

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 583 182**

51 Int. Cl.:

F41H 1/04 (2006.01)

F41H 1/08 (2006.01)

F41H 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2008 E 08868419 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2242984**

54 Título: **Casco para protección contra balas de armas de fuego**

30 Prioridad:

20.12.2007 US 4327

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

19.09.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BHATNAGAR, ASHOK;
GRUNDEN, BRADLEY, L.;
ARVIDSON, BRIAN, D. y
WAGNER, LORI, L.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 583 182 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

Casco para protección contra balas de armas de fuego

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a cascos de protección que son útiles para aplicaciones militares, cumplimiento de la ley y otras aplicaciones. En particular, esta invención se refiere a aquellos cascos que proporcionan protección contra balas de armas de fuego.

Descripción de la técnica relacionada

10 Los cascos protectores son bien conocidos. Tales cascos han sido utilizados para aplicaciones militares y no militares. Ejemplos de estas últimas incluyen usos en cumplimiento de la ley y otros tipos de cascos de seguridad. Los cascos protectores utilizados para usos militares y en cumplimiento de la ley, en particular, tienen que tener resistencia balística.

15 Los cascos típicos están contruidos para proteger contra fragmentos de balas de armas de fuego. La protección contra balas de armas de fuego requiere mejora sobre tales cascos a la vista de la energía incrementada significativamente poseída por las balas de armas de fuego. Los cascos que protegen contra balas de armas de fuego deberían ser de peso relativamente ligeros y confortables de usar. Sin embargo, los cascos sugeridos anteriormente eran relativamente pesados.

Ejemplos de balas de armas de fuego contra las que se desea protección incluyen la bala NATO M80, la AK 47, la AK 74, la LPS rusa y la SS 109 europea y similares.

20 Los cascos militares más populares actualmente 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.

25 Aunque tales cascos funcionan, en general, de forma satisfactoria, son muy pesados. Además, tales cascos no proporcionan protección mejorada contra balas de armas de fuego. Un problema con los cascos que son relativamente pesados es que son incómodos para el usuario. Esto puede dar lugar al no uso o uso limitado de tales cascos.

Ejemplos de cascos que están diseñados para proteger contra fragmentos de proyectiles (más que balas de armas de fuego) se indican en la solicitud de patente U. S. publicad N° de serie 11/706.719, presentada el 15 de Febrero de 2007.

30 El documento WO-A-2005/001373 se refiere a la provisión de un material resistente a las balas de armas de fuego, que se puede utilizar para formar una variedad de prendas y equipo incluyendo cascos. El material compuesto descrito en este documento comprende tres secciones de tela, en las que una sección de tela tejida interior está posicionada entre dos secciones de tela no tejida exteriores.

35 El documento GB-A-2253589 describe estructuras de laminados resistentes a la penetración, que son útiles para uso en artículos protectores incluyendo armazones de cascos. Las estructuras compuestas descritas en este documento combinan telas sólo tejidas formadas de al menos dos tipos de fibras diferentes, en los que dos capas exteriores tejidas de un tipo de fibras rodean una capa media tejida de un tipo diferente de fibras.

40 El documento US 2.956.916 se refiere a la provisión de cascos de seguridad resistentes al impacto y a la penetración, que están fabricados de tejido de algodón impregnado, tela de vidrio y una estera de fibras de vidrio aleatorias con una resina termoestable.

45 El documento WO-A-2007/005043 se refiere a la provisión de artículos reforzados con fibras que encuentran utilización en proporcionar resistencia a múltiples balas de armas de fuego de alta velocidad, absorción de impacto y resistencia a la penetración. Se describen artículos que son adecuados para uso en un número de productos finales, que incluyen chalecos antibalas, cascos, y otras aplicaciones. Un número de diferentes formas de realización de artículos resistentes a las balas de armas de fuego y resistentes a la penetración se describen en el documento WO-A-2007/005043, cada uno de los cuales comprende un laminado frontal que comprende una o más capas y que tiene al menos una capa frontal que comprende una pluralidad de laminados de fibras inorgánicas unidireccionales en una matriz polimérica. Los artículos comprenden adicionalmente un segundo laminado unido en relación cara-a-cara con el laminado frontal, comprendiendo el segundo laminado una o más capas, comprendiendo cada capa una pluralidad de laminados de fibras poliméricas en una red.

50 Sería deseable proporcionar un casco que tiene un peso reducido y también es resistente a penetración por balas de

armas de fuego.

Sumario de la invención

De acuerdo con esta invención, se proporciona un casco moldeado de peso ligero que es resistente a penetración por balas de armas de fuego, comprendiendo el casco un armazón, comprendiendo el armazón desde fuera hacia dentro:

5 una pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo las capas fibrosas una red tejida de fibras abrasivas de alta tenacidad en una primera matriz de resina;

10 una segunda pluralidad de capas fibrosas fijadas a la primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo la segunda pluralidad de capas fibrosas una red tejida o tricotada de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina; y

una tercera pluralidad de capas fibrosas fijadas a dicha segunda pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dicha tercera pluralidad de capas fibrosas una red no tejida de fibras de alta tenacidad en una tercera matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina:

15 en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad son seleccionadas del grupo que consta de fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carburo de silicio, fibras de carburo de boro y mezclas de las mismas; o

en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad comprenden fibras inorgánicas que tienen una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 2.0 GPa.

De acuerdo con una forma de realización preferida de la invención, se proporciona un casco moldeado de peso ligero que es resistente a penetración por balas de armas de fuego, comprendiendo el casco un armazón, comprendiendo el armazón desde fuera hacia dentro:

20 una primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo la primera pluralidad de capas fibrosas una red tejida de fibras de vidrio en una primera matriz de resina, comprendiendo la primera matriz de resina una resina termoestable;

25 una segunda pluralidad de capas fibrosas fijadas a la primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo la segunda pluralidad de capas fibrosas una red tejida de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de polietileno, comprendiendo la segunda matriz de resina una resina termoestable o una resina termoplásticas; y

30 una tercera pluralidad de capas fibrosas fijadas a la segunda pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo la tercera pluralidad de capas fibrosas una red no tejida de fibras de alta tenacidad en una tercera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de polietileno, comprendiendo la tercera matriz de resina una resina termoplástica,

35 teniendo el casco una densidad de área total desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 5 libras por pie cuadrado (14,6 a 24,4 kg/m²), y es resistente a balas de armas de fuego que tienen energías de al menos aproximadamente 1600 julios.

