

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 334**

51 Int. Cl.:

**A42B 3/06**

(2006.01)

**A42C 2/00**

(2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08729936 .8**

96 Fecha de presentación: **15.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2111128**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.10.2009**

54 Título: **CASCOS PROTECTORES.**

30 Prioridad:  
**15.02.2007 US 706719**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.02.2012**

73 Titular/es:  
**HONEYWELL INTERNATIONAL INC.  
LAW DEPARTMENT AB/2B 101 COLUMBIA ROAD  
MORRISTOWN, NJ 07962, US**

72 Inventor/es:  
**BHATNAGAR, Ashok;  
WAGNER, Lori L.;  
ARVIDSON, Brian D. y  
GRUNDEN, Bradley L.**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

**ES 2 374 334 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**

Cascos protectores

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a cascos protectores que son útiles para aplicaciones militares, para hacer cumplir la ley y para otras aplicaciones.

Descripción de la técnica relacionada

10 Los cascos protectores son bien conocidos. Tales cascos se han usado para aplicaciones militares y no militares. Los ejemplos de estas últimas incluyen usos para hacer cumplir la ley, usos deportivos u otros tipos de cascos de seguridad. Los cascos protectores usados para usos militares y para hacer cumplir la ley, en particular, necesitan ser resistentes a las balas.

15 Los cascos militares actualmente más populares están formados de fibras de aramida, típicamente en forma de varias capas de fibras de aramida junto con un material de resina, tal como una resina fenólica. Los cascos formados de fibras de aramida se describen, por ejemplo, en las patentes U.S. 4.199.388, 4.778.638 y 4.908.877. Aunque tales cascos en general se comportan de forma satisfactoria, son bastante pesados.

20 La patente US nº 6.012.178 describe un casco, en particular un casco antibalístico, que contiene capas de tejido textil protector hechas de fibras antibalísticas que incluyen fibras de aramida, fibras de polietileno hiladas por el proceso de hilatura en gel, fibras de vidrio, fibras metálicas, o sus mezclas. Se prefieren las fibras de aramida. Las capas de tejido textil dispuestas en el lado contrario al usuario están hechas de tejido tricotado multiaxial, y las capas de tejido textil en el lado hacia el usuario están hechas de tejido tejido. Las capas de tejido tricotado multiaxial comprenden preferiblemente 60-80% de todas las capas de refuerzo.

Sería deseable proporcionar un casco protector que tenga un peso reducido y también una mayor resistencia balística frente a proyectiles peligrosos.

**SUMARIO DE LA INVENCION**

25 Según esta invención, se proporciona un casco moldeado que comprende una carcasa, comprendiendo la carcasa desde fuera hacia dentro:

una primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo las capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras poliolefínicas o fibras de aramida; y

30 una segunda pluralidad de capas fibrosas adheridas a la primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dicha segunda pluralidad de capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida, con la condición de que cuando las fibras de la primera pluralidad de capas fibrosas comprendan fibras de poliolefina, entonces las fibras de la segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, y cuando las fibras de dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, entonces las fibras de la segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina.

35 Adicionalmente según esta invención, se proporciona un método para formar una carcasa de un casco, que comprende las etapas de:

40 suministrar una primera pluralidad de capas fibrosas a un molde, comprendiendo las capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida;

45 suministrar una segunda pluralidad de capas fibrosas al molde, comprendiendo la segunda pluralidad de capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida, con la condición de que cuando las fibras de la primera pluralidad de capas fibrosas comprendan fibras de poliolefina, entonces las fibras de la segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, y cuando las fibras de la primera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, entonces las fibras de la segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina; y

aplicar calor y presión a la primera pluralidad de capas fibrosas y a la segunda pluralidad de capas fibrosas, con lo que la primera pluralidad de capas fibrosas se adhiere a la segunda pluralidad de capas fibrosas para formar de ese modo una carcasa de casco integral.

Todavía adicionalmente de acuerdo con esta invención, se proporciona un método para formar una carcasa de un casco, que comprende las etapas de:

suministrar una primera pluralidad de capas fibrosas a un molde, comprendiendo las capas fibrosas fibras de vidrio en una primera matriz de resina;

- 5 suministrar una segunda pluralidad de capas fibrosas al molde, comprendiendo la segunda pluralidad de capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida;

10 suministrar una tercera pluralidad de capas fibrosas al molde, comprendiendo la tercera pluralidad de capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una tercera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida, con la condición de que cuando las fibras de la segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina, entonces las fibras de la tercera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, y cuando las fibras de la segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, entonces las fibras de la tercera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina; y

15 aplicar calor y presión a la primera pluralidad de capas fibrosas, a la segunda pluralidad de capas fibrosas y a la tercera pluralidad de capas fibrosas, la primera pluralidad de capas fibrosas se adhiere a la segunda pluralidad de capas fibrosas, y la segunda pluralidad de capas fibrosas se adhiere a la tercera pluralidad de capas fibrosas, para formar de ese modo una carcasa de casco integral.

20 Se ha descubierto que usando dos conjuntos separados de redes fibrosas de fibras de alta resistencia, se puede producir un casco de peso más ligero. Además, el coste del casco se puede reducir significativamente empleando un tercer conjunto de redes fibrosas de fibras de vidrio. Los cascos de esta invención tienen excelente resistencia balística, y son capaces de deformar proyectiles y atrapar los proyectiles fragmentados o deformados. Los cascos proporcionan los sistemas protectores necesarios para la protección balística, pero también se pueden usar en aplicaciones no balísticas.

25 Preferiblemente, con una estructura formada a partir de dos pluralidades de capas, la capa exterior se forma de fibras de aramida, y la capa interior se forma de fibras de poliolefina de alta tenacidad (más preferiblemente, fibras de polietileno de alta tenacidad). Con un material de casco de tres componentes, la capa exterior se forma a partir de una pluralidad de capas de fibras de vidrio, la capa central se forma preferiblemente a partir de una pluralidad de capas de fibras de aramida, y las capas interiores se forman preferiblemente a partir de una pluralidad de fibras de poliolefina de alta tenacidad (más preferiblemente, fibras de polietileno de alta tenacidad).

### 30 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Los cascos protectores de esta invención incluyen una pluralidad de capas de una red de fibras de aramida de alta resistencia y una pluralidad de capas de una red de fibras de poliolefina de alta resistencia. Como se menciona anteriormente, también pueden incluir una pluralidad de capas de redes de fibra de vidrio.

35 Para los fines de la presente invención, una fibra es un cuerpo alargado cuya dimensión longitudinal es mucho mayor que las dimensiones transversales de anchura y grosor. En consecuencia, el término fibra incluye monofilamento, multifilamento, cinta, tira, hilo corto u otras formas de fibra troceada, cortada o discontinua, y similar, que tiene una sección transversal regular o irregular. El término "fibra" incluye una pluralidad de cualquiera de los anteriores, o una combinación de los mismos. Un hilo es una hebra continua compuesta de muchas fibras o filamentos.

