



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 274 146**

51 Int. Cl.:
F41H 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03015441 .3**

86 Fecha de presentación : **09.07.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1380809**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **14.01.2004**

54 Título: **Cuerpo compuesto cerámico.**

30 Prioridad: **10.07.2002 DE 102 31 278**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2007

73 Titular/es: **SGL CARBON AG.**
Rheingastrasse 182
65203 Wiesbaden, DE

72 Inventor/es: **Benitsch, Bodo**

74 Agente: **Pablos Riba, Julio de**

ES 2 274 146 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

Cuerpo compuesto cerámico.

5 La invención concierne a cuerpos compuestos cerámicos que comprenden al menos dos capas, especialmente para blindajes de protección que son adecuados para campos de aplicación civiles y militares. En particular, la invención concierne a cuerpos de un material compuesto multicapa que contiene predominantemente carburo de silicio (SiC), con una capa de material exterior que se basa sustancialmente en una matriz de silicio libre (Si) y una capa de material interior que contiene polvo de cerámica de SiC ligado en forma suelta, así como a un procedimiento para su fabricación y a usos de estos cuerpos compuestos.

10 Para blindajes de protección contra la acción balística de proyectiles se imponen, según el campo de aplicación, exigencias diferentes a la acción rompedora de proyectiles, aptitud multiblancos, geometría de componentes o peso de componentes.

15 En el ámbito civil la utilización se concentra especialmente en la protección de personas, limusinas blindadas y chalecos antibalas. Las exigencias impuestas a la acción rompedora de proyectiles no son tan altas, ya que en este ámbito se tiene que contar raras veces con armas pesadas o con calibres medios y grandes. Se imponen altas exigencias, entre otras, a la geometría de los componentes y al peso de éstos. Se requieren piezas de formas complejas, junto con el requisito de un espesor de los componentes o una profundidad de montaje lo más pequeño posible y un peso reducido. La distancia al punto de amenaza es casi siempre muy corta y puede ser del orden de solamente unos pocos metros. Esto conduce, en el caso del disparo múltiple frecuentemente efectuado (aquí denominado “multiimpacto”), a impactos que se encuentran muy próximos uno a otro. Resultan de esto exigencias máximas referentes a la aptitud multiimpacto del blindaje de protección.

25 En el ámbito militar hay que partir de una amenaza originada por proyectiles de alta velocidad y de grueso calibre, así como por proyectiles explosivos. Aunque las exigencias impuestas al espesor de los componentes y a la profundidad de montaje son más reducidas que en el ámbito civil, tiene aquí también una importancia decisiva un peso específico reducido del material del blindaje, puesto que, debido a las exigencias extremadamente altas impuestas a la acción de absorción de energía, el componente del blindaje de protección ha de construirse en general con un espesor muy grande.

30 Las grandes distancias a los objetos diana originan en general grandes distancias de los impactos. Por tanto, se imponen aquí menores exigencias a la aptitud multiimpacto.

35 Para fines de blindaje en el ámbito militar se utilizan hoy en día frecuentemente placas planas en calidad de blindaje adicional para vehículos terrestres y acuáticos, así como helicópteros, contenedores, recipientes, refugios y fijaciones de campo.

40 Un blindaje constituido por una o varias placas de acero de blindaje es tratado usualmente de modo que al menos el lado vuelto hacia el sitio de la amenaza resulte extremadamente duro y, por tanto, actúe rompiendo los proyectiles. El lado alejado del sitio de la amenaza es de configuración más dúctil o tenaz para absorber la energía del proyectil por medio de una deformación del material. Resulta de esto también la estructura típica para placas de blindaje de otros materiales.

45 Frente a los metales, los materiales cerámicos presentan la ventaja de una mayor dureza y un menor peso específico. Dado que la cerámica monolítica muestra un comportamiento típico de rotura frágil al ser alcanzada por disparos, las placas de cerámica (cerámica monolítica) estallan formando muchas esquirlas de gruesas a finísimas. El empleo de placas de cerámica sin respaldo adicional (material de apoyo y captura de esquirlas) en el lado alejado de la entrada del proyectil no es conveniente debido al desprendimiento de esquirlas al recibir disparos. Debido a los disparos se destruye completamente en general la placa de cerámica correspondiente. Ya no se puede detener después una serie de múltiples disparos (multiimpacto).

