

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 834**

51 Int. Cl.:

**F41H 5/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2012 PCT/IL2012/000264**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13001529**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2012 E 12743231 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2726809**

54 Título: **Artículo antibalístico y método de producción del mismo**

30 Prioridad:

**30.06.2011 IL 21386511**

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

**05.07.2017**

73 Titular/es:

**IMI SYSTEMS LTD. (100.0%)  
P.O.B.1044  
Ramat Hasharon 4711011, IL**

72 Inventor/es:

**BERGMAN, RON y  
YAVIN, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 621 834 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**

Artículo antibalístico y método de producción del mismo

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo de los materiales protectores de alto rendimiento contra amenazas balísticas, y más en particular a una armadura de cerámica e inserto balístico para rechazar proyectiles de alto poder de penetración.

10

**Antecedentes de la invención**

Una armadura ligera de peso para aplicaciones de protección balística, y más específicamente una armadura personal ligera de peso, se usa para detener amenazas balísticas altas y muy altas, por ejemplo las balas perforadoras de armaduras (AP). Para una protección balística eficiente de bajo peso contra los proyectiles de alto poder de penetración, se necesita una armadura dura y específicamente una armadura de cerámica dura en forma de monolito, placa, teselas, granulados, o elementos cerámicos de configuración especial. La armadura de cerámica se usa típicamente para protección personal, protección de vehículos, protección de barcos, helicópteros y aeronaves. En el campo de la protección personal, se usa normalmente un monolito cerámico respaldado por material compuesto. Las cerámicas se usan debido a su baja densidad, alta rigidez y alta dureza, lo que hace que sean los materiales más apropiados para rechazar los modernos proyectiles de perforación de armaduras. Un material compuesto para armadura dura incluye un paramento rígido y un tejido balístico blando o laminado. Se ha encontrado que con el fin de detener, es decir impedir la penetración de una amenaza de AP a bajo peso, lo más adecuado es un material compuesto a base de cerámica. Los materiales cerámicos balísticos con propiedades de alta dureza son los constituyentes principales de la armadura y mejoran el poder de detención que la armadura puede conseguir principalmente debido al incremento de la capacidad de detención de la cerámica.

15

20

25

La patente de EE.UU. nº 4.613.535 enseña que se pueden formar placas monolíticas a partir de fibras recubiertas con un elastómero. Si se requiere un panel balístico multi-impacto, es decir, uno que pueda resistir más de un impacto, éste no se puede lograr usando insertos monolíticos. A este efecto, el inserto se realiza con teselas separadas conectadas entre sí, tal como mediante encolado sobre un sustrato. Una bala que impacte en el objetivo destruirá una o más teselas de una vez, y las restantes teselas sirven para impedir la penetración a lo largo del resto del inserto. Tales insertos han sido mostrados, por ejemplo, en la patente de Israel 120854, el documento EP 488465, y la patente de EE.UU. nº 4.868.040. Estos insertos son generalmente caros de fabricar, puesto que cada tesela debe ser erosionada hasta alcanzar el tamaño correcto, y ajustada sobre el inserto. Adicionalmente, las líneas y las uniones de conexión de las teselas son puntos de debilitamiento desde un punto de vista balístico.

30

35

La patente de EE.UU. nº 4.760.611 divulga un chaleco antibalas que consiste en una pluralidad de placas cuadradas enlazadas entre sí por medio de uniones abisagradas. Cada placa tiene un núcleo cerámico encerrado en un metal elástico, es decir, una aleación de aluminio.

40

Está bien documentado el hecho de que el confinamiento incrementa el comportamiento balístico de las cerámicas. D. Sherman, J., PHYS IV FRANCE 7, 1997, mostró que el confinamiento de las cerámicas es capaz de generar elevados esfuerzos de compresión que actúan de modo que reducen los daños en la cerámica y con ello mejoran el rendimiento balístico del inserto. Sujetar la cerámica en un bastidor de confinamiento y arrestar de ese modo la cerámica, induce un esfuerzo mecánico en la cerámica y reduce significativamente los daños en la misma. T.J. Holmquist, International Journal of Impact Engineering, Noviembre de 2003, evaluó la respuesta de objetivos cerámicos con y sin pretensado, sometidos al impacto del proyectil. En todos los casos, el pretensado de la cerámica aumentó el rendimiento balístico, debido a que la resistencia de la cerámica se incrementa según aumenta la presión de confinamiento. En cualquier caso, los resultados demuestran que el rendimiento balístico de los objetivos cerámicos confinados puede ser mejorado pretensando la cerámica, y que el fenómeno de pretensado puede ser complejo.

45

50

La patente de EE.UU. nº 6.389.594 divulga un artículo antibalístico que incluye una placa de cerámica monolítica, un material de respaldo antibalístico fijado al monolito cerámico, y una carcasa externa, formada con material antibalístico, que incluye una resina curable, que encierra el respaldo y el monolito cerámico.

55

Esta patente enseña que con el fin de que una cerámica monolítica posea capacidades multi-impacto, estas cerámicas deben estar arrestadas. Esto se realiza aplicando una fuerza isostática sobre la cerámica monolítica envuelta en materiales compuestos impregnados con material compuesto termoplástico y termoendurecible. Tras el enfriamiento bajo presión isostática, la cerámica está arrestada y se pueden detener más disparos sobre la misma placa. Según se ha visto con anterioridad, se conoce el hecho de aplicar tensión interna y comprimir el monolito cerámico para incrementar sus capacidades balísticas.

60

El documento GB 1352418 A divulga una placa de armadura que comprende al menos una capa que comprende al menos el 90% en peso de alúmina sinterizada y al menos una capa de metal que tiene un coeficiente de expansión

65

térmica que es mayor que el de la alúmina sinterizada, habiendo sido vinculadas las capas por encima de 500 °C. La vinculación se efectúa por medio de una soldadura de plata-cobre a 750-1000 °C. La capa de alúmina ha sido metalizada mediante soldadura bajo presión en una atmósfera neutra o reductora o en vacío o por medio de un cemento inorgánico tal como vidrio soluble (silicato de sodio).

5 Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar artículos antibalísticos mejorados a base de cerámica pre-comprimida. Otro objeto consiste en proporcionar un método para tensar placas/teselas de cerámica. Este objeto se ha conseguido mediante un artículo conforme a la reivindicación 1 y un método conforme a la reivindicación 12. Los artículos antibalísticos a base de cerámica pre-comprimida según la presente invención, tienen características balísticas superiores que incluyen una reducción significativa o una eliminación de los daños en la placa/tesela de cerámica cuando es impactada, dotando de ese modo a la placa de armadura con un incremento de las capacidades multi-impacto. Adicionalmente, los artículos antibalísticos a base de cerámica pre-comprimida de la presente invención son de peso relativamente bajo, de espesor reducido y de bajo costo.

15 Otros objetos, características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue, tomada junto con las figuras siguientes.

### Sumario de la invención

20 De ese modo se proporciona, conforme a la presente invención, un artículo antibalístico que comprende una placa/tesela de cerámica pretensada y material de respaldo. La placa/tesela de cerámica pretensada se realiza al vincular un material de alta expansión térmica que tiene un coeficiente de expansión mucho más alto que el del material cerámico, a la placa/tesela de cerámica a temperatura elevada y preferiblemente bajo presión. La vinculación se realiza preferiblemente con un adhesivo que tiene un alto módulo de elasticidad y una temperatura de curado de 50 °C a 650 °C a una temperatura de entre 50 °C y 650 °C y preferiblemente bajo presión para asegurar una buena adhesión de los materiales que se unen.

