

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 691**

51 Int. Cl.:

**B32B 5/02** (2006.01)

**B32B 5/26** (2006.01)

**F41H 5/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2012 E 12177993 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2551103**

54 Título: **Artículos resistentes a la penetración**

30 Prioridad:

**28.07.2011 US 201113193497**

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

**23.11.2017**

73 Titular/es:

**ROCKY RESEARCH (100.0%)  
1598 Foothill Drive  
Boulder City, NV 89005, US**

72 Inventor/es:

**ROCKENFELLER, UWE y  
KHALILI, KAVEH**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 643 691 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**

Artículos resistentes a la penetración

**Antecedentes de la invención**

5 Los materiales antibalísticos resistentes a la penetración disponibles actualmente para proteger vehículos, equipo, estructuras y personal de la penetración de proyectiles de armas ligeras o la penetración de metralla volante y similares, son relativamente caros y pesados. Además, los materiales antibalísticos ligeros de peso no siempre presentan suficiente resistencia para proteger al equipo y al personal de proyectiles balísticos mayores.

**Sumario de la invención**

10 Se describen en la presente memoria materiales compuestos balísticos innovadores que comprenden laminaciones de materiales de sustrato fibrosos impregnados con sales cristalinas que se unen mediante enlaces iónicos a la fibra. Los materiales compuestos son relativamente económicos, ligeros de peso y de coste eficaz para su fabricación y pueden producirse en casi cualquier forma, tamaño y espesor y son completamente reciclables.

Según un aspecto, se proporciona un artículo de material compuesto balístico con una superficie de impacto delantera y una superficie posterior que comprende:

- 15 una pluralidad de capas de género tejido de fibras balísticas polarizadas;
- una sal, un óxido, un hidróxido o un hidruro de metal unido mediante enlaces iónicos en dichas fibras de tejido y
- una composición de recubrimiento sustancialmente impermeable al agua en dichas capas de fibras de tejido y/o en el exterior de dicho material compuesto;
- 20 en el que las capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera difieren de las capas de género tejido adyacentes a la superficie posterior en densidad de carga de la sal, el óxido, el hidróxido o el hidruro de metal unido mediante enlaces iónicos en las fibras balísticas polarizadas.

25 En general, hay tres fuentes significativas de disipación de energía mediante materiales compuestos fibrosos. Éstas pueden clasificarse como: 1) la energía absorbida en la rotura a la tracción de los hilos primarios, 2) la energía convertida en deformación elástica de los hilos secundarios, es decir, todos los demás hilos y 3) la energía convertida en energía cinética de la porción móvil del material compuesto. Los parámetros primarios que influyen en el rendimiento balístico están asociados a las propiedades materiales de los hilos, la estructura del género, la geometría del proyectil, la velocidad de impacto, la interacción capa a capa en sistemas multicapa, las condiciones límites y la fricción entre los propios hilos y entre los hilos y un proyectil.

30 En una realización, los materiales compuestos resistentes a la penetración descritos en la presente memoria comprenden materiales de sustrato que tienen capas de hebras polarizadas de tejido de fibras balísticas que comprenden vidrio, poliamida, poli(sulfuro de fenileno), polietileno, M-5, PBO, fibras de carbono o grafito en las que un metal, una sal, un óxido, un hidróxido o un hidruro de metal, seleccionado, se une mediante enlaces iónicos en la superficie de las fibras en concentraciones suficientes para formar puentes de la sal, el óxido, el hidróxido o los hidruros entre las hebras de sustrato y/o las fibras de sustrato, adyacentes. Las capas solas o múltiples de las fibras unidas por sal o hidruro de tejido están recubiertas de un material de recubrimiento sustancialmente impermeable al agua. Los materiales compuestos comprenden paneles u otros artículos o productos resistentes a la penetración, conformados.

35 Las realizaciones de materiales compuestos multicapa de la presente invención comprenden sustratos logrados controlando el sustrato y la densidad de la sal de diferentes capas, según lo cual pueden diseñarse, fabricarse y optimizarse los materiales compuestos para cumplir con los requerimientos y las especificaciones balísticas seleccionadas y diferentes.

40 En una realización, se diseña el material compuesto según lo cual las capas de la cara o el frente del material compuesto más próximas a la superficie de impacto son menos elásticas cuando se compara con capas más elásticas adyacentes a la parte posterior del material compuesto. En algunas realizaciones, las capas de la cara o el frente del material compuesto pueden presentar más densidad que las capas en la parte posterior del material compuesto.

45 En una realización, el sustrato comprende capas de hilo de tejido con un espesor del género o densidad de trama de entre aproximadamente 60% y aproximadamente 98%, también conocido como el "factor de cobertura" de al menos aproximadamente 0,6 y preferiblemente hasta aproximadamente 0,98.