50 Por estos motivos, un blindaje con materiales cerámicos está constituido preferiblemente por dos capas. La placa frontal de cerámica lo más monolítica posible tiene el cometido de deformar el proyectil restante y romper eventualmente el núcleo duro. Una armadura deformable, el respaldo, montada detrás de la placa de cerámica tiene el cometido de capturar o absorber el proyectil, fragmentos de éste y esquirlas de cerámica y estabilizar la placa de cerámica restante. En lo que sigue, ésta se denomina también capa absorbedora. El respaldo está constituido en general por tejidos altamente dilatables y resistentes al rasgado (tejido de fibras de aramida, tejido de HDPE, etc.), metal o plásticos.

55 Los conceptos modernos de materiales conducen a materiales compuestos reforzados con fibras que presentan zonas de cerámica monolítica (rompeproyectiles) y cerámica reforzada con fibras (capa absorbedora), tal como se ha descrito, por ejemplo, en el documento EP-A 0 376 794. Como inconveniente de estos conceptos se manifiestan en general el alto precio y la pequeña disponibilidad de fibras adecuadas para cerámicas reforzadas con fibras. Así, tan sólo fibras de carbono relativamente caras son de importancia técnica para el procedimiento de sinterización usualmente utilizado en la fabricación de cerámica reforzada con fibras.

ES 2 274 146 T3

Otro enfoque para conseguir la acción absorbedora de proyectiles y esquirlas por parte de material cerámico está explicado en el documento EP-A 0 287 918. En una de las variantes explicadas se describe una placa de blindaje multicapa que está constituida por una placa de cerámica convencional como placa frontal y una placa absorbedora situada detrás de ésta y hecha de la llamada cerámica químicamente ligada. La cerámica químicamente ligada está constituida por materiales de relleno duros, tales como, por ejemplo, fibras o polvo de cerámica, y una fase aglutinante (o matriz) a base de cementos modificados con polímeros orgánicos o inorgánicos, que se endurecen a bajas temperaturas. Los materiales de relleno duros conducen a un desmochado, desviación y reducción a añicos del proyectil.

No obstante, la fabricación de placas de blindaje multicapa con geometría compleja y una sólida unión química entre las dos capas de material es muy compleja siguiendo este procedimiento.

Un cuerpo compuesto con las características del preámbulo de la reivindicación 1 es conocido por el documento US-A 2002028294.

Frente a este estado de la técnica, el cometido de la invención consiste en proporcionar un cuerpo compuesto cerámico con una capa frontal rompedora de proyectiles y una capa absorbedora sólidamente unida a ésta con ayuda de un procedimiento de fabricación barato que admite también geometrías complejas de los componentes.

Este problema se resuelve según la invención con un cuerpo compuesto que comprende al menos dos capas y que se caracteriza porque una capa de cerámica exterior (placa frontal) rompedora de proyectiles está constituida sustancialmente por un carburo y un metal formador de carburo, preferiblemente SiC y Si (capa de material A), y una capa interior (capa de material B) unida sólidamente con la capa anterior y que contiene polvo de cerámica ligado en forma débil o suelta, que consiste sustancialmente en SiC.

Asimismo, se indica un procedimiento para fabricar un cuerpo compuesto de esta clase, en el que el material compuesto multicapa se fabrica por la infiltración con líquido de un cuerpo crudo poroso de partículas de cerámica y material de carbono por medio de un metal formador de carburo, especialmente silicio metálico, formándose por efecto de la infiltración de metal líquido en un único paso común del procedimiento tanto la capa cerámica exterior de carburo y metal formador de carburo, preferiblemente SiC y Si (capa de material A), como la capa interior de polvo de cerámica ligado en forma débil o suelta y consistente predominantemente en SiC (capa de material B), y uniéndose sólidamente ambas capas una con otra por vía química.

La invención se basa en el conocimiento de que, análogamente a un montón de arena, la cerámica en forma de polvo o en forma de partículas muestra un comportamiento de absorción muy favorable frente a una acción balística siempre que el material en polvo sea estabilizado o cohesionado mecánicamente. Esta cohesión se consigue según la invención por medio de la capa de cerámica (capa de material A) sólidamente unida por vía química, así como también por medio del proceso de sinterización de la mezcla de cerámica del cuerpo crudo que tiene lugar durante la infiltración de metal fundido en la zona de la capa de material B.