30 A la temperatura de vinculación elevada, el material de expansión térmica se expande considerablemente más que la placa/tesela de cerámica. Con el enfriamiento, el material de expansión térmica se contrae, ejerciendo un esfuerzo de compresión sobre la placa/tesela de cerámica.

35 La placa de cerámica puede estar hecha de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), carburo de boro ( $B_4C$ ), carburo de silicio ( $SiC$ ), diboruro de titanio ( $TiB_2$ ), nitruro de aluminio, nitruro de silicio, carburo de silicio sinterizado, nitruro de silicio sinterizado, y material vitrocerámico.

40 El material de alta expansión puede ser un metal o una aleación metálica seleccionada a partir de una aleación de aluminio de alta resistencia tal como las aleaciones AL7075/AL60661/AL2024, aleaciones de magnesio de alta resistencia tal como AZ90/AZ91, aleaciones de acero de alta resistencia tal como SAE 4340/SAE 4140, aleaciones de titanio de alta resistencia tal como Ti-6Al-4V u otras aleaciones metálicas tal como latón, bronce, aleaciones de níquel, aleaciones estaño, etc.

45 El material de alta expansión tiene un coeficiente de expansión de al menos un 50% más alto, y con preferencia un 200-400% o mayor, que el coeficiente de expansión térmica de la placa/tesela de cerámica, y tiene un espesor de entre 0,1 mm y 0,2 mm. El material de alta expansión térmica puede ser vinculado tanto a la cara delantera como a la trasera de la placa/tesela de cerámica, o a ambas caras de la placa/tesela de cerámica.

50 El material de alta expansión térmica puede estar perforado según formas geométricas tal como perforaciones de tipo cuadro, círculos, cuadrados, triangulares, rectangulares, hexagonales, octogonales o una combinación de las mismas.

55 El artículo antibalístico puede comprender además un material de respaldo antibalístico vinculado a la placa de cerámica o al material de expansión térmica (si está unido a la parte trasera). El material de respaldo puede estar hecho a partir de aleaciones de aluminio de alta resistencia, aleaciones de magnesio de alta resistencia, aceros balísticos tal como los aceros HH/UHH, aleaciones de acero de alta resistencia, aleaciones de titanio de alta resistencia, o tejidos de materiales compuestos de tejidos roving o UD (Unidireccional), o tejidos de vidrio E o de vidrio S, tejidos balísticos de aramida, tejidos de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), tejidos de grafito, o una combinación de los mismos.

60 El tejido balístico de aramida adecuado como material de respaldo es, por ejemplo, uno de entre los tejidos comerciales siguientes: Twaron®, fabricado por Teijin Twaron® en Alemania/Holanda, y Kevlar® 29 fabricado por Dupont USA. El tejido UHMWPE adecuado como material de respaldo puede ser uno de entre los tejidos comerciales siguientes: Spectra Shields® PCR, fabricado por Honeywell International, Inc. De Colonial Heights, Va., o Dyneema® HB2/HB26/HB50 fabricado por DSM USA o DSM de Holanda.

65 De acuerdo con otra realización de la presente invención, el artículo antibalístico puede comprender además una capa antichoque fabricada con material de espuma o de caucho vinculada a la cara delantera de la placa de

cerámica.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, el artículo antibalístico puede comprender además una capa antichoque vinculada a la cara delantera del material de alta expansión térmica.

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el artículo antibalístico en su totalidad puede estar encapsulado en una carcasa externa de material antibalístico con resina curable seleccionada a partir de epoxi (por ejemplo, FM73 o Cytec, EA 9628 & EA 9309 o Hysol/Henkel, F161 o HEXCEL, Araldite 2015 de Huntsman), poliéster, fenólica (por ejemplo, HEXCEL F120 o HT93), o resina de poliuretano (por ejemplo, RENCAST FC 52 (Vantico), Bire3sinb U1305 o SIKAFLEX 201 de Sika Deutschland).

Esta carcasa externa puede ser elegida a partir de tejido de aramida, UHMWPE, vidrio E, vidrio S, tejido de grafito, o una combinación de híbridos, y puede tener forma de una tela tejida plana, una cinta unidireccional, un arrollamiento en filamento o un trenzado.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, el artículo antibalístico puede comprender además una capa antichoque vinculada a la cara delantera de la carcasa externa.

El artículo antibalístico puede estar configurado a modo de inserto para armadura corporal personal como SAPI/ESAPI/XSAPI o similar, o para paneles antibalísticos para vehículos, barcos, aeronaves, helicópteros o para cascos.

La placa/tesela de cerámica tiene una forma cualquiera de entre plana, curvada, o multi-curvada, con un espesor de 2,0-15,0 mm.

Los adhesivos de vinculación adecuados son los pegamentos epoxi tal como el 3M™, la película adhesiva estructural AF163-2, Hysol® EA 9628, o pegamento cerámico tal como el adhesivo 503, 552 o 516 de AREMCO.

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el artículo antibalístico tiene una capacidad multi-impacto incrementada.

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el artículo antibalístico proporciona un ángulo de fragmentación delantera y de eyección de residuos reducido en comparación con una cerámica normal no comprimida.

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el artículo antibalístico proporciona un ángulo de fragmentación delantera y de eyección de residuos disminuido en al menos un 15% y usualmente de un 30%-60% en comparación con la cerámica normal no comprimida.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona también un método de preparación del artículo antibalístico descrito que comprende las siguientes etapas:

1. proporcionar una placa/tesela de cerámica;

2. proporcionar un material de expansión térmica que tenga un coeficiente de expansión térmica elevado;

3. proporcionar un adhesivo con un alto módulo de elasticidad y una temperatura de curado entre 50 °C y 650 °C;

4. vincular el material de expansión térmica a la placa/tesela de cerámica con el adhesivo a alta temperatura en una bolsa de vacío mantenida a una temperatura de entre 50 °C y 650 °C, y con preferencia bajo presión externa suministrada por un autoclave o un hidrocilave. Alternativamente, la vinculación puede hacerse mediante una operación de prensado usando un molde caliente adecuado, adhiriendo de ese modo el material de expansión térmica relativamente muy expandido a una superficie de la placa/tesela de cerámica relativamente poco expandida, y

5. enfriar el artículo vinculado hasta temperatura ambiente, contrayendo de ese modo el material de expansión térmica expandido sobre la superficie de la placa/tesela de cerámica, produciendo esfuerzo de compresión en la placa/tesela de cerámica.

El material de alta expansión térmica puede ser unido a una o a ambas superficies de la placa de cerámica.

El material de respaldo antibalístico puede ser vinculado tanto a la placa/tesela de cerámica como al material de alta expansión térmica (si el material de alta expansión térmica está vinculado a la cara trasera de la placa/tesela de cerámica).

Además, el artículo antibalístico completo puede estar encapsulado en una carcasa externa de material antibalístico

con resina curable.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, el material de expansión térmica puede ser vinculado a la placa de cerámica después de vincular/fijar el material de respaldo a la placa de cerámica.

