la segunda capa fibrosa mencionadas tienen forma de red de fibras no tejidas orientadas unidireccionalmente con una matriz de resina, o en el que al menos una de dichas capas fibrosas primera y segunda tiene la forma de una tela tejida con una matriz de resina.
- 5 8. Panel según la reivindicación 1, en el que cada una de dichas capas fibrosas primera y segunda comprende una pluralidad de hojas individuales que están orientadas unas con respecto a otras, y el número de hojas varía de 2 a 200.
9. Panel según la reivindicación 1, en el que dicha primera capa fibrosa comprende fibras de aramida y dicha segunda capa fibrosa comprende fibras de polietileno de alto peso molecular.
10. Panel según la reivindicación 1, en el que dicha capa de cerámica comprende un material de cerámica seleccionado del grupo que consiste en nitruros, boruros, carburos y óxidos metálicos y no metálicos, y mezclas de estos.
- 10 11. Panel según la reivindicación 1, en el que dicha capa de cerámica comprende un material de cerámica seleccionado del grupo que consiste en carburo de silicio, óxido de silicio, nitruro de silicio, carburo de boro, nitruro de boro, diboruro de titanio, alúmina y óxido de magnesio, y mezclas de estos, preferiblemente en el que dicha capa de cerámica comprende carburo de silicio.
- 15 12. Panel según la reivindicación 1, que comprende además una tercera capa fibrosa interpuesta entre dicha primera capa fibrosa y dicha capa de cerámica, preferiblemente en el que dichas fibras de dicha tercera capa fibrosa se seleccionan del grupo que consiste en fibra de vidrio y fibras de grafito.
13. Panel según la reivindicación 1, que comprende además al menos una capa de una película de plástico.
14. Panel de resistencia balística según la reivindicación 1, en el que:
- dicha capa de cerámica comprende carburo de silicio;
- 20 teniendo cada una de dichas capas fibrosas primera y segunda forma de red de fibras no tejidas orientadas unidireccionalmente con una matriz de resina; y
- teniendo dicha primera capa fibrosa un módulo de flexión que es al menos aproximadamente un 15 % mayor que el módulo de flexión de dicha segunda capa fibrosa, en el que el módulo de flexión se determina de acuerdo con la norma ASTM D790 a temperatura ambiente.
- 25 15. Panel según la reivindicación 14, en el que dicha matriz de resina es una resina de poliuretano termoplástico cuando dichas fibras son fibras de aramida y dicha matriz de resina es un copolímero en bloque de estireno-isopreno-estireno cuando dichas fibras son fibras de polietileno de alto peso molecular, de preferencia en el que la relación del espesor de dicha primera capa fibrosa al espesor de dicha segunda capa fibrosa es de aproximadamente 1.5:1 a aproximadamente 1:1.5, más preferiblemente en el que el denier de dicho primer tipo de las fibras de alta tenacidad y el denier de dicho
- 30 segundo tipo de fibras de alta tenacidad es de 50 a 3000, más preferiblemente en el que dicha primera capa fibrosa se adhiere a dicha capa de cerámica mediante una película adhesiva.