Por tanto, el cuerpo compuesto según la invención comprende al menos dos capas, una capa de material exterior A que contiene fases de un metal formador de carburo y del carburo de este metal, preferiblemente carburo de silicio (SiC) y silicio ligados por reacción, denominado también SiSiC, y una capa de material B situada detrás de la anterior, la cual contiene polvo o partículas de cerámica de SiC ligados en forma suelta por sinterización, así como eventualmente otras capas dispuestas detrás de ésta, especialmente del material A o de un respaldo que contiene fibras. Mediante estas otras capas se mejora adicionalmente la acción absorbedora de energía del blindaje.

Por polvo o partículas de cerámica ligados en forma suelta ha de entenderse especial un material cuya resistencia está al menos un 20% por debajo de la del material de la capa de material A.

En el procedimiento preferido de infiltración de metal líquido -preferiblemente con una masa fundida de silicio- se forma en la capa de material A, por reacción del metal formador de carburo con carbono, una cerámica que, aparte de una dureza muy alta, presenta una buena tenacidad a la rotura o tolerancia de daños. Se suprime así de manera ventajosa el comportamiento de rotura cerámica frágil nociva para disparos múltiples. Como metal de infiltración se emplea preferiblemente una aleación que contiene al menos una proporción en masa de 50% de silicio, siendo especialmente preferido el silicio técnico o el silicio puro. En la infiltración con una aleación de los metales Fe, Cr o Ni que contiene silicio se forma preferiblemente carburo de silicio a partir del carbono contenido en el precursor de la capa de material A. En la infiltración con una aleación de titanio-silicio se forma preferiblemente carburo de titanio, además de carburo de silicio, a partir del carbono.

Las partículas de carburo de silicio y nitruros contenidas en la capa de material B son sinterizadas a la temperatura de infiltración con el metal líquido en los sitios de contacto, obteniéndose una estructura suelta con poros. Los productos de pirólisis no volátiles del aglutinante orgánico de la mezcla de materias primas contribuyen también a la resistencia de la capa de material B.

La capa de material A contiene preferiblemente una proporción en masa de al menos 70% de partículas de SiC que están incrustadas en una matriz de silicio libre. Preferiblemente, la proporción en masa de SiC está por encima del 75% y de manera especialmente preferida por encima del 85%. La proporción en masa de silicio libre, por el cual deberán entenderse también todas las fases mixtas de silicio con otros elementos metálicos, está en este caso por

ES 2 274 146 T3

encima de 2,8%. Preferiblemente, la proporción en masa de silicio libre está en el intervalo de 3 a 21% y de manera especialmente preferida en el intervalo de 3 a 15%. La capa de material A se construye de modo que se alcance una dureza lo más alta posible, lo que puede conseguirse, por ejemplo, por medio de una densidad lo más alta posible, idealmente la densidad teórica. Por tanto, la porosidad (proporción en volumen de los poros en el volumen total) de la capa de material A está preferiblemente por debajo del 20% o la densidad es de al menos 2,1 g/cm³, y de manera especialmente preferida la porosidad está por debajo del 10% o la densidad está por encima de 2,2 g/cm³. Típicamente, el material A presenta todavía carbono libre, así como eventualmente aditivos cerámicos en proporciones en masa de aproximadamente 0,5 a 15%. Como aditivos cerámicos utilizados adicionalmente de manera preferida se emplean según la invención especialmente cerámicas duras a base de nitruros. Entre éstos se cuentan especialmente los nitruros de los elementos Si, Ti, Zr, B y Al.

El tamaño medio de partículas del SiC, que se puede utilizar tanto para la capa de material A como para la capa de material B, está típicamente en el intervalo de 20 a 750 µm. Dado que en general se fabrica primero, condicionado por el procedimiento, un cuerpo crudo homogéneo (cuerpo previo a la infiltración de metal) a base de los polvos de cerámica, los tamaños de partícula en las capas de material A y B se diferencian sólo en grado poco importante. Sin embargo, es posible también prever tamaños de partícula diferentes para las capas, conteniendo entonces la capa de material A preferiblemente material más fino que la capa de material B. De manera especialmente preferida, el tamaño medio de partícula en la capa A está entonces por debajo de 50 µm y en la capa B por encima de 50 µm.