50 En otra realización, la concentración de sal metálica en las capas de sustrato comprende al menos 0,25 g/cm<sup>3</sup> y preferiblemente hasta aproximadamente 0,60 gramo/cm<sup>3</sup> de volumen de trama de género abierta.

En otra realización, un panel o artículo balístico comprende capas de género tejido y en el que la trama del género

de una o más capas en, o adyacentes a, el frente o superficie de impacto del panel o artículo con una densidad de trama mayor que una o más capas de género en, o adyacentes a, la parte posterior del artículo o panel.

5 En otra realización, un panel o artículo balístico comprende capas de género tejido con una sal metálica unida en las capas del género y en el que la concentración de sal en una o más capas del género en, o adyacentes a, la superficie delantera o de impacto del panel o artículo es mayor que en una o más capas del género en, o cerca de, la parte posterior del panel o artículo.

10 En otra realización más, la densidad del área del panel o artículo de material compuesto está entre aproximadamente 0,7 kPa (1,5 libras/pie cuadrado) y aproximadamente 1,4 kPa (3 libras/pie cuadrado) y más específicamente entre aproximadamente 0,9 kPa (2 libras/pie cuadrado) y aproximadamente 1,3 kPa (2,8 libras/pie cuadrado).

### Descripción detallada

15 Los productos de material compuesto resistentes a la penetración descritos en la presente memoria pueden fabricarse de materiales de sustrato que comprenden fibras de tejido del material de sustrato. Dichos materiales de sustrato de tejido pueden incluir géneros balísticos o tela balística, donde las fibras o hebras de fibras han sido torcidas o conformadas en una forma coherente tal como hilo o fibra para hilar. Se pueden usar varios o diferentes patrones de tramas, incluyendo tramas tridimensionales tales como tejido liso, tejido de esterilla, trama de satén, sarga, etc. que proporciona características de resistencia en múltiples direcciones. También puede preferirse que se acabe o se teja el borde del género para evitar el deshilachado cuando se manipule el género. Así, por ejemplo, puede usarse un ribete de gasa para evitar el deshilachado, especialmente útil cuando el género se corta en la dirección de la urdimbre y con hilo de fibra para hilar para evitar que se deshaga la trama. En otra realización, se pueden entretejer o coser o unir entre sí de otro modo dos o más capas del género de sustrato. Como se describirá de ahora en adelante, dicho entrelazado de las capas mejora las características balísticas del material compuesto. Las sucesivas capas de las fibras también pueden situarse a lo largo de diferentes ejes de manera que se proporcione resistencia al sustrato en múltiples direcciones.

25 Se debería observar que los productos y los artículos expuestos en la presente memoria pueden ser componentes de un dispositivo resistente al impacto balístico mayor. Por ejemplo, los artículos unidos mediante enlaces iónicos, estratificados, expuestos a continuación pueden insertarse en la parte superior de, detrás de, o entre, las capas de otro material antibalístico. En una realización, el otro material antibalístico incluye capas de carburo de boro, material cerámico, hierro o aluminio de alta resistencia a la tracción. En otras realizaciones, los artículos unidos mediante enlaces iónicos, estratificados, expuestos a continuación pueden formar parte de materiales antibalísticos que incluyen policarbonato laminado o polietileno de peso molecular ultra alto.

35 En una realización, el artículo de material compuesto balístico se fabrica de una pluralidad de capas de género, en el que cada capa presenta una composición diferente a la de las otras capas. En esta realización, las capas difieren entre sí por que presentan diferentes elasticidades entre sí. En una realización, las capas hacia la parte posterior del artículo son más elásticas que las capas en la parte delantera del artículo. En una realización, el género en la parte posterior del material es 10-20% más elástico que el material en la parte delantera del artículo. En otras realizaciones, las capas del género en la parte posterior del artículo son 30%-40%, 40%-50%, 50%-60%, 60%-70%, 70%-80%, 80%-90% o 90%-100% más elásticas que el material en la parte delantera del artículo. En otra realización, las capas de género en la parte posterior del artículo son 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 veces más elásticas que las capas en la parte delantera del artículo.

45 En otra realización más, el artículo de material compuesto presenta un gradiente de elasticidad del género que es menos elástico en la parte delantera del artículo, pero gradualmente llega a ser más elástico hacia la parte posterior del artículo. Por ejemplo, en un artículo con 10 capas, cada capa de la parte delantera del artículo a la parte posterior del artículo es progresivamente más elástica. Esta estructura imparte alta resistencia estructural en la parte delantera del artículo, pero más flexibilidad y elasticidad hacia la parte posterior del artículo para ayudar a absorber las fuerzas del impacto de los proyectiles.