5 En una realización preferida, el material de expansión térmica se vincula a la placa de cerámica y el material de respaldo se vincula a la placa de cerámica en una sola etapa.

10 El artículo antibalístico de la presente invención puede ser fabricado con muchas configuraciones, tal como para su uso en una armadura corporal personal o como paneles antibalísticos para vehículos, barcos, aeronaves, helicópteros o cascos.

15 El artículo antibalístico de la presente invención puede proporcionar una capacidad multi-impacto incrementada del artículo antibalístico, un ángulo de fragmentación frontal y de eyección de residuos reducido en al menos un 15% como mínimo, un peso total del artículo antibalístico reducido en un 5-25%, un coste de materia prima reducido en un 5% como mínimo, un espesor del artículo reducido en un 5-10%, y una durabilidad incrementada frente a caídas e impactos.

### 20 Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona una manera práctica de aumentar el rendimiento balístico de las placas/teselas/granulados/monolitos de cerámica y de las placas/teselas/granulados/monolitos de vitrocerámica (mencionados en lo que sigue como placas/teselas de cerámica o monolitos de cerámica), induciendo un esfuerzo de pre-compresión en la placa/tesela de cerámica por medio de un nuevo proceso. La placa/tesela de cerámica potenciada se prepara vinculando a alta temperatura, un material de alto coeficiente de expansión térmica tal como, por ejemplo, metal o aleación metálica o tejido metálico, o rejilla/red metálica, a la placa/tesela de cerámica que tiene un coeficiente de expansión relativamente bajo. La vinculación se realiza a una temperatura elevada. Cuando la placa/tesela de cerámica vinculada a alta temperatura se enfría hasta temperatura ambiente, el material de alta expansión se contrae en mayor medida que la placa/tesela de cerámica, creando de ese modo esfuerzo de compresión en la placa/tesela de cerámica. Se puede usar esta placa/tesela de cerámica pre-comprimada en vez de la placa/tesela de cerámica normal como parte de un artículo balístico.

Un artículo balístico de cerámica, preparado a partir de placa/tesela de cerámica pre-comprimada de acuerdo con la presente invención y con material de respaldo, tiene las siguientes ventajas:

- 35 (a) el peso total del artículo balístico puede ser rebajado en alrededor de un 5-25%;
- (b) la capacidad multi-impacto del artículo se incrementa (la longitud de las fracturas se reduce en un 50% en comparación con la cerámica normal no comprimida);
- 40 (c) ahorro de costes de materias primas (una reducción de alrededor de un 5-20% del coste de los materiales);
- (d) una importante reducción, del orden de un 20% como mínimo y normalmente de un 30%-60%, en el ángulo de fragmentación delantera y de eyección de residuos en comparación con la cerámica normal no comprimida (véase la figura 4);
- 45 (e) tamaño global del módulo más delgado (una reducción de alrededor de un 5-20%), y
- (f) mayor durabilidad de la placa/tesela de cerámica frente a caídas e impactos accidentales debido al hecho de que la placa/tesela de cerámica comprimida es menos sensible a la propagación de grietas que la placa/tesela de cerámica convencional, y debido al hecho de que las capas del material de alta expansión y el pegamento protegen la placa/tesela de cerámica (cuando están unidas en la parte delantera de la placa/tesela de cerámica).
- 50

Las placas/teselas de cerámica son bien conocidas y están fabricadas a partir de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), carburo de boro ( $B_4C$ ), carburo de silicio ( $SiC$ ), diboruro de titanio ( $TiB_2$ ), nitruro de aluminio, nitruro de silicio, carburo de silicio sinterizado, nitruro de silicio sinterizado, y vitrocerámica. Tales placas/teselas pueden ser de forma plana, de borde elevado, curvadas o multi-curvadas. Sin embargo, para protección personal, se prefiere una placa/tesela curvada o multi-curvada de cerámica monolítica.

60 La placa/tesela de cerámica de la presente invención puede ser más delgada, en alrededor de 0,5 a 2,0 mm menos que el espesor de una placa/tesela de cerámica convencional (normal) usada para el mismo propósito balístico. Alternativamente, con la placa/tesela de la invención, es posible mantener el espesor convencional de la placa/tesela de cerámica, y reducir el espesor y el peso del material de respaldo; alternativamente, es posible reducir el espesor y el peso de la placa/tesela de cerámica y del material de respaldo, reduciendo de ese modo el peso total del artículo balístico.

65

El material de alta expansión tendrá por lo general un espesor comprendido en la gama de entre 0,1 y 2,0 mm, y con preferencia tiene forma de lámina metálica, tejido metálico, o rejilla/red metálica, y está fabricado preferiblemente con metales o con aleaciones metálicas tales como aleaciones de aluminio de alta resistencia, aleaciones de magnesio de alta resistencia, aleaciones de acero de alta resistencia y aleaciones de titanio de alta resistencia.

5 El material de alta expansión deberá ser preformado hasta la configuración de la placa/tesela de cerámica con anterioridad a la vinculación.

10 Debe apreciarse que la flexibilidad de algún material de alta expansión térmica puede ser limitada, y por lo tanto, si se usa una placa/tesela de cerámica multi-curvada (por ejemplo, una placa de tipo SAPI/ESAPI/XSAPI) para crear una placa/tesela de cerámica pre-comprimida, el material de alta expansión térmica deberá ser preformado con la configuración geométrica de la cara de la placa de cerámica antes de adherirlos entre sí. En el caso de las placas de cerámica radiales, no existe normalmente ninguna necesidad de preformar el material de alta expansión térmica con la configuración de la placa de cerámica si el material de expansión térmica es suficientemente flexible como curvarse y alcanzar la forma de la cara de la placa radial de cerámica bajo vacío y/o bajo presión externa.

15 El adhesivo, de acuerdo con la presente invención, es un adhesivo de tipo rigidizante que tiene un alto módulo de elasticidad mayor de 200 kg/mm<sup>2</sup> y una temperatura de curado entre 50 °C – 650 °C. A esta temperatura debe estar capacitado para unir y ser curado. El adhesivo es termoplástico o termoendurecible.

20 El artículo balístico a base de cerámica potenciada pre-comprimida de la presente invención tiene la ventaja de tener una capacidad multi-impacto incrementada. La capacidad multi-impacto es la capacidad de la armadura balística para detener más disparos a intervalos más cortos entre disparos, sin penetración. El esfuerzo de compresión en la placa/tesela de cerámica pre-comprimida impide que se creen largas fracturas en torno al punto de impacto, y la longitud de las mismas es normalmente menor que la mitad de la longitud de la fractura en una armadura de cerámica normal (no pre-comprimida). Por esa razón, los disparos más cercanos pueden ser detenidos, y su capacidad multi-impacto se incrementa significativamente.

25 Otra ventaja del artículo antibalístico a base de cerámica de la presente invención consiste en que tiene un ángulo de fragmentación delantera y de eyección de residuos significativamente reducido en comparación con un artículo que contenga una placa de cerámica normal (no comprimida) (véase la figura 4).