La capa de material B está constituida también preferiblemente, en su mayor parte, por partículas de SiC. Preferiblemente, la proporción en masa de partículas de SiC está por encima del 70% y de manera especialmente preferida por encima del 90%. El contenido de aditivos cerámicos es como en la capa A cuando se toman proporciones comparables. Preferiblemente, la capa de material B contiene al menos uno de los nitruros de los elementos Si, Ti, Zr, B y Al en proporciones en masa de 0,05 a 15%. Diferenciándose sustancialmente del material A, en la capa de material B la cerámica o sus partículas no han sido ligadas por reacción con silicio y casi no está presente una matriz de silicio o de una aleación de silicio. La proporción en masa de silicio libre o de fases de silicio/metal está típicamente por debajo del 5%, preferiblemente por debajo del 2,5% y de manera especialmente preferida por debajo del 1%.

Las partículas de cerámica en la capa de material B están sólo débilmente ligadas, en parte a través de fases de aglutinación de carbono y en parte directamente a través de puentes de sinterización entre ellas. Por tanto, la capa de material B presenta una porosidad relativamente alta que se extiende típicamente de 5% a 35% y que está preferiblemente en el intervalo de 12 a 27%.

La densidad de la capa de material B está en general por debajo de 2,55 g/cm³, preferiblemente por debajo de 2,05 g/cm³ y de manera especialmente preferida por debajo de 1,96 g/cm³. Típicamente, la porosidad en la capa de material B es al menos un 7% más alta que en la capa de material A.

Para la acción de la capa de material B según la invención es esencial la aglutinación tan sólo suelta entre las partículas de cerámica. Entre otras cosas, se impide así la propagación de fisuras típica de la rotura frágil a través de amplias zonas de una pieza de trabajo coherente, aprovechándose, no obstante, la dureza de las partículas cerámicas. Esta acción se consigue también cuando los poros en esta capa se han rellenado con un material netamente más blando que la cerámica.

Por tanto, en otra ejecución ventajosa de la invención los espacios intermedios entre las partículas de cerámica en la capa de material B están rellenos de un material blando. Usualmente, se utiliza como material blando un plástico o un metal, presentando el metal una dureza en la escala de Mohs de a lo sumo 5. Son adecuados especialmente polímeros termoplásticos, resinas, adhesivos, elastómeros o aluminio. Preferiblemente, al menos la mitad del espacio formado entre las partículas cerámicas está lleno entonces del material blando.

La aplicación de los cuerpos compuestos según la invención se encuentra en el ámbito de los blindajes de protección, especialmente contra una acción balística. Debido a las buenas propiedades térmicas, especialmente al alto punto de fusión o de descomposición del SiC, el material compuesto muestra también una buena idoneidad como material de blindaje en la construcción de cámaras acorazadas y de edificios de protección.

Los componentes de los cuerpos compuestos según la invención se diseñan usualmente de modo que todo el espesor de las capas de material A y B esté en el intervalo de 6 a 300 mm. Detrás de la capa del material B pueden estar dispuestas también otras capas especialmente del material A o de un respaldo que contiene fibras. El espesor de capa del material A está usualmente por encima de 1 mm y para placas de blindaje está preferiblemente por encima de 3 mm. La relación de los espesores de las capas de material A y B está típicamente por debajo de 1:50, preferiblemente por debajo de 1:10, debiendo entenderse aquí solamente la capa frontal del material A vuelta hacia el lado de los disparos y la capa subsiguiente del material B.

La capa de material A hace transición a la capa de material B, pudiendo reconocerse la transición en general por una neta disminución del contenido de silicio en la matriz.

La figura 1 muestra una fotografía microscópica de la superficie límite entre las capas de material A y B de un cuerpo compuesto según la invención. Las zonas grises (1) son partículas de SiC que están distribuidas de manera aproximadamente uniforme por todo el fragmento. En la mitad superior (A), que corresponde al material A, las zonas

ES 2 274 146 T3

de SiC están unidas por una fase clara continua (2). Esto es la matriz de silicio. La mitad inferior (B), que corresponde al material B, presenta poros (zonas negras 3) en lugar de la matriz. Los demás constituyentes formados por carbono o partículas de nitruro no se pueden diferenciar de los otros materiales en esta representación.