50 En otra realización, el artículo comprende una pluralidad de secciones, teniendo cada sección una pluralidad de una o más capas de género. En esta realización, cada sección puede presentar diferente elasticidad variando la elasticidad de los géneros en una sección. Así, una sección en la parte delantera del artículo puede presentar una elasticidad baja, mientras que una sección en el medio puede presentar una elasticidad mayor, mientras que una sección en la parte posterior puede presentar la elasticidad relativamente más alta. En una realización, el artículo presenta 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más secciones y cada sección puede presentar 1, 2, 3, 4, 5 o más capas de género.

55 En otra realización, el artículo puede presentar una pluralidad de capas de género tejido de fibras balísticas polarizadas que difieren en composición teniendo diferentes densidades de trama desde la parte delantera a la parte posterior del artículo. Por ejemplo, la densidad de trama de las capas en la parte delantera del artículo puede ser mayor que la densidad de trama en la parte posterior del artículo. En una realización, el artículo presenta una pluralidad de capas, teniendo cada capa desde la parte delantera a la parte posterior una densidad de trama progresivamente menor. En otra realización, el artículo puede presentar secciones, teniendo cada sección una o

más capas de género y en el que cada sección presenta una densidad de trama diferente de las otras. En una realización, cada sección del artículo desde la parte delantera a la parte posterior presenta una densidad de trama progresivamente menor.

En otra realización más, el artículo puede presentar una pluralidad de capas de fibras polares de tejido, en la que las capas difieren entre sí por que la densidad de carga de las sales, óxidos, hidróxidos o hidruros de metal, que están unidos mediante enlaces iónicos en las fibras de tejido difieren en el lado del impacto delantero del artículo comparado con la parte posterior del artículo. Por ejemplo, la densidad de carga de las capas en el lado delantero de impacto puede ser mayor que la densidad de carga en el lado posterior. En algunos casos, esto puede proporcionar ventajas por que el lado delantero debería más denso para absorber más fuerza de impacto, pero menos denso hacia la parte posterior del artículo para extender la fuerza del impacto sobre una superficie mayor.

Alternativamente, la densidad de carga puede ser menor en el lado delantero de impacto y mayor en el lado posterior. En algunas circunstancias, puede ser más preferible tener una superficie de densidad menor que absorba la fuerza de impacto inicial, pero que tenga un material de densidad mayor que absorba la fuerza final en el artículo. Cabe señalar que estas opciones pueden diferir debido a diferentes usos, como cuando el artículo está protegiendo a una persona individual, un vehículo o un avión. En algunos casos, la fibra polar puede conseguir una densidad de carga en la fibra de al menos aproximadamente 0,25 gramos por centímetro cúbico de volumen de sustrato abierto. En otras realizaciones, la densidad de carga puede ser 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 o más gramos por centímetro cúbico de volumen de sustrato abierto. En algunas realizaciones, la densidad de carga disminuye por un porcentaje específico en cada capa del artículo desde la parte delantera a la parte posterior. Por ejemplo, la capa más próxima al lado de impacto delantero puede presentar una densidad de carga de 0,3 gramos por centímetro cúbico de volumen de sustrato abierto, pero esa densidad se reduce por el 5% para cada capa adicional del artículo. En algunas realizaciones, cada capa del artículo cambia desde la parte delantera a la parte posterior por al menos 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9% o 10%. En otras realizaciones, el artículo presenta secciones de las capas en las que las capas dentro de cada sección presentan la misma densidad de carga, pero la densidad de carga entre las secciones cambia por todo el artículo.

En otra realización más, las capas pueden diferir en composición debido a que las diferentes sales, óxidos, hidróxidos o hidruros de metal, que están unidos en las fibras polares cambian en diferentes capas del artículo. Por ejemplo, una capa puede usar  $\text{SrCl}_2$  unido mediante enlace iónico a una hebra de fibra polar, mientras una segunda capa usa  $\text{CaBr}_2$  y una tercera capa usa  $\text{CaCl}_2$ . En algunas realizaciones, cada capa presenta un diferente haluro, óxido o hidróxido de metal, unido mediante enlace iónico. En algunas realizaciones, el artículo presenta una pluralidad de secciones, en el que cada sección presenta capas con la misma sal o el mismo óxido, hidróxido o hidruro de metal, unido mediante enlace iónico. En esta realización, la sal usada en cada sección puede diferir para proporcionar propiedades ventajosas del material.

Los materiales de fibras de los que pueden fabricarse los sustratos balísticos de tejido incluyen fibras de vidrio, poliamida, poli(sulfuro de fenileno), polietileno, carbono o grafito. Las fibras de vidrio son un tipo de material de fibras puesto que las fibras de vidrio de tejido son relativamente económicas y el género de fibras de vidrio de tejido son fáciles de manipular y tratar en la preparación de los materiales compuestos. Dichas fibras de vidrio incluyen vidrio S, con una resistencia a la tracción mayor cuando se compara con vidrio E. Los géneros de fibra de vidrio también están disponibles en muchos diferentes patrones de trama. También son útiles materiales de poliamida o hebras de fibra de polímero de nailon. Son especialmente útiles las resinas de poliamida aromáticas (hebras de fibra de resina de aramida, comercialmente disponibles como Kevlar®, Twaron® y Nomex®).