### Breve descripción de los dibujos

30 La presente invención podrá ser mejor entendida y apreciada a partir de la descripción detallada que sigue junto con los dibujos, en los que:

35 las figuras 1A-1C son ilustraciones esquemáticas, en sección transversal, de 3 configuraciones de artículos antibalísticos a base de cerámica pre-comprimida, conforme a la presente invención;

40 las figuras 2A-2D ilustran diferentes realizaciones del material de alta expansión térmica que puede ser vinculado a la tesela/placa de cerámica para su uso en una armadura personal;

45 las figuras 3A-3C ilustran vistas delantera y sección transversal de 3 realizaciones de placas/teselas de cerámica pre-comprimida conforme a la presente invención para artículos antibalísticos personales;

50 la figura 4 es una vista esquemática que compara el ángulo de fragmentación delantera y de eyección de residuos de una placa/tesela de cerámica balística pre-comprimida de la presente invención, con el de una placa/tesela de cerámica balística normal (no comprimida).

### Descripción detallada de los dibujos

55 Las figuras 1A-1C ilustran secciones transversales de artículos balísticos 100A–100C de material compuesto pre-comprimido. Los artículos 100A-100C comprenden un material 101/102 de alta expansión térmica que está vinculado con una capa de adhesivo 106/107 a la placa/tesela 104 de cerámica. Material de respaldo 108 está unido al lado trasero de los artículos balísticos 100A-100C. El artículo balístico puede comprender además una capa antichoque 109 vinculada a la parte delantera del artículo balístico, ya sea directamente a la placa de cerámica (figura 1B) o ya sea al material de alta expansión (figura 1A y figura 1C).

60 En la figura 1A, el artículo balístico 100A tiene un material de respaldo 108 vinculado/vinculado por prensado/fijado de cualquier otra manera a un lado de la placa/tesela 104 de cerámica, mientras que por el lado opuesto de la placa/tesela 104 de cerámica está el material 102 de expansión térmica vinculado a la placa/tesela 104 con adhesivo 106.

65 Según se aprecia en la figura 1A, el artículo balístico 100A puede comprender además una capa antichoque 109 vinculada a la cara delantera del material 102 de expansión térmica.

5 En la figura 1B, el artículo balístico 100B tiene material 102 de alta expansión térmica vinculado a la cara trasera de la placa/tesela 104 de cerámica con adhesivo 106. Material de respaldo 108 está vinculado/vinculado por prensado/fijado de cualquier otra manera al material 102 de alta expansión térmica. El artículo antibalístico 100B puede comprender además una capa antichoque 109 vinculada a la cara frontal de la placa/tesela 104 de cerámica.

10 En la figura 1C, el artículo balístico 100C tiene ambos lados de la placa/tesela 104 de cerámica vinculados a materiales 101 y 102 de expansión térmica con capas de adhesivo 107 y 106, respectivamente. Material de respaldo 108 está vinculado/vinculado por prensado/fijado de cualquier otra manera al material 101 de alta expansión térmica. Los materiales 101 y 102 de alta expansión pueden ser idénticos o diferentes en cuanto a tipo de material y/o características. De forma similar, los adhesivos 106 y 107 pueden ser idénticos o diferentes en cuanto a tipo de material y/o características. Según se aprecia en la figura 1C, el artículo antibalístico 100C puede comprender además una capa antichoque 109 vinculada al material 102 de alta expansión térmica.

15 Se debe apreciar que usando materiales de alta expansión diferentes y/o materiales de alta expansión perforados y no perforados y/o materiales de alta expansión perforados de forma distinta y/o diferentes espesores de materiales de alta expansión, y/u otros tipos de adhesivos, y/u otra temperatura de vinculación de los adhesivos o una combinación de los mismos, se puede variar el grado de esfuerzo de compresión introducido en la placa/tesela de cerámica. Por ejemplo, se puede crear un artículo que tenga un esfuerzo de compresión más alto en la parte frontal  
20 de la placa de cerámica que en la parte trasera, o viceversa. Además, se puede controlar la magnitud del esfuerzo de compresión a lo largo del espesor de la placa.

25 Las figuras 2A-2D ilustran una vista frontal de la geometría del material de alta expansión para armadura personal (figura 2A), y tres opciones esquemáticas de perforación de la misma (figuras 2B-2D). La perforación es una opción para reducir más el peso del artículo balístico. La figura 2A ilustra la geometría 200A del material de alta expansión para armadura personal. La geometría preferida del material de alta expansión es idéntica a la cara de la placa/tesela de cerámica a la que está vinculado. Las figuras 2B-2D ilustran tres tipos de esquemas de perforación: cuadrados 200B (figura 2B), círculos 200C (figura 2C) y perforaciones 200D de tipo "cuadro" (figura 2D). Se pueden  
30 implementar también otras geometrías de perforación tales como, por ejemplo, triangulares, rectangulares, hexagonales, octogonales o una combinación de las mismas. Sin embargo, se debe apreciar que la perforación/"cuadro" puede reducir el esfuerzo de compresión en la placa/tesela de cerámica, dependiendo de la geometría de la perforación/"cuadro".

35 Se debe apreciar que se puede usar una combinación de materiales de expansión perforados/no perforados o perforados/perforados en artículos balísticos tales como el ilustrado en la figura 1C donde los materiales 101 & 102 de alta expansión térmica están vinculados sobre ambos lados de la placa/tesela 104 de cerámica.

40 Las figuras 3A-3C ilustran vistas delantera y en sección transversal de tres artículos antibalísticos 300A, 300B y 300C a base de cerámica pre-comprimida, conforme a otra realización de la presente invención.

45 Las secciones transversales de los artículos 300A-300C son básicamente las mismas que las mostradas en las figuras 1A-1C, respectivamente, con la excepción de que los artículos 300A-300C están encapsulados en su totalidad en una carcasa externa 302 fabricada con un tejido balístico mediante curado con una resina según se ha descrito en la patente de EE.UU. nº US6.389.594. Esta carcasa externa 302 es un componente esencial puesto que incrementa la capacidad multi-impacto y de supervivencia de los artículos antibalísticos 300A-300C. De acuerdo con  
50 otras realizaciones de la presente invención, la capa antichoque 109 puede estar vinculada a la cara externa de la carcasa externa 302 en la parte delantera del artículo balístico. De esta manera, la carcasa externa 302 encapsula todas las capas del artículo mostrado en las figuras 3A-3C salvo la capa antichoque 109 que está vinculada a la cara externa de la carcasa externa en la parte delantera del artículo balístico.

55 La figura 4 ilustra ángulos de fragmentación delantera para una placa/tesela de cerámica pre-comprimida y normal (no pre-comprimida).

Los resultados de pruebas típicas muestran que  $\alpha > 1,5\beta$ , donde  $\beta$  es el ángulo de fragmentación delantero de un impacto sobre un artículo de cerámica balística pretensada y  $\alpha$  es el ángulo de fragmentación delantero de un  
60 impacto sobre un artículo de cerámica balística normal.

65 Esa reducción significativa es ventajosa y muy importante para protección balística personal puesto que un ángulo de fragmentación grande y un ángulo de eyección de residuos grande pueden causar lesiones en el cuello, la barbilla y los brazos de la persona. Para evitar tales lesiones, es decir, para reducir el ángulo de fragmentación frontal y de eyección de residuos, se fijan normalmente tejidos balísticos a la cara delantera de la armadura. El uso de la placa/tesela de cerámica pre-comprimida de la presente invención puede ahorrar el uso de esos tejidos balísticos o de al menos algunos de ellos, y por lo tanto, mantener el peso, el coste y el espesor del artículo relativamente bajos.