5 Debido a la facilidad de fabricación -condicionada por el procedimiento- de un material B rodeado en todos los lados con una capa de material A se prefiere especialmente para componentes planos la secuencia de capas constituida por una placa frontal del material A, una zona absorbadora del material B y una placa dorsal (o respaldo) del material A.

10 Según la invención, los cuerpos compuestos se preparan por la infiltración con metal líquido de cuerpos crudos porosos que contienen SiC, carbono y nitruros.

El procedimiento presenta los pasos de proceso esenciales siguientes:

15 a) fabricación de un cuerpo crudo poroso que contiene carbono y que lleva también carburos, nitruros y material de carbono,

b) alimentación de una masa fundida de un metal que forma carburo a al menos una superficie exterior del cuerpo crudo y

20 c) infiltración con metal y reacción de al menos una parte de la masa fundida metálica con carbono para dar carburo metálico, formándose así las diferentes capas de material A y B.

En la fabricación del cuerpo crudo poroso que contiene carbono se prepara primero una mezcla de los materiales sólidos que incluye carburo de silicio, nitruros, eventualmente carbono y aglutinante orgánico. Se da forma a esta mezcla con arreglo a los procedimientos usuales de la industria cerámica (entre otros, prensado, fundición inyectada, barbotinado), siendo el endurecimiento del aglutinante orgánico el responsable de la resistencia del cuerpo resultante. A continuación, se carboniza el cuerpo endurecido mediante un tratamiento térmico en el intervalo de aproximadamente 650 a 1.600°C, preferiblemente 1.000°C. Según la invención, el aglutinante orgánico es carbonizable, es decir que, al calentarlo en condiciones no oxidantes, el aglutinante no se volatilizará completamente, sino que forma un residuo de carbono. El cuerpo resultante, el cuerpo crudo, está constituido ahora por los materiales sólidos utilizados, especialmente las partículas de cerámica, que se mantienen cohesionados por medio de una fase de aglutinación de carbono pirolíticamente producido.

35 La composición de la mezcla de partida se elige preferiblemente de modo que la proporción en masa de carburo de silicio en el cuerpo crudo poroso que contiene carbono sea de al menos 50%, preferiblemente al menos 65%. La proporción en masa de carbono, proveniente del aglutinante carbonizado y de los materiales sólidos utilizados, está típicamente por encima del 4% y preferiblemente por encima del 8%, y la proporción en masa del contenido de nitruros está por encima del 1%, preferiblemente por encima del 3% y de manera especialmente preferida entre 3 y 12%. Los nitruros se eligen especialmente de al menos uno de los nitruros de los elementos siguientes: Ti, Zr, Si, B y Al.

40 El material de carbono utilizado como material sólido se selecciona del grupo de carbono, coque, grafito natural, grafito técnico, material orgánico carbonizado, fibras de carbono, carbono vitrificado y productos de coquización. Especialmente adecuados son el grafito natural o el grafito sintético.

45 Una ventaja esencial de la invención es que se puede prescindir casi completamente o bien por completo de fibras de carbono caras.

50 Según la invención, es posible también fabricar un cuerpo crudo multicapa a base de mezclas de partida diferentes. Se prefieren para ello composiciones en las que la zona que corresponde a la capa de material B posterior presente un contenido más alto de nitruros. Se influye así ventajosamente sobre el comportamiento balístico del cuerpo compuesto multicapa.

55 En el paso b), el de alimentación de una masa fundida metálica, se infiltra un metal formador de carburo en el cuerpo crudo poroso. La infiltración es favorecida por la acción capilar y la reacción química que tiene lugar durante la infiltración entre el carbono libre del cuerpo crudo y el metal formador de carburo. En general, la infiltración se efectúa a una presión reducida o en vacío, a temperaturas de aproximadamente 150°C por encima de la temperatura de fusión del metal de infiltración.

60 Como metal de infiltración se utilizan preferiblemente aleaciones de silicio, típicamente de Si y al menos uno de los elementos Ti, Fe, Cr y Mo, y de manera especialmente preferida Si técnicamente puro.