Otro material de la hebra de fibra balística útil se fabrica de poli(sulfuro de fenileno), comercialmente disponible como Rytan®. Otros materiales de fibras balísticas útiles comprenden Zylon® (poli-p-fenileno-2,6-benzobisoxazol); también conocido como PBO, Spectra® (polietileno) y M-5 (diimidazol piridinileno dihidroxifenileno).

En otra realización, pueden usarse combinaciones de dos o más de los materiales mencionados en la conformación del sustrato, seleccionado para aprovechar las propiedades únicas de cada uno de ellos. Por ejemplo, las diferentes capas pueden comprender géneros de diferentes fibras, por ejemplo, alternando capas de género de vidrio S e hilos de aramida, respectivamente. En otra realización, el material de sustrato comprende tramas híbridas usando una trama de hilo de material de fibras en una primera dirección y un hilo de material de fibra diferente en una segunda dirección. Un ejemplo de dicha trama híbrida utiliza hilos primarios de fibra para hilar de vidrio S-2 e hilos secundarios que comprenden resina de aramida. En otro ejemplo, se usan diferentes materiales de fibra en las direcciones de la urdimbre y de relleno, respectivamente, por ejemplo, hilo de urdimbre de fibra de vidrio e hilo de relleno de nailon y/o aramida o viceversa. Alternativamente, las fibras utilizadas en las direcciones de la urdimbre y/o de relleno pueden mezclarse, por ejemplo, en un tejido liso, cada tercer hilo de urdimbre y de relleno puede ser un hilo secundario. Así, puede usarse cualquier número de combinaciones de diferentes hilos de fibras para géneros y capas de género.

La densidad de trama del género es también otra característica del material de sustrato que puede proporcionar ventajas en la preparación de un material compuesto. La densidad de trama del género se define en términos de tirantez del género o "factor de cobertura". Para los paneles, artículos y productos, balísticos, descritos en la presente memoria, en una realización, el factor de cobertura puede estar entre aproximadamente 0,6 y

aproximadamente 0,98 y alternativamente entre aproximadamente 0,75 y aproximadamente 0,98. El factor de cobertura es una expresión numérica de la fracción de la superficie total de la trama cubierta por la trama. Así, por ejemplo, si 6,45 cm<sup>2</sup> (1 pulgada cuadrada) de la tela de trama presenta un factor de cobertura de 0,9, el 90% de la tela comprende fibra de tejido y el resto es material de fibra abierta. De acuerdo con esto, cuanto mayor sea la cifra del factor de cobertura, mayor será la densidad de la trama y más tenso estará el patrón de trama.

La superficie de las fibras y las hebras de fibras del mencionado material de sustrato puede ser polarizada. Las fibras polarizadas están presentes habitualmente en los géneros, tramas u otras formas mencionadas del sustrato, comercialmente disponibles. Si no, puede tratarse el sustrato para polarizar la fibra y las superficies de las hebras. Los requerimientos de polarización de la superficie de la fibra, sea proporcionada sobre el sustrato por un fabricante o sean tratadas las fibras para su polarización, deberían ser suficientes para conseguir una densidad de carga de la sal en la fibra de al menos aproximadamente 0,25 gramos por centímetro cúbico de volumen de sustrato abierto en una realización, según lo cual la sal metálica unida forma puentes con la fibra adyacente y/o las hebras adyacentes del sustrato. Se puede determinar fácilmente la polaridad del material de sustrato sumergiendo o tratando de otro modo el sustrato con una disolución de la sal, secando el material y determinando el peso de la sal que se ha llegado a unir mediante enlace iónico al sustrato. Alternativamente, puede determinarse la unión mediante enlace iónico por examen óptico de una muestra del material de sustrato seco y observación de la extensión de sal que forma puente de las superficies de las fibras y/o hebras adyacentes. Incluso previamente a esa determinación de la unión de la sal, puede examinarse el sustrato para observar si hay aceite o lubricante en la superficie. El material recubierto de aceite, en algunas circunstancias, puede afectar sustancialmente de manera adversa a la capacidad de las superficies de las fibras de sustrato para formar un enlace polar, iónico, con una sal o hidruro de metal. Si hay aceite superficial, puede tratarse fácilmente el sustrato, por ejemplo, calentando el material a suficientes temperaturas para calcinar o evaporar el lubricante no deseable. También se puede eliminar aceite o lubricante tratando el sustrato con un disolvente y después secando convenientemente el material para eliminar el disolvente y lubricante disuelto. También se pueden tratar los sustratos con líquidos polarizantes tales como agua, alcohol, ácidos inorgánicos, por ejemplo, ácido sulfúrico.