Además, de acuerdo con esta invención, se proporciona un método para formar un armazón de un casco de peso ligero que es resistente a penetración por balas de armas de fuego, comprendiendo el método las etapas de:

40 suministrar una primera pluralidad de capas fibrosas a un molde, comprendiendo las capas fibrosas una red tejida de fibras de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras abrasivas como se definen anteriormente, estando la primera pluralidad de capas fibrosas mirando hacia el interior en el molde;

45 suministrar una segunda pluralidad de capas fibrosas al molde, comprendiendo la segunda pluralidad de capas fibrosas una red tejida de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina, cubriendo la segunda pluralidad de capas fibrosas la primera pluralidad de capas fibrosas, siendo compatibles la primera matriz de resina y la segunda matriz de resina, de tal manera que la primera y la segunda pluralidad de capas fibrosas se pueden adherir entre sí;

50 suministrar una tercera pluralidad de capas fibrosas al molde, comprendiendo la tercera pluralidad de capas fibrosas una red no tejida de fibras de alta tenacidad en una tercera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina, cubriendo la tercera pluralidad de capas fibrosas la segunda pluralidad de capas fibrosas; y

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 para formar de esta manera el armazón del casco;

en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad son seleccionadas del grupo que consta de fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carburo de silicio, fibras de carburo de boro, y mezclas de las mismas;

5 o en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad comprenden fibras inorgánicas que tienen una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 2.0 GPa.

10 Se ha descubierto que los cascos moldeados de peso ligero, que son resistentes a penetración por balas de armas de fuego, se pueden formar empleando una sección exterior de capas de fibras formada de fibras abrasivas tejidas de alta tenacidad en una matriz de resina, una sección media de capas de fibras formada de fibras de poliolefina tejidas o tricotadas de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, y una sección interior de capas de fibras formada de fibras de poliolefina no tejidas de alta tenacidad en una tercera matriz de resina. Las resinas en cada una de la primera, segunda y tercera secciones de capas de fibras pueden ser iguales o diferentes. Tales cascos tienen resistencia balística excelente y son particularmente útiles para prevenir la penetración de balas de armas de fuego de alta energía. Al mismo tiempo, los cascos son de peso ligero y, por lo tanto, son confortables de usar.

Descripción detallada de la invención

15 Los cascos protectores de esta invención incluyen un armazón formado de una primera sección exterior que comprende una pluralidad de capas de una red tejida de fibras abrasivas de alta tenacidad en una matriz de resina, una segunda sección media que comprende una pluralidad de capas de una red tejida o tricotada de resinas de poliolefina de alta tenacidad en una matriz de resina, y una tercera sección interior que comprende una pluralidad de capas de una red no tejida de fibras de poliolefina de alta tenacidad en una matriz de resina.

20 Para las finalidades de la presente invención, una fibra es un cuerpo alargado, cuya dimensión de la longitud es mucho mayor que las dimensiones transversales de anchura y espesor. De acuerdo con ello, el término fibra incluye monofilamento, multifilamento, cinta, tira, fibras cortadas y otras formas de fibras picadas, cortadas o discontinuas y similares que tienen sección transversal regular o irregular. El término "fibra" incluye una pluralidad de cualquiera de las anteriores o una combinación de ellas. Un hilo es una cadena continua comprendida por muchas o fibras filamentos.

25 Cuando se utiliza aquí, el término "fibras de alta tenacidad" significa fibras que tienen tenacidades iguales o mayores que aproximadamente 7 g/d. Con preferencia, estas fibras tienen módulos de tracción iniciales de al menos aproximadamente 150 g/d y energías-a-rotura de al menos aproximadamente 8 J/g cuando se mide por ASTM D2256. Cuando se utiliza aquí, los términos "módulo de tracción inicial", "módulo de tracción" y "módulo" significan el módulo de elasticidad medido por ASTM 2256 para un hilo y por ASTM D638 para un elastómero o material de la matriz.

30 Con preferencia, las fibras de alta tenacidad de la segunda y tercera secciones tienen tenacidades iguales o mayores que aproximadamente 10 g/d, más preferentemente iguales o mayores que aproximadamente 15 g/d, incluso más preferentemente iguales o mayores que aproximadamente 20 g/d, y más preferentemente iguales o mayores que aproximadamente 25 g/d. Para fibras de polietileno de alta tenacidad, las tenacidades preferidas varían de aproximadamente 20 a aproximadamente 55 g/d.

35 Las secciones transversales de fibras utilizadas en esta invención pueden variar ampliamente. Pueden ser circulares, planas u oblongas en sección transversal. Pueden ser de sección transversal irregular o regular multilobular con 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, más preferentemente que las fibras sean de sección transversal sustancialmente circular.

40 Los hilos de las fibras de alta tenacidad utilizados aquí pueden ser de cualquier denier adecuado, tal como, por ejemplo, de aproximadamente 50 a aproximadamente 5000 denier, más preferentemente de aproximadamente 200 a aproximadamente 5000 denier, todavía más preferentemente de aproximadamente 650 a 3000 denier, y más preferentemente de aproximadamente 800 a aproximadamente 1500 denier.

45 Con preferencia, al menos aproximadamente el 50 % en peso, más preferentemente al menos aproximadamente el 75 % en peso y más preferentemente todas o sustancialmente todas las fibras en la primera pluralidad de capas fibrosas son las fibras abrasivas de alta tenacidad. De manera similar, con preferencia, al menos aproximadamente el 50 % en peso, más preferentemente al menos aproximadamente el 75 % en peso y más preferentemente todas o sustancialmente todas las fibras en la segunda pluralidad de capas fibrosas son las fibras de poliolefina de alta tenacidad. Además, con preferencia, al menos aproximadamente el 50 % en peso, más preferentemente al menos aproximadamente el 75 % en peso y más preferentemente todas o sustancialmente todas las fibras en la primera pluralidad de capas fibrosas son las fibras de poliolefina de alta tenacidad.

De acuerdo con la invención, el armazón del casco está formado de capas de diferentes materiales resistentes

balísticos. El casco comprende al menos tres secciones o grupos de capas fibrosas. Éstos son un grupo de capas dirigido hacia fuera, un grupo medio de capas, y un grupo de capas dirigido hacia dentro.

5 El grupo exterior de capas de fibras está seleccionado de tal forma que tiene características abrasivas, de tal manera que deforma la bala, o descortiza la camisa de la bala y/o desestabiliza de otra manera la bala. El grupo exterior de capas fibrosas está formado de una red tejida de fibras abrasivas de alta tenacidad. Estas fibras son fibras inorgánicas que tienen una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 2.0 GPa, con preferencia al menos 30 aproximadamente 2,4 GPa, más preferentemente al menos aproximadamente 3.4 GPa y más preferentemente al menos aproximadamente 4.0 GPa; o estas fibras son fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carburo de silicio, fibras de carburo de boro, y mezclas de las mismas. Ejemplos de tales fibras se describen, por ejemplo, en la solicitud de patente U. S. publicada asignada comúnmente N° de serie 10/957.773, presentada el 4 de Octubre de 2004 (que corresponde a la solicitud PCT publicada WO2007/005043).

Varios tipos de fibras de vidrio se pueden utilizar aquí, incluyendo las fibras de Tipos E y S. Ejemplos de telas de fibras de vidrio tejidas son las designadas como estilos 1528, 3731, 3733, 7500, 7532, 7533, 7580, 7624, 7628 y 7645, que están disponibles de Hexcel of Anderson, Carolina del Sur, USA.

15 Un beneficio de utilizar fibras de vidrio como las fibras abrasivas es que el coste del casco se puede reducir significativamente, puesto que los costes de las fibras de vidrio sólo son una fracción comparados con el coste de las fibras de poliolefina.