Debido a la infiltración de metal líquido se llenan los poros del cuerpo crudo en la zona exterior con metal de infiltración y con sus productos de reacción con carbono, mientras que la zona interior se mantiene sustancialmente libre de metal de infiltración y/o sus productos de reacción con carbono. La proporción en masa de metal de infiltración alimentado por la infiltración en el interior del material compuesto según la invención, correspondiente a la capa de material B, está típicamente por debajo del 1% y la proporción en masa de carburo metálico recién formado por el metal de infiltración está por debajo del 3%.

ES 2 274 146 T3

Según la invención, la composición química y la porosidad del cuerpo crudo y la oferta de metal de infiltración se han elegido de modo que se infiltre sólo en parte el cuerpo crudo. La profundidad de infiltración puede ser controlada de manera deliberada especialmente por la relación de carburos, carbono y nitruros.

5 Debido a los nitruros se empeora la humectación del cuerpo crudo con el silicio fundido. Particularmente por esto, se reduce la profundidad de infiltración de la masa fundida que contiene silicio y se controla el grado de reacción del cuerpo crudo.

10 En el paso c) tiene lugar la reacción de al menos una parte del carbono libre con el metal de infiltración. Se puede controlar el grado de reacción especialmente por medio de la temperatura y la duración del proceso. En este paso se forman las capas de material A y B. En la capa de material A se forma una cerámica densa de carburo metálico ligado por reacción, en el caso preferido de la infiltración con silicio líquido, es decir, SiSiC. En la capa de material B, a la que casi no llega ningún metal de infiltración, tiene lugar a la temperatura del paso c) una reacción de sinterización entre las partículas de cerámica, la cual conduce, entre otras cosas, a una estabilización mecánica de la capa de material.
15 La resistencia (resistencia a la rotura) tiene que ser solamente tan alta que resulte manejable el material B y no se desmorone sin más ni más. Por tanto, la estabilización mecánica propiamente dicha de la capa de material B se efectúa por medio de la capa de material A sólidamente ligada. Se puede aumentar la resistencia de la capa B cuando se agreguen a la mezcla para el cuerpo crudo unos medios auxiliares de sinterización que contengan preferiblemente compuestos o polvo de Si.

20 La masa fundida metálica es alimentada usualmente a través de mechas o a través de montones de polvo metálico. Típicamente, la infiltración con metal se efectúa sustancialmente en toda la superficie, de modo que la capa de material A da como resultado una superficie cerrada del material. Si se utilizan cuerpos crudos de forma de placa, resulta entonces un componente que presenta la secuencia de capas de material A B A en la dirección de la normal a la superficie, que es la dirección preferida de la amenaza balística.

Este sencillo modo de proceder técnico para conseguir esta estructura de capas preferida es una de las ventajas esenciales del procedimiento según la invención.

30 Se puede mejorar la estabilidad mecánica de la capa de material B sin que se pierdan las propiedades típicas según la invención, semejantes a las de un montón de polvo suelto, cuando los poros del material B se llenen adicionalmente con un material blando. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante una infiltración en masa fundida con un polímero termoplástico o mediante una infiltración en líquido con una resina de polímero. Preferiblemente, se rellenan los poros entonces con poliolefinas o resinas epoxídicas hasta al menos un 30%. En otra ejecución ventajosa de la invención se infiltran los poros con adhesivos que son adecuados especialmente para pegarse con un respaldo. En este caso, son especialmente adecuados los materiales de respaldo a base de fibras de aramida.

40 En otra ejecución ventajosa de la invención se infiltra el cuerpo compuesto, especialmente la capa de material B, con un metal ligero, especialmente Al.

Si se llenan los poros con un material blando, la porosidad residual de la capa B está entonces preferiblemente por debajo del 15%.

45 El llenado de los poros de la capa de material B con un polímero puede aprovecharse de manera especialmente ventajosa para pegarla con un respaldo, especialmente un respaldo de mantas de fibras o de tejidos.