Puede cargarse de manera electrostática el sustrato exponiendo el material a una descarga eléctrica o "corona" para mejorar la polaridad de la superficie. Dicho tratamiento hace que las moléculas de oxígeno en el área de descarga se unan a los extremos de las moléculas en el material de sustrato dando como resultado una superficie de unión polar químicamente activada. De nuevo, el material de sustrato debería estar sustancialmente exento de aceite previamente al tratamiento electrostático en algunas realizaciones.

En una realización, una sal de metal, un óxido de metal, un hidróxido o un hidruro de metal, se une a la superficie del material de sustrato polarizado por impregnación, remojado, pulverización, fluido, inmersión o exponiendo eficazmente de otro modo la superficie del sustrato a la sal, óxido, hidróxido o hidruro de metal. El método preferido para unir la sal al sustrato es por impregnación, remojado o pulverización del material con una disolución líquida, suspensión acuosa o suspensión o mezcla que contenga la sal, el óxido, el hidróxido o el hidruro de metal seguido por la eliminación del disolvente o portador por secado, calentamiento y/o aplicación de vacío. El sustrato también puede impregnarse bombeando una suspensión, suspensión acuosa o disolución de sal o mezcla de líquido-sal en, y por, el material. Cuando el portador líquido es un disolvente para la sal, puede preferirse usar una disolución saturada de sal para impregnar el sustrato. Sin embargo, para algunos casos, pueden usarse concentraciones menores de sal, por ejemplo, en el caso de que se requieran o se ordene satisfacer densidades de carga aceptables. En el caso de que la solubilidad de la sal en el portador líquido no sea práctica o posible, pueden usarse dispersiones sustancialmente homogéneas. En el caso de que se use un sustrato cargado de manera electrostática, puede unirse la sal por soplado o limpiando el material de partículas de sal, óxido, hidróxido e hidruro, secas.

Como se describió previamente, en algunas realizaciones, puede ser necesario unir una cantidad suficiente de sal, óxido, hidróxido o hidruro de metal en el sustrato para conseguir la formación sustancial de puentes de la estructura del cristal de sal, óxido, hidróxido o hidruro entre fibras y/o hebras adyacentes. Se proporciona una cantidad suficiente de sal, óxido, hidróxido o hidruro de metal por al menos aproximadamente 0,25 gramos por centímetro cúbico de volumen de sustrato abierto, preferiblemente entre aproximadamente 0,25 y aproximadamente 0,6 gramos por centímetro cúbico. Después del tratamiento mencionado, se seca el material en el equipo y en las condiciones para formar una capa plana u otro tamaño y forma deseados usando un molde o forma. Un sustrato seco soportará fácilmente su conformación. En una realización, se seca el sustrato para eliminar sustancialmente el disolvente, fluido portador u otro líquido, aunque pueden tolerarse pequeñas cantidades de fluido, por ejemplo, hasta 1-2% de disolvente, sin pérdida de la resistencia del material. Los expertos en la materia entenderán las técnicas de secado y manipulación para dicha eliminación de disolvente.

Las sales, óxidos o hidróxidos de metal unidos al sustrato son sales de metal alcalino, metal alcalino-térreo, metal de transición, cinc, cadmio, estaño, aluminio, sales metálicas dobles de los metales mencionados y/o mezclas de dos o más de las sales metálicas. Las sales de los metales mencionados pueden ser haluro, nitrito, nitrato, oxalato, perclorato, sulfato o sulfito. Las sales preferidas comprenden haluros y los metales preferidos comprenden estroncio, magnesio, manganeso, hierro, cobalto, calcio, bario y litio. Las sales metálicas preferidas mencionadas proporcionan relaciones de peso molecular/unión electrovalente (iónica) de entre aproximadamente 40 y aproximadamente 250. También pueden ser útiles hidruros de los metales mencionados, ejemplos de los cuales se describen en las

patentes de EE. UU. 4 523 635 y 4 623 018, incorporadas en la presente memoria como referencia en su totalidad.