20 El grupo exterior de capas fibrosas está en forma de una pluralidad de capas de teja tejida. Se pueden emplear telas de cualquier patrón tejido, tales como tejido plano, tejido de esterilla, tejido de sarga, satén, telas tejidas tridimensionales, y cualquiera de sus varias variaciones.

Las capas del grupo exterior de capas fibrosas comprenden también una matriz de resina. Ejemplos de los materiales de resina s describen a continuación.

25 Como se ha mencionado anteriormente, las fibras en los grupos medio e interior de fibras comprenden fibras de poliolefina, con preferencia fibras de polietileno de alta tenacidad y/o fibras de polipropileno de alta tenacidad. Más preferentemente, las fibras de polietileno son fibras de polietileno de alta tenacidad, también conocidas como fibras de polietileno de cadena extendida o fibras de polietileno de alto peso molecular altamente orientadas.

La patente U. S. 4.457.985 describe generalmente fibras de polietileno de alto peso molecular y fibras de polipropileno.

30 En el caso de fibras de polietileno, fibras adecuadas son aquéllas de peso medio molecular en peso de al menos aproximadamente 150.000, con preferencia al menos aproximadamente un millón y más preferentemente aproximadamente entre aproximadamente dos millones y aproximadamente cinco millones. Tales fibras de polietileno de alto peso molecular se pueden hilar en solución (ver, la patente U. S. N° 4.137.394 y la patente U. S. N° 4.356.138), o un filamento hilado a partir de una solución para formar una estructura de gel (ver la patente U. S. N° 4.413.110, publicación alemana N° 3.004.699 y patente GB N° 2051667), o las fibras de polietileno se pueden producir por un proceso de laminación y embutición (ver la patente U. S. N° 5.702.657). Cuando se utiliza aquí, el término polietileno significa un material polietileno predominantemente lineal que puede contener cantidades menores de ramificación de cadena o comonómeros que no exceden de aproximadamente 5 unidades modificadoras por 100 átomos de carbono de la cadena principal, y que pueden contener también mezclados con ellos no más que aproximadamente 50 por ciento en peso de uno o más aditivos poliméricos tales como alqueno-1-polímeros, en particular polietileno de baja densidad, polipropileno o polibutileno, copolímeros que contienen mono-olefinas como monómeros primarios, poliolefinas oxidadas, copolímeros de poliolefina injertada u polioximetilenos, o aditivos de bajo peso molecular tales como antioxidantes, lubricantes, agentes de protección ultravioleta, colorantes y similares que se incorporan comúnmente.

45 Las fibras de polietileno de alta tenacidad están disponibles en el comercio y se venden bajo la marcha SPECTRA® por Honeywell International Inc. de Morristown, New Jersey, U.S.A. También se pueden utilizar fibras de polietileno de otras fuentes.

50 Dependiendo de la técnica de formación, la relación y las temperaturas de embutición y otras condiciones, se pueden impartir una variedad de propiedades a estas fibras. La tenacidad de las fibras de polietileno es al menos aproximadamente 7 g/d, con preferencia al menos aproximadamente 15 g/d, más preferentemente al menos aproximadamente 20 g/d, todavía más preferentemente al menos aproximadamente 25 g/d y más preferentemente al menos aproximadamente 30 g/d. De manera similar, el módulo de tracción inicial de las fibras, medido por una máquina de ensayo de tracción Instron, es preferentemente al menos aproximadamente 300 g/d, más preferentemente al menos aproximadamente 500 g/d, todavía más preferentemente al menos aproximadamente 1.000 g/d y más preferentemente al menos aproximadamente 1.200 g/d. Estos valores máximos para módulo de tracción inicial y tenacidad se pueden obtener generalmente sólo empleando procesos de crecimiento en solución o hilado de gel. Muchos de los filamentos tienen puntos de fusión más altos que el punto de fusión del polímero a

partir del cual se formaron. Por lo tanto, por ejemplo, polietilenos de alto peso molecular de aproximadamente 150.000, aproximadamente un millón y aproximadamente dos millones de peso molecular tienen puntos de fusión en masa de 138°C. Los filamentos de polietileno altamente orientados fabricados de estos materiales tienen puntos de fusión desde aproximadamente 7°C hasta aproximadamente 13°C más altos. Por lo tanto, un incremento ligero en el punto de fusión refleja la perfección cristalina y orientación cristalina más alta de los filamentos en comparación con el polímero en masa.

De manera similar, se pueden utilizar fibras de polipropileno de alto peso molecular altamente orientadas de peso medio molecular en peso de al menos aproximadamente 200.000, con preferencia al menos aproximadamente un millón y más preferentemente al menos aproximadamente dos millones. Tal polipropileno de cadena extendida se puede formar en filamentos razonablemente bien orientados por las técnicas prescritas en las varias referencias referidas anteriormente, y especialmente por la técnica de la patente U. S. N° 4.413.110. Tal polipropileno es un material mucho menos cristalino que el polietileno y contiene grupos metilo pendientes, los valores de tenacidad alcanzables con polipropileno sin en general sustancialmente menores que los valores correspondientes para polietileno. De acuerdo con ello, una tenacidad adecuada es con preferencia al menos aproximadamente 8 g/d, más preferentemente al menos aproximadamente 11 g/d. El módulo de tracción inicial para polipropileno es con preferencia al menos aproximadamente 160 g/d, más preferentemente al menos aproximadamente 200 g/d. El punto de fusión del polipropileno se eleva generalmente varios grados por el proceso de orientación, de tal manera que el filamento de polipropileno tiene con preferencia un punto de fusión principal de al menos 168°C, más preferentemente al menos 170°C. Los rangos particularmente preferidos para los parámetros descritos anteriormente pueden proporcionar ventajosamente rendimiento mejorado en el artículo final. Empleando fibras que tienen un peso medio molecular en peso de al menos aproximadamente 200.000 acoplados con los rangos preferidos para los parámetros descritos anteriormente (módulo y tenacidad) se puede proporcionar un rendimiento ventajosamente mejorado en el artículo final.

La red de fibras de poliolefina de fibras de alta resistencia de la sección media de capas fibrosas está en forma de una tela tejida o tricotada. Se prefieren telas tejidas y se pueden emplear telas de cualquier patrón tejido, tales como tejido plano, tejido de esterilla, tejido de sarga, satén, telas tejidas tridimensionales, y cualquiera de sus varias variaciones. Se prefieren telas de tejido plano y son más preferidas telas de tejido plano que tienen el mismo recuento de urdimbre y de trama.