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado, en el que una zona exterior A del cuerpo compuesto ha sido infiltrada con un metal formador de carburo, de modo que en esta zona exterior se presentan fases de este metal y de su producto de reacción con carbono, **caracterizado** porque en una zona interior B del cuerpo compuesto, libre de metal de infiltración, se presenta una estructura suelta constituida por partículas de carburo de silicio ligadas por puentes de sinterización y por los residuos de pirólisis no volátiles del aglutinante carbonizado, cuya estructura muestra una proporción en volumen de poros de 10% a 35%, la zona exterior A y la zona interior B hacen transición de una a otra y la resistencia del material en la zona B está al menos un 20% por debajo de la resistencia del material en la zona A.
- 15 2. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona A presenta una proporción en volumen de poros por debajo del 20% y la zona B presenta una proporción en volumen de poros de 5 a 35%.
- 20 3. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona B presenta una proporción en volumen de poros de 12% a 27%.
- 25 4. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona A presenta una densidad por encima de 2,1 g/cm³ y la zona B presenta una densidad por debajo de 2,55 g/cm³.
- 30 5. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque ha sido infiltrado desde varios lados con el metal formador de carburo, de modo que comprende tres zonas, de las que las zonas exteriores A han sido infiltradas con metal y la zona interior B está sustancialmente libre de metal de infiltración.
- 35 6. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona B contiene una proporción en masa de al menos 70% de carburo de silicio.
- 40 7. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque al menos la zona B contiene nitruros de al menos uno de los elementos silicio, titanio, zirconio, boro y aluminio.
- 45 8. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 7, **caracterizado** porque las zonas A y B presentan la misma proporción en masa de nitruros.
- 50 9. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado** porque la proporción en masa de los nitruros en las zonas A y/o B es de 0,05 a 15%.
- 55 10. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona A presenta una proporción en masa de al menos 70% de carburo de silicio.
- 60 11. Cuerpo compuesto que contiene partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque al menos una parte del volumen no ocupado por SiC en la zona B está lleno de plásticos, resinas artificiales, elastómeros, adhesivos o metales con una dureza de a lo sumo 5 en la escala de Mohs.
- 65 12. Procedimiento para fabricar cuerpos compuestos que contienen partículas de carburo de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque en un primer paso se fabrica un cuerpo crudo que contiene carburo de silicio y nitruro metálico en forma de un polvo y un aglutinante orgánico carbonizable, en el segundo paso se carboniza este cuerpo crudo por calentamiento en una atmósfera no oxidante a temperaturas en el intervalo de 650°C a 1.800°C para obtener un cuerpo de carbono poroso, y en el tercer paso se infiltra el cuerpo de carbono desde uno o varios lados con una masa fundida metálica que contiene silicio, eligiéndose la temperatura de modo que al menos una parte del carbono reaccione con el metal y/o el silicio para dar carburos, y eligiéndose la cantidad de la masa fundida metálica y del nitruro metálico de modo que la zona interior del cuerpo se mantenga sustancialmente libre del metal y/o del silicio.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** porque la masa fundida metálica que contiene silicio incluye una proporción en masa de al menos 25% de silicio.
14. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** porque los nitruros metálicos en el cuerpo crudo se seleccionan de nitruro de titanio, nitruro de zirconio, nitruro de silicio, nitruro de boro y nitruro de aluminio.
15. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el cuerpo crudo contiene, además, carbono en forma de coque, grafito natural, grafito sintético, material orgánico carbonizado o carbono vitrificado.

ES 2 274 146 T3

16. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** porque la porosidad que queda en el cuerpo compuesto después de la infiltración con una masa fundida metálica que contiene silicio se rellena al menos en parte con plástico, resina artificial, elastómeros, adhesivo o metal con una dureza de a lo sumo 5 en la escala de Mohs.

5 17. Uso de cuerpos compuestos que contienen partículas de silicio y un aglutinante carbonizado según la reivindicación 1 en forma de placas como blindaje de protección.

18. Uso según la reivindicación 17, **caracterizado** porque el espesor total de las placas con las zonas A y B está en el intervalo de 6 a 300 mm.

10 19. Uso según la reivindicación 17 ó 18, **caracterizado** porque la relación entre los espesores de la zona A vuelta en la dirección de solicitación y la zona B es como máximo de 1:20.

15 20. Uso según la reivindicación 18, **caracterizado** porque se utilizan placas en las que una zona B sustancialmente libre de metal de infiltración y una zona A infiltrada con metal formador de carburo siguen, en la dirección de la amenaza balística, a una zona A infiltrada con metal formador de carburo.