Después de la etapa de secado o en el caso de que las sales se unan a sustrato electrostáticamente cargado, seco, si no se ha medido previamente, se corta el material para formar capas de un tamaño y/o forma deseados y cada capa de material de sustrato unido a sal o hidruro de metal o múltiples capas del mismo se sellan por recubrimiento con una composición sustancialmente impermeable al agua. La etapa de recubrimiento puede realizarse en las condiciones o en un tiempo de manera que se selle sustancialmente el material compuesto evitándose de ese modo que la sal o hidruro de metal lleguen a hidratarse mediante la humedad, el vapor, aire ambiental o similar, que puede producir el deterioro de la resistencia del material. La sincronización y las condiciones por las cuales se realiza el recubrimiento dependerán algo de la sal específica unida sobre el sustrato. Por ejemplo, los haluros de calcio y en particular el cloruro de calcio y el bromuro de calcio absorberán agua rápidamente cuando se expongan a condiciones atmosféricas que produzcan licuación de la sal y/o pérdida de la unión de la sal e integridad estructural del producto. Las composiciones de recubrimiento sustancialmente impermeables al agua incluyen resina epoxídica, resina fenólica, neopreno, polímeros vinílicos tales como PBC, copolímeros de PBC-acetato de vinilo o de vinilbutiral, fluoroplásticos tales como policlorotrifluoroetileno, politetrafluoroetileno, fluoroplásticos de FEP, poli(fluoruro de vinilideno), caucho clorado y películas metálicas incluyendo recubrimientos de aluminio y cinc. La lista mencionada se da a modo de ejemplo y no se pretende que sea exhaustiva. De nuevo, puede aplicarse el recubrimiento a capas individuales de sustrato y/o a una pluralidad de capas o a las superficies expuestas exteriores de una pluralidad o pila de capas de sustrato.

Los materiales compuestos balísticos mencionados proporcionan protección balística descrita en términos de densidad de área, que es el peso por área unidad, expresado en libras por pie cuadrado. Los materiales compuestos inmediatos proporcionan protección balística por un intervalo de densidades de área de entre aproximadamente 0,9 kPa (2 libras/pie cuadrado) y aproximadamente 1,4 kPa (3 libras/pie cuadrado) y más específicamente entre aproximadamente 1 kPa (2,2 libras/pie cuadrado) y aproximadamente 1,3 kPa (2,8 libras/pie cuadrado).

En una realización, los materiales compuestos balísticos descritos en la presente memoria se caracterizan por que presentan mayor densidad de trama del género en las capas de sustrato en, cerca o adyacentes a, la parte delantera o la superficie de impacto del artículo. Dichas capas de trama del género más densas dan como resultado mayor densidad del sustrato y proporcionan a las capas de mayor densidad menos elasticidad para más resistencia al impacto y mayor absorción de energía. Así, por ejemplo, los factores de cobertura de trama del género de 0,8; 0,9 y tan alto como 0,98, respectivamente, proporcionan menos elasticidad y ofrecen mayor resistencia a la penetración y protección balística.

Como se describió previamente, los materiales compuestos balísticos también incorporan sales, óxidos, hidróxido o hidruro de metal unidos a las fibras del género tejido en concentraciones de aproximadamente 0,25 gramo/cm<sup>3</sup> a aproximadamente 0,6 gramo/cm<sup>3</sup> de volumen de sustrato abierto. En algunas realizaciones, los materiales compuestos balísticos incorporan sales, óxidos, hidróxido o hidruro de metal unidos a las fibras de género tejido en concentraciones de aproximadamente 0,3 gramo/cm<sup>3</sup> a aproximadamente 0,5 gramo/cm<sup>3</sup> de volumen de sustrato abierto. Cuanto mayor la concentración de la sal, menor la elasticidad de la capa de género. Así, las mayores concentraciones de sal en capas de tejido en, cerca o adyacentes a, la superficie delantera o de impacto del artículo proporcionan más resistencia al impacto y absorción de energía.

Seleccionando y manipulando diferentes densidades de trama del género y diferentes densidades de sal en los intervalos mencionados en diferentes capas de material compuesto, se pueden diseñar tanto la protección balística deseada como las características de peso de los paneles o artículos resultantes para reunir y satisfacer una serie de especificaciones deseadas o requeridas para diferentes productos para diferentes entornos, usos y condiciones. Así, por ejemplo, para algunos usos o entornos, para protección balística maximizada puede ser deseable utilizar tanto alta densidad de trama como/o densidad de sal en capas en, o cerca de, la superficie de impacto del panel o artículo. Para otras especificaciones, puede ser deseable utilizar menor densidad de la sal y/o menor densidad de trama en, o cerca de, la superficie trasera del panel o artículo. Además, pueden seleccionarse diferentes combinaciones de densidades de trama y de sal por las capas del panel de material compuesto para conseguir cualquier peso deseable y características de resistencia o especificaciones de un artículo.