PREPARACIÓN DE ARTÍCULOS ANTIBALÍSTICOS DE CERÁMICA PRE-COMPRIMIDA

De acuerdo con la presente invención, los parámetros que siguen deben ser considerados en el diseño de artículos balísticos a base de cerámica pre-comprimida en base a las amenazas balísticas contra las que deberán ser usados los artículos: (a) tipo y espesor de la placa de cerámica, (b) tipo y espesor del material/materiales de alta expansión, (c) tipo y espesor del adhesivo, (d) cara de vinculación (delantera/trasera/ambas), (e) temperatura de vinculación, y (f) material de respaldo adecuado para absorber la energía restante y la traumatización (deformación dinámica de la cara posterior en el artículo de protección balística personal). Es obvio que la vinculación a temperaturas más altas o el uso de materiales con mayor diferencia en el coeficiente de expansión térmica, inducirá una compresión y esfuerzos de desgarro más altos en la placa de cerámica, y una tensión más alta y esfuerzos de desgarro más elevados en el material de alta expansión y en el adhesivo. Todos los materiales involucrados en la vinculación deberán estar diseñados para resistir esos esfuerzos incrementados.

Los artículos antibalísticos a base de cerámica pre-comprimida conforme a la presente invención, se preparan como sigue:

(a) el material de alta expansión se vincula a la placa/tesela de cerámica sobre el lado elegido/ambos lados a una temperatura elevada, entre 50 °C y 650 °C, (b) enfriando la placa/tesela vinculada hasta la temperatura ambiente, contrayéndose con ello el material de expansión en mayor medida que la placa/tesela de cerámica, creando de ese modo un esfuerzo de compresión en la placa/tesela de cerámica, (c) vinculando el material de respaldo ya sea al lado trasero de la placa/tesela de cerámica o ya sea al material de alta expansión (si está vinculado a la parte trasera de la placa de cerámica), y (d) vinculando una capa antichoque a la cara delantera, ya sea del material de expansión térmica o ya sea de la placa/tesela de cerámica.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, una forma preferida de crear la vinculación se hace mediante compresión isostática tal como un proceso de hidroclave/un proceso de prensa isostática/un proceso de autoclave, o un proceso de bolsa de vacío según se describe en la patente de EE.UU. nº 6.389.594.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las etapas (a) y (c) anteriores pueden ser combinadas en una sola etapa que puede ir seguida por enfriamiento hasta la temperatura ambiente, es decir por la etapa (b).

Además, el espesor del material de alta expansión debe ser optimizado de modo que sea suficientemente grueso como para inducir una elevada fuerza de compresión en la placa de cerámica, pero que al mismo tiempo se mantenga tan delgado como sea posible para minimizar el peso total del artículo. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el material de alta expansión tiene un espesor típico comprendido en la gama de entre 0,1-2,0 mm, y con preferencia un espesor comprendido en la gama de 0,25-0,75 mm.

EJEMPLO: Con el fin de detener una bala 30-06 APM2 a 868-884 m/segundo en una placa balística con un chaleco con respaldo de UN LEVEL IIIA, usamos un artículo que comprendía una placa de cerámica SIC de 8,5 mm de espesor con 9 mm de material de respaldo UHMWPE encapsulado completamente en tejido de aramida y prensado isostáticamente en un autoclave hasta un peso de densidad de área total de 37,7 kg/m<sup>2</sup>. Alternativamente, se puede usar un artículo que comprenda una lámina de aluminio de 0,5 mm de espesor de tipo AL7075-T6, vinculada a la cara delantera de una placa de cerámica SIC de 8,0 mm de espesor con Hysol® EA9628 epoxi a 140 °C, y a continuación enfriada hasta temperatura ambiente. El artículo puede comprender además un material de respaldo UHMWPE de 6,5 mm de espesor donde todas las capas están encapsuladas en tejido de aramida con resina epoxi y prensadas isostáticamente en un autoclave hasta un peso de densidad de área total de 35,1 kg/m<sup>2</sup>.

Los artículos resultantes tienen las siguientes características:

- a) reducción de peso total en un 7%
- b) incremento de capacidad multi-impacto de 2 balas por placa a 3 balas por placa
- c) ahorro de costes de materias primas del 10%
- d) mejora del ángulo de fragmentación delantera y de residuos desde 120° a 60°
- e) módulo 2 mm más delgado (reducción de espesor de un 10%).



**REIVINDICACIONES**

1.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado, que comprende:

5 una placa/tesela (104) de cerámica vinculada a un material (101, 102) de expansión térmica con un adhesivo (106, 107);

caracterizado porque:

10 la placa/tesela (104) de cerámica tiene un espesor de entre 2,0 mm y 15,0 mm,

el material (101, 102) de expansión térmica tiene un coeficiente de expansión térmica que es al menos un 50% mayor que el de la placa/tesela (104) de cerámica y un espesor de entre 0,1 mm a 2,0 mm,

15 el material (101, 102) de expansión térmica se vincula con el adhesivo (106, 107) a la placa/tesela (104) de cerámica a una temperatura de unión de entre 50 °C y 650 °C y a continuación se enfría, con lo que, tras el enfriamiento, el material (101, 102) de expansión térmica vinculado se contrae en mayor medida que la placa/tesela (104) de cerámica, ejerciendo un esfuerzo de compresión sobre la placa/tesela (104) de cerámica, y

20 en el que el adhesivo (106, 107) es un adhesivo termoplástico o termoendurecible a alta temperatura, que tiene un módulo de elasticidad mayor de 200 kg/mm<sup>2</sup> y una temperatura de curado/vinculación de 50 °C – 650 °C.

25 2.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a la reivindicación 1, que comprende además un material de respaldo (108) antibalístico que está vinculado ya sea a la placa/tesela (104) de cerámica o ya sea a la cara posterior del material (101, 102) de alta expansión térmica.

30 3.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, en el que el material de respaldo (108) antibalístico se selecciona en el grupo consistente en vidrio E, vidrio S, tejidos balísticos de aramida, polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), grafito o combinaciones de los mismos, aleaciones de aluminio de alta resistencia, aleaciones de magnesio de alta resistencia, aleaciones de acero de alta resistencia, aleaciones de titanio de alta resistencia o combinaciones de los mismos.

35 4.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, configurado a modo de inserto ya sea para armadura corporal personal o ya sea para paneles antibalísticos para protección de vehículos, barcos, y aeroplanos y helicópteros, o para un casco.

40 5.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, en el que la placa/tesela (104) de cerámica se elige en un grupo que comprende óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), carburo de boro (B<sub>4</sub>C), carburo de silicio (SiC), diboruro de titanio (TiB<sub>2</sub>), nitruro de aluminio, nitruro de silicio, y vitrocerámica.

6.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, en el que la placa/tesela (104) de cerámica tiene una cualquiera de entre una forma plana, curvada o multi-curvada.

45 7.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, en el que el material (101, 102) de alta expansión térmica se elige entre un metal, o una aleación metálica en forma de lámina metálica o de tejido metálico o de rejilla/red metálica, y se selecciona a partir de aleación de aluminio de alta resistencia, aleación de magnesio de alta resistencia, aleaciones de acero de alta resistencia, aleaciones de titanio de alta resistencia, u otras aleaciones metálicas tales como latón, bronce, aleaciones de níquel o aleaciones de estaño.