En una forma de realización, la teja tejida tiene con preferencia entre aproximadamente 15 y aproximadamente 55 extremos por pulgada (de aproximadamente 5,9 a aproximadamente 21,6 extremos por cm) en ambas direcciones de urdimbre y de relleno, y más preferentemente entre aproximadamente 17 y aproximadamente 45 extremos por pulgada (de aproximadamente 6,7 a aproximadamente 17,7 extremos por cm). Los hilos tienen con preferencia un denier desde aproximadamente 375 hasta aproximadamente 1300. El resultado es una tela tejida que pesa con preferencia entre aproximadamente 5 y aproximadamente 19 onzas por yarda cuadrada (de aproximadamente 169,5 a aproximadamente 644,1 g/m²), y más preferentemente entre aproximadamente 5 y aproximadamente 11 onzas por yardas cuadrada (de aproximadamente 169,5 a aproximadamente 373,0 g/m²). Ejemplos de tales tejidos son los designados como tejido SPECTRA® estilos 902, 903, 904, 952, 955 y 960. Otros ejemplos incluían telas formadas a partir de tejidos de esterilla, tales como tela SPECTRA® estilo 912. Las telas siguientes están disponibles, por ejemplo, de Hexcel. Como los técnicos en la materia apreciarán, las construcciones de tela descritas aquí son ejemplares solamente y no están destinadas para limitar la invención a ello.

Donde se utilizan telas tricotadas en la sección media de capas fibrosas (o en la sección exterior de capas fibrosas) se pueden emplear diferentes estructuras de género de punto. Las estructuras de género de punto son construcciones compuestas de lazos entrelazados. Se prefieren estructuras tricotadas orientadas, ya que utilizan hilos incrustados rectos retenidos en posición por puntadas tricotadas de denier fino. Los hilos son absolutamente rectos sin el efecto rizado encontrado en telas tejidas debido al efecto de entrelazamiento sobre los hilos. Estos hilos incrustados pueden estar orientados en una dirección monoaxial, biaxial o multiaxial dependiendo de los requerimientos técnicos. Se prefiere que el equipo de tricotar específico utilizado en la incrustación de los hilos que soportan la carga sea tal que los hilos no sean perforados transversalmente.

Las capas del grupo medio de capas de capas fibrosas comprenden también de la misma manera una matriz de resina. Ejemplos de materiales de resina se describen a continuación.

Como se ha mencionado anteriormente, el grupo interior de capas fibrosas comprende fibras de poliolefina de alta tenacidad, más preferentemente fibras de polietileno de alta tenacidad. Estas capas fibrosas están en forma de redes no tejidas de fibras, tales como capas de fibras orientadas unidireccionalmente, o fibras que están fieltradas en una orientación aleatoria. Donde se emplean fibras orientadas unidireccionalmente, se utilizan con preferencia en una disposición de capa en cruz, 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° desde las primeras fibras. Donde las capas individuales son fibras orientadas unidireccionalmente, las capas sucesivas son rotadas con preferencia relativamente entre sí, por ejemplo en ángulos de 0°/90°, 0°/90°/0°/90° o 0°/45°/90°/45°/0° o en otros ángulos. Donde las redes de fibras están en forma de un fieltro, pueden ser fieltros punzados con agujas. Un fieltro es una red no tejida de fibras orientadas

aleatoriamente, con preferencia al menos una de las cuales es una fibra discontinua, con preferencia una fibra cortada que tiene una longitud que varía de aproximadamente 0,25 pulgadas (0,64 cm) a aproximadamente 10 pulgadas (25,4 cm). Estos fieltros pueden estar formados por varias técnicas conocidas en la técnica, tales como por cargado o tendido en fluido, fusión por soplado e hilado extendido. La red de fibras es consolidada mecánicamente, tal como por punción con agujas, adhesión de las puntadas, hidro-enmarañado, enmarañado con aire, hilado por adhesión, hilado por encaje o similar, químicamente tal como con un adhesivo, o térmicamente con una fibra para adhesión por puntos o una fibra mezclada con un punto de fusión más bajo. El método de consolidación preferido es punción con agujas sola o seguida de los otros métodos. El fieltro preferido es un fieltro punzado con agujas. Donde se emplean estructuras no tejidas en el primer grupo de fibras adhesivas, pueden tener construcciones similares a las mencionadas aquí.

Las capas del grupo interior de capas fibrosas comprenden de la misma manera también una matriz de resina. Ejemplos de materiales de resina se describen a continuación.

Las capas fibrosas de cada una de las secciones exteriores, medias e interiores del armazón del casco incluyen una matriz de resina. La matriz de resina para las capas de fibras puede estar formada de una amplia variedad de materiales elastoméricos y otros materiales que tienen características deseadas. En una forma de realización, los materiales elastoméricos empleados en dicha matriz poseen módulo de tracción inicial (módulo de elasticidad) igual o menor que aproximadamente 6.000 psi (41,4 MPa), como se mide por ASTM D638. Más preferido, el elastómero tiene un módulo de tracción inicial igual o inferior a aproximadamente 2.400 psi (16,5 MPa). Más preferentemente, el material elastomérico tiene un módulo de tracción inicial igual o inferior a aproximadamente 1.200 psi (8,23 MPa). Estos materiales de resina son típicamente de naturaleza termoplástica, pero se utilizan también materiales termoestables.

La matriz de resina puede ser seleccionada alternativamente para que tenga un módulo de tracción alto cuando se endurece, tal como al menos aproximadamente 1×10^6 psi (6895 MPa) medido por ASTM D638. Ejemplos de tales materiales se describen, por ejemplo, en la patente U.S. 6.642.159.

Una amplia variedad de materiales pueden utilizarse como la matriz de resina para cada una de las secciones exteriores, medias e interiores de capas fibrosas, incluyendo resinas termoplásticas y termoestables. 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, cloruro de polivinilo plastificado utilizando dioctil ftalato u otros plastificantes bien conocidos en la técnica, elastómeros de butadieno acrilonitrilo, poli(isobutileno-co-isopreno), poliacrilatos, poliésteres, poliéteres, fluoroelastómeros, elastómeros de silicona, elastómeros termoplásticos, y copolímeros de etileno. Ejemplos de resinas termoestables incluyen aquéllas que son solubles en disolventes saturados de carbono-carbono, tales como metil etil cetona, acetona, etanol, metanol, isopropil alcohol, ciclohexano, etil acetona y combinaciones de ellos. Entre las resinas termoestables están ésteres de vinilo, copolímeros en bloques de etileno-butadieno, dialil ftalato, resinas fenólicas tales como fenol formaldehído, polivinil butiral, resinas epoxi, resinas de poliéster, resinas de poliuretano termoestables y mezclas de ellas, y similares. Se incluyen aquellas resinas que se describen en la patente U.S. 6.642.159 mencionada anteriormente. Resinas termoestables preferidas incluyen resinas epoxi, resinas de uretano, resinas de poliéster, resinas de vinil éster, resinas fenólicas, y mezclas de ellas. Resinas termoestables preferidas para telas de fibras de polietileno incluyen al menos una de vinil éster, dialil ftalato, y opcionalmente un catalizador para endurecer la resina de vinil éster. Otras resinas termoestables incluyen resinas de melanina, resinas de acrilato, resinas de silicona, resinas de poliurea y similares.