40 Como se usa aquí, la expresión "fibras de alta tenacidad" significa fibras que tienen tenacidades iguales a o mayores que alrededor de 7 g/d. Preferiblemente, estas fibras tienen módulos de tracción iniciales de al menos alrededor de 150 g/d, y energías en la ruptura de al menos alrededor de 8 J/g, según se mide mediante ASTM D2256. Como se usa aquí, las expresiones "módulo de tracción inicial", "módulo de tracción" y "módulo" significa el módulo de elasticidad según se mide mediante ASTM D2256 para un hilo, y mediante ASTM D638 para un elastómero o material de matriz.

45 Preferiblemente, las fibras de alta tenacidad tienen tenacidades iguales o mayores que alrededor de 10 g/d, más preferiblemente iguales o mayores que alrededor de 15 g/d, incluso más preferiblemente iguales o mayores que alrededor de 20 g/d, y lo más preferible iguales o mayores que alrededor de 25 g/d.

50 Las secciones transversales de las fibras útiles en esta invención pueden variar ampliamente. Pueden ser de sección transversal circular, plana u oblonga. También pueden ser de sección transversal multilobular irregular o regular, que tienen uno o más lóbulos regulares o irregulares que se proyectan desde el eje lineal o longitudinal del filamento. Se prefiere particularmente que las fibras sean de sección transversal sustancialmente circular, plana u oblonga, lo más preferible que las fibras sean de sección transversal sustancialmente circular.

Los hilos de las fibras de alta tenacidad usadas aquí pueden ser de cualquier denier adecuado, tal como, por ejemplo, alrededor de 50 a alrededor de 5000 denier, más preferiblemente de alrededor de 200 a alrededor de 5000 denier, todavía más preferiblemente de alrededor de 650 a alrededor de 3000 denier, y lo más preferible de alrededor de 800 a alrededor de 1500 denier.

- 5 Las redes de fibra de esta invención están preferiblemente en forma de tejidos tejidos, tricotados o no tejidos. Preferiblemente, al menos alrededor de 50% en peso de las fibras en las capas de la pluralidad de capas de fibras de alta tenacidad son las fibras de alta tenacidad. Más preferiblemente, al menos alrededor de 75% en peso de las fibras en las capas de la pluralidad de capas de fibras de alta tenacidad son las fibras de alta tenacidad. Lo más preferible, todas o sustancialmente todas las fibras en las capas de la pluralidad de capas de fibras de alta tenacidad son las fibras de alta tenacidad.

Según la invención, la carcasa del casco se forma a partir de capas de diferentes materiales balísticos. Preferiblemente, hay un grupo de capas de fibras formadas a partir de un tipo de fibra de alta tenacidad, y hay un segundo grupo de capas de fibras formadas a partir de un segundo tipo de fibra de alta tenacidad. Estas fibras son fibras de aramida o fibras de poliolefina. Las fibras de poliolefina son preferiblemente fibras de polietileno de alta tenacidad y/o fibras de polipropileno de alta tenacidad. Lo más preferible, las fibras de poliolefina son fibras de polietileno de alta tenacidad, también conocidas como fibras de polietileno de cadena extendida o fibras de polietileno de peso molecular elevado muy orientadas. Las fibras de aramida y de poliolefina útiles aquí son conocidas y poseen excelentes propiedades de resistencia a las balas.

La patente U.S. 4.457.985 trata generalmente sobre fibras de polietileno y fibras de polipropileno de peso molecular elevado. En el caso de fibras de polietileno, las fibras adecuadas son aquellas de peso molecular medio ponderal de al menos alrededor de 150.000, preferiblemente al menos alrededor de un millón, y más preferiblemente de alrededor de dos millones y alrededor de cinco millones. Tales fibras de polietileno de peso molecular elevado se pueden hilar en disolución (véase la patente U.S. n° 4.137.394 y la patente U.S. n° 4.356.138), o se puede hilar un filamento a partir de una disolución para formar una estructura de gel (véase la patente U.S. n° 4.413.110, Off. alemana n° 3.004.699 y la patente GB n° 2051667), o las fibras de polietileno se pueden producir mediante un procedimiento de laminado y estirado (véase la patente U.S. n° 5.702.657). Como se usa aquí, el término polietileno significa un material polietilénico predominantemente lineal, que puede contener cantidades pequeñas de comonomeros de ramificación de cadena que no superan alrededor de 5 unidades modificadoras por 100 átomos de carbono de la cadena principal, y que también puede contener, mezclado con él, no más de alrededor de 5 por ciento en peso de uno o más aditivos poliméricos tales como polímeros de 1-alqueno, en particular polietileno de baja densidad, polipropileno o polibutileno, copolímeros que contienen monoolefinas como monómeros principales, poliolefinas oxidadas, copolímeros de poliolefina injertados y polioximetilenos, o aditivos de bajo peso molecular tales como antioxidantes, lubricantes, agentes apantallantes de rayos ultravioletas, colorantes, y similares, que se incorporan habitualmente.

35 Las fibras de polietileno de alta tenacidad están comercialmente disponibles y se venden con la marca SPECTRA® por Honeywell International Inc. de Morristown, New Jersey, U.S.A. También se pueden usar fibras de polietileno procedentes de otras fuentes.

Dependiendo de la técnica de formación, la relación de estiramiento y temperaturas y otras condiciones, se puede impartir a estas fibras una variedad de propiedades. La tenacidad de las fibras de polietileno es al menos alrededor de 7 g/d, preferiblemente al menos alrededor de 15 g/d, más preferiblemente al menos alrededor de 20 g/d, todavía más preferiblemente al menos alrededor de 25 g/d, y lo más preferible al menos alrededor de 30 g/d. De forma similar, el módulo de tracción inicial de las fibras, según se mide mediante una máquina de ensayo de tracción Instron, es preferiblemente al menos alrededor de 300 g/d, más preferiblemente al menos alrededor de 500 g/d, todavía más preferiblemente al menos alrededor de 1.000 g/d, y lo más preferible al menos alrededor de 1.200 g/d. Estos valores más elevados para el módulo de tracción inicial y para la tenacidad son obtenibles generalmente empleando sólo procedimientos de crecimiento en disolución o de hilado en gel. Muchos de los filamentos tienen puntos de fusión mayores que el punto de fusión del polímero a partir del cual se formaron. De este modo, por ejemplo, el polietileno de peso molecular elevado de alrededor de 150.000, alrededor de un millón y alrededor de dos millones de peso molecular, tienen generalmente puntos de fusión en toda la masa de 138°C. Los filamentos de polietileno muy orientados obtenidos a partir de estos materiales tienen puntos de fusión de alrededor de 7°C a alrededor de 13°C superiores. De este modo, un ligero incremento en el punto de fusión refleja la perfección cristalina y una mayor orientación cristalina de los filamentos en comparación con el polímero a granel.