50 8.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, en el que el material (101, 102) de alta expansión térmica está perforado.

55 9.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a la reivindicación 8, en el que el material (101, 102) de alta expansión térmica está perforado con configuraciones geométricas tales como perforaciones de tipo "cuadro", círculos, cuadrados, triángulos, rectángulos, hexágonos, octógonos o cualquier otra forma geométrica o una combinación de las mismas.

60 10.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, en el que dicho artículo antibalístico (100A-100C) está encapsulado en una carcasa externa (302) de material antibalístico elegido a partir de aramida, vidrio E, vidrio S, polietileno (UHMWPE), grafito o combinaciones híbridas, con resina curable elegida a partir de resina epoxi, de poliéster, fenólica o de poliuretano.

65 11.- Un artículo antibalístico (100A-100C) pretensado conforme a las reivindicaciones 1 y 2, que comprende además una capa antichoque (109) vinculada a la cara delantera de la placa/tesela (104) cerámica o del material (101, 102) de expansión térmica para impedir daños mecánicos a la placa/tesela (104) de cerámica.

12.- Un método de preparación de un artículo (100A-100C) cerámico monolítico antibalístico pretensado, que comprende:

- 5 proporcionar una placa/tesela (104) de cerámica,
- proporcionar un material (101, 102) de alta expansión térmica que tenga un coeficiente de expansión térmica que sea al menos un 50% mayor que el de la placa/tesela (104) de cerámica,
- 10 proporcionar un adhesivo de vinculación (106, 107) adecuado, seleccionado a partir de adhesivos termoplásticos o termoendurecibles a alta temperatura, que tenga un módulo de elasticidad mayor de  $200 \text{ kg/mm}^2$  y una temperatura de curación/vinculación de  $50 \text{ }^\circ\text{C} - 650 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- 15 vincular el material (101, 102) de alta expansión térmica a una o más superficies de la placa/tesela (104) de cerámica con el adhesivo (106, 107), ya sea: a) en una bolsa de vacío mantenida a una temperatura de entre  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $650 \text{ }^\circ\text{C}$ , o ya sea b) en una bolsa de vacío mantenida a una temperatura de entre  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $650 \text{ }^\circ\text{C}$  con presión externa añadida en un autoclave/hidroclave, o ya sea c) mediante una operación de prensado usando un molde caliente adecuado, adhiriendo de ese modo el material (101, 102) de expansión térmica expandido a una superficie de la placa/tesela (104) de cerámica, y enfriando el artículo vinculado (100A-100C) hasta aproximadamente la temperatura ambiente, contrayéndose de ese modo el material (101, 102) de expansión térmica expandido sobre la
- 20 superficie de la placa/tesela (104) de cerámica, produciendo un esfuerzo de compresión en la placa/tesela (104) de cerámica.
- 13.- Un método conforme a la reivindicación 12, que comprende además vincular un material de respaldo (108) antibalístico ya sea a la placa/tesela (104) de cerámica o ya sea al material (101, 102) de alta expansión térmica.
- 25 14.- Un método conforme a la reivindicación 12, en el que el material (101, 102) de expansión térmica se vincula a la cara delantera de cerámica de la placa/tesela (104) tras la vinculación/fijación de un material de respaldo (108) antibalístico a la placa/tesela (104) de cerámica.
- 30 15.- Un método conforme a la reivindicación 12, en el que la vinculación del material (101, 102) de expansión térmica a la placa/tesela (104) de cerámica y la vinculación/fijación de un material de respaldo (108) a la placa/tesela (104) de cerámica se realizan en una sola etapa.