Los paneles u otras formas y geometrías tales como formas cóncavas, convexas o redondas de los materiales compuestos de sustrato recubiertos mencionados tales como materiales laminados se conforman al espesor deseado, dependiendo de la protección balística destinada deseada, junto con los materiales compuestos mencionados para conseguir más características de realización deseadas o necesarias. Por ejemplo, los paneles o materiales laminados útiles de dichos sustratos de tejido unidos a sal pueden comprender 10-50 capas por pulgada de espesor. Dichos paneles o materiales laminados pueden instalarse en puertas, laterales, fondos o partes superiores de un vehículo para proporcionar blindaje y protección frente a proyectiles. También se pueden ensamblar los paneles en la forma de estuches, cilindros, cajas o contenedores para protección de muchas clases de explosivos u otro material valioso y/o frágil tal como munición, combustible y misiles, así como personal. Los materiales laminados pueden incluir capas de acero u otro material resistente balístico tal como materiales compuestos de fibra de carbono, materiales compuestos de aramida o aleaciones de metal.

Los materiales compuestos mencionados también pueden moldearse fácilmente en artículos con formas

contorneadas y cilíndricas, ejemplos de los cuales incluyen cascos, paneles o componentes de cascos, chalecos, paneles de chalecos, zapatos, componentes de protección de piernas, caderas y glúteos, así como paneles de protección de vehículos, componentes de carrocerías, cubiertas de cohetes o misiles y unidades de contención de cohetes o misiles, incluyendo sistemas NLOS (sin línea de vista, por sus siglas en inglés). Dichas cubiertas y unidades de contención encerrarían y protegerían un cohete o misil y se usan para almacenar y/o lanzar misiles o cohetes y podían construirse usando los materiales compuestos descritos en la presente memoria para proteger sus contenidos de objetos externos tales como balas o fragmentos de bombas. Los paneles de chalecos de varios tamaños y formas pueden conformarse insertando en bolsillos situados sobre, o en, el revestimiento de chalecos militares existentes o tradicionales o pueden insertarse en pantalones u otras prendas. El uso combinado de esos paneles con chalecos antibala más tradicionales puede dar como resultado un chaleco más ligero, más flexible y más fácilmente adaptable que adopte la variedad de tallas para diferentes individuos. Igualmente, una realización es un panel de casco que se ha moldeado para encajar en el interior de un revestimiento para un casco tradicional. En otra realización, se asegura el panel de material compuesto protector en el exterior del casco con cubiertas de casco flexibles y/o resistentes, malla, etc. En una realización diferente, el casco puede incluir uno o más materiales compuestos moldeados o conformados como se describe en la presente memoria para proteger al usuario de balas o fragmentos de bombas.

Para blindaje vehicular resistente a la penetración, pueden conformarse paneles de protección de muy diferentes tamaños y conformaciones del material compuesto incluyendo paneles para suelo, puerta, lateral y parte superior, así como componentes de carrocería de vehículos moldeados en la forma de guardabarros, depósitos de gasolina, protectores de motores y ruedas, cubiertas y similares. Como se usa en la presente memoria, "vehículo" incluye una variedad de máquinas, incluyendo automóviles, tanques, camiones, helicópteros, avión y similares. Así, el blindaje de vehículos resistentes a la penetración puede usarse para proteger a los ocupantes o partes vitales de cualquier tipo de vehículo.

Los artículos de material compuesto mencionados también pueden combinarse con otros paneles balísticos y resistentes a la penetración de varias formas y tamaños. Por ejemplo, los materiales compuestos mencionados pueden emparejarse con una o más capas o paneles de materiales tales como acero, resinas de aramida, materiales compuestos de fibra de carbono, carburo de boro u otros materiales resistentes a la penetración conocidos por los expertos en la materia, incluyendo el uso de dos o más de los materiales mencionados, dependiendo de los requerimientos de blindaje de los artículos resistentes a la penetración requeridos.

Las siguientes muestras I-III de capas de panel de material compuesto descritas anteriormente ilustran variaciones de las propiedades balísticas cambiando la densidad de la sal. En cada panel de prueba, se usan 10 capas de sustrato, cada capa se recubre con resina epoxídica, cada panel tiene 1,3 cm (0,5 pulgadas) de espesor.

#### Muestra I

Sustrato: fibra para hilar de vidrio S-2 2033 TEX, tejido liso, ribete de gasa

urdimbre: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

relleno: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

Sal:  $\text{CaBr}_2$  (0,46 g/cm<sup>3</sup> de volumen de sustrato abierto)

Factor de

cobertura: 0,95 - 0,96

Densidad de área: 1,3 kPa (2,8 libras/pie cuadrado)

Reducción de energía cinética (EC): 348 J – 358 J

#### Muestra II

Sustrato: fibra para hilar de vidrio S-2 2033 TEX, tejido liso, ribete de gasa

urdimbre: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

relleno: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

Sal:  $\text{CaBr}_2$  (0,58 g/cm<sup>3</sup> de volumen de sustrato abierto)

Factor de

## ES 2 643 691 T3

cobertura: 0,95 - 0,96

Densidad de área: 1,3 kPa (2,8 libras/pie cuadrado)

Reducción de EC: 322 J-413 J

### Muestra III

Sustrato: fibra para hilar de vidrio S-2 2033 TEX, tejido liso, ribete de gasa

urdimbre: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

relleno: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

Sal:  $\text{CaBr}_2$  (0,32 g/cm<sup>3</sup> de volumen de sustrato abierto)

Factor de

cobertura: 0,97

Densidad de área: 1 kPa (2,2 libras/pie cuadrado)

Reducción de EC: 200 J - 335 J

La muestra IV ilustra los beneficios balísticos cosiendo o uniendo capas adyacentes de género.