De forma similar, se pueden usar fibras de polipropileno de peso molecular elevado muy orientadas, de peso molecular medio ponderal de al menos alrededor de 200.000, preferiblemente al menos alrededor de un millón, y más preferiblemente al menos alrededor de dos millones. Tal polipropileno de cadena extendida se puede formar en filamentos razonablemente bien orientados mediante las técnicas prescritas en las diversas referencias citadas anteriormente, y especialmente mediante la técnica de la patente U.S. n° 4.413.110. Puesto que el polipropileno es un material mucho menos cristalino que el polietileno y contiene grupos metilo colgantes, los valores de tenacidad logrables con polipropileno son generalmente sustancialmente menores que los valores correspondientes para

polietileno. En consecuencia, una tenacidad adecuada es preferiblemente al menos alrededor de 8 g/d, más preferiblemente al menos alrededor de 11 g/d. El módulo de tracción inicial para polipropileno es preferiblemente al menos alrededor de 160 g/d, más preferiblemente al menos alrededor de 200 g/d. El punto de fusión del polipropileno se eleva generalmente varios grados por el procedimiento de orientación, de manera que el filamento de polipropileno tiene preferiblemente un punto de fusión principal de al menos 168°C, más preferiblemente al menos 170°C. Los intervalos particularmente preferidos para los parámetros descritos anteriormente pueden proporcionar ventajosamente un comportamiento mejorado en el artículo final. El empleo de fibras que tienen un peso molecular medio ponderal de al menos alrededor de 200.000, acoplado con los intervalos preferidos para los parámetros descritos anteriormente (módulo y tenacidad), puede proporcionar un comportamiento ventajosamente mejorado en el artículo final.

En el caso de fibras de aramida, las fibras adecuadas formadas a partir de poliamidas aromáticas se describen en la patente U.S. nº 3.671.542. Las fibras de aramida preferidas tendrán una tenacidad de al menos alrededor de 20 g/d, un módulo de tracción inicial de al menos alrededor de 400 g/d, y una energía en la ruptura de al menos alrededor de 8 J/g, y las fibras de aramida particularmente preferidas tendrán una tenacidad de al menos alrededor de 20 g/d y una energía en la ruptura de al menos alrededor de 20 J/g. Las fibras de aramida más preferidas tendrán una tenacidad de al menos alrededor de 20 g/d, un módulo de al menos alrededor de 900 g/d, y una energía en la ruptura de al menos alrededor de 30 J/g. Por ejemplo, los filamentos de poli(p-fenilentereftalamida), que tienen valores de módulos y de tenacidad moderadamente elevados, son particularmente útiles para formar materiales compuestos resistentes a las balas. Los ejemplos son Kevlar® 29, que tiene 500 g/d y 22 g/d, y Kevlar® 49, que tiene 1000 g/d y 22 g/d como valores de módulo de tracción inicial y tenacidad, respectivamente. Otros ejemplos son Kevlar® 129 y KM2, que están disponibles en 400, 640 y 840 deniers de du Pont, y Twaron® T2000 de Teijin, que tiene un denier de 1000. También se pueden usar en esta invención fibras de aramida procedentes de otros fabricantes. También se pueden usar copolímeros de poli(p-fenilentereftalamida), tales como co-poli(p-fenilentereftalamida-3,4'-oxidifenilentereftalamida). También son útiles en la práctica de esta invención fibras de poli(m-fenilenisoftalamida), vendidas por du Pont con el nombre comercial Nomex®. En la presente invención se pueden usar fibras de aramida procedentes de una variedad de proveedores.

Las fibras de alta resistencia están en una red que está preferiblemente en forma de un tejido tejido, tricotado o no tejido (tal como hojas de fibras orientadas unidireccionalmente, o fibras que están enfurtidas en una orientación aleatoria). Se pueden emplear tejidos tejidos de cualquier patrón de tejedura, tal como ligamento tafetán, ligamento panamá, ligamento cruzado, raso, tejidos tejidos tridimensionales, y cualquiera de sus diversas variaciones. Se prefieren los tejidos de ligamento tafetán, y son más preferidos los tejidos de ligamento tafetán que tienen un recuento de urdimbre y trama igual.

Las redes de fibras en cada grupo de capas de fibras están preferiblemente en el mismo formato de tejido (por ejemplo, tejido, tricotado o no tejido). Como alternativa, puede haber una mezcla del tipo de tejidos en las capas de cada grupo de capas de fibras. En una realización preferida, las capas de fibras en ambos grupos de fibras están todas en forma de un tejido tejido.

En una realización, el tejido tiene preferiblemente entre alrededor de 15 y alrededor de 55 extremos por pulgada (alrededor de 5,9 a alrededor de 21,6 extremos por cm) tanto en las direcciones de urdimbre como de trama, y más preferiblemente entre alrededor de 17 y alrededor de 45 extremos por pulgada (alrededor de 6,7 a alrededor de 17,7 extremos por cm). Los hilos tienen preferiblemente un denier de alrededor de 375 a alrededor de 1300. El resultado es un tejido tejido que pesa preferiblemente entre alrededor de 5 y alrededor de 19 onzas por yarda al cuadrado (alrededor de 169,5 a alrededor de 644,1 g/m<sup>2</sup>), y más preferiblemente entre alrededor de 5 y alrededor de 11 onzas por yarda al cuadrado (alrededor de 169,5 a alrededor de 373,0 g/m<sup>2</sup>). Los ejemplos de tales tejidos son aquellos denominados como estilos de tejido SPECTRA® 902, 903, 904, 952, 955 y 960. Otros ejemplos incluyen tejidos formados a partir de ligamentos panamá, tal como el estilo 912 del tejido SPECTRA®. Los ejemplos de tejido de aramida son aquellos denominados como estilos 704, 705, 706, 708, 710, 713, 720, 745, y 755 de tejido Kevlar®, y los estilos 5704, 5716, y 5931 de tejido Twaron®. Los tejidos anteriores están disponibles, por ejemplo, de Hexcel de Anderson, South Carolina, USA. Como apreciarán los expertos en la técnica, las construcciones de tejidos descritas aquí son sólo ejemplares, y no pretenden limitar la invención a ellas.

Como se menciona anteriormente, el tejido puede estar en forma de un tejido tricotado. Las estructuras tricotadas son construcciones compuestas de bucles entrelazados, siendo los cuatro tipos principales las estructuras de tejido de punto, raschel, de red y orientadas. Debido a la naturaleza de la estructura del bucle, los tricotados de las tres primeras categorías no son tan adecuados puesto que no aprovechan completamente la resistencia de una fibra. Sin embargo, las estructuras tricotadas orientadas usan hilos incrustados rectos, mantenidos en el sitio por puntadas tricotadas de denier fino. Los hilos son absolutamente rectos sin el efecto de ondulación encontrado en tejidos tejidos, debido al efecto entrelazante en los hilos. Esta colocación en hilos se puede orientar en una dirección monoaxial, biaxial o multiaxial, dependiendo de las necesidades de ingeniería. Se prefiere que el equipo de tricotado específico usado en la colocación de los hilos que soportan carga sea tal que los hilos no se perforen.