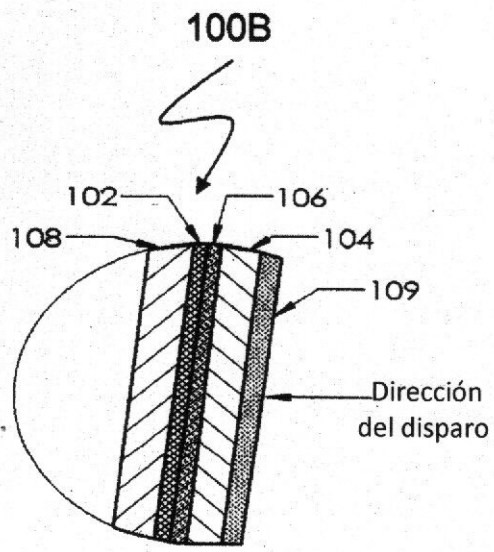


Fig. 1B

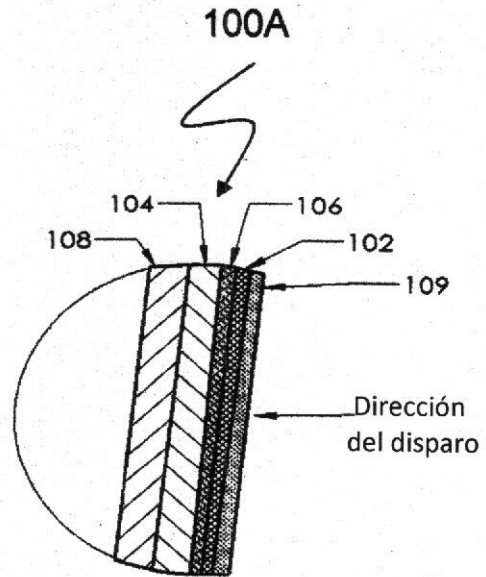


Fig. 1A

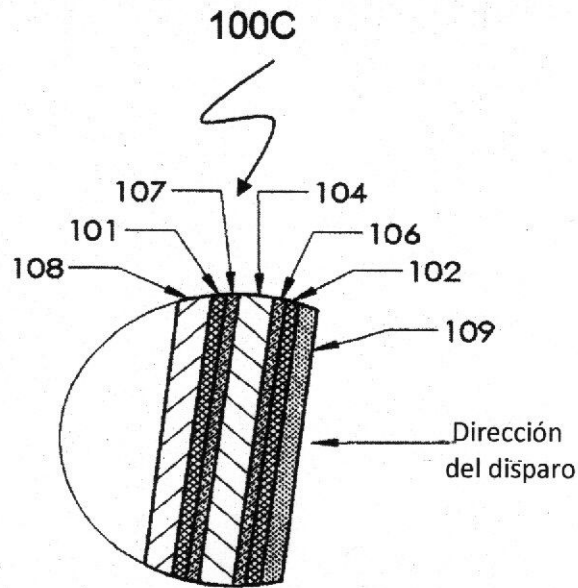


Fig. 1C

200

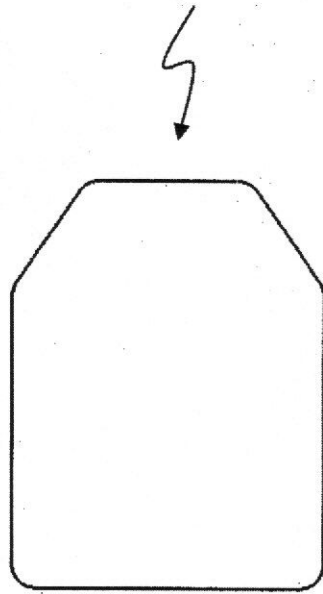


Fig. 2A

210

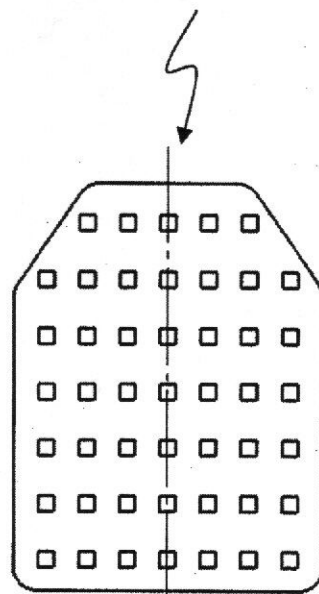


Fig. 2B

220

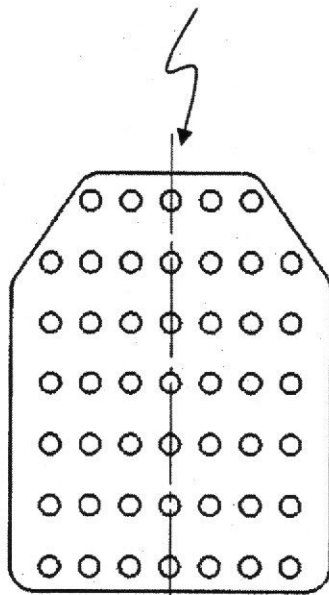


Fig. 2C

230

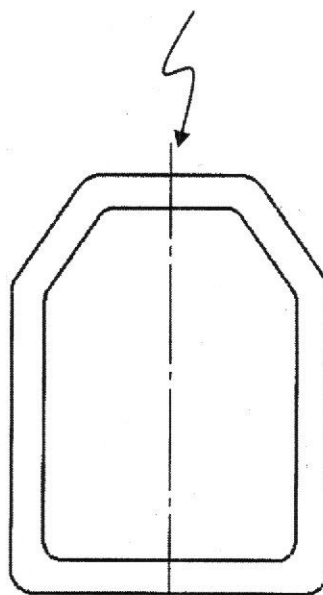
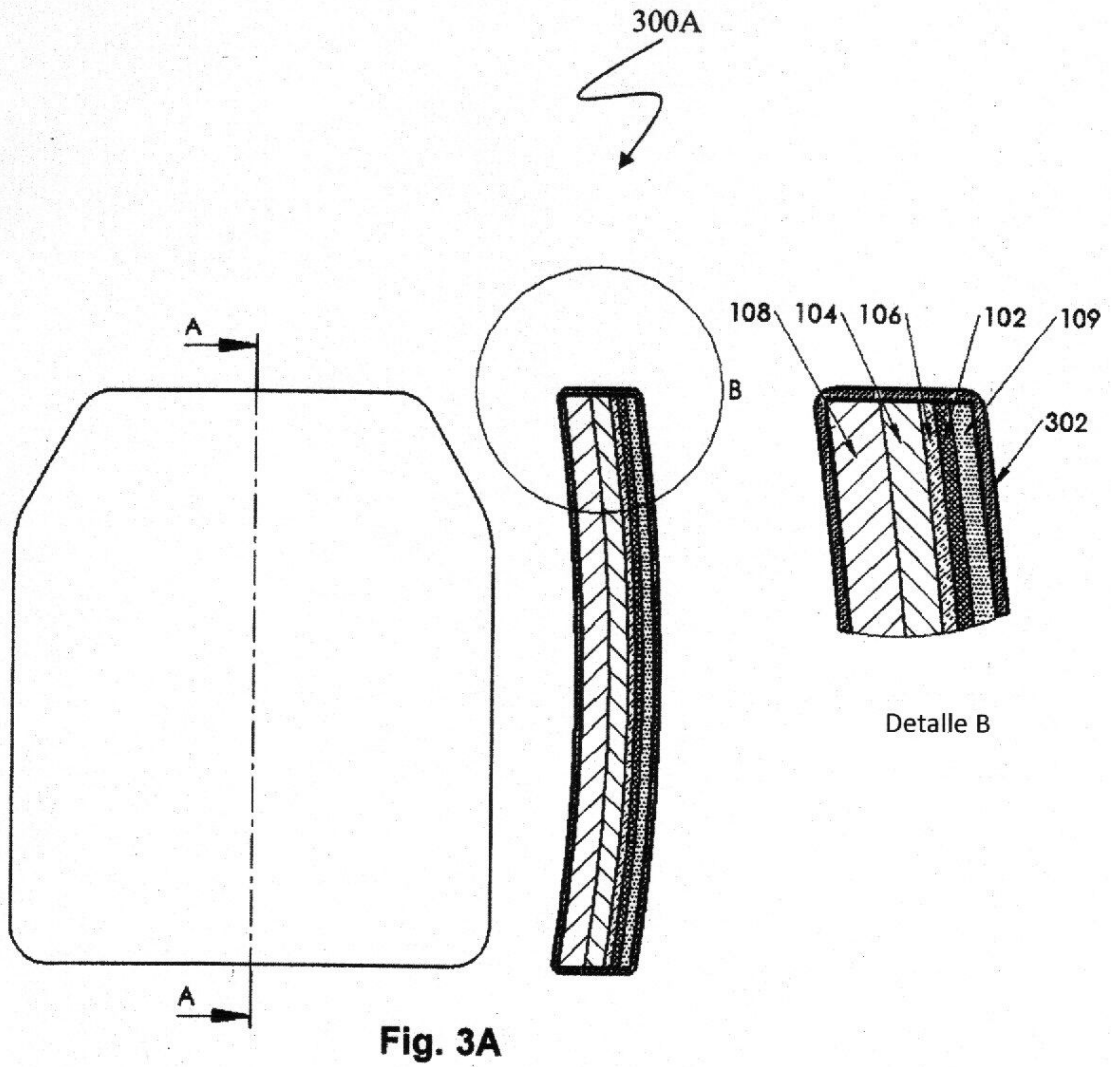