Un grupo preferido de resinas son resinas termoplásticas de poliuretano. Otro grupo preferido son materiales elastoméricos que son copolímeros en bloque de dienos conjugados y copolímeros aromáticos de vinilo. Butadieno e isopreno son con preferencia elastómeros de dieno conjugados. Estireno, vinil tolueno y t-butil estireno son con preferencia monómeros aromáticos conjugados. Los copolímeros en bloque que incorporan poliisopreno pueden ser hidrogenados para producir elastómeros termoplásticos que tienen segmentos saturados de elastómero de hidrocarburo. Los polímeros pueden ser copolímeros tri-bloques simples del tipo R-(BA)_x (x=3-150), donde A es un bloque de un monómero aromático de polivinilo y B es un bloque de un elastómero de dieno conjugado. Una matriz de resina preferida es un copolímero en bloques de isopreno-estireno-isopreno, tal como Kraton® D1107 copolímero en bloques de isopreno-estireno-isopreno disponible de Kraton Polymer LLC. Estas resinas pueden estar dispersadas en agua o en un disolvente orgánico. Un tipo de resina termoplástica de poliuretano es una mezcla de copolímeros de resina de poliuretano dispersa en agua.

El material de resina puede ser combinado con sustancias de relleno tales como negro de carbón, sílice, etc. y se puede extender con aceites y vulcanizarse con azufre, peróxido, óxido de metal o sistemas que se endurecen por radiación utilizando métodos bien conocidos por los técnicos del caucho. También se pueden utilizar mezclas de diferentes resinas.

Preferiblemente, la matriz de resina en cada una de la pluralidad de capas fibrosas o bien es la misma o es

compatible con la matriz de resina en la otra pluralidad o pluralidades de capas fibrosas. Por "compatible" se entiende que las varias capas se pueden mezclar entre sí por medios químicos o medios mecánicos. Por ejemplo, la química de las resinas de varios grupos de capas es con preferencia compatible, de tal manera que varias capas se pueden procesar bajo la misma presión de moldeo, temperatura y condiciones de duración del moldeo. Esto asegura que el armazón del casco se pueda moldear en un ciclo eficiente. En una forma de realización, la resina del grupo exterior de capas fibrosas es compatible con la resina del grupo medio de capas fibrosas, de tal manera que esas capas se adhieren juntas. Con preferencia, la resina en el grupo exterior de capas fibrosas y la resina en el grupo medio de capas fibrosas son químicamente las mismas, y la resina en el grupo interior de capas fibrosas es químicamente diferente de las otras resinas.

Resinas preferidas para el grupo exterior de capas fibrosas son resinas termoestables, más preferentemente resinas de vinil éster. Resinas preferidas para el grupo medio de capas fibrosas son resinas termoestables o termoplásticas, más preferentemente resinas de vinil éster cuando se emplea una resina termoestable. También son preferidas para el grupo medio de capas fibrosas resinas termoplásticas de poliuretano y/o copolímeros en bloque de estireno-isopreno-estireno. Resinas preferidas para el grupo interior de capas fibrosas son resinas termoplásticas, más preferentemente resinas termoplásticas de poliuretano y/o copolímeros en bloque de estireno-isopreno-estireno.

La proporción del material de resina de la matriz con respecto a la fibra en cada una de las tres secciones del armazón del casco puede variar ampliamente dependiendo. En general, el material de la matriz de resina forma con preferencia de aproximadamente 1 a aproximadamente 98 por ciento en peso, más preferentemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 95 por ciento en peso, y todavía más preferido de aproximadamente 5 a aproximadamente 40 por ciento en peso del peso total de las fibras y la matriz de resina en las capas. Los porcentajes anteriores se basan en las telas consolidadas. Más preferentemente, la resina en el grupo exterior de capas fibrosas comprende de aproximadamente 5 a aproximadamente 25 por ciento en peso del peso total de las capas fibrosas exteriores; la resina en el grupo medio de capas fibrosas comprende de aproximadamente 10 a aproximadamente 25 por ciento en peso del peso total de las capas fibrosas medias y la resina en el grupo interior de capas fibrosas comprende de aproximadamente 10 a aproximadamente 40 por ciento en peso del peso total de las capas fibrosas interiores.

Con preferencia, cada una de la pluralidad de capas fibrosas es revestida o impregnada con la matriz de resina antes del moldeo, para formar telas prepreg. En general, las capas fibrosas de la invención se forman con preferencia construyendo inicialmente una red de fibras (por ejemplo, comenzando con una capa de tela tejida, tricotada o no tejida) y luego revistiendo la red con la composición de la matriz. Cuando se utiliza aquí, el término "revestimiento" se utiliza en un sentido amplio para describir una red de fibras, en la que las fibras individuales o bien tienen una capa continua de la composición de la matriz que rodea las fibras o una capa discontinua de la composición de la matriz sobre la superficie de las fibras. En el primer caso, se puede decir que las fibras están totalmente incrustadas en la composición de la matriz. Los términos revestimiento e impregnación se utilizan aquí de forma intercambiable. Aunque es posible aplicar la matriz de resina a capas fibrosas libres de resina mientras está en el molde, es menos deseable, puesto que puede ser difícil controlar la uniformidad del revestimiento de resina.

La composición de resina de la matriz se puede aplicar de cualquier manera adecuada, tal como una solución, dispersión o emulsión, sobre las capas fibrosas. La red de fibras cubiertas de la matriz se seca a continuación. La solución, dispersión o emulsión de la resina de la matriz se puede pulverizar sobre los filamentos. Alternativamente, la estructura de capas fibrosas se puede revestir con la solución, dispersión o emulsión acuosa o por medio de un rodillo de revestimiento o similar. Después del revestimiento, la capa fibrosa revestida se puede pasar entonces a través de un horno para secado, a través del cual la capa o capas de la red de fibras revestida son sometidas a calor suficiente para evaporar el agua u otro líquido en la composición de la matriz. La red fibrosa revestida puede colocarse entonces sobre una cinta de soporte, que puede ser un papel o un sustrato de película, o las telas se pueden colocar inicialmente sobre una cinta de soporte antes de revestirla con la resina de la matriz. El sustrato y la matriz de resina, que contienen la capa o capas de tejido se pueden arrollar entonces en un rollo continuo de una manera conocida.

Las redes de fibras se pueden construir a través de 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 conducirse a través de guías y una o más barras separadoras en un peine de colimación antes de revestirlas con el material de la matriz. El peine de colimación alinea los filamentos coplanarmente y de una manera sustancialmente unidireccional.

Después del revestimiento de las capas de fibras con la matriz de resina, las capas se pueden pre-formar en una forma de casco, o bien con las capas fibrosas no unidas entre sí o bien sólo ligeramente unidas entre sí para facilitar la manipulación. Tal pre-formación ayuda en el proceso de moldeo final.

El número de capas en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede variar ampliamente, dependiendo del tipo de casco deseado, el rendimiento deseado y el peso deseado. Por ejemplo, el número de capas en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede variar desde aproximadamente 2 hasta aproximadamente 100

capas, más preferentemente desde aproximadamente 2 hasta aproximadamente 85 capas, y más preferentemente desde aproximadamente 2 hasta aproximadamente 65 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 ser de cualquier espesor adecuado. Por ejemplo, cada capa de una sección de la pluralidad de capas fibrosas puede tener un espesor desde aproximadamente 1 milipulgada hasta aproximadamente 40 milipulgadas (25 a 1016 μm), más preferentemente desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 30 milipulgadas (76 a 762 μm), y más preferentemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 20 milipulgadas (127 a 508 μm). El espesor de cada capa de cada pluralidad de redes fibrosas puede ser el mismo o diferente.