Como alternativa, el tejido de alta resistencia del grupo de capas de la red de fibras puede estar en forma de un

tejido no tejido, tal como hojas de fibras orientadas unidireccionalmente, o fibras que están enfurtidas en una orientación aleatoria. Cuando se emplean fibras orientadas unidireccionalmente, preferiblemente se usan en una disposición de hojas cruzadas, en la que una capa de fibras se extiende en una dirección y una segunda capa de fibras se extiende en una dirección de 90° con respecto a las primeras fibras. Cuando las hojas individuales son fibras orientadas unidireccionalmente, las hojas sucesivas están giradas preferiblemente unas con relación a las otras, por ejemplo en ángulos de 0°/90°, 0°/90°/0°/90° ó 0°/45°/90°/45°/0° o en otros ángulos. Cuando las redes de fibras están en forma de un fieltro, pueden ser fieltros agujereados por agujas. Un fieltro es una red no tejida de fibras orientadas aleatoriamente, siendo preferiblemente al menos una de ellas una fibra discontinua, preferiblemente una fibra de hilo corto que tiene una longitud que oscila desde alrededor de 0,25 pulgadas (0,64 cm) hasta alrededor de 10 pulgadas (25 cm). Estos fieltros se pueden formar mediante varias técnicas conocidas en la técnica, tal como cardado o deposición de fluido, soplado en fundido y deposición por rotación. La red de fibras se consolida mecánicamente, tal como mediante agujereado por aguja, unión por puntada, hidroenmarañamiento, enmarañamiento con aire, unido por hilatura, enlazamiento por hilatura o similar, químicamente tal como con un adhesivo, o térmicamente con una fibra para unir por puntos o una fibra amasada con un menor punto de fusión. El método de consolidación preferido es el agujereado con aguja solo, o seguido de uno de los otros métodos. El fieltro preferido es un fieltro agujereado con aguja.

Las capas fibrosas están en una matriz de resina. La matriz de resina para las hojas de fibras se puede formar a partir de una amplia variedad de materiales elastoméricos y de otros materiales que tienen características deseadas. En una realización, los materiales elastoméricos usados en tal matriz poseen un módulo de tracción inicial (módulo de elasticidad) igual o menor que alrededor de 6.000 psi (41,4 MPa), según se mide mediante ASTM D638. Más preferiblemente, el elastómero tiene un módulo de tracción inicial igual o menor que alrededor de 2.400 psi (16,5 MPa). Lo más preferible, el material elastomérico tiene un módulo de tracción inicial igual o menor que alrededor de 1.200 psi (8,23 MPa). Estos materiales resinosos son típicamente de naturaleza termoplástica, pero también son útiles los materiales de termoendurecimiento.

Preferiblemente la matriz de resina se puede seleccionar para que tenga un módulo de tracción elevado cuando se cure, tal como al menos alrededor de  $1 \times 10^6$  psi (6895 MPa), según se mide mediante ASTM D638. En la patente U.S. 6.642.159 se describen, por ejemplo, ejemplos de tales materiales.

La proporción del material de matriz de resina a fibra en las capas de material compuesto pueden variar ampliamente dependiendo del uso final. El material de matriz de resina forma preferiblemente alrededor de 1 a alrededor de 98 por ciento en peso, más preferiblemente de alrededor de 5 a alrededor de 95 por ciento en peso, todavía más preferiblemente de alrededor de 5 a alrededor de 40 por ciento en peso, y lo más preferible de alrededor de 10 a alrededor de 25 por ciento en peso, del peso total de las fibras y matriz de resina. Los porcentajes anteriores se basan en los tejidos consolidados.

Como la matriz de resina, se puede utilizar una amplia variedad de materiales, incluyendo resinas termoplásticas y de termoendurecimiento, siendo preferidas estas últimas. Por ejemplo, se puede emplear cualquiera de los siguientes materiales: polibutadieno, poliisopreno, caucho natural, copolímeros de etileno-propileno, terpolímeros de etileno-propileno-dieno, polímeros de polisulfuro, poliuretanos termoplásticos, elastómeros de poliuretano, polietileno clorosulfonado, policloropreno, policloruro de vinilo plastificado usando ftalato de dioctilo u otros plastificantes bien conocidos en la técnica, elastómeros de butadieno-acrilonitrilo, poli(isobutileno-co-isopreno), poliácridatos, poliésteres, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, elastómeros termoplásticos, y copolímeros de etileno. Los ejemplos de resinas de termoendurecimiento incluyen aquellas que son solubles en disolventes saturados de carbono-carbono, tales como metiletilcetona, acetona, etanol, metanol, alcohol isopropílico, ciclohexano, etilacetona, y sus combinaciones. Entre las resinas de termoendurecimiento están ésteres vinílicos, copolímeros de bloques de estireno-butadieno, ftalato de dialilo, resinas fenólicas tales como fenol-formaldehído, polivinilbutiral, resinas epoxi, resinas de poliéster, resinas de poliuretano, y sus mezclas, y similares. Se incluyen aquellas resinas que se describen en la patente U.S. 6.642.159 mencionada anteriormente. Las resinas de termoendurecimiento preferidas incluyen resinas epoxi, resinas fenólicas, resinas de éster vinílico, resinas de uretano y resinas de poliéster, y sus mezclas. Las resinas de termoendurecimiento preferidas para tejidos 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 elastoméricos son copolímeros de bloques de dienos conjugados y copolímeros vinilaromáticos. El butadieno y el isopreno son los elastómeros de dienos conjugados preferidos. El estireno, viniltolueno y t-butilestireno son los monómeros aromáticos conjugados preferidos. Los copolímeros de bloques que incorporan poliisopreno se pueden hidrogenar para producir elastómeros termoplásticos que tienen segmentos elastoméricos de hidrocarburos saturados. Los polímeros pueden ser copolímeros de tribloques simples del tipo R-(BA)<sub>x</sub> (x = 3-150); en el que A es un bloque de un monómero polivinilaromático, y B es un bloque de un elastómero de dieno conjugado. Una matriz de resina preferida es un copolímero de bloques de isopreno-estireno-isopreno, tal como el copolímero de bloques de isopreno-estireno-isopreno Kraton® D1107 disponible de Kraton Polymer LLC. Otra matriz de resina útil aquí es un poliuretano termoplástico, tal como una mezcla copolimérica de resinas

poliuretánicas dispersas en agua.

El material de resina se puede componer con cargas tales como negro de humo, sílice, etc., y se puede extender con aceites, y se puede vulcanizar mediante azufre, peróxido, óxido metálico o sistemas de curado por radiación, usando métodos bien conocidos para las personas técnicas en el caucho. También se pueden usar mezclas de diferentes resinas.

Preferiblemente, la matriz de resina en cada una de la pluralidad de capas fibrosas es igual que o es compatible con la matriz de resina en la otra pluralidad o pluralidades de capas fibrosas. Por "compatible" se quiere decir que la química de la resina es tal que cada resina prepreg se puede procesar bajo la misma presión de moldeo, temperatura y duración del moldeo. Esto asegura que la carcasa de casco se puede moldear en un ciclo, independientemente de si hay dos o más pluralidades de capas fibrosas de diferentes fibras.

Como se menciona anteriormente, en ciertos aspectos de la invención, se emplea una pluralidad de capas fibrosas de fibras de vidrio, preferiblemente como la capa exterior de la carcasa del casco. Estas capas también se forman como capas de fibras que están en una matriz de resina. Las resinas útiles para las capas de fibra de vidrio son las mismas que las mencionadas anteriormente con respecto a las capas de fibra de alta tenacidad, y pueden estar presentes en las capas de fibras en las mismas cantidades que las indicadas anteriormente para las otras capas. Aquí se pueden usar diversos tipos de fibras de vidrio, incluyendo las fibras de tipos E y S. Las capas de fibra de vidrio también pueden estar presentes en diversas formas de tejidos, tales como los tipos de tejidos tejidos, tricotados y no tejidos (tanto enfurtidos unidireccionalmente como aleatoriamente) mencionados anteriormente con respecto a las capas de fibras de alta tenacidad. Los ejemplos de tejidos de fibra de vidrio tejidos son aquellos designados como estilos 1528, 3731, 3733, 7500, 7532, 7533, 7580, 7624, 7628 y 7645, que están disponibles de Hexcel.