Fig. 2D



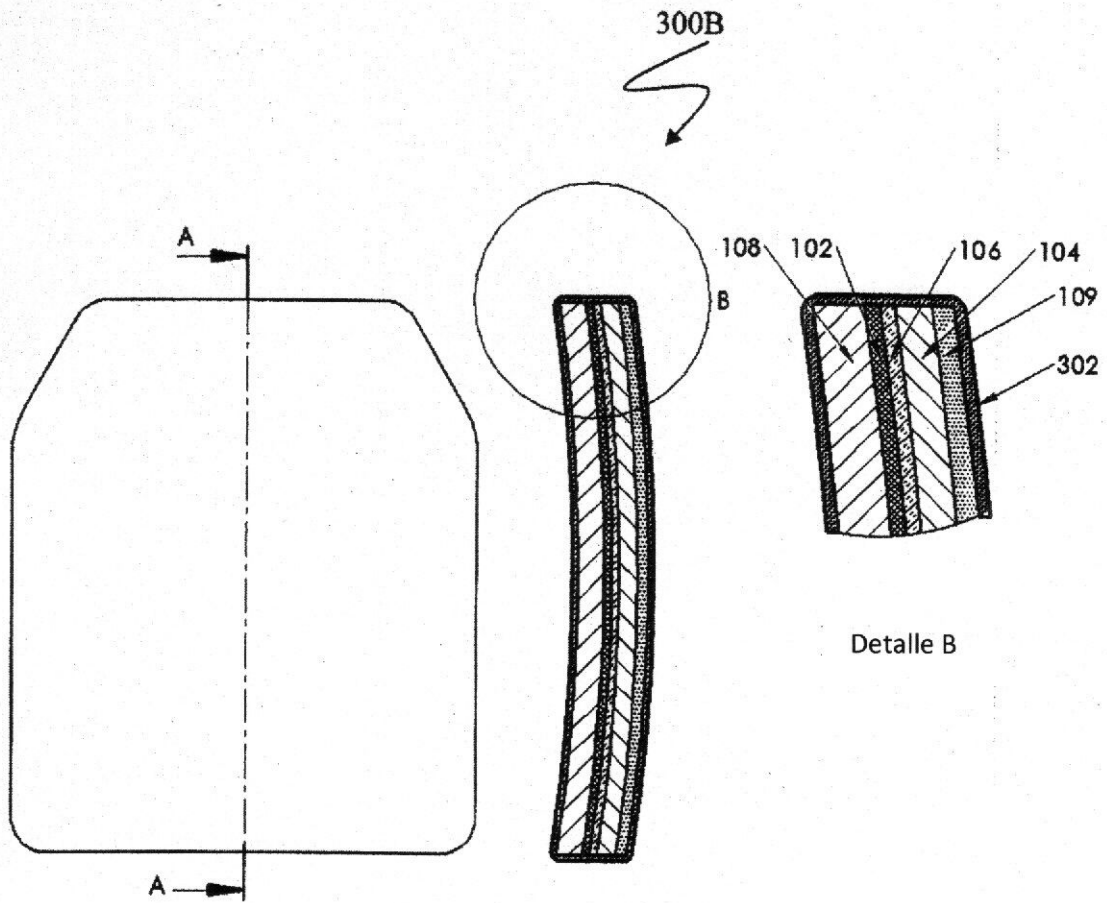


Fig. 3B

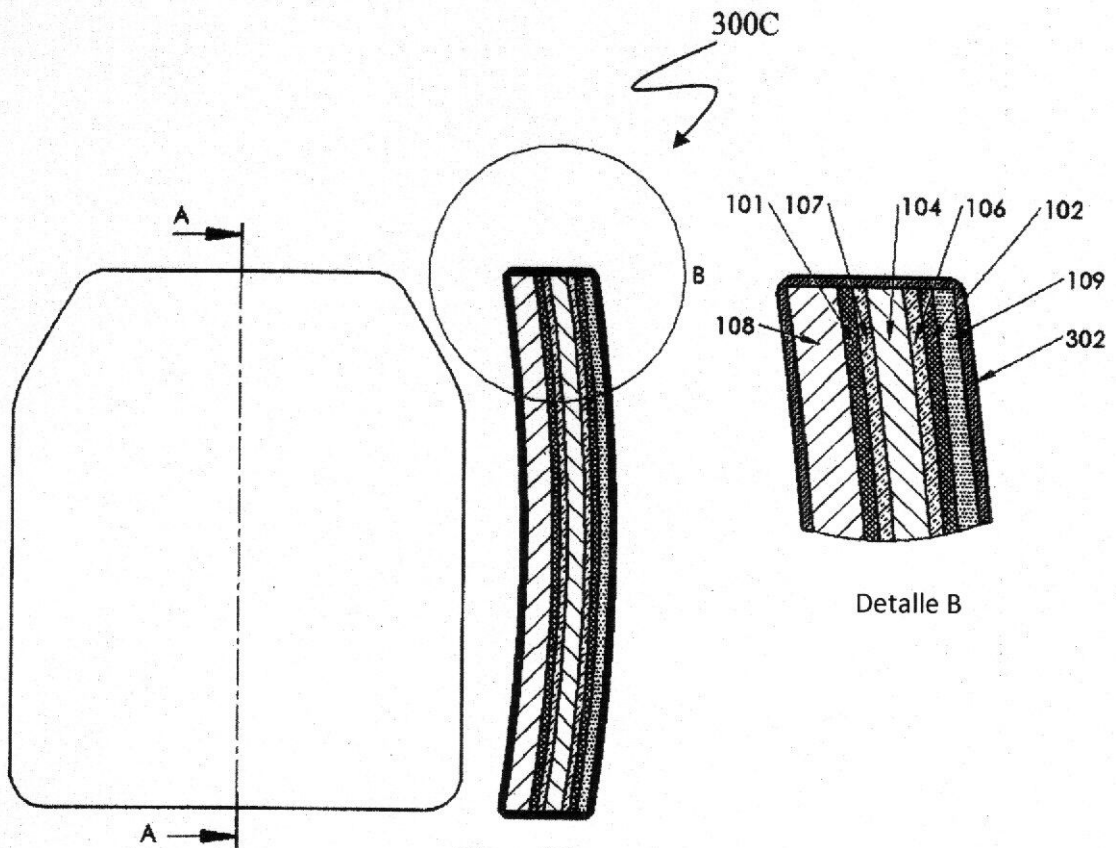
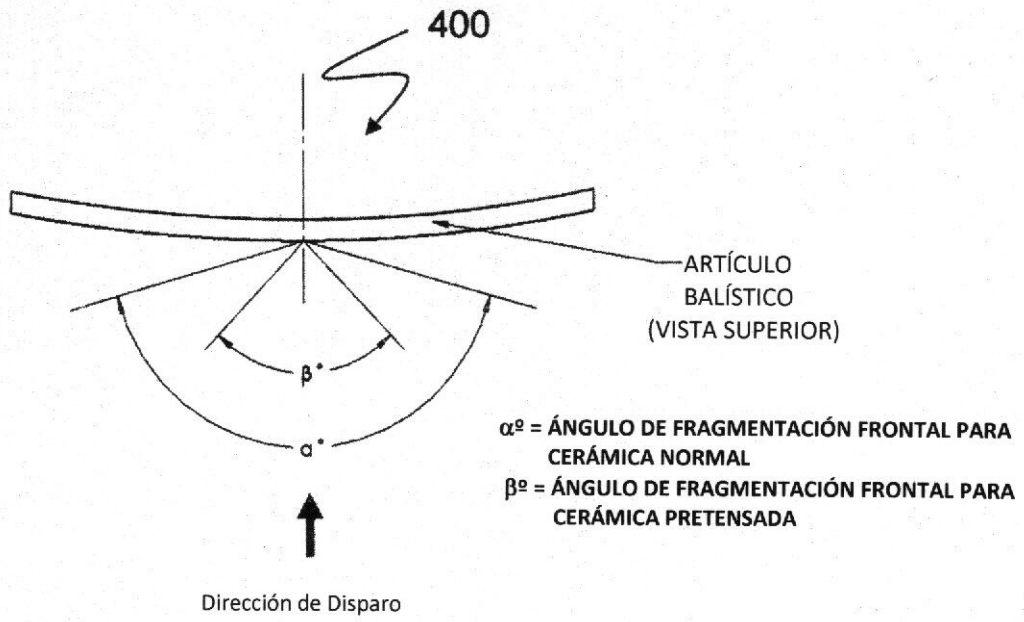


Fig. 3C



**Fig. 4**