20 21. Uso según la reivindicación 17 ó 20, **caracterizado** porque el lado de las placas alejado de la dirección de solicitación está reforzado con una capa de material fibroso o de textiles.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

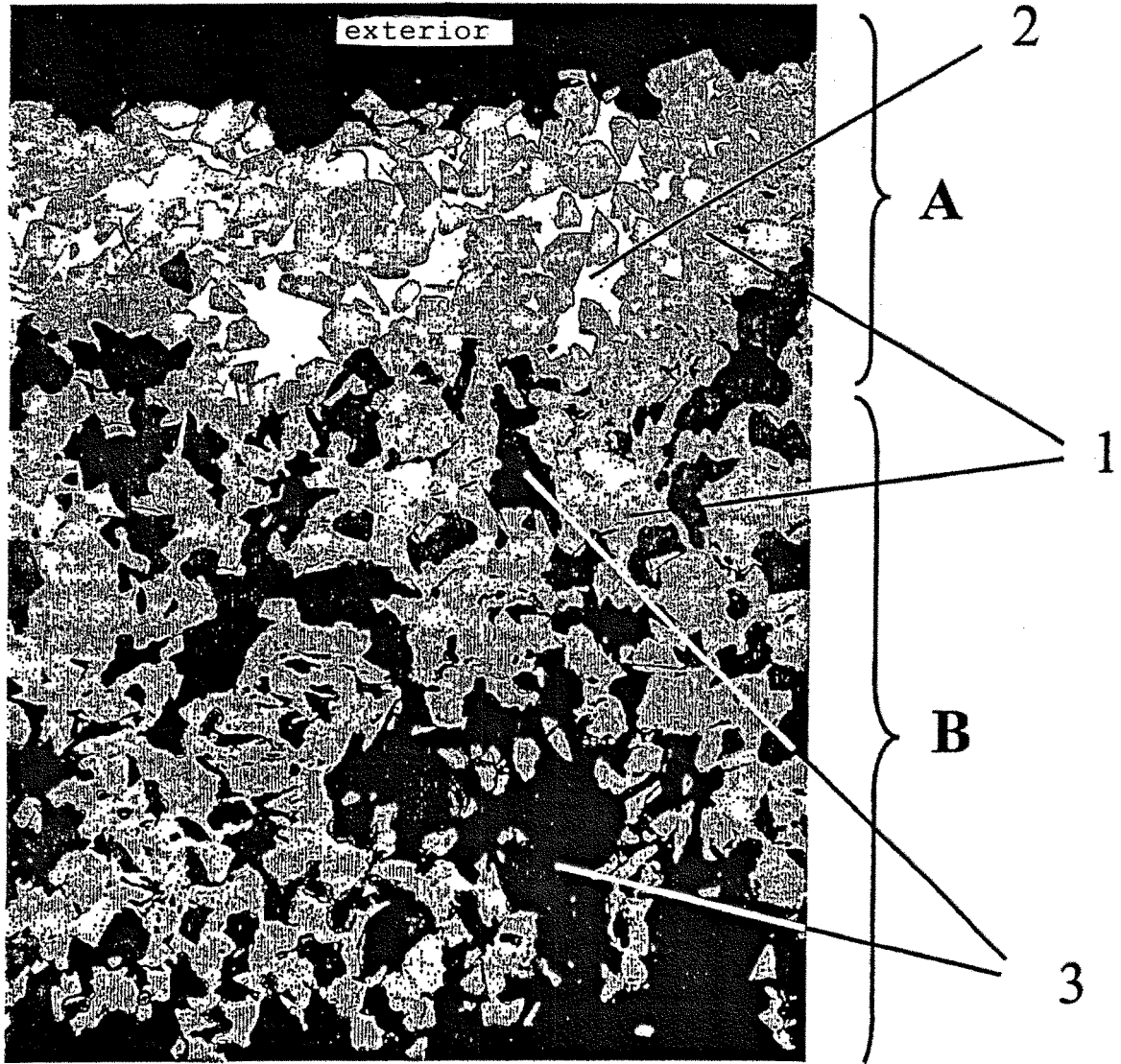


Fig. 1