Usando los prepregs de fibra de vidrio, se puede reducir significativamente el coste de los cascos, puesto que la fibra de vidrio cuesta sólo una fracción en comparación con el coste de los tejidos de aramida y de polietileno. Las capas de fibra de vidrio son las más rígidas y son muy abrasivas. Como tales, se colocan de forma deseable como las capas exteriores del casco. Las capas de fibra de aramida tienen una buena resistencia a las balas y una deformación de la cara posterior decente, y son adecuadas en particular para uso como la sección central del casco de material compuesto de tres secciones. El material compuesto de tejido de polietileno es relativamente flexible y el menos abrasivo cuando se moldea, y tiene el menor peso y la mayor resistencia balística frente a ciertos proyectiles. El tejido de polietileno es particularmente adecuado para uso como la capa interna de las tres secciones del casco. Como alternativa, en un casco de tres secciones, las capas de polietileno pueden ser la sección central, y las capas de aramida se pueden emplear como la sección interior del casco de material compuesto.

Cuando el casco está formado sólo por dos secciones de capas fibrosas de alta tenacidad, preferiblemente la sección exterior está formada por las capas de aramida, y la sección interior está formada por las capas de polietileno, pero esto se podría invertir si se desea.

Preferiblemente, cada una de la pluralidad de capas fibrosas es revestida o impregnada con la matriz de resina antes del moldeo, para formar los tejidos prepreg. En general, las capas fibrosas de la invención se forman preferiblemente construyendo inicialmente una red de fibras (por ejemplo, partiendo de una capa de tejido tejido), y revistiendo después la red con la composición de matriz. Como se usa aquí, el término "revistiendo" se usa en un sentido amplio para describir una red de fibras en la que las fibras individuales tienen una capa continua de la composición de matriz que rodea las fibras, o una capa discontinua de la composición de matriz sobre la superficie de las fibras. En el primer caso, se puede afirmar que las fibras están completamente embebidas en la composición de matriz. Los términos revistiendo e impregnando se usan aquí de forma intercambiable. Aunque es posible aplicar la matriz de resina a capas fibrosas libres de resina mientras están en el molde, es menos deseable, ya que puede ser difícil de controlar la uniformidad del revestimiento de la resina.

La composición de resina de la matriz se puede aplicar de cualquier manera adecuada, tal como disolución, dispersión o emulsión, sobre las capas fibrosas. Entonces, la red de fibras revestidas con la matriz se seca. La disolución, dispersión o emulsión de la resina de la matriz se puede pulverizar sobre los filamentos. Como alternativa, la estructura de la capa fibrosa se puede revestir con la disolución, dispersión o emulsión acuosa mediante inmersión o por medio de un revestidor de rodillos, o similar. Después del revestimiento, la capa fibrosa revestida se puede hacer pasar entonces a través de un horno para el secado, en el que la capa o capas de la red de fibras revestidas se someten a calor suficiente para evaporar el agua u otro líquido en la composición de matriz. La red fibrosa revestida se puede colocar entonces en una banda transportadora, que puede ser un sustrato de papel o un sustrato de película, o los tejidos se pueden colocar inicialmente en una banda transportadora antes del revestimiento con la resina de matriz. El sustrato y la capa o capas de tejido que contienen la matriz de resina se pueden enrollar entonces en un rodillo continuo de manera conocida.

Las redes de fibras se pueden construir vía una variedad de métodos. En el caso de redes de fibras alineadas unidireccionalmente, se pueden suministrar haces de hilos de los filamentos de alta tenacidad desde una fileta y se

pueden conducir a través de guías y una o más barras repartidoras en un peine colimador antes del revestimiento con el material de matriz. El peine colimador alinea los filamentos de forma coplanar y de una manera sustancia unidireccional.

5 Tras el revestimiento de las capas de tejido con la matriz de resina, las capas se consolidan preferiblemente de manera conocida para formar un prepreg. Por "consolidar" se quiere decir que el material de matriz y la capa de red de fibras se combinan en una única capa unitaria. La consolidación se puede producir vía secado, enfriamiento, calentamiento, presión, o una combinación de los mismos.

10 El número de capas en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede variar ampliamente, dependiendo del tipo de casco deseado, el comportamiento deseado y el peso deseado. Por ejemplo, el número de capas en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede oscilar desde alrededor de 2 hasta alrededor de 40 capas, más preferiblemente desde alrededor de 2 hasta alrededor de 25 capas, lo más preferible desde alrededor de 2 hasta alrededor de 15 capas. El número de capas en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede ser diferente, o puede ser el mismo. Las capas pueden tener cualquier grosor adecuado. Por ejemplo, cada capa de una sección de la pluralidad de capas fibrosas puede tener un grosor de alrededor de 1 mil a alrededor de 40 mils (25 a 1016  $\mu\text{m}$ ), más preferiblemente de alrededor de 3 a alrededor de 30 mils (76 a 762  $\mu\text{m}$ ), y lo más preferible de alrededor de 5 a alrededor de 20 mils (127 a 508  $\mu\text{m}$ ). El grosor de cada capa de cada pluralidad de redes fibrosas puede ser el mismo o diferente.

20 Igualmente, el peso de cada capa en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede variar ampliamente, pero habitualmente se escoge de manera que el peso global del casco está dentro de un intervalo aceptable para la comodidad y protección del usuario. Por ejemplo, el peso de cada capa en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede oscilar de alrededor de 5 a alrededor de 200 gramos, más preferiblemente de alrededor de 10 a alrededor de 100 gramos, y lo más preferible de alrededor de 20 a alrededor de 75 gramos. Nuevamente, el peso de cada capa de cada pluralidad de redes fibrosas puede ser el mismo o diferente. En un ejemplo para una carcasa con dos secciones de la pluralidad de capas fibrosas, el peso total de la primera pluralidad de capas fibrosas oscila desde alrededor de 200 (preferiblemente alrededor de 400) hasta alrededor de 600 gramos, y el peso total de la segunda pluralidad de capas fibrosas oscila de forma correspondiente desde alrededor de 600 hasta alrededor de 200 (preferiblemente alrededor de 400) gramos.

30 La relación en peso de las capas puede variar según se desee. Para una carcasa de casco formada a partir de sólo las dos secciones de tejidos de alta tenacidad, las capas que contienen aramida pueden estar presentes en una cantidad de alrededor de 20 a alrededor de 80 por ciento en peso basado en el peso total de la carcasa del casco, más preferiblemente de alrededor de 35 a alrededor de 65 por ciento en peso, y lo más preferible de alrededor de 45 a alrededor de 55 por ciento en peso. De forma correspondiente, las capas que contienen poliolefina pueden estar presentes en una cantidad de alrededor de 80 a alrededor de 20 por ciento en peso, más preferiblemente de alrededor de 65 a alrededor de 35 por ciento en peso, y lo más preferible de alrededor de 55 a alrededor de 45 por ciento en peso, basado en el peso total de la carcasa del casco.