La densidad de área de cada capa en cada sección de la pluralidad de capas fibrosas puede variar ampliamente, pero se selecciona usualmente para que el peso total del casco esté dentro de un rango aceptable para comodidad y protección del usuario. Por ejemplo, la densidad de área de cada capa en la sección exterior de la pluralidad de capas fibrosas puede variar preferentemente desde aproximadamente 5 hasta 35 aproximadamente oz/yd^2 (de aproximadamente 169,5 hasta aproximadamente 1186,5 g/m^2), más preferentemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 25 oz/yd^2 (desde aproximadamente 169,5 hasta aproximadamente 847,5 g/m^2). La densidad de área de cada capa en la sección media de la pluralidad de capas fibrosas puede variar con preferencia desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 65 oz/yd^2 (desde aproximadamente 169,5 hasta aproximadamente 2203,5 g/m^2), más preferentemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 14 oz/yd^2 (desde aproximadamente 169,5 hasta aproximadamente 474,7 g/m^2). La densidad de área de cada capa en la sección interior de la pluralidad de capas fibrosas puede variar con preferencia desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 90 oz/yd^2 (desde aproximadamente 33,9 hasta 3051 g/m^2), más preferentemente desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 7 oz/yd^2 (desde aproximadamente 33,9 hasta aproximadamente 237,3 g/m^2). Las densidades de área de las capas fibrosas en cada una de las secciones externa, media e interna pueden ser las mismas o diferentes.

La relación en peso de las capas puede ser varias, como se desee. El grupo exterior de capas fibrosas puede estar presente en una cantidad basada en el peso total del armazón de casco, desde aproximadamente 2 hasta aproximadamente 35 por ciento en peso, más preferentemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 15 por ciento en peso, y más preferentemente no más que aproximadamente 10 por ciento en peso. El grupo medio de capas fibrosas puede estar presente en cualquier cantidad, basada en el peso total del armazón de casco, basado en el peso total del armazón de casco, desde aproximadamente 2 hasta aproximadamente 65 por ciento en peso, más preferentemente desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 50 por ciento en peso, y más preferentemente no más que aproximadamente 40 por ciento en peso. El grupo interior de capas fibrosas puede estar presente en una cantidad, basada en el peso total del armazón de casco, desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 96 por ciento en peso, más preferentemente desde aproximadamente 20 hasta aproximadamente 90 por ciento en peso, y más preferentemente al menos aproximadamente 60 por ciento en peso.

Como se ha mencionado anteriormente, los armazones de casco de esta invención son de "peso ligero". Por peso ligero se entiende que la densidad de área total es inferior a aproximadamente 5 libras por pie cuadrado (24,4 kg/m^2). Preferentemente, la densidad de área total de los armazones de casco varía desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 5 libras por pie cuadrado (desde aproximadamente 14,6 hasta aproximadamente 24,4 kg/m^2).

Un tipo de forma de casco que se ha empleado en aplicaciones militares se conoce por el acrónimo ACH (Casco de Combate Avanzado). Deseablemente, tales cascos (aunque no son resistentes a balas de armas de fuego) tienen un peso en el rango desde aproximadamente 900 hasta aproximadamente 1500 gramos, y más preferentemente desde aproximadamente 1000 hasta aproximadamente 1300 gramos.

Para formar los armazones de cascos de esta invención, se colocan pilas de cada sección de las capas fibrosas en un molde adecuado de cualquier forma deseada. Es deseable formar el armazón de las tres secciones en una etapa de molde individual para eficiencia. No obstante, si se desea, se pueden moldear primero una o dos de las secciones antes de que las otras secciones sean introducidas en el molde. El molde puede ser de cualquier forma deseada, tal como una forma de taza, una forma ovalada, etc.

Con preferencia, primero se coloca una pila de capas unidas sueltas o no unidas que forman la sección exterior del armazón en el molde. Tal pila puede estar pre-formada aproximadamente en la forma deseada. A continuación se coloca una pila de capas unidas sueltas o no unidas que forman la sección media del armazón sobre la parte superior de las capas de la sección exterior. Después de esto, se coloca una pila de capas unidas sueltas o no unidas que forman la sección interior del armazón sobre la parte superior de las capas de la sección media. Donde se emplea telas orientadas unidireccionalmente como las capas de tela no tejidas de la sección interior del armazón, dos o más capas se colocan primero en estratos cruzados entre sí, tal como en ángulos de $0^\circ/90^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$, etc. Estas estructuras de estratos cruzados (referidas comúnmente como productos de protección) se introducen entonces en el molde. La pila de las secciones medias e internas del casco puede estar también pre-formadas aproximadamente en la forma deseada.

No se requiere el uso de adhesivo entre las capas o secciones individuales de las fibras de alta tenacidad, puesto que la resina o resinas de las capas individuales proporcionan la adhesión requerida entre las capas. No obstante, se puede utilizar una capa o capas adhesivas separadas, si se desea.

5 Debería prestarse atención para rellenar completa y uniformemente el molde y colocar todas las capas en la orientación adecuada. Esto asegura la actuación uniforme a través del armazón de molde. Si el volumen combinado de las secciones fibrosas es mayor que el molde del casco puede manipular, no se cerrará el molde y, por lo tanto, no se puede moldear el casco. Si el volumen combinado de los materiales es inferior al volumen del molde, aunque se cierra el molde, el material no se puede moldear debido a la falta de presión de moldeo.

10 Una vez que el molde está cargado correctamente con el número y el tipo requeridos de capas fibrosas, el armazón de molde puede ser moldeado en las condiciones deseadas de moldeo. Estas condiciones pueden ser similares a las empleadas en capas separadas de moldeo de telas de aramida y capas separadas de telas de polietileno. Por ejemplo, la temperatura de moldeo puede variar desde aproximadamente 65 hasta aproximadamente 250 °F, más preferentemente desde aproximadamente 90 hasta aproximadamente 330 °F, y más preferentemente desde aproximadamente 120 hasta aproximadamente 320 °F. La presión de moldeo de sujeción puede variar, por ejemplo, desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 500 toneladas (de 10,2 a 508 toneladas métricas), más preferentemente desde aproximadamente 50 hasta aproximadamente 350 toneladas (de 50,8 a 356 toneladas métricas), y más preferentemente desde aproximadamente 100 hasta aproximadamente 200 toneladas (de 102 a 203 toneladas métricas). Los tiempos de moldeo pueden variar desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 60 minutos, más preferentemente desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 35 minutos, y más preferentemente desde aproximadamente 15 hasta aproximadamente 25 minutos.