### Muestra IV

Sustrato: fibra para hilar de vidrio S-2 2033 TEX, tejido liso, ribete de gasa, 3-4 fibras para hilar cosidas entre sí cada 0,6 cm (¼ pulgada) en las direcciones de la urdimbre y de relleno con hilo S-2

urdimbre: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

relleno: 2,2 hilos/cm (5,5 hilos/pulgada),

Sal:  $\text{CaBr}_2$  (0,42 g/cm<sup>3</sup> de volumen de sustrato abierto)

Factor de

cobertura: 0,95-0,96

Densidad de área: 1,3 kPa (2,8 libras/pie cuadrado)

Reducción de EC: 401 J - 494 J

5 En los ensayos de las muestras anteriores, la reducción de la energía cinética (EC) se expresa en julios (J) = 0,5 x (masa del proyectil) x (velocidad de choque o inicial)<sup>2</sup> menos 0,5 x (masa del proyectil) x (velocidad medida después de que el proyectil sale del panel)<sup>2</sup>. Dos cronógrafos situados delante y detrás de un panel de prueba miden las velocidades de choque y de salida. La reducción de la EC de los proyectiles que fracasan en penetrar un panel = 0,5 x (masa del proyectil) x (velocidad de choque o inicial)<sup>2</sup>. Los proyectiles se dispararon con una pistola Beretta M9 expedida militar disparando balas de encamisado de metal de 124 granos de 9 mm a 18 metros (20 yardas).

**REIVINDICACIONES**

1. Un artículo de material compuesto balístico con una superficie de impacto delantera y una superficie posterior que comprende:
- una pluralidad de capas de género tejido de fibras balísticas polarizadas;
- 5 una sal, un óxido, un hidróxido o un hidruro de metal unido mediante enlaces iónicos en dichas fibras de tejido y una composición de recubrimiento sustancialmente impermeable al agua en dichas capas de fibras de tejido y/o en el exterior de dicho material compuesto;
- 10 en el que las capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera difieren de las capas de género tejido adyacentes a la superficie posterior en densidad de carga de la sal, el óxido, el hidróxido o el hidruro de metal unido mediante enlaces iónicos en las fibras balísticas polarizadas.
2. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que las fibras balísticas polarizadas presentan un factor de cobertura de entre aproximadamente 0,6 y 0,98 y en el que las capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera presentan un mayor factor de cobertura que las capas de género tejido adyacentes a la superficie posterior.
- 15 3. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que la concentración de sal, óxido, hidróxido o hidruro de metal es mayor en las capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera que las capas de género tejido adyacentes a la superficie posterior.
4. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que el factor de cobertura de una o más capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera es mayor que aproximadamente 0,9.
- 20 5. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que las capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera presentan mayor densidad de carga de la sal, el óxido, el hidróxido o el hidruro de metal unido mediante enlaces iónicos en dichas fibras de tejido que las capas de género tejido adyacentes a la superficie posterior.
- 25 6. El artículo de material compuesto según la reivindicación 5, en el que la densidad de carga de las capas de género tejido varía de 0,25 g/cm<sup>3</sup> a aproximadamente 0,60 g/cm<sup>3</sup> de volumen de género abierto.
7. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que las capas de género tejido adyacentes a la superficie de impacto delantera presentan diferentes moléculas de sal, óxido, hidróxido o hidruro de metal unidas mediante enlaces iónicos en las fibras de tejido en comparación con las capas de género tejido adyacentes a la superficie posterior.
- 30 8. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que el artículo comprende un artículo de blindaje corporal configurado para proteger a una persona.
9. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que el artículo comprende un panel de blindaje de vehículo configurado para proteger a un vehículo.
- 35 10. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que las fibras balísticas comprenden fibras de vidrio S-2, poliamida, poli(sulfuro de fenileno), polietileno, carbono o grafito.
11. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, que comprende 10 a 50 capas de fibras balísticas de género polarizadas por pulgada (2,54 cm) de espesor del artículo.
12. El artículo de material compuesto según la reivindicación 1, en el que la sal de metal comprende una o más sales de metal alcalino, metal alcalino-térreo, metal de transición, cinc, cadmio, estaño, aluminio o sales metálicas dobles.