35 Para una carcasa de casco formada a partir de tres secciones de los tejidos usados aquí, las capas que contienen fibra de vidrio pueden estar presentes en una cantidad, basado en el peso total de la carcasa del casco, de alrededor de 5 a alrededor de 65 por ciento en peso, más preferiblemente de alrededor de 10 a alrededor de 50 por ciento en peso, y lo más preferible de alrededor de 20 a alrededor de 40 por ciento en peso; las capas que contienen aramida pueden estar presentes en una cantidad de alrededor de 5 a alrededor de 65 por ciento en peso, más preferiblemente de alrededor de 10 a alrededor de 50 por ciento en peso, y lo más preferible de alrededor de 20 a alrededor de 40 por ciento en peso; y las capas que contienen poliolefina pueden estar presentes en una cantidad de alrededor de 5 a alrededor de 65 por ciento en peso, más preferiblemente de alrededor de 10 a alrededor de 50 por ciento en peso, y lo más preferible de alrededor de 20 a alrededor de 40 por ciento en peso. En un ejemplo de una carcasa de casco formada a partir de las citadas tres secciones de tejidos, el peso total de cada una de la pluralidad primera, segunda y tercera de capas fibrosas está en el intervalo de alrededor de 250 a alrededor de 400 gramos.

50 Un tipo de casco que se ha empleado ampliamente en aplicaciones militares es conocido por el acrónimo PASGT (Sistema de Armadura Personal para Tropas de Tierra). De forma deseable, tales cascos medios tienen un peso en el intervalo de alrededor de 750 a alrededor de 1500 gramos, y más preferiblemente de alrededor de 800 a alrededor de 1100 gramos.

55 Para formar las carcasas de casco de esta invención, se aplican a un molde los prepregs de los dos o más tipos de redes fibrosas. Cuando se emplean sólo dos secciones o prepregs, preferiblemente se coloca en un molde adecuado el número deseado de las capas individuales de las fibras de aramida en la matriz de resina, en una posición para formar la sección exterior de la carcasa del casco. El molde puede ser de cualquier tipo deseado, tal como un molde de boquillas equivalentes. A continuación, se coloca en el molde y se sitúa el número deseado de las capas individuales de las fibras de polietileno de alta tenacidad, de manera que formen la sección interna de la carcasa del casco. Ciertamente, el orden se puede invertir, dependiendo de qué capas de fibra se deseen como las

capas exteriores del casco. De forma deseable, la resina se escoge de manera que no sea pegajosa cuando se coloca en el molde. Esto permite que las capas individuales se deslicen unas sobre otras a fin de llenar completamente el molde y formar la forma deseada del casco. No es necesario usar ningún adhesivo entre las capas individuales o grupos de capas de las fibras de alta tenacidad, puesto que la resina o resinas de las capas individuales proporcionan la unión necesaria entre las capas. Sin embargo, si se desea, se puede usar una capa o capas adhesivas separadas.

Se debería tener cuidado en llenar completa y uniformemente el molde y colocar todas las capas en la orientación apropiada. Esto asegura un comportamiento uniforme en toda la carcasa del casco. Si el volumen combinado de los materiales híbridos es mayor del que puede aguantar el molde del casco, el molde no se cerrará, y por tanto el casco no se moldeará. Si el volumen combinado de los materiales híbridos es menor que el volumen del molde, aunque el molde se cerrará, el material no se moldeará debido a la falta de presión de moldeo.

Una vez que el molde está cargado apropiadamente con el número deseado y tipo de capas fibrosas, la carcasa del casco se puede moldear en las condiciones deseadas de moldeo. Estas condiciones pueden ser similares a las empleadas en el moldeo de capas separadas de tejidos de aramida y capas separadas de tejidos de polietileno. Por ejemplo, la temperatura de moldeo puede oscilar de alrededor de 65 a alrededor de 250°C, más preferiblemente desde alrededor de 90 hasta alrededor de 330°C, y lo más preferible de alrededor de 120 a alrededor de 320°C. La presión de moldeo de las tenazas puede oscilar, por ejemplo, desde alrededor de 10 hasta alrededor de 500 toneladas (10,2 a 508 toneladas métricas), más preferiblemente desde alrededor de 50 hasta alrededor de 350 toneladas (50,8 a 356 toneladas métricas), y lo más preferible desde alrededor de 100 hasta alrededor de 200 toneladas (102 a 203 toneladas métricas). Los tiempos de moldeo pueden oscilar desde alrededor de 5 hasta alrededor de 60 minutos, más preferiblemente desde alrededor de 10 hasta alrededor de 35 minutos, y lo más preferible desde alrededor de 15 hasta alrededor de 25 minutos.

En las condiciones deseadas de moldeo, la resina o resinas presentes en las redes fibrosas se curan en el caso de resinas de termoendurecimiento. Esto da como resultado una unión fuerte de las capas individuales y grupos de capas en la forma deseada del casco como un moldeo integral, monolítico. Se cree que las resinas de termoendurecimiento de cada conjunto de tejidos se unen en sus interfaces mediante la reticulación de las resinas. Para resinas termoplásticas, el casco se enfría por debajo de la temperatura de reblandecimiento de la resina, y después se extrae del molde. Bajo calor y presión, las resinas termoplásticas fluyen entre las capas de tejidos, dando también como resultado un moldeo integral, monolítico. La presión de moldeo se mantiene durante el enfriamiento. Después, el producto moldeado se extrae del molde y, si es necesario, la parte se recorta.

Aunque se prefiere tener un primer apilamiento de un tipo de redes fibrosas de alta resistencia y un segundo apilamiento de redes fibrosas de alta resistencia formados de una fibra diferente, es posible incluir capas de cada tipo de fibras en uno o ambos apilamientos de las capas fibrosas. Estas se pueden alternar en un patrón que se repite o que no se repite. Sin embargo, se prefiere que cada apilamiento esté formado por un único tipo de material fibroso de alta tenacidad.

En el caso de tres tipos diferentes de prepregs, un casco se forma preferiblemente introduciendo en primer lugar en el molde las capas de tejido de fibra de vidrio, introduciendo después las capas de tejido de aramida (si van a estar en la sección central de la construcción), e introduciendo finalmente las capas de tejido de poliolefina (si van a estar en la sección interna de la carcasa del casco). Nuevamente, el orden de introducción de los tres tipos diferentes de prepregs puede variar dependiendo de qué prepregs se desee que estén en las capas exteriores, las capas centrales y las capas internas de la carcasa del casco.

Los tejidos usados en la estructura compuesta son relativamente delgados, aunque muy fuertes. El grosor preferido de las capas de tejidos individuales es de alrededor de 1 a alrededor de 36 mils (25 a 911  $\mu\text{m}$ ), más preferiblemente de alrededor de 5 a alrededor de 28 mils (127 a 711  $\mu\text{m}$ ), y lo más preferible de alrededor de 10 a alrededor de 23 mils (254 a 584  $\mu\text{m}$ ).

Los siguientes ejemplos no limitantes se presentan para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Las técnicas específicas, condiciones, materiales, proporciones y datos dados a conocer, expuestos para ilustrar los principios de la invención, son ejemplares y no se deberían de interpretar como limitantes del alcance de la invención. Todos los porcentajes están en peso, excepto que se señale de otro modo.