25 En las condiciones deseadas de moldeo, la resina o resinas presentes en las redes fibrosas se endurecen en el caso de las resinas termoestables. Esto da como resultado una adhesión fuerte de las capas individuales o grupos de capas en la forma de casco deseada como una pieza moldeada monolítica integral. Se cree que las resinas termoestables de cada conjunto de telas se adhieren en sus interfaces por reticulación de las resinas. Para resinas termoplásticas, el casco es refrigerado por debajo de la temperatura de reblandecimiento de la resina y luego es extraído fuera del molde. Bajo calor y presión, las resinas termoplásticas fluyen entre las capas de telas, resultando, por lo tanto, una pieza moldeada monolítica integral. Durante la refrigeración, se mantiene la presión de moldeo. El producto moldeado es extraído después fuera del molde y la pieza es recortada, si es necesario.

30 Las telas usadas en la estructura compuesta son relativamente finas, pero muy robustas. El espesor preferido de las capas de tela individuales es desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 36 milipulgadas (25 a 911 μm), más preferentemente desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 28 milipulgadas (76,2 a 711 μm), y más preferentemente desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 23 milipulgadas (127 a 584 μm).

35 Como se ha mencionado anteriormente, los cascos de esta invención son capaces de prevenir la penetración de balas de armas de fuego. Tales balas de armas de fuego tienen niveles de energía muy altos. Los cascos de esta invención son capaces de prevenir la penetración por balas de armas de fuego que tienen niveles de energía de al menos aproximadamente 1600 julios, más preferentemente balas de armas de fuego que tienen niveles de energía desde aproximadamente 1600 hasta aproximadamente 4000 julios y más preferentemente balas de armas de fuego que tienen niveles de energía de aproximadamente 1700 a aproximadamente 3000 Julios.

40 La siguiente es una lista de varias balas de armas de fuego y sus niveles de energía, con las velocidades y la energía medidas en la boca. Se puede ver que las balas de armas de fuego tienen niveles de energía mucho más altos que las balas de pistolas y, por lo tanto, son más difíciles de impedir que penetren los cascos.

TABLA 1 – Energía cinética de las balas de armas de fuego

Bala	Masa, grano (g)	Velocidad, mps	Energía, Julios
9 MM FMJ	124 (g)	373 ±10	537
357	158(9,5g)	440±10	958
44 Mag	240(15g)	441±10	1510
AK 47	128(8g)	900±10	1960
NATO (M80)	(9,5g)	810±10	3000
AK74	(3,4g)	750±10	1700
LPS	179(11,6g)	804±10	3814

Aunque los cascos de esta invención son de peso ligero, debido a su construcción única son capaces de prevenir la penetración de balas de armas de fuego de alta energía. Esta combinación de peso y medios de resistencia balística deseables significa que los cascos serían utilizados más fácilmente por personal que tiene que ser protegido frente a amenazas de alto nivel de energía.

- 5 La estructura del casco se puede adaptar para recibir una variedad de suplementos, si se desea. Por ejemplo, el casco se puede formar con muestras o canales incorporados para facilitar la fijación de aparejo deseado.

Aunque no se vincula a ninguna teoría particular, se cree que la sección exterior, que contiene capas fibrosas de fibras abrasivas, actúa para deformar la bala y su camisa. La sección media que contiene capas de fibras de poliolefina de alta tenacidad tejidas o tricotadas descortezas la camisa de la bala o cáscara exterior. La sección interior que contiene capas de fibras de poliolefina no tejida de alta tenacidad deforma el resto de la bala y lo captura, previniendo de esta manera la penetración a través del casco.

Los siguientes ejemplos no limitativos se presentan para proporcionar una compresión más completa de la invención. Las técnicas, condiciones, materiales, proporciones y datos relacionados específicos indicados para ilustrar los principios de la invención no deberían interpretarse como limitación del alcance de la invención. Todos los porcentajes son en peso, a no ser que se indique otra cosa.

EJEMPLOS

Ejemplo 1

Se formó un armazón de casco de tres secciones diferentes de fibras de alta tenacidad. Las capas exteriores se formaron de fibra de vidrio en una construcción tejida (Estilo 7628 de Hexcel, que es un tejido plano 17 x 12 extremos por pulgada (6,7 x 4,7 extremos por cm). Las capas individuales de fibras de vidrio tejidas fueron revestidas con una resina de vinil éster (resina Derakane 411-25 de Ashland Chemical) sumergiendo la tela tejida en un contenedor de la resina en disolvente de acetona y un agente de endurecimiento. Después del secado, se encontró que las capas de fibras de vidrio tejidas tenían 10 por ciento en peso de la resina de vinil éster. La densidad de área de cada capa era 200 g/m². Un total de 2 capas de compuesto de fibras de vidrio tejidas se apilaron sueltas y se pre-formaron en la forma aproximada de un casco.

Las capas medias del armazón del casco se forman a partir de una fibra tejida de polietileno de alta tenacidad (Spectra® 900 de Honeywell International Inc.). Estas fibras tienen una tenacidad de 30 g/d. La tela tejida es estilo 903 de Hexcel que es una tela tejida plana 21 x 21 extremos por pulgada (8,3 x 8,3 extremos por cm). Capas individuales de fibras de polietileno tejidas fueron revestidas con la misma resina de vinil éster que se utilizó con las capas de fibras de vidrio sumergiendo la tela en un contenedor de la solución de resina. Después del secado, se encontró que las capas de fibras de polietileno tejidas tenían 20 por ciento en peso de la resina de vinil éster. La densidad de área de cada capa era 296 g/m². Un total de 2 capas de los compuestos de fibras de polietileno tejidas de alta tenacidad se apilados sueltas y se pre-formaron en la forma aproximada de un casco.

Las capas interiores del armazón de casco se formaron de fibras de polietileno de alta tenacidad orientadas (Spectra® 3000 de Honeywell International, Inc.) que tenían un denier de 1300. Una red de las fibras orientadas unidireccionalmente se pasó a través de un baño de revestimiento que contenía resina de poliuretano termoplástico en agua, y después del secado se encontró que la resina comprendía 16 por ciento en peso de la capa de tela no tejida. Cuatro capas de estas capas se colocaron en estratos cruzados en 0°/90°/0°/90° y se laminaron juntas para formar un producto de protección de cuatro estratos. La densidad de área del compuesto de cuatro estratos era 257 g/m². Un total de 67 capas de las capas de cuatro estratos se apilaron sueltas juntas, estando desviada la orientación de las capas de fibras adyacentes 90° entre sí. Las capas de fibras se pre-formaron en la forma aproximada de un casco.

Las tres secciones del armazón de casco se introdujeron en un molde que tiene la forma deseada del casco (molde ACH), siendo colocadas primero las capas exteriores en el molde, seguido por las capas media y luego seguido por las capas interiores. La pila de capas se moldeó bajo una presión de sujeción de 190 toneladas (193 toneladas métricas), a 90° F (32°C) durante 15 minutos de calentamiento, seguido por una refrigeración a 220 °F (104°C) durante 15 minutos. Después de liberarlo del molde, los bordes del armazón de casco fueron recortados. La densidad total del área del armazón de casco era 3,75 libras por pie cuadrado (18,31 kg/m²).

El armazón de casco fue ensayado contra balas de armas de fuego (AK47, AK74 y NATO Ball) según la Norma MIL-STD-662F y se encontró que resistía la penetración de tales balas de armas de fuego.

Ejemplo 2

Se preparó un casco como en el Ejemplo 1, excepto que la resina utilizada en las capas medias era el mismo tipo de resina termoplástica de poliuretano utilizada en las capas de la sección interior. El contenido de resina de las capas

fibrosas medias era 20 por ciento en peso.

El armazón de casco fue ensayado como en el Ejemplo 1 y se observaron resultados similares.

Ejemplo 3

5 Se preparó un casco como en el Ejemplo 1, excepto que la resina en las capas interiores era un copolímero en bloque de estireno-isopreno-estireno (Kraton D-1107). El contenido de resina de las capas fibrosas internas era 17 por ciento en peso. El armazón de casco fue ensayado como en el Ejemplo 1, y se observaron resultados similares.

10 Los cascos de esta invención son de peso ligero y tienen todavía resistencia excelente a las balas de armas de fuego. Los cascos tienen también resistencia excelente al impacto y rigidez estructural. Los cascos son útiles en aplicaciones militares y no militares, tales como cascos de cumplimiento de la ley, cascos deportivos y otros tipos de cascos de seguridad.

Habiendo descrito la invención con bastante detalle, se comprenderá que tal detalle no tiene que ser estrictamente vinculante, sino que otros cambios y modificaciones pueden ocurrirse a los técnicos en la materia, todos los cuales caen dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

15

REIVINDICACIONES

- 1.- Un casco moldeado de peso ligero que es resistente a penetración por balas de armas de fuego, comprendiendo dicho casco un armazón, comprendiendo dicho armazón desde fuera hacia dentro:
- 5 una pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dichas capas fibrosas una red tejida de fibras abrasivas de alta tenacidad en una primera matriz de resina;
- una segunda pluralidad de capas fibrosas fijadas a dicha primera pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dicha segunda pluralidad de capas fibrosas una red tejida o tricotada de fibras de alta tenacidad, en una segunda matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina; y
- 10 una tercera pluralidad de capas fibrosas fijadas a dicha segunda pluralidad de capas fibrosas, comprendiendo dicha tercera pluralidad de capas fibrosas una red no tejida de fibras de alta tenacidad en una tercera matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina:
- en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad son seleccionadas del grupo que consta de fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carburo de silicio, fibras de carburo de boro y mezclas de las mismas; o
- 15 en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad comprenden fibras inorgánicas que tienen una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 2.0 GPa.
- 2.- El casco de la reivindicación 1, en el que dicha segunda y tercera pluralidad de capas de fibras comprenden fibras de polietileno.
- 3.- El casco de la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha primera matriz de resina, dicha segunda matriz de resina y dicha tercera matriz de resina están seleccionadas independientemente del grupo que consta de resinas termoplásticas y resinas termoestables, y en el que la densidad total del área de dicho armazón es de aproximadamente 3 libras por pie cuadrado hasta aproximadamente 5 libras por pie cuadrado (desde aproximadamente 14,6 kg/m² hasta aproximadamente 24,4 kg/m²).
- 20 4.- El casco de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho primera matriz de resina y dicha segunda matriz de resina son químicamente las mismas y dicha tercera matriz de resina es químicamente diferente de dicha primera matriz de resina y dicha segunda matriz de resina.
- 5.- El casco de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la densidad de área de dicha capas fibrosas de dicha primera pluralidad de capas fibrosas es desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 35 oz/yd² (169,5 a 1186,5 g/m²), la densidad de área de dichas capas fibrosas de dicha segunda pluralidad de capas fibrosas es desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 65 oz/yd² (169,5 a 2203 g/m²), y la densidad de área de dichas capas fibrosas de dicha tercera pluralidad de capas fibrosas es desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 90 oz/yd² (33,9 a 3051 g/m²).
- 30 6.- El casco de la reivindicación 2, en el que dicha tercera pluralidad de capas fibrosas comprende capas de fibras orientadas unidireccionalmente que están orientadas unas con respecto a las otras.
- 7.- El casco de la reivindicación 3, en el que dicha primera matriz de resina comprende una resina termoestable, dicha segunda matriz de resina comprende una resina termoestable o termoplástica, y dicha tercera matriz de resina comprende una resina termoplástica.
- 35 8.- El casco de la reivindicación 1, en el que dicha primera pluralidad de capas fibrosas comprende una red tejida de fibras de vidrio de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo dicha primera matriz de resina una resina termoestable;
- 40 dicha segunda pluralidad de capas fibrosas comprende una red tejida de fibras de alta densidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de polietileno, comprendiendo dicha segunda matriz de resina una resina termoestable o resina termoplástica; y
- dichas fibras de alta tenacidad en dicha tercera matriz de resina comprenden fibras de polietileno,
- 45 comprendiendo dicha tercera matriz de resina una resina termoplástica;
- y en el que dicho casco tiene una densidad de área total desde aproximadamente 3 hasta aproximadamente 5 libras por pie cuadrado (14,6 a 24,4 kg/m²), es resistente a balas de armas de fuego que tienen energías de al menos aproximadamente 1600 julios.
- 9.- Un método para formar un armazón de un casco de peso ligero que es resistente a penetración por balas de
- 50 armas de fuego, comprendiendo el método las etapas de:

suministrar una primera pluralidad de capas fibrosas a un molde, comprendiendo las capas fibrosas una red tejida de fibras de alta tenacidad en una primera matriz de resina, comprendiendo las fibras de alta tenacidad fibras abrasivas; estando la primera pluralidad de capas fibrosas mirando hacia el interior en dicho molde;

5 suministrar una segunda pluralidad de capas fibrosas a dicho molde, comprendiendo dicha segunda pluralidad de capas fibrosas una red tejida de fibras de alta tenacidad en una segunda matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina, cubriendo dicha segunda pluralidad de capas fibrosas dicha primera pluralidad de capas fibrosas, siendo compatibles dicha primera matriz de resina y la segunda matriz de resina, de tal manera que dicha primera y la segunda pluralidad de capas fibrosas se pueden adherir entre sí;

10 suministrar una tercera pluralidad de capas fibrosas a dicho molde, comprendiendo dicha tercera pluralidad de capas fibrosas una red no tejida de fibras de alta tenacidad en una tercera matriz de resina, comprendiendo dichas fibras de alta tenacidad fibras de poliolefina, cubriendo dicha tercera pluralidad de capas fibrosas dicha segunda pluralidad de capas fibrosas; y

15 aplicar calor y presión a dicha primera pluralidad de capas fibrosas, a dicha segunda pluralidad de capas fibrosas y a dicha tercera pluralidad de capas fibrosas para formar de esta manera dicho armazón del casco;

en el que dichas fibras abrasivas de alta tenacidad son seleccionadas del grupo que consta de fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carburo de silicio, fibras de carburo de boro, y mezclas de las mismas; o

en el que dichas fibras abrasivas de alta densidad comprenden fibras inorgánicas que tienen una resistencia a la tracción de al menos aproximadamente 2.0 GPa.