## EJEMPLOS

### Ejemplo 1

Se formó una carcasa de casco a partir de capas de fibras de aramida de alta tenacidad y capas de fibras de polietileno de alta tenacidad. Las fibras de aramida estaban en forma de capas de tejido tejido Kevlar®, estilo 705, que es una construcción de ligamento tafetán de 31 x 31 extremos por pulgada (12 por 12 extremos por cm). La capa de tejido tuvo un peso de 6,8 onzas/yarda al cuadrado (231 g/m al cuadrado) y un grosor de 12 mil (305  $\mu\text{m}$ ). Cada capa de tejido se revistió con una resina de éster vinílico (resina Derakane 411-45 de Ashland Chemical),

según lo siguiente. Una disolución de resina se prepara diluyendo con un disolvente industrial tal como acetona, y añadiendo un agente de curado. El tejido se monta en un bastidor para mantener la tensión uniforme, y el tejido se sumerge en la disolución para que esté completamente cubierto por la mezcla de resina. El tejido revestido se secó con calor por debajo de 75°C durante un tiempo suficiente para lograr un contenido de volátiles menor que 1%. Los tejidos prepreg se envuelven entonces en un rollo con una película de liberación o papel para evitar el contacto directo entre sí. Después de secar, el contenido de resina en la capa de tejido fue 15,2 por ciento en peso.

Las fibras de polietileno estuvieron en forma de capas de tejido Spectra® estilo 903, que es una construcción de ligamento tafetán de 21 x 21 extremos por pulgada (8,3 x 8,3 extremos por cm). La capa de tejido tuvo un peso de 7 onzas/yarda al cuadrado (237 g/m al cuadrado) y un grosor de 20 mil (508 µm). El tejido de polietileno se revistió con la misma resina de vinilo que la usada con el tejido de aramida, mediante la misma técnica. El contenido de resina en el tejido después de secar fue 15,3%.

Se moldeó una carcasa de casco a partir de 17 capas del tejido de aramida y 13 capas del tejido de polietileno. La forma de la carcasa fue un molde de PASGT, con un grosor del molde del casco de 0,310 pulgadas (7,8 mm). Las capas de tejido estuvieron en forma de un patrón de molinete con tres vueltas de corona de 7 pulgadas (17,8 cm) en cada casco. Las hojas de corona son molinetes de diámetro más pequeño usados para compensar el grosor en el área de la corona. Las áreas distintas de la corona tienen solapamientos del tejido debido a la forma del casco. Las capas de aramida se colocaron individualmente en el molde en una dirección de manera que las capas de aramida estuvieron en el exterior de la carcasa del molde. Las capas de polietileno se colocaron sobre la parte superior de las capas de aramida, para estar en el interior de la carcasa del casco. Se moldeó un casco a una presión de tenazas de 190 toneladas (193 toneladas métricas) a 250°F (121°C) durante 15 minutos de calentamiento, seguido de un enfriamiento hasta 220°F (104°C) durante 15 minutos. El casco resultante tuvo un peso de carcasa de recorte de 1035 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico bajo el estándar MIL-STD-662F usando un proyectil simulador de fragmentos (FSP) de 17 granos conforme al estándar MIL-P-46593A. Los resultados se muestran en la Tabla 1, más abajo. La velocidad V50 se muestra para cada construcción del casco. La velocidad V50 es aquella velocidad para la que el proyectil tiene una probabilidad de penetración del 50%.

### Ejemplo 2

Se moldeó un casco como en el Ejemplo 1, con las siguientes diferencias. Se usaron tres conjuntos de tejidos. Las capas anteriores fueron tejido de fibra de vidrio estilo 7628 de Hexcel, que es una construcción de ligamento tafetán de 17 x 12 extremos por pulgada (6,7 x 4,7 extremos por cm). La capa de tejido tuvo un peso de 6,0 onzas/yarda al cuadrado, y un grosor de 6,8 mils (172 µm). Cada capa de tejido se revistió con la misma resina de éster vinílico que la que se usó con los tejidos de aramida y los tejidos de polietileno, usando las mismas técnicas. Después de secar, el contenido de resina en la capa de tejido fue 10,1 por ciento en peso.

Se moldeó una carcasa de casco a partir de 10 capas del tejido de vidrio como las capas exteriores, 12 capas del tejido de aramida como las capas centrales, y 12 capas del tejido de polietileno como las capas interiores. Se usó el mismo molde de boquillas equivalentes con forma de carcasa de PASGT medio. Se moldeó un casco en las mismas condiciones que el Ejemplo 1. El casco tuvo un peso de recorte de 1112 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico bajo el estándar MIL-STD-662F usando un FSP de 17 granos conforme al estándar MIL-P-46593A. Los resultados se muestran en la Tabla 1, más abajo.

### Ejemplo 3 (comparativo)

Se formó una carcasa de casco solamente a partir de capas del tejido de polietileno empleado en el Ejemplo 1. Se introdujo en el molde un total de 25 capas del tejido de polietileno, y se moldeó un casco en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1. El peso de carcasa de recorte fue 849 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico bajo el estándar MIL-STD-662F usando un FSP de 17 granos conforme al estándar MIL-P-46593A. Los resultados se muestran en la Tabla 1, más abajo.

### Ejemplo 4 (comparativo)

Se formó una carcasa de casco solamente a partir de las capas del tejido de aramida empleado en el Ejemplo 1. Se introdujo en el molde un total de 33 capas del tejido de aramida, y se moldeó un casco en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1. El peso de carcasa de recorte fue 1103 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico bajo el estándar MIL-STD-662F usando un FSP de 17 granos conforme al estándar MIL-P-46593A. Los resultados se muestran en la Tabla 1, a continuación.

TABLA 1

Ejemplo	Capas de tejido de polietileno	Capas de tejido de aramida	Capas de tejido de fibra de vidrio	Peso de carcasa de recorte, gramos	V50 de FSP de 17 granos, fps (mps)
1	13	17	0	1035	2168 (661,2)
2	12	12	10	1112	2144 (653,9)
3*	25	0	0	849	2010 (613,0)
4*	0	33	0	1103	2095 (639,0)

\* = ejemplo comparativo

5 Se puede observar que el uso de dos materiales balísticos en una única carcasa de casco balística moldeada proporciona una mayor resistencia a las balas frente a proyectiles de FSP de 17 granos que las carcasas de casco comparativas formadas a partir de sólo fibras de polietileno de alta tenacidad o a partir de sólo fibras de aramida. Además, el uso de tres materiales balísticos en una única carcasa de casco balística moldeada proporciona la mayor resistencia a las balas frente a proyectiles de FSP de 17 granos. El coste de estos últimos cascos se reduce significativamente cuando se compara con los cascos caros de materiales individuales, y se logra sin sacrificar la resistencia a las balas saliente de los cascos de material único.

10 Además, el procedimiento de moldear una carcasa de casco de dos o tres materiales balísticos sin la necesidad de cambiar moldes de boquillas equivalentes proporciona elecciones adicionales para seleccionar una variedad de materiales para diseños de cascos balísticos. Además, el mismo molde que se usa para producir un único tipo de fibra de carcasa de casco se puede usar para producir las carcasas de casco de múltiples materiales de esta invención.

**Ejemplo 5**

20 Se formó una carcasa de casco de la misma manera que en el Ejemplo 1, usando el mismo número de capas de tejido de aramida y el mismo número de capas de tejido de polietileno, estando las capas de tejido de aramida en el exterior.

Se moldeó una carcasa de casco en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1. El peso de carcasa de recorte fue 1039 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico usando como proyectil una bala de 124 granos de 9 mm completamente blindada con metal (FMJ). Los resultados se muestran en la Tabla 2, más abajo.

**Ejemplo 6**

30 Se formó una carcasa de casco de la misma manera que en el Ejemplo 2 usando el mismo número de capas de tejido de fibra de vidrio, capas de tejido de aramida y capas de tejido de polietileno. La carcasa del casco se formó en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, estando las capas de tejido de fibra de vidrio en el exterior, estando las capas de tejido de aramida en el centro, y estando las capas de tejido de polietileno en el interior. El peso de carcasa de recorte fue 1122 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico usando como proyectil una bala de 124 granos de 9 mm completamente blindada con metal (FMJ). Los resultados se muestran en la Tabla 2, más abajo.

**Ejemplo 7 (comparativo)**

35 Se formó una carcasa de casco solamente a partir de capas del tejido de polietileno empleado en el Ejemplo 1. Se introdujo en el molde un total de 25 capas del tejido de polietileno, y se moldeó un casco en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1. El peso de carcasa de recorte fue 853 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico usando como proyectil una bala de 124 granos de 9

mm completamente blindada con metal (FMJ). Los resultados se muestran en la Tabla 2, más abajo.

**Ejemplo 8 (comparativo)**

5 Se formó una carcasa de casco solamente a partir de capas del tejido de aramida empleado en el Ejemplo 1. Se introdujo en el molde un total de 33 capas del tejido de aramida, y se moldeó un casco en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1. El peso de la carcasa de recorte fue 1098 gramos.

El casco se ensayó para determinar el comportamiento balístico usando como proyectil una bala de 124 granos de 9 mm completamente blindada con metal (FMJ). Los resultados se muestran en la Tabla 2, más abajo.

TABLA 2

Ejemplo	Capas de tejido de PE	Capas de tejido de aramida	Capas de tejido de fibra de vidrio	Peso de carcasa de recorte, gramos	V50 de 9 mm FMJ, fps (mps)	Deformación de V50 de 9 mm FMJ, mm
5	13	17	0	1039	1785 (544,4)	51
6	12	12	10	1112	1698 (517,8)	32
7*	25	0	0	853	1810 (552,1)	45
8*	0	33	0	1098	1758 (536,2)	29

\* = ejemplo comparativo

10 Se puede observar que el uso de dos materiales balísticos en una sola carcasa de casco balístico moldeada proporciona resistencia balística frente a balas de 9 mm FMJ que se compara bien con la resistencia balística de carcasas de casco formadas sólo a partir de fibras de polietileno de alta tenacidad o a partir sólo de fibras de aramida, y también tienen una deformación de la cara posterior aceptable. Además, el uso de tres materiales balísticos en una sola carcasa de casco balístico moldeada proporciona resistencia balística comparativa frente a  
 15 balas de 9 mm FMJ cuando se compara con carcasas de casco formadas a partir sólo de fibras de polietileno de alta tenacidad o a partir sólo de fibras de aramida. Además, la carcasa de casco de tres materiales balísticos tuvo una deformación de la cara posterior muy baja, y de este modo tendría además un trauma reducido de la cara posterior. El coste de la carcasa de casco de tres materiales balísticos es significativamente reducido cuando se compara con cascos caros de un solo material, y se logra sin sacrificar la resistencia balística deseable cuando se compara con  
 20 carcasas de casco de un solo material.

Los cascos de esta invención tienen una excelente resistencia balística así como una resistencia a impactos y rigidez estructural. Se pueden producir en pesos más ligeros que los cascos convencionales. Los cascos son útiles en aplicaciones militares y no militares, tales como cascos para hacer cumplir la ley, cascos deportivos y otros tipos de cascos de seguridad.

25 De este modo, habiendo descrito la invención más bien con gran detalle, se entenderá que tal detalle no necesita estar estrictamente adherido sino que se pueden sugerir cambios y modificaciones por sí solos al experto en la técnica, cayendo todos dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un casco moldeado que comprende una carcasa, comprendiendo dicha carcasa desde el exterior al interior:  
 una primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dichas capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida; y  
 una segunda pluralidad de capas fibrosas adheridas a dicha primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dicha segunda pluralidad de capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida, caracterizado porque cuando dichas fibras de dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina, entonces dichas fibras de dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, y cuando dichas fibras de dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, entonces dichas fibras de dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina.
2. El casco de la reivindicación 1, en el que dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprende fibras de aramida, y dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprende fibras de poliolefina.
3. El casco de la reivindicación 1, en el que dicha primera resina y dicha segunda resina son químicamente compatibles.
4. El casco de la reivindicación 1, en el que dicha red de fibras de alta tenacidad de dicha primera pluralidad de capas fibrosas está en forma de un tejido tejido, y dicha red de fibras de alta tenacidad de dicha segunda pluralidad de capas fibrosas está en forma de un tejido tejido, un tejido tricotado, un tejido no tejido orientado unidireccionalmente, o un tejido enfurtido.
5. El casco de la reivindicación 1, en el que dichas resinas primera y segunda se seleccionan del grupo que consiste en resinas epoxi, resinas de uretano, resinas de poliéster, resinas de éster vinílico, resinas fenólicas, y sus mezclas.
6. El casco de la reivindicación 1, en el que dichas resinas primera y segunda comprenden cada una una resina de éster vinílico.
7. El casco de la reivindicación 1, en el que dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprende fibras de polietileno y dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprende fibras de aramida, y ambas redes citadas de dicha pluralidad primera y segunda de capas fibrosas están en forma de tejidos tejidos.
8. El casco de la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de capas fibrosas que comprenden fibras de vidrio en una tercera matriz de resina, situándose dicha pluralidad de capas de fibra de vidrio en el exterior de dicha carcasa.
9. Un método para formar una carcasa de un casco, que comprende las etapas de:  
 suministrar una primera pluralidad de capas fibrosas a un molde, comprendiendo dichas capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida;  
 suministrar una segunda pluralidad de capas fibrosas a dicho molde, comprendiendo dicha segunda pluralidad de capas fibrosas una red de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina o fibras de aramida, con la condición de que cuando dichas fibras de dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprendan fibras de poliolefina, entonces dichas fibras de dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, y cuando dichas fibras de dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de aramida, entonces dichas fibras de dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprenden fibras de poliolefina; y  
 aplicar calor y presión a dicha primera pluralidad de capas fibrosas y a dicha segunda pluralidad de capas fibrosas, con lo que dicha primera pluralidad de capas fibrosas se adhiere a dicha segunda pluralidad de capas fibrosas para formar de ese modo una carcasa de casco integral.
10. El método de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente las etapas de:  
 suministrar una pluralidad adicional de capas fibrosas al molde, comprendiendo dichas capas fibrosas fibras de vidrio en una matriz de resina adicional; y  
 aplicar calor y presión a dicha pluralidad adicional de capas fibrosas, con lo que dicha pluralidad adicional de capas fibrosas se adhiere a dicha primera pluralidad de capas fibrosas.